

Université Mohamed Khider – Biskra  
Faculté des Sciences et de la technologie  
Département d'architecture  
Ref :.....



جامعة محمد خيضر بسكرة  
كلية العلوم و التكنولوجيا  
قسم : الهندسة المعمارية  
المرجع

Thèse présentée en vue de l'obtention  
du diplôme de

### Doctorat en Architecture

Spécialité : Architecture, environnement dans les zones arides

# Lumière et Vue sur l'extérieure : Impact de la fenêtre sur la qualité visuelle pour les usagers des espaces des bureaux. Cas des bâtiments de bureaux dans la ville de Biskra.

Présentée par :  
**SFAKSI Imene**

Soutenu publiquement le:.....

### Devant le jury composé de :

<b>Dr. SAADI Mohamed Yacine</b>	<b>MCA</b>	<b>Président</b>	<b>Université de Biskra</b>
<b>Dr. MEZERDI Toufik</b>	<b>MCA</b>	<b>Rapporteur</b>	<b>Université de Biskra</b>
<b>Dr. BENSMINA Latoui</b>	<b>MCA</b>	<b>Examinateur</b>	<b>Université de Batna 1</b>
<b>Dr. DAICH Safa</b>	<b>MCA</b>	<b>Examinatrice</b>	<b>Université de Biskra</b>

# Dédicace

Avec une humble dévotion, je dédie ce travail

À *mes vénérables parents*, qui m'ont éclairé de leur sagesse et m'ont nourri de leur amour incommensurable. Votre dévouement à mon éducation et votre inspiration constante ont façonné ma quête du savoir et de l'excellence.

À *mon marié*, mon ami inestimable, mon compagnon de vie, à celui que je choisis chaque jour de chérir. Ta présence, ta compréhension profonde et ton soutien infailible ont été mes piliers tout au long de cette aventure intellectuelle.

À *ma sœur Sara*, complice de toujours, dont la loyauté et l'amour sont une source inépuisable de réconfort.

À *mon neveu Amir*, source de joie et d'amour infini. J'espère que cela t'inspire un jour à poursuivre tes rêves et à croire en toi-même.

À *mes tantes* éclairées, Karima, Hafidha, Leila, et Fatima, ainsi qu'à *mes oncles*, je vous exprime ma profonde gratitude pour votre présence constante et votre bienveillance.

À ma petite fille de cœur, *Abir*, je consacre ce travail pour t'inspirer à poursuivre tes rêves avec persévérance et détermination.

À *ma belle-famille* distinguée, dont l'accueil chaleureux et l'encouragement sincère ont enrichi ma vie.

À *mes cousins et cousines*, avec qui j'ai partagé des moments précieux, je vous remercie de votre amitié et de votre soutien inébranlable.

À mon amie la plus chère, *Asma*, qui a été à mes côtés dans les hauts et les bas de la vie, cette thèse est dédiée en hommage à notre amitié indéfectible. Merci pour ton soutien inestimable et ton encouragement constant.

À toutes les âmes exceptionnelles qui ont enrichi ma vie de leur amour, de leur amitié et de leur soutien, je dédie cette thèse avec une gratitude profonde. C'est grâce à vous que j'ai pu atteindre ce jalon important de ma vie.

Imene Sfaksi

# Remerciements

Mes sincères remerciements s'adressent en premier lieu à Dieu, source de toute sagesse et de toute guidance, pour m'avoir accordé la force et la persévérance nécessaires pour achever cette thèse de doctorat.

Je tiens également à exprimer ma profonde gratitude envers mon directeur de thèse **Dr. Mezerdi Toufik**, pour sa guidance éclairée, son expertise, et sa précieuse direction tout au long de ce voyage académique. Votre soutien inestimable a été un moteur essentiel de ma réussite.

Je remercie chaleureusement les membres du jury : **Dr. Saadi Mohamed Yacine**, **Dr. Bensmina Latoui** et **Dr. Daich Safa**, qui ont consacré leur temps et leur expertise pour évaluer ce travail.

Mes remerciements s'étendent également au laboratoire Lacomofa pour son environnement de recherche propice à l'excellence académique. Les ressources du laboratoire ont grandement contribué à la réalisation de ce travail.

Je suis reconnaissant envers le département d'architecture de l'Université de Biskra pour son engagement envers l'éducation supérieure et pour avoir fourni un cadre académique propice à ma formation.

Enfin, je tiens à remercier les travailleurs et responsables du DTP (Direction des Travaux Publics - Biskra) et de l'OPJI (Office de Promotion et de Gestion Immobilière-Biskra) pour leur collaboration précieuse, qui a permis d'enrichir mon travail de recherches et de lui donner une perspective pratique.

Ces remerciements ne peuvent exprimer pleinement ma gratitude envers tous ceux qui ont contribué à la réalisation de cette thèse. Votre soutien et votre engagement ont été essentiels à son succès.

## Résumer

Dans le contexte des espaces de travail, les fenêtres revêtent une importance capitale. Elles influencent à la fois les aspects physiologiques et psychologiques du bien-être des occupants. La lumière naturelle et la vue extérieure sont particulièrement recherchées, car elles stimulent le système visuel, réduisent la fatigue oculaire, améliorent la santé mentale et augmentent la productivité. Cependant, elles peuvent également engendrer des désagréments visuels, tels que l'éblouissement, qui peut perturber le travail.

Au fil du temps, la conception des fenêtres a évolué sous l'influence de divers facteurs, tels que les avancées technologiques, les nouvelles techniques de construction et les tendances architecturales. Cependant, ces évolutions ont parfois négligé les considérations environnementales et contextuelles, mettant en péril la satisfaction des usagers. En Algérie, cette tendance à privilégier des conceptions modernes sans tenir compte des conditions climatiques et des préférences des usagers est également visible. Particulièrement à Biskra, une ville située dans une zone chaude et aride, les conditions climatiques extrêmes posent un défi supplémentaire. La ville est témoin d'une prolifération de bâtiments des bureaux modernes caractérisés par de grandes ouvertures. Cette situation soulève des questions sur la manière de gérer efficacement les paramètres liés à la lumière naturelle et à la vue extérieure, tout en prenant en compte les interactions complexes entre les usagers leur environnement, ou la conception des fenêtres doit être minutieusement planifiée.

Par conséquent, l'étude se fixe pour objectif principal d'explorer de manière scientifique l'impact du ratio d'ouverture de la fenêtre (WWR) sur la quantité de lumière naturelle et la qualité de la vue extérieure dans les environnements de bureau exposés à des conditions climatiques chaudes et arides. De plus, elle cherche à évaluer comment ces paramètres influents sur la satisfaction des usagers de ces bureaux, contribuant ainsi à une compréhension plus approfondie de cette relation complexe. Ceci en vue de parvenir à déterminer les éléments qui influencent les réponses favorables et défavorables des usagers.

Pour aborder cette problématique de manière exhaustive, notre démarche de recherche s'appuie sur une méthodologie multidisciplinaire basée sur l'évaluation post-occupation (EPO) représente que nous jugeons adapté à notre étude. L'étude débute par une approche empirique en analysant 10 bâtiments de bureaux à Biskra afin de comprendre leur contexte et l'influence des ratios d'ouverture des fenêtres sur la qualité visuelle et choisir les cas d'étude appropriés. Elle recueille des données architecturales et effectue des visites sur site pour étudier cet impact,



en parallèle d'une enquête auprès des usagers pour évaluer leur niveau de satisfaction. Par la suite, une approche numérique est employée, utilisant des logiciels tels que Radiance, Design Builder, pour réaliser des simulations et SPSS pour analyser les résultats qualitatifs. Cette phase d'analyse se focalise sur l'impact visuel des ratios d'ouverture des fenêtres, en se basant sur les résultats de l'approche empirique.

Les résultats mettent en lumière l'importance de la conception des fenêtres, notamment leur taille, leur position et leur capacité de contrôle, sur la satisfaction des occupants en termes de lumière naturelle, de vue vers l'extérieur. De plus, les préférences des occupants en matière de luminosité et de vue vers l'extérieur varient considérablement, soulignant ainsi l'importance de tenir compte de la diversité des besoins individuels dans la conception des fenêtres.

**Mots clés :** Fenêtre, Lumière naturelle, Vue sur l'extérieure, Confort, Satisfaction, POE, Bâtiments de Bureaux, usagers, conduites perceptives et comportementales, zone aride.

## **Abstract**

In the context of workplace environments, windows play a pivotal role, impacting both the physiological and psychological aspects of occupants' well-being. Natural light and external views are highly sought after, as they stimulate the visual system, reduce eye fatigue, enhance mental health, and boost productivity. However, they can also introduce visual discomfort, such as glare, which can disrupt work.

Over time, window design has evolved under the influence of various factors, including technological advancements, new construction techniques, and architectural trends. Nevertheless, these developments have sometimes overlooked environmental and contextual considerations, jeopardizing user satisfaction. In Algeria, this trend of prioritizing modern designs without considering climatic conditions and user preferences is also evident. Particularly in Biskra, a city located in a hot and arid zone, extreme climatic conditions present an additional challenge. The city witnesses a proliferation of modern office buildings characterized by large openings. This situation raises questions about how to effectively manage parameters related to natural light and external views while considering the complex interactions between users and their environment, necessitating meticulous window design planning.

As a result, the main objective of the study is to scientifically explore the impact of the window-to-wall ratio (WWR) on the quantity of natural light and the quality of external views in office environments exposed to hot and arid climatic conditions. Additionally, it seeks to evaluate how these parameters influence the satisfaction of office users, contributing to a deeper understanding of this complex relationship. This is aimed at determining the factors that influence favorable and unfavorable user responses.

To comprehensively address this issue, our research approach relies on a multidisciplinary methodology based on Post-Occupancy Evaluation (POE), which we find suitable for our study. The study begins with an empirical approach by analyzing 10 office buildings in Biskra to understand their context and the influence of window-to-wall ratios on visual quality and to select appropriate case studies. It collects architectural data and conducts site visits to study this impact, alongside a survey of users to assess their satisfaction levels. Subsequently, a numerical approach is employed, using software such as Radiance and Design Builder for simulations and SPSS for qualitative analysis. This analytical phase focuses on the visual impact of window-to-wall ratios, based on the results of the empirical approach.

The results highlight the importance of window design, including size, position, and control capability, in occupant satisfaction regarding natural light and external views. Furthermore, occupant preferences for brightness and external views vary considerably, underscoring the importance of considering individual diversity in window design.

**Keywords:** Window, Natural Light, External Views, Comfort, Satisfaction, POE, Office Buildings, Users, Perceptual and Behavioral Responses, Arid Zone.

## ملخص

تكتسي النوافذ أهمية كبيرة في أماكن العمل، حيث إنها تؤثر على الجوانب الفيزيائية والنفسية لرفاهية المستخدمين على حد سواء. الضوء الطبيعي والمنظر نحو الخارج مطلوبان بشكل خاص، حيث يُحفزان النظام البصري، ويقللان من التعب البصري، ويعززان الصحة العقلية، ويزيدان من الإنتاجية. ومع ذلك، يمكن أن يتسببان أيضًا في مشكلات بصرية مثل التوهج، الذي يمكن أن يؤثر على العمل.

مع مرور الوقت، تطور تصميم النوافذ تحت تأثير عوامل متنوعة مثل التقدم التكنولوجي وتقنيات البناء الجديدة واتجاهات العمارة. ومع ذلك، قد تجاهلت هذه التطورات أحيانًا الاعتبارات البيئية والسياقية، مما قد يعرض رضى المستخدمين للخطر. في الجزائر أيضًا، يمكن ملاحظة هذا الاتجاه نحو تفضيل التصاميم الحديثة دون مراعاة الظروف المناخية وتفضيلات المستخدمين، وهذا يظهر بشكل خاص في بسكرة، وهي مدينة تقع في منطقة حارة وجافة حيث تعتبر الظروف المناخية القاسية في هذه المدينة تحديًا إضافيًا. تشهد المدينة زيادة في بناء المباني الحديثة المميّزة بفتحات كبيرة تصل لحد الشفافية المطلقة. هذا الوضع يطرح أسئلة حول كيفية إدارة خصائص الإضاءة الطبيعية والمنظر نحو الخارج بكفاءة، مع مراعاة التفاعلات المعقدة بين المستخدمين وبيئتهم. لذلك، يجب تخطيط تصميم النوافذ بعناية.

بناءً على ذلك، يهدف هذا البحث بشكل رئيسي إلى استكشاف تأثير نسبة فتح النافذة (WWR) على كمية الضوء الطبيعي وجودة المنظر الخارجي في بيئات العمل المعرضة لظروف مناخية حارة وجافة. بالإضافة إلى ذلك، يسعى البحث لتقييم كيفية تأثير هذه المعلومات على رضى مستخدمي هذه المكاتب، مما يساهم في فهم أعمق لهذا العلاقة المعقدة، بهدف تحديد العوامل التي تؤثر في تفاعلات المستخدمين الإيجابية والسلبية.

لمعالجة هذه المشكلة بشكل شامل، تعتمد منهجية البحث لدينا على منهج متعدد التخصصات استنادًا إلى تقييم ما بعد استعمال الأماكن (EPO) والذي نجده مناسبًا لدراستنا. يبدأ البحث بالمنهج التجريبي من خلال تحليل 10 مباني مكتبية في بسكرة لفهم سياقها وتأثير نسب فتح النوافذ على الجودة البصرية واختيار الحالات المناسبة للدراسة. ويتم جمع البيانات المعمارية وإجراء زيارات ميدانية لدراسة هذا التأثير، بالإضافة إلى استطلاع آراء المستخدمين لتقييم مستوى رضاهم. بعد ذلك، يتم استخدام نهج عددي باستخدام برامج مثل Radiance و Design Builder لإجراء المحاكاة واستخدام SPSS لتحليل النتائج النوعية. تركز هذا المرحلة من التحليل على التأثير البصري لنسب فتح النوافذ، استنادًا إلى نتائج النهج التجريبي.

تسلط النتائج الضوء على أهمية تصميم النوافذ، بما في ذلك حجمها وموقعها والقدرة على التحكم بها، في رضى السكان من حيث الإضاءة الطبيعية والمنظر نحو الخارج.

**الكلمات المفتاحية:** النافذة، الضوء الطبيعي، المنظر الخارجي، الراحة، الرضا، تقييم ما بعد الاستخدام، مباني المكاتب، المستخدمين، السلوكيات الإدراكية والسلوكية، المنطقة جافة.

**TABLE DES MATIERES**

Résumer .....	I
Table des matières .....	VI
Liste des figures .....	XIII
Liste des tableaux .....	XX
Productions scientifiques .....	XXIII

**Chapitre Introductif**

1. Introduction .....	01
2. Problématique .....	02
3. Hypothèses .....	04
4. Objectifs de la recherche .....	05
5. Méthodologie de la recherche .....	05
6. Structure de la thèse .....	06
7. Analyse conceptuelle .....	09

**1ere partie : Cadre théorique****Chapitre I : La fenêtre : comme un élément de dialogue entre intérieur / extérieur**

Introduction .....	11
1. La fenêtre : un capteur et un écran de l'environnement extérieur.....	12
2. Evolution historique de la fenêtre.....	14
2.1.Au moyen Age .....	14
2.2.XVe et XVIe siècles .....	15
2.3.Au XVIIe siècle .....	15
2.4.Au XVIIIe siècle .....	15
2.5.la seconde moitié du XIXe siècle .....	15
2.6.Au XXe siècle .....	16
3. Les Attributs de la Fenêtre.....	16
3.1. La Forme .....	16
3.2. La taille .....	17
3.3. L'Orientation .....	19
3.4. L'Emplacement .....	20
4. Critères de performance de la fenêtre .....	21
4.1.Performances de la protection solaire .....	21
4.2.Performance du vitrage.....	25
5. Fonctions d'une fenêtre.....	28
5.1.La fenêtre comme un moyen de ventilation .....	28
5.2.La fenêtre comme une source d'éclairage .....	31
5.3.La fenêtre comme une source de vue vers l'extérieure .....	34
5.4.Le Contrôle et l'anticipation à travers la fenêtre.....	35
6. Le ratio d'ouverture de la fenêtre (WWR) .....	36
Conclusion .....	39

## Chapitre II : Lumière naturelle et Performance visuelle

Introduction.....	41
1. Eclairage naturel.....	42
2. Les Bénéfices de l'Éclairage Naturel.....	43
2.1. Avantages de la lumière naturelle par rapport à la lumière électrique. ....	43
2.2. Lumière naturelle et santé.....	45
2.3. Lumière naturelle et Bien-être Psychologique .....	46
2.4. Lumière naturelle et consommation d'énergie.....	47
3. les stratégies de l'éclairage naturel .....	48
3.1. capter .....	49
3.2. Protéger .....	50
3.3. Transmettre .....	50
3.4. Distribuer .....	50
4. La qualité de la lumière naturelle .....	51
4.1. Définition .....	51
4.2. Aspects visuel de la lumière .....	52
4.2.1. Paramètres liées à la performance visuelle .....	52
4.2.1.1. Le champ de vision .....	53
4.2.1.2. L'ajustement de la sensibilité visuelle à la variation de la luminosité.....	55
4.2.1.3. L'acuité visuelle.....	56
4.2.2. Paramètres liées au confort visuel.....	57
4.2.2.1. Paramètres statiques.....	58
4.2.2.1.1. Eclairage.....	58
4.2.2.1.2. Indice d'Uniformité .....	59
4.2.2.1.3. Facteur de lumière du jour (FLJ/ DF) .....	59
4.2.2.1.4. Les Indices d'éblouissement .....	60
a. Visual Comfort Probability (VCP) .....	61
b. Unified Glare Rating (UGR).....	62
c. CIE Glare Index (CGI) .....	62
d. Daylight Glare Index (DGI).....	63
e. Daylight Glare Index (DGP) .....	63
4.2.2.2. Paramètres dynamiques .....	63
4.2.2.2.1. Autonomie de la lumière du jour DA.....	63
4.2.2.2.2. L'éclairage utile de la lumière du jour UDI.....	65
4.2.2.2.3. Autonomie de la lumière du jour continue cDA.....	66
4.2.2.2.4. Autonomie spatiale de la lumière du jour sDA.....	66
4.2.2.2.5. Exposition annuelle au soleil (ASE) .....	67
4.3. Aspects non visuel de la lumière.....	67
5. les méthodes d'évaluation d'éclairage naturel .....	68
5.1. les modèles mathématiques .....	69
5.2. Les mesures in situ .....	69
5.3. Les modèles réduits .....	70
5.4. La simulation numérique .....	71
6. Niveaux de la lumière naturelle dans les espaces du travail .....	74
Conclusion .....	76

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

Introduction .....	78
1. Définition de la vue .....	79
2. Les variables composants la vue sur l'extérieur.....	80
2.1.Contenu de la vue .....	81
2.1.1. Eléments naturels et urbains.....	81
2.1.1.1.Préférence pour la végétation.....	82
2.1.1.2.Préférence pour la présence d'eau .....	83
2.1.1.3.Préférence pour la vue urbaine .....	84
2.1.2. Stratification horizontale .....	85
2.1.3. Distance de contenu .....	87
2.1.4. Mouvements visibles.....	88
2.2.Accessibilité à la vue .....	89
2.2.1. Angle de la vue de la fenêtre .....	90
2.2.2. Distance à la vue .....	91
2.2.3. Le ratio d'ouverture (WWR) .....	92
2.3.Clarté de la vue.....	93
2.3.1. Design de la fenêtre : fragmentation.....	94
2.3.2. Type de vitrage et Matières d'ombrage .....	95
3. Méthodes d'évaluation d'une vue.....	97
3.1.Evaluation subjective.....	97
3.1.1. Echelle de classement.....	98
3.1.2. mode de visualisation : vue actuelle et vue sur image .....	99
3.2.Indice de la qualité du vue : view quality index (VQI) .....	100
4. Les avantages de la vue sur l'extérieur .....	102
4.1. Avantages pour le bien-être et la santé .....	102
4.2. Avantages économiques.....	103
4.3. Avantages liés à la perception de l'éblouissement .....	103
5. Espace sans vue : spécification à l'espace du travail .....	104
Conclusion .....	105

## 2eme partie : Cadre méthodologique, analyse et résultats

### Chapitre IV : Satisfaction envers l'environnement visuel : approches et méthodes

Introduction .....	107
1. Fenêtre, usagers des bureaux et satisfaction .....	108
1.1.Evaluation de l'environnement du travail .....	108
1.2. Définition de l'évaluation post-occupation POE.....	109
1.3. Les objectifs principaux de l'évaluation post occupation .....	110
1.3.1. Le Feed-back.....	110
1.3.2. Le Feed-in.....	110
1.3.3. Le Feed-forward.....	110
1.4. Les niveaux d'application du POE.....	110
1.4.1. Le niveau indicateur .....	110
1.4.2. Le niveau investigateur .....	110
1.4.3. Le niveau diagnostic .....	111

1.5. Revue de littérature sur la satisfaction envers l'environnement intérieur dans les bâtiments de bureaux.....	111
2. Méthodologie .....	113
2.1. Pour l'étude de la lumière naturelle.....	113
2.1.1. Les simulations numériques .....	113
2.1.1.1. Simulation de l'éclairement utile de la lumière du jour (UDI)....	115
2.1.1.2. Simulation de la luminance dans le champ visuel.....	117
2.1.2. L'image numérique comme outil de capture des niveaux de luminances.....	119
2.1.2.1. Image à grande plage dynamique (HDR) .....	120
2.2. Pour l'étude de la vue vers l'extérieur .....	121
2.2.1. Méthode basée sur les calculs des indices de la qualité de la vue (VQI) .....	121
2.2.2. La Réalité virtuelle .....	122
2.3. L'enquête par questionnaire.....	123
2.3.1. La formulation du questionnaire.....	124
2.3.2. La Version test .....	124
2.3.3. La Version finale .....	125
2.3.4. Codage et analyse des résultats .....	129
Conclusion.....	130

## Chapitre V : espace de bureau dans la ville de Biskra : étude typologique et corpus d'étude

Introduction .....	131
1. Présentation du Contexte d'étude : ville de Biskra .....	132
1.1. Situation géographique.....	132
1.2. Les conditions climatiques de la ville.....	132
2. Analyse des cas concrets des bâtiments des bureaux existants : corpus d'étude...	134
2.1. Présentation des bâtiments sélectionnés pour l'étude typologique .....	135
2.1.1. Direction de l'hydraulique .....	135
2.1.2. Direction de l'urbanisme et de la construction (DUC) .....	136
2.1.3. Direction du contrôle technique des bâtiments Est -Biskra- (CTC). .....	136
2.1.4. La Direction d'Emploi .....	137
2.1.5. L'agence foncière de la wilaya de Biskra.....	138
2.1.6. Direction des travaux publics (DTP) .....	138
2.1.7. Direction du tourisme et du l'artisanat traditionnel.....	139
2.1.8. Direction du Contrôle financier dans la wilaya de Biskra (C.F).....	140
2.1.9. L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière (OPJI) .....	141
2.1.10. La direction de la santé publique (DSP) .....	142
2.2. Classification typologique des bâtiments .....	144
2.3. Classification typologique selon les ouvertures.....	149
2.4. Choix des cas d'étude.....	150
2.5. Choix des bureaux a étudiés .....	153
3. Protocole expérimentale.....	156
3.1. Evaluation de la lumière naturelle .....	156
3.1.1. Protocole de simulation d'UDI.....	156
3.1.2. Protocole de simulation de la luminance.....	158
3.2. Evaluation de la vue vers l'extérieur.....	159
3.2.1. Modèle du calcul du VQI.....	159
3.2.2. Procédure de réalisation des scénarios a la base du VR.....	160



# Table des matières

3.3. Protocole de mesure d'interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur.....	164
4. Mesure qualitative : enquête.....	168
4.1. Protocole de distribution .....	168
4.2. Caractéristiques de l'échantillon d'étude.....	168
Conclusion .....	169

## Chapitre VI : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

Introduction .....	171
1. La taille de la fenêtre.....	173
1.1. Jugements des usagers .....	173
1.1.1. Cas du bâtiment B1.....	173
1.1.2. Cas du bâtiment B2.....	173
1.2. Préférences des usagers .....	173
1.2.1. Cas du bâtiment B1.....	173
1.2.2. Cas du bâtiment B2.....	173
1.3. Correspondance entre jugement et préférence.....	174
1.3.1. Cas du bâtiment B1.....	174
1.3.2. Cas du bâtiment B2.....	175
2. Distance entre fenêtre / bureau .....	177
2.1. Jugements des usagers .....	177
2.1.1. Cas du bâtiment B1.....	177
2.1.2. Cas du bâtiment B2.....	178
2.2. Préférences des usagers .....	178
2.2.1. Cas du bâtiment B1.....	178
2.2.2. Cas du bâtiment B2.....	179
2.3. Justification des préférences .....	179
3. Position de bureau par rapport la fenêtre .....	180
3.1. Jugements des usagers .....	181
3.1.1. Cas du bâtiment B1.....	181
3.1.2. Cas du bâtiment B2.....	181
4. Difficultés avec la lecture de l'écran en relation avec les paramètres liées à la fenêtre.....	182
4.1. Cas du bâtiment B1.....	182
4.2. Cas du bâtiment B2.....	182
5. Interprétation des résultats du Satisfaction à des facteurs liés à la fenêtre.....	184
Conclusion .....	186

## Chapitre VII : Satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement.

Introduction .....	187
1. Niveau de la lumière naturelle .....	188
1.1. Cas du bâtiment B1.....	188
1.2. Cas du bâtiment B2.....	188
2. correspondances entre le degré de satisfaction à l'égard de la lumière naturelle et les évaluations des usagers.....	188
2.1. Cas du bâtiment B1.....	188
2.2. Cas du bâtiment B2.....	189

3. Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle et facteurs liées à la fenêtre.....	190
3.1.Cas du bâtiment B1.....	190
3.2.Cas du bâtiment B2.....	190
4. satisfaction vis-à-vis de la quantité de lumière naturelle et la période de l'année..	193
5. Utilisation de l'éclairage artificiel.....	193
6. Révision de la compatibilité entre les mesures qualitatives et les mesures quantitatives relatives au niveau de lumière naturelle .....	194
2.1.Cas du bâtiment B1.....	194
2.2.Cas du bâtiment B2.....	195
7. Sensation d'éblouissement .....	196
7.1.corrélation d'éblouissement direct et facteurs liées à la fenêtre.....	197
7.1.1. Cas du bâtiment B1.....	197
7.1.2. Cas du bâtiment B2.....	198
7.1.3. correspondances entre les variables pour le cas du B1.....	199
7.1.4. correspondances entre les variables pour le cas du B2.....	200
7.2.corrélation d'éblouissement indirect et facteurs liées à la fenêtre .....	200
7.2.1. Cas du bâtiment B1.....	200
7.2.2. Cas du bâtiment B2.....	201
7.2.3. correspondances entre les variables pour le cas du B1.....	202
7.2.4. correspondances entre les variables pour le cas du B2.....	203
7.3.Révision de la compatibilité entre les mesures qualitatives et les mesures quantitatives relatives à la sensation d'éblouissement.....	204
8. Satisfaction concernant les moyens de contrôle.....	209
9. synthèse des résultats du Satisfaction envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement.....	211
Conclusion .....	213

## Chapitre VIII : Satisfaction des usagers envers la vue sur l'extérieur

Introduction .....	214
1. Perception du contenu du paysage visible à travers la fenêtre.....	215
1.1. Les éléments visibles et stratification horizontale .....	215
1.1.1. Cas du bâtiment B1.....	215
1.1.2. Cas du bâtiment B2.....	215
1.2.Les éléments mobiles .....	217
1.2.1. Cas du bâtiment B1.....	217
1.2.2. Cas du bâtiment B2.....	219
1.3.Distance du contenu.....	219
1.3.1. Cas du bâtiment B1.....	219
1.3.2. Cas du bâtiment B2.....	220
2. Perception d'accessibilité à la vue sur l'extérieur.....	220
3. Perception du niveau de clarté de la vue vers l'extérieur .....	223
3.1.Design de la fenêtre : Fragmentation de la vue .....	223
3.1.1. Cas du bâtiment B1.....	224
3.1.2. Cas du bâtiment B2.....	224
3.2.Type de vitrage.....	225
3.2.1. Cas du bâtiment B1.....	225
3.2.2. Cas du bâtiment B2.....	225
3.3.matières d'ombrage .....	226
3.3.1. Cas du bâtiment B1.....	226

# Table des matières

3.3.2. Cas du bâtiment B2.....	226
4. Evaluation de la qualité des vues existantes .....	227
4.1. Cas du bâtiment B1.....	227
4.2. Cas du bâtiment B2.....	230
5. Préférence des usagers envers la vue vers l'extérieur.....	232
5.1.Préférence relative au contenu.....	232
5.2.Préférence relative à l'accessibilité à la vue.....	235
5.3.Préférence relative à la clarté de la vue.....	237
6. Etude d'interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur .....	239
6.1. Cas du bâtiment B1.....	240
6.2. Cas du bâtiment B2.....	242
7. Synthèse des résultats de la Satisfaction envers la vue sur l'extérieur.....	244
Conclusion .....	246
Conclusion générale .....	248
Les limites de la recherche.....	249
Conclusion ponctuelle .....	250
Recommandations .....	253
Les perspectives de la recherche .....	255
Bibliographie .....	256
Annexe A	
Annexe B	
Annexe C	
Annexe D	
Annexe E	

## *Liste des figures*

**Figure 1.** Modèle conceptuel de la recherche

---

<b>Chapitre I</b>	
<b>Figure I.1.</b> L'histoire de la fenêtre.	<b>14</b>
<b>Figure I.2.</b> Evolution historique de la fenêtre.	<b>14</b>
<b>Figure I.3.</b> Evolution historique de la fenêtre.	<b>17</b>
<b>Figure I.4.</b> Unité d'habitation de Marseille.	<b>21</b>
<b>Figure I.5.</b> Modèle de dispositifs de protection solaire externes.	<b>23</b>
<b>Figure I.6.</b> Influence des conditions climatiques sur les demandes énergétiques annuelles pour un bâtiment ombragé et non ombragé.	<b>23</b>
<b>Figure I.7.</b> Besoins en énergie primaire avec (a) : des protections externes (b) : des protections internes.	<b>24</b>
<b>Figure I.8.</b> Répartition de l'éclairement de la lumière du jour sous différents types de protections solaires	<b>24</b>
<b>Figure I.9.</b> Propriétés optiques du verre et caractéristiques énergétiques.	<b>26</b>
<b>Figure I.10.</b> Éclairage, refroidissement et économies d'énergie totales (%) pour l'option d'éclairage avec différents types de vitrage et orientations.	<b>27</b>
<b>Figure I.11.</b> Les fonctions des fenêtres et leur influence sur les dimensions psychologiques des individus.	<b>28</b>
<b>Figure I.11.</b> Types de ventilation naturelle.	<b>30</b>
<b>Chapitre II</b>	
<b>Figure II.1.</b> Les stratégies de l'éclairage naturel.	<b>49</b>
<b>Figure II.2.</b> Influence des conditions d'éclairage sur la performance visuelle.	<b>53</b>
<b>Figure II.3.</b> A gauche, champ visuel pour une position assise ; A droite, champ visuel pour une position debout.	<b>54</b>
<b>Figure II.4.</b> Seuils d'éclairement définis par l'utilisateur pour le DA et l'UDI sur un cycle de 24 heures.	<b>64</b>
<b>Chapitre III</b>	
<b>Figure III.1.</b> Les principales variables composants la qualité de la vue : contenu, accès et clarté.	<b>81</b>
<b>Figure III.2.</b> Les différents type de contenu de la vue vers l'extérieur : a : vue naturelle ; b : vue urbaine ; c : vue combinée.	<b>82</b>

## Liste des figures

<b>Figure III.3.</b> Les strates horizontales d'une vue depuis la fenêtre : a : strate inférieure ; b : strate intermédiaire ; c : strate supérieure.	<b>86</b>
<b>Figure III.4 :</b> Variables d'accès à la vue : WWR, directions d'observation (perpendiculaire et parallèle), distance d'observation, angles de vue (horizontal et vertical).	<b>89</b>
<b>Figure III.5.</b> Différenciation de l'accès à la vue extérieure en fonction de la distance entre le bureau et la fenêtre : a : distance de 2m ; b : 5.5m ; c : 9m.	<b>92</b>
<b>Figure III.6.</b> La clarté d'une vue en fonction de la fragmentation de la fenêtre : a : vue dégagée ; b : meneau horizontal ; c : meneau vertical.	<b>94</b>
<b>Figure III.7.</b> La clarté d'une vue en fonction du type de verre : a : verre simple ; b : verre teinté.	<b>95</b>
<b>Figure III.8.</b> Vue à travers une fenêtre avec deux types différents de stores en tissu.	<b>96</b>
<b>Chapitre IV</b>	
<b>Figure IV. 1.</b> Les critères de sélection des outils de la simulation numérique.	<b>114</b>
<b>Figure IV. 2.</b> Résultats de simulation numérique de l'UDI par le logiciel DesignBuilder.	<b>117</b>
<b>Figure IV. 3.</b> Résultats de simulation numérique des valeurs des luminances dans la macro champs visuel par le logiciel Radiance ; a : rendu fausse couleur ; b : rendu en gris avec valeurs de luminance.	<b>118</b>
<b>Figure IV. 4.</b> Image HDR en format fish-eye illustrant l'impact des stores intérieurs sur l'environnement du bureau.	<b>121</b>
<b>Figure IV. 5.</b> Procédure expérimentale du VR pour évaluer les préférences des utilisateurs.	<b>123</b>
<b>Chapitre V</b>	
<b>Figure V.1.</b> Localisation géographique de la ville de Biskra.	<b>132</b>
<b>Figure V.2.</b> Les températures journalières de la ville de Biskra.	<b>133</b>
<b>Figure V.3.</b> Rayonnement mensuel de la ville de Biskra.	<b>133</b>
<b>Figure V.4.</b> Précipitation mensuel de la ville de Biskra.	<b>134</b>
<b>Figure V.5.</b> Direction de l'hydraulique a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>135</b>
<b>Figure V.6.</b> Direction de l'urbanisme et de la construction a Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC	<b>136</b>
<b>Figure V.7.</b> Direction du contrôle technique des bâtiments Est a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>137</b>

## Liste des figures

<b>Figure V.8.</b> Direction d'Emploi a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>137</b>
<b>Figure V.9.</b> L'agence foncière de la wilaya de Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>138</b>
<b>Figure V.10.</b> Direction des travaux publics a Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>139</b>
<b>Figure V.11.</b> Direction du tourisme et du l'artisanat traditionnel a Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC	<b>140</b>
<b>Figure V.12.</b> Direction du Contrôle financier dans la wilaya de Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>141</b>
<b>Figure V.13.</b> L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière a Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>141</b>
<b>Figure V.14.</b> Direction de la santé publique a Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC.	<b>142</b>
<b>Figure V.15.</b> Les zones d'installation des bâtiments des bureaux examinés	<b>143</b>
<b>Figure V.16.</b> Les bureaux sélectionnés pour l'étude. a : cas d'étude B1 ; b : cas d'étude B2.	<b>154</b>
<b>Figure V.17.</b> Protocole de simulation d'UDI par Design Builder.	<b>156</b>
<b>Figure V.18.</b> Les bâtiments B1 et B2 modélisés par Design Builder.	<b>158</b>
<b>Figure V.19.</b> Protocole de simulation de la luminance par Radiance 2.0 Beta.	<b>159</b>
<b>Figure V.20.</b> Processus d'élaboration des scénarios basée sur VR.	<b>162</b>
<b>Figure V.21.</b> Procédure de l'expérience virtuelle.	<b>163</b>
<b>Figure V.22.</b> Les étapes expérimentales in situ pour l'évaluation de la relation entre la sensation d'éblouissement et la vue.	<b>166</b>
<b>Figure V.23.</b> Procédure d'acquisition et de traitement d'images.	<b>167</b>
<b>Chapitre VI</b>	
<b>Figure VI.1.</b> Les deux cas choisis pour l'étude : a : bâtiment B1(OPJI) ; bâtiment B2 (DTP).	<b>172</b>

## Liste des figures

<b>Figure VI.2.</b> Carte factorielle des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B1.	<b>176</b>
<b>Figure VI.3.</b> Carte factorielle des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B2.	<b>176</b>
<b>Figure VI.4.</b> Le degré d'insatisfaction à l'égard des paramètres de l'environnement physique intérieur en relation avec la distance entre le poste du travail et la fenêtre pour les usagers du B1.	<b>180</b>
<b>Figure VI.5.</b> Le degré d'insatisfaction à l'égard des paramètres de l'environnement physique intérieur en relation avec la distance entre le poste du travail et la fenêtre pour les usagers du B2	<b>180</b>
<b>Figure VI.6.</b> Carte factorielle des correspondances entre la position du bureau par rapport à la fenêtre et le niveau de la satisfaction des usagers du B1 à l'égard de cette position.	<b>181</b>
<b>Figure VI.7.</b> Carte factorielle des correspondances entre la position du bureau par rapport à la fenêtre et le niveau de la satisfaction des usagers du B2 à l'égard de cette position.	<b>182</b>
<b>Figure VI.8.</b> Difficultés de lire sur l'écran pour les usagers du B1 et B2.	<b>183</b>
<b>Figure VI.9.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre la difficulté de lire sur l'écran vis-à-vis la position et la distance envers la fenêtre pour les usagers du B1	<b>183</b>
<b>Figure VI.10.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre la difficulté de lire sur l'écran vis-à-vis la position et la distance envers la fenêtre pour les usagers du B2.	<b>184</b>
<b>Chapitre VII</b>	
<b>Figure VII.1.</b> Satisfaction des usagers du B1 et B2 envers le niveau de la lumière naturelle dans leurs bureaux.	<b>188</b>
<b>Figure VII.2.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre le degré de satisfaction à l'égard de niveau de la lumière naturelle et les jugements des usagers du B1.	<b>189</b>
<b>Figure VII.3.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre le degré de satisfaction à l'égard de niveau de la lumière naturelle et les jugements des usagers du B2.	<b>189</b>
<b>Figure VII.4.</b> Fréquences de l'impression 'satisfait' envers le niveau de la lumière naturelle durant l'année pour les usagers du B1 et B2.	<b>193</b>
<b>Figure VII.5.</b> Fréquences d'utilisations de la lumière artificielle pendant le travail par les usagers du B1 et B2.	<b>194</b>
<b>Figure VII.6.</b> Carte des niveaux d'UDI obtenus dans le cas du B1.	<b>195</b>

## Liste des figures

<b>Figure VII.7.</b> Carte des niveaux d'UDI obtenus dans le cas du B2.	<b>196</b>
<b>Figure VII.8.</b> Fréquences de l'expérience d'éblouissement pour les usagers du B1	<b>197</b>
<b>Figure VII.9.</b> Fréquences de l'expérience d'éblouissement pour les usagers du B2.	<b>197</b>
<b>Figure VII.10.</b> Tracé de régression partielle pour B1 : a : entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement direct et la distance a la fenêtre.	<b>198</b>
<b>Figure VII.11.</b> Tracé de régression partielle pour B2 : a : entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement direct et la distance a la fenêtre.	<b>199</b>
<b>Figure VII.12.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement direct, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : cas du B1 et B2 .	<b>199</b>
<b>Figure VII.13.</b> Tracé de régression partielle pour B1 : a : entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement indirect et la distance à la fenêtre	<b>201</b>
<b>Figure VII.14.</b> Tracé de régression partielle pour B2 : a : entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement indirect et la distance à la fenêtre	<b>202</b>
<b>Figure VII.15.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement indirect, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : cas du B1	<b>202</b>
<b>Figure VII.16.</b> Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement indirect, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : cas du B2	<b>203</b>
<b>Figure VII.17.</b> Le niveau de satisfaction des usagers des bâtiments B1 et B2 à l'égard de la disponibilité des dispositifs de contrôle de l'éclairage naturel	<b>209</b>
<b>Figure VII.18.</b> Les raisons de la fermeture des stores chez les usagers du B1 et B2.	<b>211</b>

## Chapitre VIII

<b>Figure VIII.1.</b> Fréquences des éléments de la vue extérieure visibles à travers la fenêtre depuis les postes de travail en B1.	<b>215</b>
<b>Figure VIII.2.</b> Fréquences des éléments de la vue extérieure visibles à travers la fenêtre depuis les postes de travail en B2.	<b>215</b>
<b>Figure VIII.3.</b> Fréquences des degrés d'agrément des employés B1 à voir les éléments extérieurs à travers leurs fenêtres.	<b>216</b>
<b>Figure VIII.4.</b> Fréquences des degrés d'agrément des employés B2 à voir les éléments extérieurs à travers leurs fenêtres.	<b>216</b>
<b>Figure VIII.5.</b> Fréquences de présence des mouvements dynamiques dans les vues extérieures du B1 et B2.	<b>218</b>



## Liste des figures

<b>Figure VIII.6.</b> Nuage de correspondance entre l'agrément des mouvements de la vue et la situation du bureau pour les usagers du B1.	<b>218</b>
<b>Figure VIII.7.</b> Nuage de correspondance entre l'agrément des mouvements de la vue et la situation du bureau pour les usagers du B2.	<b>219</b>
<b>Figure VIII.8.</b> Mesures de discrimination pour la relation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1	<b>222</b>
<b>Figure VIII.9.</b> Nuage de correspondance entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1.	<b>223</b>
<b>Figure VIII.10.</b> Fréquence de niveau de confort des usagers par rapport à la présence des meneaux de la fenêtre dans la vue vers l'extérieur : cas du B1 et B2	<b>224</b>
<b>Figure VIII.11.</b> Jugement de la teinte du vitrage en rapport avec la vue vers l'extérieur pour les usagers du B1 et B2.	<b>225</b>
<b>Figure VIII.12.</b> Évaluation du rendu des couleurs des éléments extérieurs en fonction de la teinte du vitrage pour les usagers des bâtiments B1 et B2	<b>226</b>
<b>Figure VIII.13.</b> État d'utilisation de la protection solaire intégrée dans les bureaux des bâtiments B1 et B2.	<b>227</b>
<b>Figure VIII.14.</b> Nuage des correspondances entre état des stores et le niveau de la clarté de la vue extérieure : Cas du B1 et B2.	<b>227</b>
<b>Figure VIII.15.</b> Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers du B1.	<b>228</b>
<b>Figure VIII.16.</b> Correspondance entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B1.	<b>229</b>
<b>Figure VIII.17.</b> Tracé de régression partielle entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B1.	<b>229</b>
<b>Figure VIII.18.</b> Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers du B2.	<b>230</b>
<b>Figure VIII.19.</b> Correspondance entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B2.	<b>231</b>
<b>Figure VIII.20.</b> Tracé de régression partielle entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B2.	<b>232</b>
<b>Figure VIII.21.</b> Effet des nombres des strates et la distance du contenu naturel sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et B2 : a : vue naturelle proche ; b : vue naturelle éloignée	<b>233</b>
<b>Figure VIII.22.</b> Effet des nombres des strates et la distance du contenu urbain sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et B2 : a : vue urbaine proche ; b : vue urbaine éloignée	<b>234</b>

## Liste des figures

<b>Figure VIII.23.</b> Effet des nombres des strates et la distance du contenu mixte (urbain et naturel) sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et du B2 : a : vue mixte proche ; b : vue mixte éloignée.	<b>234</b>
<b>Figure VIII.24.</b> Impact des positions parallèle et perpendiculaire, combinées à une distance rapprochée, sur le niveau de satisfaction concernant l'accessibilité à la vue des usagers du B1 et du B2.	<b>236</b>
<b>Figure VIII.25.</b> Impact des positions parallèle et perpendiculaire, combinées à une distance éloignée, sur le niveau de satisfaction concernant l'accessibilité à la vue des usagers du B1 et du B2.	<b>237</b>
<b>Figure VIII.26.</b> Impact des différentes fragmentations de la fenêtre, combinées à un vitrage clair, sur le niveau de satisfaction concernant la clarté à la vue pour les usagers du B1 et du B2.	<b>238</b>
<b>Figure VIII.27.</b> Impact des différentes fragmentations de la fenêtre, combinées à un vitrage teinté, sur le niveau de satisfaction concernant la clarté à la vue pour les usagers du B1 et du B2.	<b>239</b>
<b>Figure VIII.28.</b> Les vues vers l'extérieur les plus intéressantes dans les deux bâtiments d'étude selon la vote des usagers : a : bâtiment B1 ; b : bâtiment B2.	<b>240</b>
<b>Figure VIII.29.</b> Les données du GRV et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B1.	<b>240</b>
<b>Figure VIII.30.</b> Les données du DGI et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B1.	<b>241</b>
<b>Figure VIII.31.</b> GRV comparé à DGI calculé pour le cas du bâtiment B1.	<b>242</b>
<b>Figure VIII.32.</b> Les données du GRV et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B2.	<b>243</b>
<b>Figure VIII.33.</b> Les données du DGI et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B2.	<b>243</b>
<b>Figure VIII.33.</b> GRV comparé à DGI calculé pour le cas du bâtiment B1.	<b>244</b>

## *Liste des tableaux*

### **Chapitre II**

<b>Tableau II.1.</b> Echelle du DGI	<b>63</b>
<b>Tableau II.2.</b> Les points forts et faibles pour les différentes méthodes d'évaluation de l'éclairage naturel.	<b>72</b>

### **Chapitre III**

<b>Tableau III.1 :</b> Calcul du facteur de vue basé sur l'angle de vue et le contenu.	<b>91</b>
--	-----------

### **Chapitre IV**

<b>Tableau IV.1.</b> Différentes recherches utilisant POE comme méthode d'évaluation de l'environnement physique intérieur	<b>111</b>
<b>Tableau IV.1.</b> Différentes recherches utilisant la simulation numérique comme méthode d'évaluation de l'environnement lumineux intérieur.	<b>114</b>
<b>Tableau IV.3.</b> Récapitulatif des Rapports des luminances.	<b>118</b>
<b>Tableau IV.3.</b> Le questionnaire élaboré, axé sur les usagers de bureau	<b>126</b>

### **Chapitre V**

<b>Tableau V.1.</b> Les critères de classification des bâtiments étudiés.	<b>144</b>
<b>Tableau V.2.</b> Analyse typologique des bâtiments des bureaux étudiés dans la ville de Biskra.	<b>145</b>
<b>Tableau V.3.</b> Analyse de l'environnement immédiat des bâtiments des bureaux étudiés dans la ville de Biskra.	<b>147</b>
<b>Tableau V.4.</b> Pourcentage du vide et plein dans les façades et la conception des fenêtres.	<b>149</b>
<b>Tableau V.5.</b> Les surfaces totales des fenêtres dans un bureau type	<b>151</b>
<b>Tableau V.6.</b> Classification des bureaux selon le rapport de la surface des fenêtres à la surface intérieure du mur extérieur d'un bureau type.	<b>151</b>
<b>Tableau V.7.</b> Les caractéristiques des bureaux sélectionnés pour l'étude du cas B1.	<b>154</b>
<b>Tableau V.8.</b> Les caractéristiques des bureaux sélectionnés pour l'étude du cas B2.	<b>155</b>
<b>Tableau V.9.</b> Méthode de calcul de VQI pour un cas type.	<b>160</b>
<b>Tableau V.10.</b> Les scénarios générés pour étudier les préférences des usagers par rapport à la vue vers l'extérieur.	<b>161</b>
<b>Tableau V.11.</b> Exemples des scénarios réalisés pour chaque variable pour le cas du B1 et B2.	<b>162</b>

## Liste des tableaux

<b>Tableau V.12.</b> Degré d'éblouissement perçu basant sur GSV et DGI.	<b>164</b>
<b>Tableau V.13.</b> Scores d'intérêt des vues de B1 et B2 évalués par les usagers.	<b>164</b>
<b>Tableau V.14.</b> : Statistiques descriptives des participants de l'enquête.	<b>169</b>
<b>Chapitre VI</b>	
<b>Tableau VI.1.</b> Jugement de la taille de fenêtre pour les usagers du B1 et B2.	<b>173</b>
<b>Tableau VI.2.</b> Préférence de la taille de fenêtre pour les usagers du B1 et B2.	<b>174</b>
<b>Tableau VI.3.</b> Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B1.	<b>174</b>
<b>Tableau VI.4.</b> Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B2.	<b>175</b>
<b>Tableau VI.5.</b> Conformités des jugements de la taille de la fenêtre des usagers du B1 dans leurs poste de travail vis-à-vis leurs taille préférée.	<b>177</b>
<b>Tableau VI.6.</b> Conformités des jugements de la taille de la fenêtre des usagers du B2 dans leurs poste de travail vis-à-vis leurs taille préférée.	<b>177</b>
<b>Tableau VI.7.</b> Distance entre fenêtre / bureau pour le cas du B1 et B2	<b>178</b>
<b>Tableau VI.8.</b> Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la distance entre la fenêtre et les bureaux pour les usagers du B1.	<b>178</b>
<b>Tableau VI.9.</b> Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la distance entre la fenêtre et les bureaux pour les usagers du B2.	<b>179</b>
<b>Tableau VI.10.</b> Fréquence de la position des bureaux des usagers du B1 et B2 par rapport à la fenêtre.	<b>180</b>
<b>Chapitre VII</b>	
<b>Tableau VII.1.</b> Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle, la position du bureau par rapport à la fenêtre et la distance entre le bureau et la fenêtre pour B1.	<b>191</b>
<b>Tableau VII.2.</b> Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle, la position du bureau par rapport à la fenêtre et la distance entre le bureau et la fenêtre pour B2.	<b>192</b>
<b>Tableau VII.3.</b> Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement direct, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B1	<b>200</b>
<b>Tableau VII.4.</b> Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement direct, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B2	<b>200</b>
<b>Tableau VII.5.</b> Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement indirect, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B1	<b>202</b>

<b>Tableau VII.6.</b> Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement indirect, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B2.	<b>203</b>
<b>Tableau VII.7.</b> Les résultats de simulation et sa comptabilité avec les résultats qualitatifs fournis par les usagers du B1.	<b>205</b>
<b>Tableau VII.8.</b> Les résultats de simulation et sa comptabilité avec les résultats qualitatifs fournis par les usagers du B2.	<b>207</b>
<b>Tableau VII.9.</b> Tableau des Correspondances entre le niveau de satisfaction à l'égard de la disponibilité des dispositifs de contrôle de l'éclairage naturel et la possibilité du contrôle manuel pour les cas du B1 et B2.	<b>210</b>
<b>Chapitre VIII</b>	
<b>Tableau VIII.1.</b> Agréabilité des éléments qui pourraient être vus par les usagers du B1 et B2, moyennes et écarts-types	<b>217</b>
<b>Tableau VIII.2.</b> Possibilité de remplacer le contenu de la vue extérieur par une vue artificielle chez les usagers du B1 et B2.	<b>217</b>
<b>Tableau VIII.3.</b> Jugements de la distance entre la fenêtre et le contenu extérieur	<b>220</b>
<b>Tableau VIII.4.</b> Résultats de corrélation entre WWR et la satisfaction envers la vue extérieure.	<b>221</b>
<b>Tableau VIII.5.</b> Résultats de corrélation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1.	<b>221</b>
<b>Tableau VIII.6.</b> Résultats de corrélation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B2.	<b>222</b>

## *Production Scientifique*

### Publications internationales

- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi, et al. The Workplace Windows Effect: Post Occupancy Evaluation of Office Employees' Satisfaction within Daylight and Exterior View. *Int J Innov Stud Sociol Humanities*. 2022;7(10): 210-220. DOI: <https://doi.org/10.20431/2456-4931.0710019>.
- Mezerdi, T., Belakehal, A., & **Sfaksi, I**, 'Impact of the socio-environmental quality of the courtyard house on occupant satisfaction: The case of M'chouneche oasis, Algeria'. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, (2022), 10(1), 74-98.
- Mostefa Medouki, Toufik Mezerdi, et **Imene Sfaksi**. Natural Daylighting in Traditional Architecture: A Case Study of Courtyard Houses in the Oasis City of M'chouneche, Algeria. *Int J Innov Stud Sociol Humanities*. 2022;7(9): 119-128. DOI: <https://doi.org/10.20431/2456-4931.0709012>.

### Communications internationales

- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi. 'Natural daylighting in courtyard oasis houses: the case of M'chouneche oasis, Algeria'. Séminaire international: '1st international conference on innovative academic studies', on 10-13 September in 2022 at Konya/Turkey
- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi. 'Impact of windows on the visual quality of indoor work space located in hot and arid climates'. Séminaire international: 9th international conference on the constructed environment, May 23 to 24, 2019, Guimarães, Portugal
- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi. 'Impact of windows on interior environment in office buildings located in hot and arid region: thermal and visual performance '. Séminaire international: 2nd international regional conference of contemporary affairs in architecture and urbanism, 9-10 May 2019, Alanya/Turkey
- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi. 'Natural daylighting in traditional architecture: a case study of courtyard houses in oasis city of M'chouneche, Algeria '. Séminaire international: 1st international symposium of built environment in oasis milieu BEO, 3-4 February 2019

### Communications nationales

- **Imene Sfaksi**, Toufik Mezerdi. 'Thermal performance of windows shading devices between reality and expected: case of buildings in hot and arid climates'. Séminaire national : Le 2eme séminaire National de l'Architecture et de l'Environnement. Batna les 11 et 12 décembre 2021

# Introduction générale

*« La fenêtre, - trace d'une existence humaine, clin d'œil au passant, œil de l'édifice ménageant le regard vers l'extérieur sans être vu, accueil de la lumière et du rayon de soleil qui anime surfaces et objets, sources d'air frais et parfois lieu d'échange de paroles et de senteurs, ... mais aussi vulnérabilité, fragilité due à l'interruption de la continuité structurelle du mur, sensibilité thermique et faiblesse d'étanchéité. Cette fenêtre est un élément fondamental de l'architecture. [...] La fenêtre sous-tend donc trois projets : un projet de lumière, un projet de vue et un projet d'articulation entre l'intérieur et l'extérieur. »*

(Pierre von Meiss, 1993)

## 1. Introduction :

Dans tout un bâtiment, l'élément clé qui assure la relation entre l'espace intérieur et l'environnement extérieur et garantit un climat intérieur ambitieux est « la fenêtre ».

Vu de son importance dans tout un échange extérieur - intérieur, il faut d'abord connaître sa dualité d'avantage et inconvénient. Car selon (Gay, 2001), la fenêtre est un élément complexe à plus d'un titre. Elle est amenée à remplir des différentes fonctions importantes : source de lumière naturelle, de chaleur, de la ventilation naturelle et de la vue vers le monde externe, et chacune de ces fonctions est liée à un effet indésirable : source d'éblouissement, de surchauffe, de bruit et de réduction de l'intimité visuelle. Donc la meilleure fenêtre était -dans l'absolu-, celle qui répondrait à toutes ces fonctions d'une manière bien étudiée et contrôlée afin de garantir un environnement physique intérieur confortable pour ces usagers.

Comme tout un espace conçu pour une occupation humaine, la présence d'une fenêtre dans un espace de travail est l'un des facteurs essentiels (Farley & Veitch, 2001) dans le but d'assurer un certain degré de satisfaction à l'égard des facteurs physiques internes liés aux stimulations environnementales et des facteurs psychologiques liés à la perception et aux attentes de l'utilisateur.

La lumière naturelle ainsi que la vue vers l'extérieur dans un espace de travail sont considérés comme les fonctions de la fenêtre les plus recherchés (Boyce & al., 2003) ou la qualité visuelle de l'espace joue le rôle d'une exigence primordiale pour l'accomplissement des tâches confortablement.

Avoir un accès de la lumière naturelle dans un bureau présente des avantages à bien des égards : physiologiquement par la stimulation du système visuel et le rythme circadien des usagers en raison de sa dynamique, sa luminosité et sa rendu des couleurs (Guidolin, 2014), psychologiquement par la réduction de la fatigue oculaire et par conséquent l'amélioration de morale et l'augmentation de la productivité, et énergétiquement par la réduction de la demande énergétique des bâtiments due à l'utilisation de l'éclairage artificiel. Tous ces avantages ont leurs inconvénients correspondants résultant du manque d'étude et de contrôle ou l'éblouissement c'est le risque majeur qui provoque la réalisation des tâches soit par réflexion sur les surfaces (écran d'ordinateur, surface de papier,..) ou par la diffusion de la lumière dans les yeux ce qui réduit le contraste entre les objets.

La présence d'une vue vers l'extérieur a été confirmée dans des nombreuses recherches comme un composant non négligeable pour l'espace de travail : elle assure le contact de l'utilisateur avec le monde externe avec tous ses informations (climat, moments du jour, mouvements) (Hellings & Hordijk, 2014), offre une mise au point attrayante et confortable pour les yeux, aidant à prévenir la fatigue oculaire ce qui est dû au regard continu sur les écrans des ordinateurs sans s'arrêter. Aussi, elle affecte l'aspect psychologique de l'utilisateur par la réduction du stress et de la dépression, des sentiments de claustrophobie et de monotonie (Collins, 1975) et par conséquent augmentation de la sensation du bien-être et la satisfaction envers l'environnement du travail.

En plus d'être une partie indispensable du caractère d'un bâtiment des bureaux, la présence des fenêtres souligne plusieurs preuves d'importance concernant la qualité visuelle de l'espace internes et par conséquent ses avantages physiologique et psychologique sur les usagers, considérant que la réalisation de cette importance se diffère par rapport aux préférences des usagers, aux caractéristiques de l'espace et aux paramètres de la fenêtre elle-même.

### **2. Problématique :**

Au fil du temps, la conception de la fenêtre dans tout le monde a connu plusieurs changements sous l'influence de plusieurs paramètres (l'essor technologique, l'émergence des nouvelles techniques constructives et des tendances architecturales, ainsi que le développement de nouveaux matériaux de construction), Où l'expression architecturale du bâtiment dans son ensemble célèbre l'expression de la modernité avec une touche transparente.



Cette prolifération de ces tendances dans de nombreux secteurs de l'architecture internationale contemporaine a fait de la conception de fenêtres une partie de l'aspect esthétique de la façade avec une négligence totale de tous les avertissements environnementaux et les critères contextuels, Où le bien être des usagers a été délégué à des installations techniques qu'ont servi à cacher d'innombrables problèmes conceptuels en rapport avec leur confort.

Comme tous les pays de monde, l'Algérie ne fait pas exception. Ces dernières années, il est devenu très claire qu' elle a familiarisé avec cette nouvelle mode de conception des fenêtres dans la plupart des bâtiments publics des villes du nord comme du sud, ou les murs rideaux et la façade transparente sont devenue un slogan de modernité, sans recourir à des systèmes qui réduisent l'anxiété face aux conditions climatiques qui se différent d'une zone a une autre, aux exigences du confort qui changent d'un espace a un autre et aux préférences de l'utilisateur pour chacun des différentes tâches qu'il effectue.

Biskra en tant qu'une ville algérienne qui représente une zone chaude et aride ou les conditions climatiques sont à l'extrême, marque aussi une rupture avec tous les styles architecturaux adaptés aux aspects culturel, contextuel et climatique de la région. Il suffit de faire une visite en ville pour constater que l'image de modernité ne cesse d'inspirer les concepteurs de cette ville, ou tous les bâtiments publics à caractère administratif sont souvent construits avec un ratio d'ouverture très grand sans aucune protection, ce qui n'assure pas les conditions minimales de confort, notamment visuel qu'il est déterminé par la pénétration de la lumière naturelle et la présence d'une vue vers l'extérieur . Et cela engendrent des nouveaux schémas d'interaction chez l'utilisateur et posent une question de préoccupation concernant la maîtrise des paramètres objectifs relativement liés à la quantité de lumière naturelle et la vue fournie vers l'extérieure ainsi que des paramètres subjectifs liés au comportement de l'utilisateur de l'espace.

Dans un espace de travail ou les taches d'écrire, lire et saisir sont les plus effectuer, la qualité d'accomplissement de ces dernières dépend étroitement a des relations d'interaction entre l'utilisateur et la qualité visuelle de l'espace lui-même avec l'intention de fournir des conditions favorable et conforme aux besoins demandés. La conception de la fenêtre fait partie des problématique à considérer lors d'une réflexion sur cette interaction, soit par la lumière naturelle qui puisse à pénétrer dans l'espace ou par la vue qu'il donne vers l'environnement extérieur ou le grand défi se dresse face à répondre aux exigences visuelles spécifiques à chaque tache de travail, mais aussi à éviter les différentes gênes visuelles et par conséquence à l'élaboration du bien-être et la satisfaction de l'utilisateur vers ces deux facteurs.

A cet égard et pour qu'une fenêtre puisse contribuer efficacement à l'augmentation de l'efficacité visuelle dans les bâtiments des bureaux dans une zone chaude et aride qui consiste essentiellement à la perception de la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur et ses effets sur le comportement et la productivité de l'utilisateur, la sélection des meilleurs paramètres doit être faite dès le stade de conception dans le processus de construction.

Tout ceci nous incite à poser les questions suivantes :

- *Pour un bureau situé dans une zone chaude et aride, quelle serait la meilleure taille de la fenêtre qui puisse à répondre aux exigences de confort en matière de la lumière naturelle et la vue sur l'extérieur ?*
- *Quelle est la taille de fenêtre préférée par les usagers des espaces des bureaux dans la ville de Biskra pour l'accomplissement des tâches de travail confortablement en termes de la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur ?*
- *Quel serait le contenu préféré de la vue sur l'extérieur par les usagers des bureaux ?*
- *Dans quelles mesures l'accès de la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur dans un bureau influencent-elles le bien-être ainsi que le degré satisfaction de l'utilisateur ?*
- *Comment la lumière perçue et la qualité de la vue vers l'extérieur sont-elles liées ?*
- *L'utilisateur du bureau dans la ville de Biskra considère-t-il vraiment la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur comme des facteurs affectant son satisfaction et par conséquent sa productivité ?*

### **3. Hypothèses :**

- Nous supposons que la meilleure taille de la fenêtre qui puisse à répondre aux exigences de confort en matière de la lumière naturelle et la vue sur l'extérieur dans une zone chaude et aride est celle qui fournit un ratio d'ouverture entre 20-35 %.
- Nous supposons aussi qu'une fenêtre ordinaire avec une taille moyenne est préférable par les usagers des espaces des bureaux dans la ville de Biskra pour l'accomplissement des tâches de travail confortablement en termes de la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur.
- l'accès de la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur dans un bureau influencent d'une manière directe le bien-être ainsi que le degré satisfaction de l'utilisateur.

- Les bienfaits de la fenêtre en termes d'accès à la lumière du jour et de la vue sur l'extérieur, augmenterait le degré de satisfaction, ainsi que le bien-être et la performance chez les usagers des bureaux.

#### **4. Objectifs de la recherche :**

Les fenêtres ont une fonction importante dans la création d'un environnement intérieur confortable et sain. Afin d'améliorer les performances des façades en ce qui concerne la qualité visuelle des espaces des bureaux situés dans une zone chaude et aride comme la ville de Biskra, il est nécessaire d'élargir les connaissances actuelles sur l'influence de la fenêtre sur la lumière naturelle ainsi que la vue vers l'extérieur qu'elle fournit, et par l'influence sur le degré de satisfaction des usagers.

A cet effet, cette recherche s'inscrit dans une optique visant à :

- Analyser la situation actuelle relative à la prise en considération de la fenêtre comme un élément influent et contribuant dans l'obtention d'une qualité visuelle intérieure dans les bâtiments de bureaux dans la ville de Biskra.
- Explorer comment l'utilisateur de bureau évalue leur environnement de travail, en mettant l'accent sur les aspects liés à la lumière naturelle et la vue sur l'extérieur garanties par la fenêtre.
- Examiner le degré de satisfaction des usagers, et leur degré d'adaptation à l'environnement visuel, pour aboutir à l'identification des facteurs qui conditionnent leurs réactions positives et négatives.
- Savoir s'il y a une différence entre **les exigences de confort visuel recommandés** en matière de la lumière naturelle et la vue sur l'extérieur pour un espace de bureaux et **le confort ressenti et perçu par l'utilisateur.**

#### **5. Méthodologie de la recherche**

Pour atteindre les objectifs énoncés précédemment, cette étude adopte une approche méthodologique combinant à la fois une démarche inductive et déductive. Le cadre méthodologique élaboré repose sur trois approches essentielles : conceptuelle, empirique, et numérique.

- **L'approche conceptuelle** implique la construction d'une base théorique en se fondant sur les connaissances préexistantes liées au domaine d'étude. Cette étape est entreprise au moyen d'une revue de littérature ciblée, impliquant l'examen de diverses sources bibliographiques, telles que des ouvrages, des thèses et des articles. Cette démarche vise à approfondir notre appréhension des concepts fondamentaux et mots-clés du sujet et à évaluer l'état actuel des connaissances dans le domaine examiné. De plus, elle joue un rôle essentiel en guidant la direction de la recherche.
- **L'approche empirique** consiste en une étude menée sur le terrain. Elle débute par une analyse typologique de divers bâtiments de bureaux situés dans la ville de Biskra. Cette étape préliminaire vise à acquérir une compréhension concrète de l'objet de la recherche et ensuite à sélectionner un ensemble de bâtiments de bureaux appropriés pour constituer le corpus d'étude. Dans ce contexte, l'effort d'investigation s'est concentré sur la collecte de documents graphiques, notamment des plans architecturaux des exemples sélectionnés pour analyse. De plus, des visites sur site ont été réalisées, accompagnées de la prise de photos et, parfois, de la réalisation de relevés pour compléter les informations manquantes.

L'objectif consiste à examiner concrètement comment les différents ratios d'ouverture des fenêtres influencent la qualité visuelle (lumière naturelle et vue sur l'extérieur) à l'intérieur de ces espaces. Cette évaluation repose sur la collecte de données concernant divers paramètres physiques, combinée à une analyse qualitative qui s'appuie sur une enquête réalisée au moyen d'un questionnaire auto-administré pendant la période estivale. Cette méthode permet d'étudier la satisfaction des occupants vis-à-vis de ces paramètres.

- **L'approche numérique** est mise en œuvre sous forme d'une série de tests à l'aide des logiciels de simulation tels que ECOTECT, DESIGN BUILDER et SPSS. Cette section est dédiée à l'analyse de l'aspect visuel des différents ratios découlant de l'approche précédente. L'objectif principal est de déterminer le meilleur ratio d'ouverture des fenêtres qui satisfait les usagers en ce qui concerne la lumière naturelle et la vue extérieure dans notre contexte d'étude et de ressortir les variables corrélées significativement.

### **6. Structure de la thèse :**

Cette thèse est organisée en deux parties interdépendantes en plus d'un chapitre introductif et d'une conclusion générale. La première partie se focalise sur l'aspect théorique et conceptuel, et se compose de quatre chapitres dédiés à une exploration approfondie de la littérature afin

d'acquérir une meilleure compréhension des concepts et des notions fondamentales. La seconde partie est constituée de quatre chapitres qui mettent principalement l'accent sur la validation pratique et analytique des relations entre les variables, en suivant le cadre méthodologique préalablement élaboré.

- **Première partie : Cadre théorique et conceptuel**

**Chapitre I :** il se concentre sur l'étude des ouvertures et leur rôle en tant que régulateurs environnementaux, en mettant l'accent sur les fenêtres. Il analyse spécifiquement l'influence du ratio d'ouverture des murs de façade sur les performances visuelles des bâtiments des bureaux dans un climat chaud et aride. De plus, il présente une revue approfondie des connaissances actuelles sur le sujet abordé et clarifie la position épistémologique de cette étude par rapport au domaine des recherches existantes.

**Chapitre II :** il offre une explication approfondie des concepts essentiels liés à l'éclairage naturel et au confort visuel. Il présente également un assortiment de stratégies destinées à garantir un éclairage naturel approprié. En conclusion, le chapitre se penche sur le confort visuel au sein des espaces du travail, en définissant les critères et les normes qui régissent le confort lumineux.

**Chapitre III :** il présente une analyse approfondie de la contribution de la vue vers l'extérieur à la qualité visuelle des espaces. Il explore en détail les aspects liés à la vue vers l'extérieur, en analysant les composantes de la vue, les méthodes d'évaluation, les avantages associés et même les spécifications pour les espaces de travail dépourvus de vue.

**Chapitre VI :** Ce chapitre se concentre sur les différentes approches et méthodes utilisées pour évaluer la satisfaction des usagers envers l'environnement visuel dans les bâtiments de bureaux. Il explore les concepts, les objectifs et les niveaux d'application de l'évaluation post-occupation, ainsi que les différentes méthodes de simulation numérique, d'utilisation d'images numériques, de réalité virtuelle et d'enquête par questionnaire.

- **deuxième partie : Cadre analytique et enquête :**

**Chapitre V :** il se focalise sur l'étude des espaces de bureau dans la ville de Biskra, en Algérie, en se basant sur une approche typologique. Il décrit la classification des exemples de bâtiments de bureaux existants selon différents critères tels que la typologie, les caractéristiques des fenêtres et l'environnement extérieur immédiat. Ensuite, il explique le processus de choix des

cas d'étude, en détaillant les critères utilisés et en fournissant des descriptions des espaces de travail sélectionnés. Le chapitre aborde également la méthodologie de mesure, en couvrant à la fois les mesures quantitatives (éclairage, luminances, indices d'éblouissement, VQI, VR) et les mesures qualitatives réalisées au moyen d'un questionnaire.

**Chapitre VI :** Ce chapitre Présente les premiers résultats de notre étude principale sur l'impact de la taille de la fenêtre sur la qualité visuelle des usagers. Il se focalise sur l'évaluation des jugements et des préférences des usagers des espaces de bureau en ce qui concerne divers aspects liés aux fenêtres, tels que la taille, la position des bureaux par rapport aux fenêtres et la distance entre les bureaux et les fenêtres. L'objectif est de recueillir une vision globale de la satisfaction des employés à cet égard.

**Chapitre VII :** Il est pour but d'évaluer la satisfaction des occupants à l'égard de l'environnement lumineux intérieur et de la perception de l'éblouissement, tout en investiguant les diverses manières dont les facteurs associés aux ouvertures, notamment les fenêtres, impactent la perception des occupants. Il a également entrepris une démarche pour concilier les mesures qualitatives et quantitatives de l'environnement lumineux, dans le but de mettre en évidence les distinctions entre le confort objectivement mesuré et le confort subjectivement ressenti par les usagers.

**Chapitre VIII :** Ce chapitre se penche sur un aspect crucial de l'environnement de travail, à savoir la satisfaction des usagers concernant la vue vers l'extérieur. Nous explorons comment les variables composant la vue sur l'extérieur sont perçues par les usagers, comment elle peut influencer leur satisfaction, ainsi que leur préférence pour une meilleure expérience. Il aborde également l'examen de la corrélation entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur, tout en explorant comment une vue perçue comme agréable peut influencer la perceptibilité de l'éblouissement.

En conclusion, la thèse se clôture par une synthèse globale des résultats obtenus, offre des réponses aux questions majeures posées par la problématique, formule des recommandations éclairées, aborde les limitations de l'étude et propose des orientations pour de futures axes de recherche.

### **7. Analyse conceptuelle :**

La Figure 1.1 illustre le schéma de recherche, mettant en évidence les variables centrales de l'étude, chacune d'entre elles étant étroitement liée à ses dimensions spécifiques et à ses paramètres quantifiables. Ces variables sont organisées en trois catégories distinctes :

- **Variable indépendante** : la Fenêtre.
- **Variable intermédiaire** : Usagers des Espaces des Bureaux
- **Variables dépendantes** : Qualité Visuelle

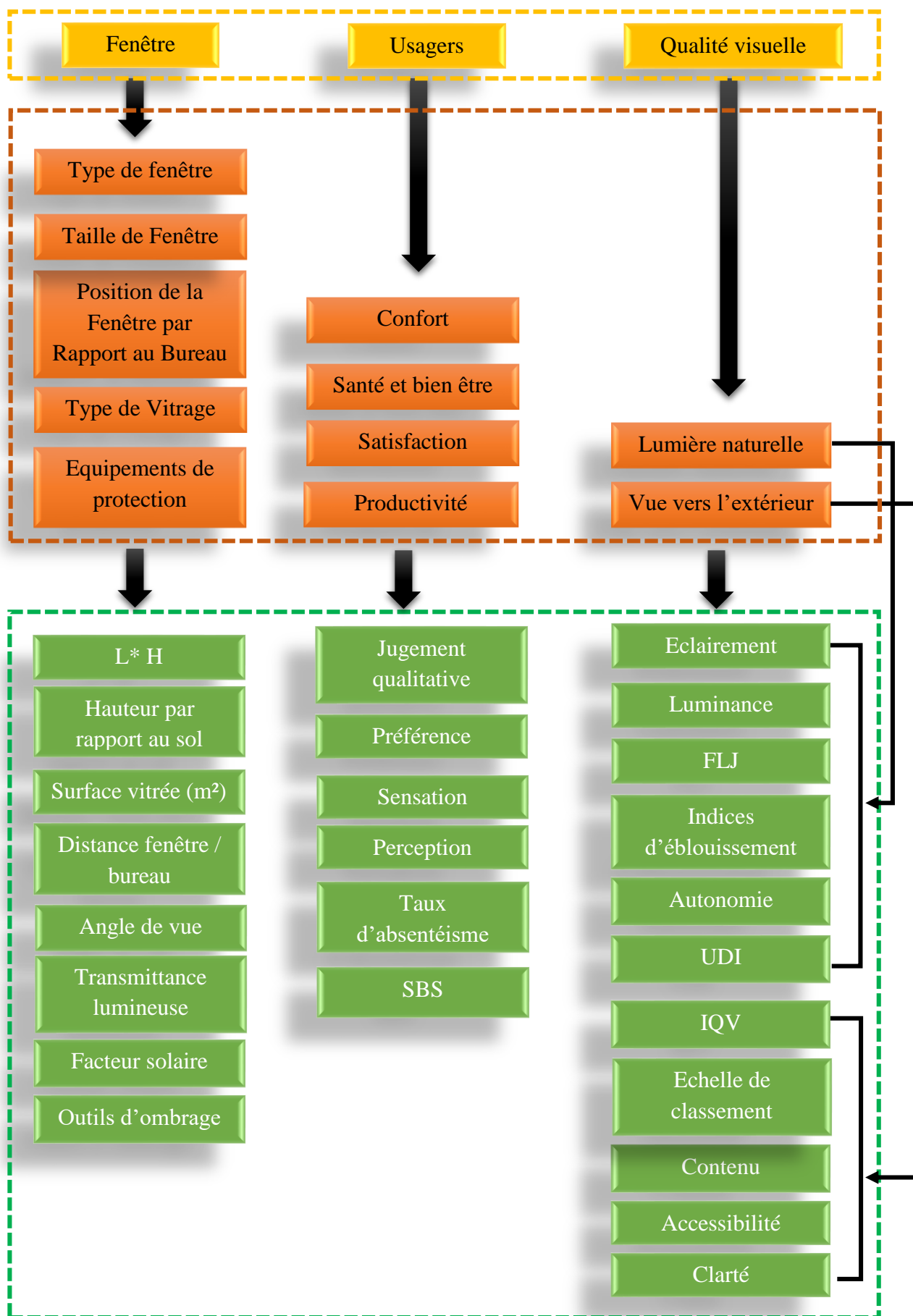


Figure 1. Modèle conceptuel de la recherche. (Source : auteur, 2022)



# **1 ÈRE PARTIE**

## **CADRE THÉORIQUE**

# **CHAPITRE I**

**LA FENÊTRE : COMME UN ÉLÉMENT  
DE DIALOGUE ENTRE INTÉRIEUR /  
EXTÉRIEUR**

## Introduction

La fenêtre, en tant qu'élément architectural, suscite depuis longtemps l'intérêt des chercheurs, des architectes, et des urbanistes. Sa signification va bien au-delà de sa simple fonction de permettre la pénétration de la lumière naturelle et de l'air frais dans nos espaces intérieurs. Elle représente un élément de transition, une interface complexe entre l'intérieur et l'extérieur, et par conséquent, elle offre un terrain fertile pour l'étude et la compréhension des interactions humaines avec leur environnement bâti.

Ce chapitre marque le début de cette recherche approfondie sur la fenêtre en tant que médiateur subtil entre deux mondes distincts : l'intérieur et l'extérieur. Plusieurs aspects cruciaux seront abordés. Tout d'abord, un aperçu de la fenêtre sera fourni en examinant son évolution au fil du temps, ainsi que sa structure et sa composition. La façon dont sa forme, son orientation, son emplacement et ses dimensions influencent l'expérience quotidienne de l'espace intérieur sera analysée. En outre, Les fonctions essentielles de la fenêtre seront également explorées, allant au-delà de son rôle évident en tant que source de lumière et d'aération. Nous considérerons comment elle crée une interface visuelle avec le monde extérieur tout en offrant un contrôle subtil sur des éléments tels que la lumière, la chaleur et l'intimité. Le ratio d'ouverture, qui détermine la proportion de la surface murale occupée par des fenêtres, fera également l'objet de notre étude.

Enfin, l'impact profond de la fenêtre sur l'environnement intérieur sera abordé en examinant son influence sur le bien-être des occupants et en explorant les défis posés par les espaces dépourvus de fenêtres.

### 1. La fenêtre : un capteur et un écran de l'environnement extérieur

L'enveloppe architecturale englobe l'ensemble des parois qui séparent l'espace intérieur de l'extérieur. Autrefois, elle faisait intégralement partie de la structure des bâtiments, constituée de murs porteurs massifs. Cependant, avec l'avènement des structures autoportantes et la réduction de l'épaisseur des murs, l'enveloppe est désormais davantage cantonnée à son rôle essentiel de régulateur, filtrant l'influence des éléments climatiques extérieurs tels que le rayonnement solaire, la lumière naturelle,...etc. (Elghamry & Hassan, 2020). Ces fonctions régulatrices visent à maintenir un environnement intérieur favorable aux activités des occupants.

Les fenêtres, en tant que composants spécifiques de l'enveloppe d'un bâtiment, sont responsables de plus de 10 % de la charge énergétique du bâtiment et se révèlent donc avoir une influence considérable sur la consommation énergétique totale (Sawyer, 2014). C'est pourquoi il est impératif de faire un choix judicieux et une analyse plus détaillée et approfondie sur divers facteurs de conception de fenêtre en optant pour des fenêtres hautes performance dès l'étape de conception.

Le mot "fenêtres" englobe les ouvertures présentes dans la structure d'un bâtiments, permettant ainsi aux occupants d'observer l'extérieur tout en diffusant une lumière naturelle agréable durant la journée et en facilitant la ventilation pour renouveler l'air et rafraîchir l'espace. Cependant, il est essentiel de noter que la définition de la "fenêtre" ne se limite pas exclusivement à une ouverture au sein d'une enveloppe opacifiée (Lakhdari, 2021). Des exemples tels que Les parois externes entièrement constituées de verre et les systèmes à double peau vont au-delà de cette description conventionnelle.

La fenêtre est défini par (N. Benradouane et B. Benyoucef, 2008) comme suit : « La fenêtre représente l'un des composants les plus complexes et onéreux d'un bâtiment bioclimatique, en raison de la multitude de rôles contradictoires qu'elle doit remplir : fournir de la lumière tout en offrant la possibilité d'occultation, permettre la vue vers l'extérieur tout en préservant l'intimité, autoriser la pénétration du soleil tout en offrant une protection solaire efficace, et garantir à la fois l'étanchéité et la ventilation. E Outre les impératifs techniques fondamentaux visant à garantir le confort thermique et visuel, la fenêtre revêt une importance majeure dans la configuration de l'espace intérieur et dans le positionnement de l'apport de lumière naturelle.».

De son côté, Mercier (2009) la caractérise comme étant "un élément complexe et essentiel des systèmes passifs de régulation environnemental. C'est l'un des principaux moyens par lesquels les occupants peuvent ajuster la température, la luminosité naturelle, la ventilation et l'acoustique d'une pièce pour améliorer leur confort."

Le confort thermique ressenti par l'occupant dépend principalement de facteurs tels que la température de la surface vitrée de la fenêtre, l'exposition aux rayons de soleil et la circulation de l'air à travers celle-ci (Huizenga et al., 2006). Par ailleurs, la fenêtre joue un rôle majeur en fournissant un éclairage naturel à la pièce et en établissant une connexion visuelle entre l'individu et l'environnement extérieur (Boyce et al., 2003).

Dans la recherche d'Ariès (2005), la disponibilité de la lumière naturelle s'est avérée être la raison la plus importante pour laquelle les participants souhaitent avoir accès à une fenêtre. En revanche, Farley et Veitch (2001), dans leur étude de la littérature, ont conclu que parmi toutes les fonctions d'une fenêtre, la fourniture d'une vue est celle qui est la plus appréciée par les occupants des bâtiments. D'autre part, dans l'étude de Bodart et Deneyer (2004) sur les aspects positifs d'une fenêtre, il est ressorti que les rayons du soleil est l'aspect le plus positif, suivi du contact visuel avec l'extérieur et de la préférence pour travailler à la lumière du jour plutôt qu'à la lumière électrique.

D'autre part, Les fenêtres présentent des aspects négatifs, notamment la difficulté à visualiser les détails sur les écrans d'ordinateur, l'éblouissement, la surchauffe et les courants d'air (Bodart et Deneyer, 2004). Cependant, la recherche d'Ariès et al. (2010) a montré que les participants éloignés des fenêtres rencontrent moins de problèmes de chaleur et d'éblouissement. De plus, selon l'étude de Newsham et al. (2008), avoir accès à une fenêtre depuis un poste de travail a un impact positif sur la satisfaction liée à l'éclairage naturelle, mais peut avoir un effet négatif sur d'autres aspects environnementaux tels que la satisfaction en matière d'intimité et de ventilation.

La conception des fenêtres se révèle ainsi être un défi complexe, caractérisé par une multitude d'objectifs à atteindre. Dans l'étude menée par Ruck et el. (2000), la fenêtre a été caractérisée comme un élément multifonctionnel dont les attributs varient en fonction du contexte et du design.

## 2. L'évolution historique de la fenêtre :

La fenêtre est marquée par une interaction en constante évolution au fil du temps entre les progrès technologiques liés à ses matériaux, la recherche du bien-être des résidents, et son influence sur la composition architecturale. Au fil des siècles, la fenêtre a évolué (figure I.1, figure I.2), mais son rôle fondamental de permettre la pénétration de la lumière naturelle est demeuré constant (Phillips, 2004).

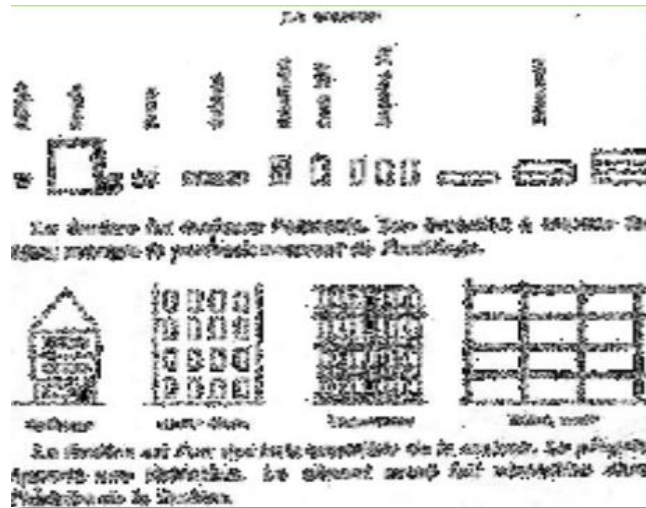


Figure I.1. L'histoire de la fenêtre. (Source : Corbusier, 1926)

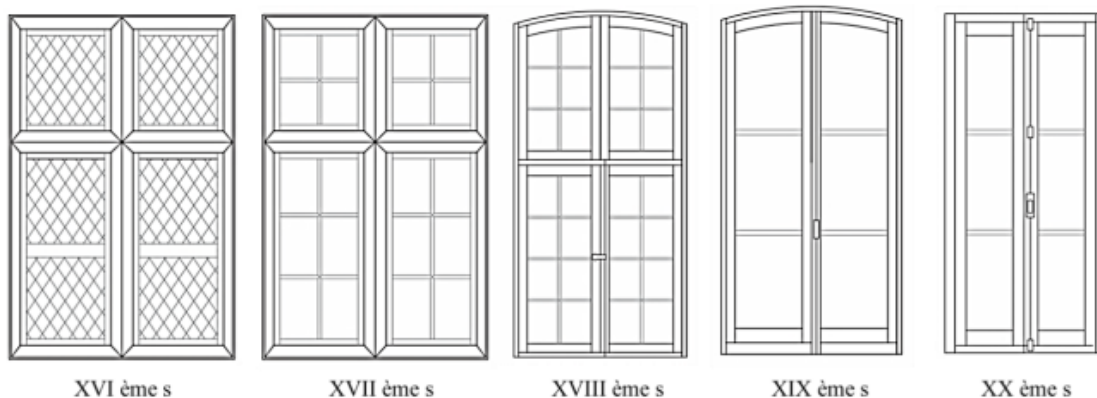


Figure I.2. Evolution historique de la fenêtre. (Source : Jacquier et al., 2012)

### 2.1. Au moyen Age :

Pendant le Moyen Âge, les fenêtres étaient équipées de volets ajourés qui permettaient à la lumière de passer à travers de petits orifices. Dans les exemples les plus luxueux, ces orifices pouvaient être agrémentés de petits vitraux composés de verre simple, de parchemin étiré ou de papier enduit d'huile. (Chakali, 2019).

### **2.2.XVe et XVIe siècles :**

Au XVème siècle, afin de satisfaire aux normes de sécurité et de confort de cette période, des fenêtres particulières ont été conçues pour les bâtiments civils, adoptant une conception très différente de celle des fenêtres des édifices religieux. Ces fenêtres civiles étaient généralement composées d'une structure à deux vantaux battants et trois traverses. À l'intérieur, un volet plein s'insérait dans les rainures (Jacquier et al., 2012). Cependant, ces fenêtres présentaient des inconvénients significatifs, notamment des problèmes importants d'infiltrations d'air et d'eau.

### **2.3. Au XVIIe siècle :**

Au XVIIe siècle, les fenêtres ont continué à évoluer, subissant des changements significatifs par rapport aux conceptions antérieures. Elles étaient généralement construites en bois, bien que des versions en pierre aient également été utilisées dans les bâtiments plus prestigieux. Progressivement, les croisées de pierre ont été remplacées par des montants en bois. Cette évolution a permis de créer des fenêtres à meneaux en bois qui ont contribué à la diffusion de la lumière. Le verre plat devenait courant, permettant une meilleure transmission de la lumière, tandis que les grilles quadrillées remplaçaient les vitraux complexes. La décoration des châssis était minimale, se limitant souvent à un simple chanfrein.

### **2.4.Au XVIIIe siècle :**

Le XVIIIe siècle a vu l'introduction de fenêtres à deux vantaux. Ces châssis permettaient d'ouvrir la fenêtre par le milieu, offrant une meilleure ventilation et facilitant l'accès à l'extérieur. Elles étaient souvent équipées de petits carreaux décoratifs avec des croisillons moulurés. Ainsi que des améliorations dans l'étanchéité grâce à l'adoption de fermetures à noix et gueule-de-loup, de pièces d'appui et de renvois d'eau. La taille des carreaux de fenêtre a également évolué vers des formats plus grands, en particulier sur les façades prestigieuses. Après cette période, les procédés de fabrication des fenêtres ont connu une relative stabilité jusqu'à l'avènement des menuiseries industrielles au XIXe siècle.

### **2.5. la seconde moitié du XIXe siècle :**

La seconde moitié du XIXe siècle a été une période de grande diversité et d'innovation dans la conception des fenêtres. Les fenêtres étaient plus accessibles grâce à la production industrielle, le double vitrage est devenu courant, offrant une meilleure isolation thermique et phonique par rapport au simple vitrage. La qualité du verre s'est encore améliorée, avec moins

d'ondulations et de bulles, ce qui a offert une meilleure clarté et transparence (Chakali, 2019). Les fenêtres ont également été conçues pour convenir à une variété de styles architecturaux tels que le néo-gothique, le néo-renaissance et d'autres styles revival. L'introduction de la quincaillerie, notamment des poignées et des mécanismes d'ouverture, a facilité leur utilisation, tandis que l'amélioration de l'étanchéité a contribué à une meilleure isolation. Les fenêtres en baie, qui se projettent vers l'extérieur pour créer de petits espaces de retraite ou de jardin d'hiver, sont devenues populaires à cette époque.

### **2.6. Au XXe siècle :**

Le XXe siècle a été marqué par des avancées significatives dans la fabrication et la conception des fenêtres. Au début du siècle, le verre étiré a remplacé le verre soufflé dans la production industrielle. Par la suite, à partir des années 1960, le verre flotté, caractérisé par sa transparence et son absence de défauts, est devenu la norme (Chakali, 2019). Les fenêtres ont continué à voir leurs vitres s'agrandir, permettant de laisser entrer plus de lumière naturelle. La crémone, un système de fermeture, s'est généralisée, offrant une manière efficace de verrouiller et d'ouvrir les fenêtres (Jacquier et al., 2012). Les fenêtres ont bénéficié des avancées technologiques, notamment l'utilisation de revêtements spéciaux pour améliorer l'efficacité énergétique et la protection solaire. Au XXe siècle, les fenêtres ont été conçues pour s'adapter au design architectural contemporain, avec des lignes épurées et des matériaux modernes.

## **3. Les Attributs de la Fenêtre**

L'efficacité d'une fenêtre dépend essentiellement de ses spécifications, de son format et de ses proportions. De plus, les matériaux utilisés pour sa fabrication jouent un rôle crucial dans l'évaluation des performances d'un bâtiment. D'après l'étude d'Elghamry et Hassan (2020), les éléments déterminants pour l'efficacité des fenêtres comprennent leurs attributs, leurs dimensions, leurs orientations, ainsi que leurs emplacements sur la façade. Ces facteurs ont un impact significatif sur l'amélioration des performances environnementales à l'intérieur de l'architecture.

### **3.1. La forme**

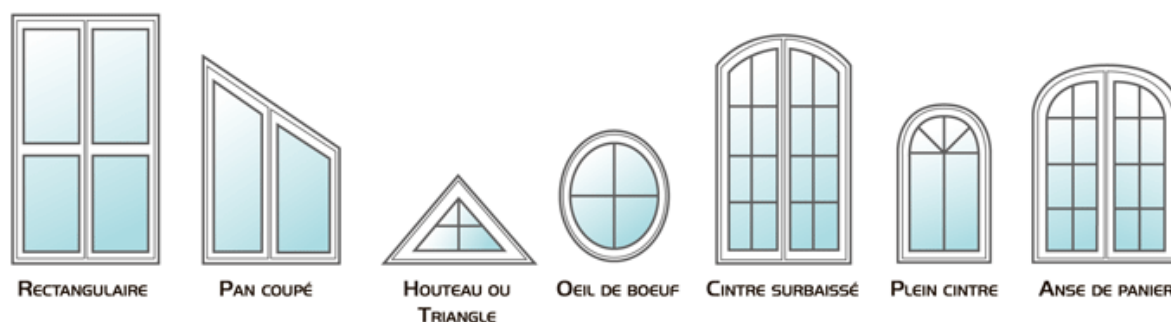
La forme d'une fenêtre se réfère à la manière dont elle est configurée. Les fenêtres peuvent avoir diverses formes (figure I.3). La fenêtre la plus couramment adoptée présente une forme rectangulaire ou carrée, suivie de près par la fenêtre cintrée, qui se caractérise par une partie



supérieure arrondie tout en conservant une structure rectangulaire. D'autres options incluent la fenêtre arrondie ou œil de bœuf, ainsi que la fenêtre triangulaire, qui est moins répandue et généralement intégrée dans les toitures. Parmi les autres formes de fenêtres, on trouve la fenêtre en arc plein cintre, en arc surbaissé, ovale, en forme de demi-lune, et bien d'autres encore (Chakali, 2019).

La forme de l'ouverture influence la manière dont l'énergie solaire est répartie. Une ouverture circulaire diffère, par exemple, de manière significative d'une ouverture rectangulaire en termes de distribution de l'énergie solaire, offrant ainsi deux exemples distincts de répartition (Labreche, 2014).

Selon Markus (1967), la vue devrait être l'élément prédominant à considérer dans la conception de la forme des fenêtres. Une deuxième étude menée par Keighley (1973) a examiné l'impact de l'installation de fenêtres de formes différentes sur un même mur. Les participants à l'étude n'ont pas apprécié lorsque les fenêtres avaient des formes différentes. La satisfaction a également diminué lorsqu'une fenêtre horizontale a été divisée en plusieurs éléments, car cela a interrompu la vue.



**Figure I.3.** Evolution historique de la fenêtre.

(Source : <https://www.gtfermetures.com/>, consulté le 13/08/2022)

### 3.2. La taille

Les dimensions de la fenêtre ont un impact sur les gains de chaleur solaire et la quantité de lumière naturelle. Par conséquent, elles influencent la consommation énergétique, notamment en ce qui concerne la climatisation, le chauffage, et l'éclairage artificiel. Afin d'accroître la quantité de lumière naturelle qui pénètre, il est possible d'ajouter des éléments tels que des décrochements ou des subdivisions pour améliorer l'interaction avec l'extérieur. Cependant, il est important de noter que cela peut entraîner des variations équivalentes en termes de gains ou de pertes de chaleur (Lakhdari, 2021). Par conséquent, Le ratio des ouvertures devient un

élément essentiel pour maintenir l'équilibre entre l'apport de lumière naturelle et le contrôle thermique. (Montenegro Iturra, 2011)

Ne'Eman et Hopkinson (1970) ont tiré la conclusion que la taille préférée des fenêtres dépend principalement de la vue et non de l'accès à la lumière du jour. Ils ont également constaté que les objets proches dans la vue attirent davantage l'attention et nécessitent une ouverture de fenêtre plus large que les objets éloignés. Si les objets sont éloignés, leur taille apparente est plus petite et ils ne peuvent pas être observés en détail. Dans ce cas, une fenêtre de taille plus réduite peut suffire. De plus, la largeur de fenêtre acceptable semble dépendre de la distance des sujets par rapport à la fenêtre.

La taille minimale de la fenêtre, identifiée par Ne'Eman et Hopkinson (1970), peut être exprimée en pourcentage de la surface totale du mur. En moyenne, les répondants ont choisi une largeur de fenêtre de 2,42 mètres, ce qui correspondait à une fenêtre couvrant 23 % de la surface totale du mur. Seuls 15 % des répondants estimaient que la largeur minimale de la fenêtre devrait dépasser 3,35 mètres, ce qui équivaut à une surface vitrée de plus de 32 % de la surface du mur.

Une étude menée par Keighley (1973) a abouti à des résultats similaires. La vue était le plus appréciée lorsque la surface vitrée des fenêtres représentait 25 à 30 % de la surface totale du mur. L'appréciation a chuté rapidement lorsque la surface vitrée des fenêtres était inférieure à 25 %.

Cependant, Butler et Steurwald (1991) ont également découvert que la surface de fenêtre moyennement préférée pour les petites pièces représentait environ 30 % de la surface totale du mur, ce qui conforme avec les résultats des études antérieures. Le pourcentage moyen était plus bas pour un mur ou une pièce plus grande. De plus, en présence d'une vue attrayante, une taille de fenêtre plus grande était souhaitée par rapport à une vue moins attrayante.

Christoffersen et al (1999) ont également constaté que si la surface de la fenêtre représentait moins de 20 à 25 % de la façade, le nombre d'occupants trouvant leur fenêtre trop petite augmentait. De plus, lorsque la surface de la fenêtre dépassait 30 à 35 %, le nombre d'occupants estimant que leur fenêtre était trop grande augmentait également.

La taille de la fenêtre a un effet significatif aussi sur la charge énergétique du bâtiment. Kim et al. (2016) trouve que La charge énergétique annuelle augmente à mesure que la taille de la

fenêtre augmente, quelle que soit sa position. Par conséquent, les concepteurs doivent soigneusement considérer l'impact des dimensions de la fenêtre et ne pas simplement augmenter sa taille pour obtenir une meilleure vue et plus de lumière naturelle.

### 3.3. L'orientation

L'orientation revêt une importance prépondérante dans la conception des fenêtres, car elle est liée à la position géographique du bâtiment et influe sur la quantité de soleil et de lumière naturelle qu'il reçoit (Bouchahm & Bourebia, 2010). Elle a un impact sur plusieurs aspects, notamment la ventilation naturelle, l'éclairage intérieur, mais surtout sur les performances thermiques du bâtiment et la consommation énergétique nécessaire pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage (Elghamry & Hassan, 2020).

Selon Givoni (1994), L'impact de l'orientation des fenêtres sur le potentiel d'entrée de la chaleur solaire dans un climat chaud, ainsi que sur son effet sur l'augmentation de la température à l'intérieur, est fortement conditionné.

Selon les recommandations de Benradouane et Benyoucef (2008), Une orientation vers le Sud est toujours préférable, avec l'incitation à avoir de grandes ouvertures sur la façade Sud. Les orientations Sud-Est et Sud-Ouest restent favorables, mais nécessitent des précautions particulières, surtout en altitude. L'Est et l'Ouest ne sont généralement pas idéals, sauf si l'on utilise des types de vitrages spécifiques. Une grande surface vitrée à l'Ouest peut provoquer des surchauffes estivales, donc les fenêtres sur cette façade doivent être soigneusement dimensionnées afin de satisfaire les besoins en lumière naturelle. Cependant, des fenêtres à l'Est peuvent apporter un éclairage agréable le matin ainsi qu'une légère source de chaleur. L'orientation Nord n'est jamais préférable, ce qui signifie que les fenêtres sur cette façade devraient être minimales. Pour une distribution efficace de la chaleur, il est essentiel d'avoir une dispersion du faisceau lumineux à l'intérieur de la pièce.

Par ailleurs, la disposition des fenêtres par rapport à la direction principale du vent a une influence significative sur la circulation d'air à l'intérieur. Selon Givoni (1978), l'élément crucial pour assurer une ventilation appropriée et adéquate réside dans la disposition d'ouvertures à la fois du côté "venté" et du côté "abrité" du bâtiment. L'efficacité du flux d'air entrant par une fenêtre est maximale dans le cas où la direction du vent forme un angle de moins de 30 degrés par rapport à la perpendiculaire au plan de la fenêtre.

Les fenêtres situées à l'est ont un impact plus marqué sur l'augmentation de la température de l'air à l'intérieur par rapport à celles orientées vers l'ouest, (Al-Tamimi et al., 2011).

### 3.4. L'emplacement

L'emplacement des fenêtres doit être déterminé en prenant en compte divers facteurs tels que le type de ciel, la trajectoire du soleil, les structures environnantes, la période d'utilisation de l'espace, la nature des activités qui s'y déroulent, ainsi que les données climatiques locales (Reiter et De Herde, 2004).

La position d'une fenêtre dans l'enveloppe du bâtiment exerce une fonction essentielle dans la détermination de la quantité de lumière naturelle et de ventilation qui y pénètre, en fonction de son orientation et de sa proportion par rapport à la surface murale. Selon Kim et al. (2016), Les dimensions de la fenêtre est le facteur principal à considérer lors l'étape de la conception, car son impact sur la consommation d'énergie est le plus significatif lorsque le rapport fenêtre/mur est de 20 %. En outre, la charge énergétique est minimale lorsque toutes les fenêtres sont positionnées à une hauteur moyenne.

Les fenêtres disposées verticalement ont une capacité d'éclairage nettement moindre que celles disposées horizontalement. Pendant la saison hivernale, les ouvertures latérales exposées au sud sont les plus efficaces pour la transmission du rayonnement solaire, ce qui favorise l'utilisation de l'énergie solaire tout en limitant les pénétrations et les surchauffes associées (Reiter et De Herde, 2004).

Pour optimiser la capture du rayonnement solaire, une fenêtre devrait être aussi perpendiculaire que possible aux rayons du soleil. il est préférable que la fenêtre soit alignée aussi perpendiculairement que possible aux rayons du soleil. Une fenêtre placée horizontalement couvre une portion plus étendue du ciel par rapport à une fenêtre orientée verticalement, ce qui favorise une plus grande diffusion de lumière naturelle dans l'espace qu'elle éclaire. De plus, une fenêtre inclinée vers le haut offre une quantité plus importante de lumière diffuse par rapport à une fenêtre disposée verticalement. (Daich, 2011).

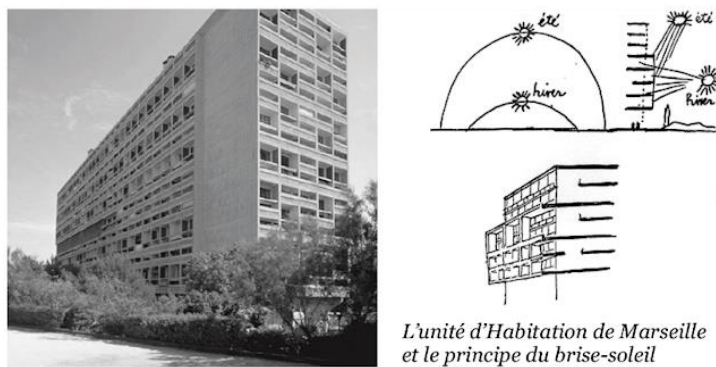
## 4. Critères de performance de la fenêtre

### 4.1. Performance de la protection solaire

Avec l'introduction du vitrage de grandes dimensions et son utilisation croissante dans les bâtiments aux dimensions de plus en plus imposantes, la caractéristique de la transparence, est devenue réalisable. Progressivement, la façade a évolué vers une ouverture et une dématérialisation de plus en plus marquées, jusqu'à devenir un mur-rideau. Depuis ses débuts au début du XXe siècle, la transparence continue d'attirer l'attention et l'intérêt des architectes. Cependant, il est important de noter que la transparence a montrée des limites sur le plan environnemental, Notamment en ce qui concerne les problèmes de luminosité excessive, de surchauffe et de gaspillage d'énergie. (Wannous, 2013).

Cela incite les architectes à reconsidérer la manière de contrôler le rayonnement solaire. Un cas illustrant ce concept trouve son origine dans les années 1930 avec la création de la Cité de Refuge de l'Armée du Salut à Paris par l'architecte Le Corbusier. Ce bâtiment, caractérisé par ses façades vitrées hermétiques et dépourvues d'ouvertures, a souffert d'une surchauffe significative. Cette situation a poussé Le Corbusier à concevoir le brise-soleil en 1948. Le Corbusier a fourni une description de cet élément architectural : « *Après vingt-cinq années de recherches, un élément nouveau (bien que d'essence traditionnelle) pourra peut-être s'inscrire définitivement dans l'architecture d'acier, de ciment et de verre : le brise-soleil qui, à vrai dire, introduit une technique nouvelle : le contrôle du soleil* », (Corbusier, 1948).

Suite a l'inefficacité des approches du "mur neutralisant" et de "l'air exact", qui étaient jusqu'alors les seules méthodes justifiant l'utilisation du vitrage en architecture, le brise-soleil a commencé à émerger progressivement dans les projets architecturaux des années 1930, même s'il n'a pas encore été réalisé concrètement. À Marseille, cette approche, symbolisée par l'ajout de loggias équipées de brise-soleil (figure I.4), est devenue un pilier fondamental de la philosophie architecturale (Siret, 2004).



**Figure I.4.** Unité d'habitation de Marseille. (Source : Siret, 2004)

Du point de vue de la régulation du rayonnement solaire pénétrant dans les bâtiments, les dispositifs d'occultation solaire sont considérés comme des innovations architecturales essentielles (Grynning et al., 2014). Aujourd'hui, la protection solaire joue un rôle clé dans la conception de bâtiments durables, étant l'une des stratégies les plus fréquemment employées par les concepteurs pour améliorer les performances environnementales et énergétiques de l'enveloppe (Al-Masrani et al., 2018).

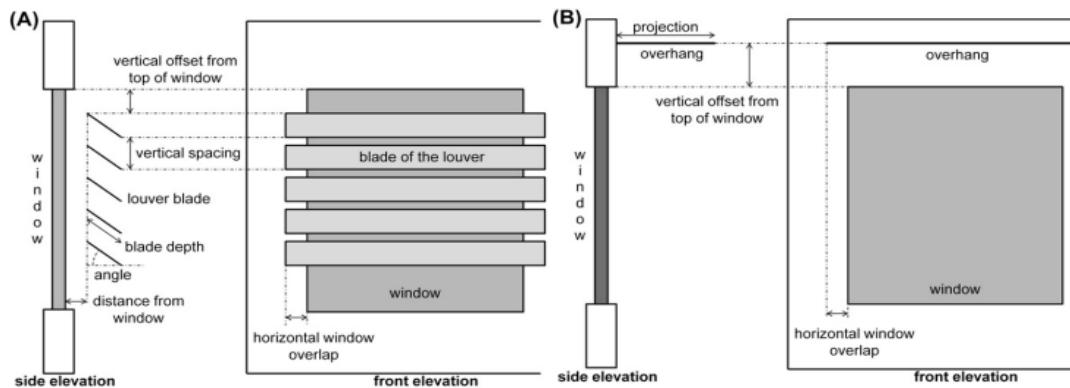
Les systèmes d'ombrage solaire sont utilisés pour diverses raisons et ont un impact sur les niveaux de lumière naturelle, la température intérieure et la vue vers l'extérieur dans un bâtiment. Ils jouent également un rôle crucial dans le confort et le bien-être des occupants. En outre, ces systèmes contribuent à réduire la consommation d'énergie et à modifier les transferts de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment (Bellia, 2014). Actuellement, on observe une évolution significative des dispositifs de protection solaire, offrant l'avantage de fournir une fenêtre performante qui contribue à améliorer à la fois le confort thermique et visuel des occupants de l'espace, tout en répondant aux exigences d'économie d'énergie (Goia et al., 2013).

Kim et al (2012) ont examiné la relation entre l'utilisation des éléments de protection solaire et la disponibilité de la lumière naturelle, suggérant que les systèmes de protection solaire optimaux devraient augmenter les niveaux de lumière du jour tout en contrôlant la quantité de lumière solaire excessive.

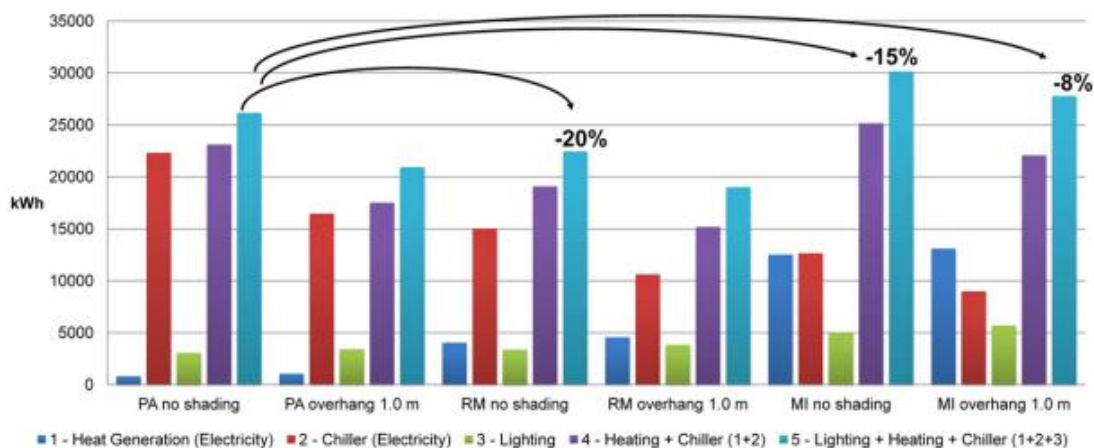
De manière générale, les protections solaires sont mises en place pour différentes raisons et sont présentés sous diverses formes, qu'elles soient installées à l'intérieur ou à l'extérieur du bâtiment.

L'étude de Bellia et al. (2013) porte sur l'influence des dispositifs de protection solaire externes sur les besoins énergétiques d'un bâtiment de bureau climatisé typique (incluant le chauffage, la climatisation et l'éclairage artificiel). L'étude prend en compte des auvents sur la façade sud et des persiennes sur les façades est-ouest (figure I. 5). Les simulations sont répétées pour trois emplacements différents en Italie. Les résultats montrent que, en fonction de l'emplacement et de l'orientation du bâtiment, l'adoption de dispositifs de protection solaire appropriés peut réduire la consommation énergétique totale jusqu'à 24 % (figure I.6). De plus, ils ont souligné que le ratio d'ouverture (WWR) du bâtiment avait une influence significative sur les économies d'énergie résultant de l'utilisation de ces dispositifs. Ils ont également observés que la consommation énergétique globale d'un bâtiment avec un WWR de 30 % sans dispositifs de

protection solaire était approximativement similaire à celle d'un bâtiment avec un WWR de 60 % équipé de tels dispositifs.

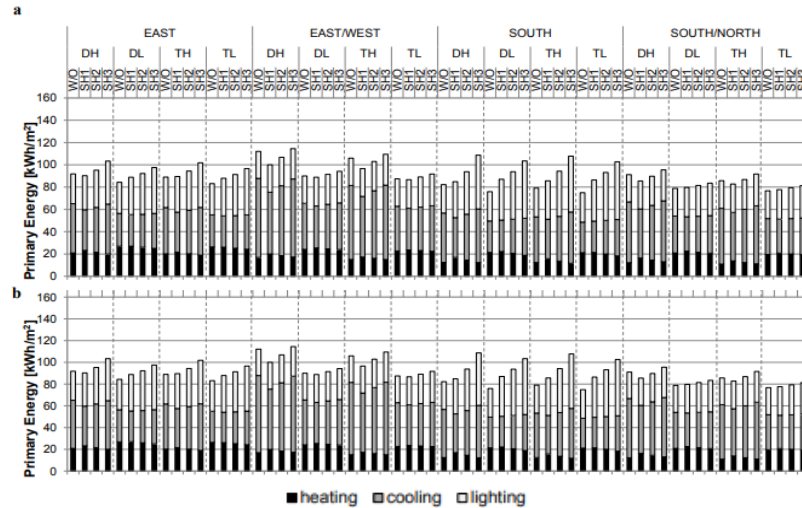


**Figure I.5.** Modèle de dispositifs de protection solaire externes : persiennes et auvent.  
(Source : Bellia et al. 2013)



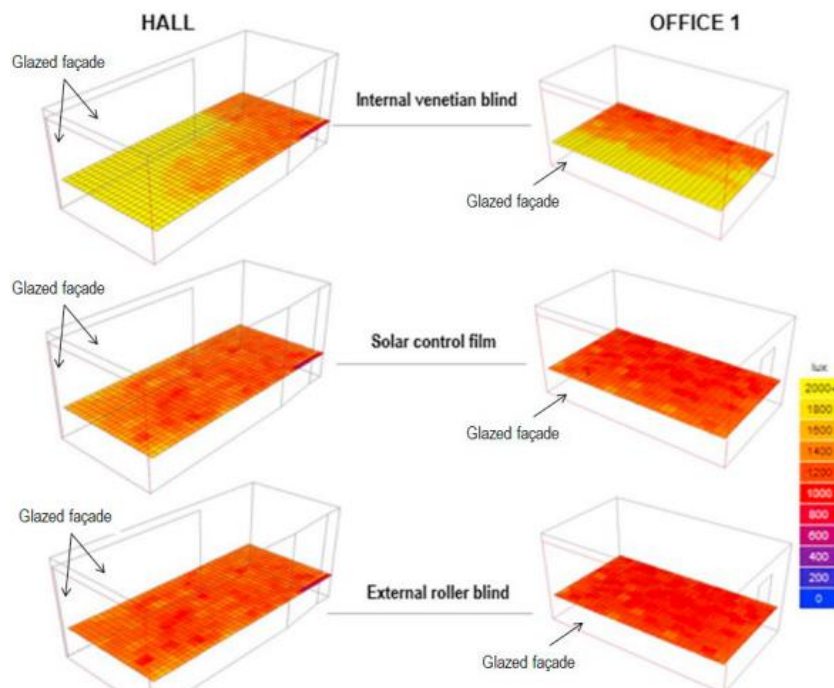
**Figure I.6.** Influence des conditions climatiques sur les demandes énergétiques annuelles pour un bâtiment ombragé et non ombragé.  
(Source : Bellia et al. 2013)

Atzeri et al (2014) ont étudié les performances des dispositifs de protection solaire extérieurs et intérieurs dans un bâtiment de bureaux situé en Italie. Leur étude, basée sur le confort thermique et visuel ainsi que sur la consommation d'énergie primaire, montre que les dispositifs de protection solaire peuvent augmenter la consommation énergétique globale si leur conception n'est pas adéquate. Cela est dû à l'augmentation des besoins en chauffage et en éclairage. Cependant, dans le cas des dispositifs de protection solaire internes, même les besoins en refroidissement peuvent être pénalisés (figure I.7).



**Figure I.7.** Besoins en énergie primaire avec (a) : des protections externes (b) : des protections internes. (Source : Atzeri et al., 2014)

Evola et al. (2017) ont constaté que les dispositifs de protection solaire ne présentent pas la même efficacité. Par exemple, il est préférable d'éviter les stores internes, car leur contribution à la répartition de l'éclairage est nettement inférieure à celle des stores externes (figure I.8).



**Figure I.8.** Répartition de l'éclairage de la lumière du jour sous différents types de protections solaires. (Source : Evola et al., 2017)



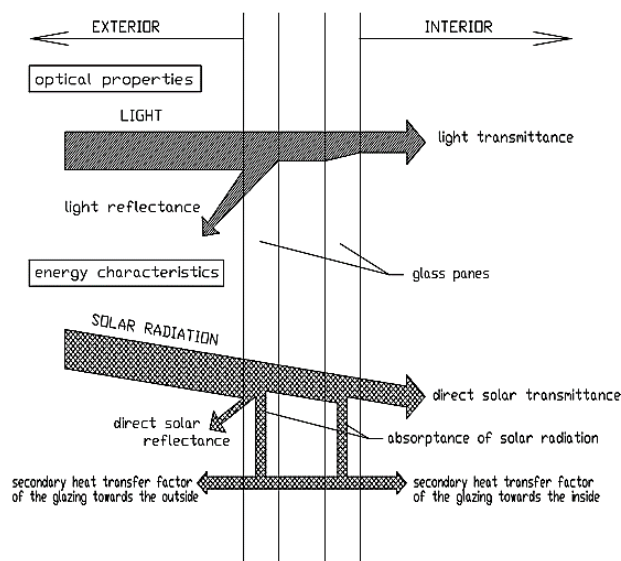
Cependant, la préservation de la vue vers l'extérieur constitue une autre considération importante lors de l'évaluation des performances d'un dispositif de protection solaire. En effet, les persiennes horizontales externes plates ou courbées peuvent contribuer à réduire la surchauffe et à améliorer l'éclairage intérieur dans les bureaux, mais elles peuvent également obstruer la vue vers l'extérieur. Dans de tels cas, l'utilisation de persiennes perforées ou l'adoption d'un espace important entre les persiennes peuvent être préférables, même si cela peut avoir un impact négatif sur les performances thermiques et visuelles (Evola et al., 2017).

En conclusion, La conception des dispositifs de protection solaire et l'optimisation de leur performance doivent chercher à atteindre un équilibre optimal entre le confort intérieur et la diminution de la consommation d'énergie. C'est un défi complexe qui nécessite une approche multidimensionnelle. (Khoroshiltseva et al., 2016).

### 4.2. Performance du vitrage

Le vitrage de fenêtre permet de varier la transmittance lumineuse, le facteur solaire et le spectre de la lumière du jour à l'intérieur des bâtiments. Il présente de multiples avantages en comparaison avec les méthodes classique de protection solaire, tels qu'une obstruction visuelle moins importante voire imperceptible, des besoins de maintenance réduits, l'absence de pièces mobiles et de bruits liés au fonctionnement. De nombreuses études ont montré que les types de vitrage de fenêtre sont capables de réduire la consommation d'énergie pour la climatisation et l'éclairage (Dussault et al., 2012) d'augmenter le confort visuel et de protéger contre l'éblouissement (Fernandes et al., 2013).

Les propriétés optiques des vitrages tels que le facteur solaire  $g$ , le coefficient de gain de chaleur solaire (SHGC) et la transmittance visible ( $T_{vis}$ ) destinés aux applications de fenêtres constituent des données d'entrée pour l'évaluation du confort visuel et thermique dans les bâtiments (figure I.9). Il y a eu de nombreux progrès accomplis dans le secteur des vitrages, et de nombreux bâtiments utilisent aujourd'hui une grande variété de vitrages sophistiqués. Certains types spéciaux de verre ont la capacité de filtrer les parties ultraviolet et infrarouge du rayonnement solaire, tandis que d'autres réduisent la transmittance de la lumière visible. En revanche, les vitrages antireflets peuvent augmenter la transmittance de la lumière visible (Mohelnikova et Altan, 2009).



**Figure I.9.** Propriétés optiques du verre et caractéristiques énergétiques.

(Source : Mohelnikova et Altan, 2009)

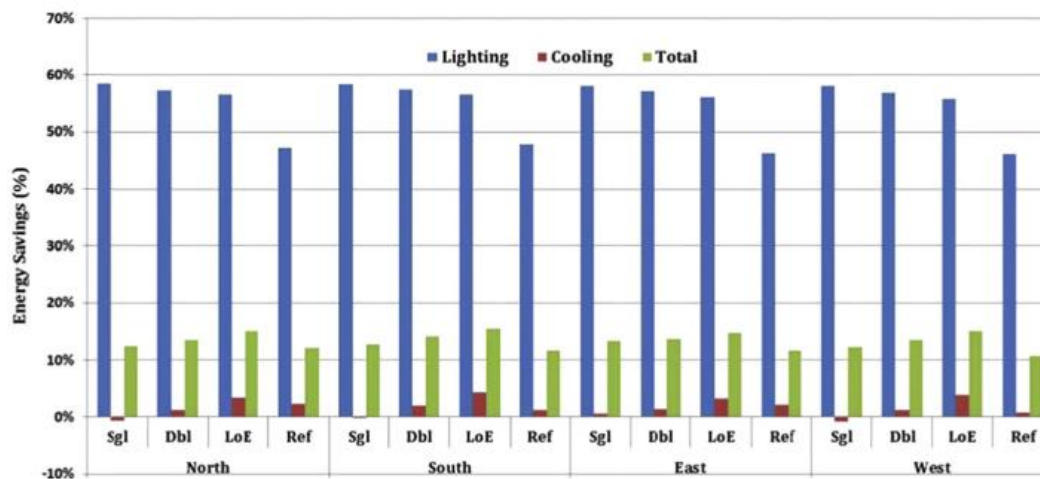
Le choix du vitrage pour les fenêtres est essentiel dans leur conception. Les recherches ont largement examiné comment le choix du vitrage des fenêtres influence les performances énergétiques et l'apport de la lumière naturelle dans un bâtiment.

Arasteh (1995) a réalisé une revue couvrant l'évolution technologique des fenêtres de 1973 à 1993. Cette recherche a exploré les économies d'énergie potentielles liées aux fenêtres, examiné les mécanismes de transfert de chaleur à travers celles-ci, et étudié les technologies visant à réduire les pertes de chaleur. L'accent principal a été mis sur l'évolution des types de vitrage.

L'étude menée par Tahmasebi et al. (2011) a comparé les performances thermiques de fenêtres à double vitrage et à triple vitrage. Ils ont constaté que la consommation annuelle d'énergie pour les fenêtres à double vitrage était toujours supérieure à celle des fenêtres à triple vitrage. Cette conclusion met en évidence le fait que les systèmes de fenestration à double vitrage permettent un gain plus important de chaleur solaire par rapport à une fenêtre à triple vitrage. De plus, un système à triple vitrage réduit la transmittance thermique des fenêtres grâce à son isolation supplémentaire et son épaisseur, car la conductivité thermique des fenêtres diminue à mesure que le nombre de couches de vitrage augmente.

Dans leur étude, Alrubaih a examiné quatre types de vitrages statiques (simple vitrage transparent, double vitrage transparent, double vitrage basse émissivité transparent, et double vitrage réfléchissant transparent). Les types de vitrage ont été classés en fonction de leur

efficacité dans les économies d'énergie grâce à l'amélioration de l'éclairage naturel. Les résultats ont révélé que le vitrage double basse émissivité transparent était le plus performant, atteignant les économies d'énergie les plus élevées en matière d'éclairage naturel, suivi du double vitrage transparent et du simple vitrage transparent. Le vitrage double réfléchissant transparent a montré la plus faible performance (figure I.10).



**Figure I.10.** Éclairage, refroidissement et économies d'énergie totales (%) pour l'option d'éclairage avec différents types de vitrage et orientations. (Source : Hee et al., 2015)

Une autre recherche menée par Alhagla et ses collègues (2019) pour objectif d'examiner l'impact du choix du vitrage sur la consommation énergétique, mais cette étude s'est déroulée en Égypte, à Alexandrie, dans des conditions climatiques méditerranéennes. Les chercheurs ont sélectionné six types de vitrages caractérisés par des valeurs U, des taux de transmittance visuelle et des coefficients de gain de chaleur solaire (SHGC) différents. Les conclusions révèlent que le choix du type de vitrage constitue l'un des éléments les plus déterminants dans le comportement thermique du bâtiment. De plus, il a été démontré que le type de vitrage peut contribuer à réduire la consommation énergétique, tout en évitant l'éblouissement excessif et en limitant les apports de chaleur. En ce qui concerne la comparaison entre les différents types de vitrages présentant des valeurs U et des taux de transmittance différents, il a été constaté qu'une valeur U plus élevée était avantageuse en termes d'économies d'énergie. En outre, en se basant sur l'impact de la valeur U sur la consommation d'énergie liée au chauffage et à la climatisation, il a été conclu que les vitrages double low-E, les vitrages double low-E-Argon et les vitrages triple-Krypton étaient les plus efficaces pour réduire la consommation énergétique, respectivement.

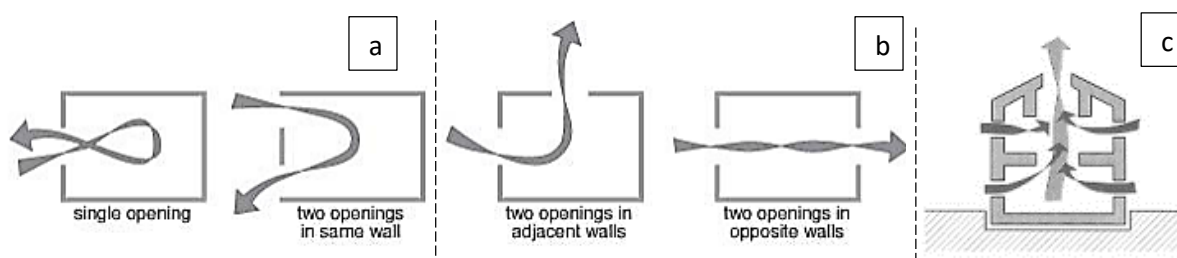


revanche, dans des climats froids où la ventilation peut être mécaniquement contrôlée, les occupants ont tendance à moins percevoir les fenêtres comme un moyen de ventilation (Chabane, 2006). Cependant, il convient de noter que, indépendamment de ces variations, les individus continuent de valoriser fortement la fonction de ventilation des fenêtres lorsque la température ambiante est confortable, que ce soit dans des régions à climat chaud ou tempéré.

Plusieurs études de recherche affirment que la ventilation naturelle est l'une des stratégies les plus importantes afin de réaliser des économies d'énergie et de diminuer les émissions de gaz à effet de serre (Kubota et Ahmad, 2006), car elle réduit considérablement la dépendance aux systèmes de climatisation mécanique conventionnels, en tout ou en partie. En plus d'avoir un impact significatif sur la consommation énergétique annuelle des bâtiments, le système de chauffage, de ventilation et de climatisation influe considérablement sur le confort et la satisfaction des occupants (Evola et Popov, 2006). Chandrashekar (2010) a noté que des échanges d'air de 5 à 500 changements d'air par heure sont nécessaires pour obtenir un confort thermique dans le bâtiment. Cependant, atteindre le confort thermique dans les bâtiments grâce à des stratégies appropriées de ventilation naturelle peut nécessiter une connaissance précise de la situation réelle de l'environnement intérieur du bâtiment concernant la température et l'humidité relative. Il est difficile de contrôler le flux d'air dans le bâtiment en raison de la grande variabilité des forces motrices qui sous-tendent la ventilation naturelle (Aldawoud, 2017).

Il existe trois principaux types de ventilation naturelle en fonction de la configuration des ouvertures et de la manière dont l'air est introduit dans le bâtiment ou évacué de celui-ci : la ventilation à simple flux, la ventilation croisée et la ventilation par effet cheminée ou par poussée d'air ascendant (Allocca et al., 2003). Dans la ventilation à simple flux, les ouvertures sont positionnées sur la même paroi ou il n'y a qu'une seule ouverture dans l'espace intérieur (Figure I.12a). L'air pénètre et sort de la pièce par la même ouverture latérale. En général, la ventilation croisée, entraînée par le vent, est beaucoup plus efficace que la ventilation à simple flux, qui dépend de la poussée d'air et où l'air ne pénètre pas aussi profondément dans l'espace intérieur. Dans le cas de la ventilation croisée, les ouvertures sont généralement situées sur des côtés opposés de l'espace. Dans ce cas, le flux d'air interne est fortement influencé par les caractéristiques du vent, la taille et l'emplacement des ouvertures, et la distribution de la pression autour des différentes ouvertures (Figure I.12b). L'air circule du côté exposé au vent vers le côté abrité. La ventilation croisée peut être appliquée à une seule pièce ou à plusieurs

pièces dans un bâtiment. La ventilation par effet cheminée peut être induite par une différence de température qui favorise le flux d'air depuis l'extérieur ; ainsi, de l'air frais et froid est aspiré par les ouvertures situées au niveau inférieur, tandis que l'air chaud et contaminé est évacué par les ouvertures situées en hauteur (Figure I.12c). Les performances de l'effet cheminé dépendent de la différence de hauteur entre l'entrée et la sortie, qui peut être obtenue en augmentant la distance entre le sol et le plafond.



**Figure I.11.** Types de ventilation naturelle. (Source : Aflaki et al., 2014)

On peut constater que les ratios entre les entrées et les sorties d'air par rapport à la surface brute des murs ont des effets significatifs sur le débit d'air à l'intérieur du bâtiment, et donc sur le niveau de confort thermique.

Dans son étude, Aldawoud (2017) examine différentes géométries de fenêtres, orientations et conditions d'ombrage afin de définir les géométries optimales des entrées et sorties d'air qui augmentent l'efficacité de la ventilation croisée. Les conclusions pouvant être tirées de l'étude sont les suivantes : Dans tous les cas étudiés, il observe qu'il y a une augmentation du schéma de flux d'air interne et une diminution de la température opérationnelle lorsque les ouvertures exposées au vent dominant, situées dans des zones de haute pression, sont de grande taille par rapport aux ouvertures exposées au vent arrière, situées dans des zones de basse pression. En particulier lorsque les ouvertures d'entrée de plus grande taille sont exposées à la direction du vent prédominant. En revanche, lorsque les zones d'ouverture des entrées et des sorties sont petites et égales, une résistance élevée au vent est créée, et de faibles différences de pression se forment entre les entrées et les sorties, ce qui entraîne un faible flux d'air interne et une ventilation croisée inefficace. L'orientation du bâtiment a des effets significatifs sur les débits d'air à travers les ouvertures. Les résultats indiquent que le débit de ventilation croisée maximal se produit lorsque les ouvertures exposées au vent dominant et celles exposées au vent arrière sont placées sur des côtés opposés du bâtiment, avec des ouvertures plus grandes orientées vers le nord et des ouvertures plus petites orientées vers le sud. L'étude a également conclu que

l'ajout de dispositifs de protection solaire horizontaux externes aux ouvertures orientées au sud du bâtiment améliore le débit d'air à l'intérieur du bâtiment. Cela peut s'expliquer par le fait que les dispositifs de protection solaire placés au-dessus de la fenêtre renforcent les différences de pression sur l'enveloppe du bâtiment, intensifiant ainsi le flux d'air.

La fenêtre permet de réguler la ventilation dans l'espace en fonction des besoins des occupants, ce qui contribue à leur satisfaction psychologique. Selon une enquête réalisée par Tabet en 1989, 80 % des ménages sondés utilisent la fermeture des volets et l'ouverture des fenêtres des deux côtés comme moyen de se protéger de la chaleur estivale. (nord et sud) pour créer des courants d'air rafraîchissants. Seulement 18% ont exprimé le besoin d'un système de refroidissement en été. Cette pratique de contrôle de la ventilation est courante à Alger, une ville côtière similaire, où elle est utilisée non seulement en été, mais aussi tout au long de l'année pour lutter contre les mauvaises odeurs et l'humidité (Chabane, 2006).

Aux Pays-Bas, une récente analyse de données de satisfaction thermique recueillies sur près de dix ans dans 61 bâtiments de différents types a révélé que les bâtiments dotés de fenêtres ouvrantes (ventilation naturelle ou chauffage mécanique) affichaient un pourcentage de satisfaction thermique plus élevé que les bâtiments hermétiques équipés de systèmes de chauffage, ventilation et climatisation (HVAC). L'analyse de ces données a révélé que les occupants des bâtiments à ventilation naturelle étaient plus satisfaits, même s'ils percevaient le climat comme plus chaud que ceux des bâtiments climatisés (Van der Linden, 2002). La raison de cette satisfaction malgré les températures élevées réside dans le contact direct dont profitent les personnes présentes dans les zones ventilées naturellement, ce qui semble élargir leurs marges de confort thermique. En revanche, dans les espaces mécaniquement ventilés, Il est compliqué de prédire les variations extérieures., ce qui entraîne des marges de confort relativement restreintes.

### **5.2.La fenêtre comme une source d'éclairage**

La plupart des individus considèrent la lumière naturelle comme l'un des principaux avantages offerts par une fenêtre (Collins, 1975). Les études sur les réponses humaines ont abordé la lumière naturelle sous deux aspects distincts : la "lumière du jour" et "l'ensoleillement". La documentation relative à la lumière du jour se concentre principalement sur sa quantité et sa qualité dans les espaces, tandis que la littérature concernant l'ensoleillement met l'accent sur ses effets psychologiques bénéfiques (Farley et Veitch, 2001). Cette distinction pourrait s'expliquer par le fait que l'ensoleillement constitue également une source de chaleur,

engendrant ainsi des considérations physiques supplémentaires telles que la température et l'humidité.

Avant les années 1940, la lumière du jour était la principale source de lumière dans les bâtiments, et l'éclairage artificiel venait en complément. En l'espace de seulement 20 ans, l'éclairage électrique a radicalement transformé les espaces en répondant à la plupart, voire à la totalité, des besoins en éclairage des occupants. Récemment, les préoccupations liées à l'énergie et à l'environnement ont fait de l'éclairage naturel un aspect redécouvert de la conception de l'éclairage des bâtiments.

Les principes physiques de l'éclairage naturel n'ont pas évolué depuis son utilisation initiale, mais les méthodes de conception des bâtiments pour l'exploiter ont changé. L'éclairage naturel est souvent intégré dans un bâtiment à des fins architecturales et d'économie d'énergie. Cependant, les avantages de l'éclairage naturel vont au-delà de l'architecture et de l'énergie. Les aspects psychologiques et physiologiques de la lumière naturelle devraient également être pris en compte (Edwards et Torcellini, 2002).

Dans une enquête réalisée par Wells (1965), les conclusions ont mis en évidence l'importance du besoin de lumière du jour, indépendamment de sa quantité disponible. L'étude a démontré que lorsque la distance par rapport à la fenêtre dépasse 6m, les occupants ont tendance à surestimer la contribution de la lumière du jour à l'évaluation de l'éclairage global de l'espace. Cette perception d'une abondance de lumière suggère que, quelle que soit la distance, l'accès à la lumière du jour satisfait davantage un besoin de présence que l'accomplissement d'une fonction spécifique.

Les fenêtres sont l'un des composants les plus importants d'un bâtiment, ayant un impact positif sur la santé des occupants. De plus, elles jouent un rôle clé dans la fourniture d'un éclairage naturel (Kaplan, 1993), tout en répondant aux besoins énergétiques des bâtiments (Bodart et De Herde, 2002). Il est donc essentiel de prendre en considération le secteur de l'éclairage et de trouver un équilibre entre l'utilisation de la lumière naturelle et de l'électricité pour créer un environnement de vie optimal, optimiser la consommation d'énergie dans les bâtiments et améliorer les performances des résidents. Cependant, le rapport fenêtre-surface (WFR), ainsi que la forme et la position d'une fenêtre, revêtent une importance particulière dans cette démarche.



La dimension de la fenêtre est une variable qui joue un rôle crucial dans la partie arrière de la pièce, là où la quantité de lumière pénétrant en profondeur dans l'espace devient importante. Placer la fenêtre en position haute plutôt qu'en position médiane permet d'obtenir une meilleure autonomie lumineuse à l'extrémité de la pièce, et les fenêtres horizontales se révèlent plus efficaces que d'autres formes pour économiser de l'énergie (Acosta et al., 2016).

Les concepteurs accordent une importance significative à l'exploitation du potentiel de la lumière du jour pour améliorer la qualité environnementale intérieure (IEQ). Un système d'éclairage dynamique a été proposé sur le modèle de référence en utilisant des variables telles que la hauteur du rebord de la fenêtre, la profondeur et l'angle d'ombrage, avec une analyse conforme à la norme LEED v4 pour améliorer l'éclairage de l'espace. Cette étude démontre l'efficacité d'un dispositif tel qu'un light shelf et de dispositifs d'ombrage mobiles dotés de panneaux rétractables équipés de capteurs de suivi solaire pour permettre une meilleure pénétration de la lumière naturelle dans l'espace (Bina et Zabi, 2021).

De nombreuses études ont évalué aussi les variables qui influent sur une fenêtre, notamment le rapport fenêtre-surface (WWR), le coefficient de transfert thermique (SHGC), le facteur de transmission lumineuse visible (Tvis) et la valeur U, ainsi que la quantité de consommation d'énergie dans différentes orientations, climats et utilisations, et toutes ces recherches ont donné des résultats favorables (Lee et al., 2013, Grynning et al., 2013).

Une étude réalisée par Lim et al. (2012) dans le but d'évaluer les performances en termes d'éclairage naturel dans un bâtiment de bureau gouvernemental typique en Malaisie. À partir de l'étude de simulation, ils ont constaté qu'en modifiant les vitrages des fenêtres et en ajoutant des stores intérieurs, il était possible d'obtenir une amélioration significative de la quantité et de la qualité de la lumière naturelle, favorisant ainsi le confort visuel.

Mokhtari et al. (2023) dans leur étude visent à concevoir de manière optimale la fenêtre en tenant compte de quatre variables, dont le rapport fenêtre-surface (WFR), ainsi que la position et la forme des fenêtres sur les façades nord et sud des zones résidentielles de la ville d'Isfahan. Les résultats indiquent que Deux paramètres, à savoir la position de la fenêtre et le rapport fenêtre-surface (WFR), ont une influence significative sur le choix des modules optimaux, et la quantité de lumière du jour atteignant le sol d'une pièce à une distance de 0,75 mètre du sol (la hauteur du plan de travail) est associée à ces paramètres. La façade du bâtiment dans lequel la fenêtre est installée a le plus grand impact sur le choix du module optimal selon les conditions

de LEED v4. À l'exception de l'indice ASE, qui était associé de manière significative à l'orientation de la fenêtre, les indices sDA et UDI étaient fortement liés à la forme rectangulaire/carrée horizontale et à la position de la fenêtre, une fois que la façade du bâtiment avait été prise en compte.

### 5.3. La fenêtre comme une source de vue vers l'extérieur

L'un des avantages de la fenêtre les plus fréquemment évoqués dans les études environnementales est la possibilité d'avoir un contact visuel avec l'extérieur (Tabet-Aoul, 1991). Les raisons couramment avancées pour expliquer ce besoin de vue dans un environnement sans fenêtre sont les suivantes :

- La possibilité de prendre connaissance du climat.
- Le sentiment d'être connecté au monde extérieur.
- Éviter le sentiment d'isolement et de claustrophobie.
- La possibilité de s'évader de l'occupation du moment en regardant au loin

L'aspect visuel de la fenêtre est une fonction particulière qui est difficilement substituable par des moyens artificiels, contrairement à l'éclairage et à la ventilation. Il s'agit d'un facteur hautement prisé par les occupants, comme en attestent la plupart des études de satisfaction environnementale (Chabane, 2006). Markus (1967) a découvert que plus les occupants étaient éloignés d'une fenêtre, moins ils étaient satisfaits de la vue et plus ils avaient envie de s'asseoir près d'une fenêtre.

La recherche d'une vue doit inclure des éléments perceptuels, comme le met en évidence une étude comparative réalisée par Meerdink et al. (1988), qui a comparé une fenêtre offrant une "vue informative" à une fenêtre sans ces caractéristiques. Cette étude a évalué la perception et l'appréciation de la vue, révélant que l'emplacement de l'espace de travail avait un impact significatif sur la manière dont la vue était perçue et appréciée. Les travailleurs dont les bureaux étaient positionnés le long des façades extérieures du bâtiment, avec une vue sur l'extérieur, étaient manifestement plus satisfaits de leur vue que ceux dont les bureaux donnaient sur l'atrium partiellement couvert, offrant une vue limitée sans informations significatives sur l'environnement extérieur. Ces résultats mettent en évidence qu'au-delà du simple besoin de vue, il existe une préférence pour des vues informatives, car elles apportent des avantages à la fois sur le plan physique et psychologique.

En outre, Selon Lam (1977), une fenêtre typique répond aux besoins fondamentaux des êtres humains en matière d'information visuelle concernant leur emplacement, l'heure et les conditions météorologiques, ainsi que les activités et événements à l'extérieur du bâtiment. Même une fenêtre de petite taille, ressemblant à une fenêtre de prison, peut donner l'impression d'avoir un contact avec le monde extérieur, ce qui contribue à un sentiment de sécurité (Boyce et al., 2003).

Keighley (1973) a étudié les effets de la réduction de la surface des fenêtres dans les bureaux. Les résultats ont montré que les participants étaient principalement influencés par la vue extérieure dans leur choix de la forme et de l'emplacement préférés de la fenêtre.

La vue vers l'extérieur offre également des stimuli sensoriels stimulants et attrayants, ainsi qu'un sentiment de connexion avec le monde extérieur qui renforce le sentiment d'appartenance et prévient l'isolement. De plus, il offre un moyen de récupération en offrant un repos psychologique apaisant, notamment lorsque des éléments naturels sont visibles (Chabane, 2006).

### **5.4. Le Contrôle et l'anticipation à travers la fenêtre**

Le contrôle des aspects environnementaux joue un rôle crucial dans la satisfaction environnementale. Son absence ou sa limitation entraîne souvent des plaintes de la part des occupants qui perçoivent leur environnement comme étant "inconfortable". Wyon (2000) illustre cette situation en se référant à une étude de cas dans un espace de travail. Avant l'introduction du contrôle individuel, la satisfaction des occupants concernant l'environnement thermique était en chute libre, atteignant 50%. En revanche, lorsque le contrôle individuel était opérationnel, cette insatisfaction est tombée à 8,1%.

La fenêtre est un dispositif polyvalent qui permet de contrôler les facteurs environnementaux intérieurs en fonction de l'environnement extérieur. Elle agit sur le plan physique en régulant la température, l'éclairage, la qualité de l'air et la vue, tout en influençant le bien-être psychologique grâce au contact sensoriel direct avec l'extérieur. Les composants d'atténuation de la fenêtre, tels que les rideaux, les volets et les brise-soleil, servent à ajuster la luminosité naturelle, à gérer la chaleur et à garantir l'intimité visuelle. L'ouverture de la fenêtre permet de moduler le confort thermique, de renouveler l'air intérieur et de créer une connexion visuelle, tactile, olfactive et auditive avec l'extérieur. Ces deux actions, l'ouverture et la gestion des

composants d'atténuation, contribuent largement à la satisfaction constamment associée à la présence d'une fenêtre ouvrable dans un espace occupé, indépendamment des avantages spécifiques attribués à chaque facteur environnemental. Récemment, il a été démontré que le comportement de contrôle chez les occupants joue un rôle fondamental dans la quantité d'énergie consommée dans les bâtiments, par exemple en ce qui concerne le moment et le type d'ouverture des fenêtres (Andersen et al., 2007).

En ce qui concerne l'anticipation, la transparence et la neutralité du verre, ainsi que la possibilité d'ouvrir la fenêtre, permettent à l'occupant de maintenir en permanence ses informations sur l'environnement extérieur à jour et de prédire ainsi les fluctuations climatiques et temporelles. Ces connaissances permettent, par exemple, à un travailleur de planifier ses activités pendant et après les heures de travail, évitant ainsi toute situation d'inconfort ou de déception due à des imprévus qui peuvent générer du stress (Chabane, 2006). On estime d'ailleurs qu'un vitrage très réfléchissant de teinte sombre peut avoir des effets négatifs sur les occupants. Il peut donner l'impression d'un climat constamment nuageux, même par une journée ensoleillée, et entraîner une insensibilité aux variations naturelles de la lumière que l'éclairage artificiel ne peut pas reproduire.

### **6. Le ratio d'ouverture de la fenêtre (WWR)**

Le ratio d'ouverture des fenêtres de la façade correspond à la proportion de la surface de toutes les fenêtres de la façade par rapport à la surface des mur extérieur pris en compte (la façade) (Venkiteswaran et al., 2017).

Il existe un consensus sur le fait que le ratio fenêtre-mur (WWR) est significativement influencé par le climat, comme le montrent plusieurs études menées dans différentes zones climatiques. Par exemple, (Alwetaishi, 2019) a suggéré qu'un faible WWR, soit 10%, est recommandé pour les climats chauds et secs. En revanche, pour les climats tempérés, il est conseillé d'utiliser un WWR de 20%. (Obrecht et al., 2019) ont ajouté que, pour les climats tempérés de l'hémisphère nord, une proportion élevée de vitrage au sud est nécessaire. Cependant, (Alghoul et al., 2017) ont constaté qu'un ratio élevé de WWR réduira la charge de chauffage mais augmentera la charge de refroidissement dans les climats chauds et humides. D'autre part, pour un climat subtropical humide (Wang et al., 2020), le ratio WWR dans la direction nord est généralement plus élevé que dans la direction sud. De même, (Obrecht et al., 2019) ont également trouvé que la proportion optimale de vitrage de la façade principale pour

un climat océanique se situe entre 38 % et 42 % de la façade, en fonction des caractéristiques des vitres des fenêtres à triple vitrage.

De plus, (Bano et Sehgal, 2018) ont constaté que moins de 40 % de WWR réduit la charge de refroidissement dans un climat composite. Selon (Goia, 2016) dans différents climats européens, le ratio parfait peut se situer dans la fourchette de 0,30 à 0,45. Cependant, l'utilisation globale d'énergie pourrait augmenter si elle se situe entre 5 % et 25 %. (Gasparella et al., 2011) ont mentionné que l'utilisation d'un WWR élevé améliore les performances dans les zones froides.

De nombreuses recherches ont été consacrées sur la relation entre le ratio fenêtre-mur, la consommation d'énergie des bâtiments, ainsi que leurs performances thermiques et lumineuses.

Sur le plan de la consommation énergétique, Susorova (2013) a simulé des bâtiments de bureau dans 6 zones climatiques différentes. Les résultats ont montré que le WWR optimal côté nord se situe entre 20 et 30 %, tandis que côté sud, il se situe entre 50 et 80 %. De plus, la consommation énergétique totale augmente avec un WWR plus élevé. De manière similaire, Motuziene et Juodis (2010) ont étudiés un bâtiment de bureau climatisé dans la région froide de Lituanie, concluant que le WWR le plus économe en énergie côté sud est de 20 %, tandis que côté nord, il se situe entre 20 et 40 %. Hu et al. (2016) ont pris comme modèle un bâtiment de bureau typique à Qingdao, étudiant l'impact de différentes orientations et du WWR sur la charge du bâtiment. Les résultats ont montré que le WWR le plus économe en énergie pour les bâtiments à consommation énergétique nette zéro (NZEB) dans une région sévèrement froide est de 36 % pour l'est (ouest), de 38 % pour le sud et de 23 % pour le nord. Poirazis et al. (2008) ont effectués des simulations de consommation énergétique pour des bâtiments de bureau dans la région froide de Göteborg, étudiant des WWR de 30 % à 100 %, différents types de vitrage, de protection solaire et d'orientations. Les résultats ont montré que les bâtiments de bureau avec un WWR plus faible sont plus économes en énergie.

D'un point de vue thermique, Alibaba (2016) a constaté que les pertes et gains de chaleur par les fenêtres ont un impact considérable sur le confort thermique dans les climats chauds et humides. Leur étude a montré que l'augmentation du ratio d'ouverture a un effet positif sur le confort thermique. Rashid et al. (2016) ont examiné l'impact du WWR sur le gain de chaleur dans les bâtiments commerciaux situés dans un climat semi-aride. Leur étude s'est concentrée sur la taille des fenêtres et le type de vitrage. Les conclusions suggèrent que les gains de chaleur

diminuent lorsque le ratio d'ouverture décroît, indépendamment de l'orientation. Ils sont maximaux lorsque la fenêtre la plus grande se trouve au sud et minimaux au nord. Les orientations est et ouest, en raison de la faible élévation du soleil, ne permettent pas d'avoir de grandes fenêtres, ce qui se traduit par des WWR variant entre 20 % et 30 %.

Diverses études portant sur le ratio fenêtre-mur (WWR) ont été analysées dans la littérature en ce qui concerne l'éclairage naturel. Tzempelikos et Athienitis (2007) ont montré qu'un ratio fenêtre-mur de 30 % pour les façades orientées au sud à Montréal (climat continental) fournit un éclairage naturel de 500 lx sur le plan de travail et 76 % du temps de travail au cours de l'année. De plus, ils ont constaté que toute augmentation du WWR ne fournit pas de bénéfices supplémentaires en termes d'éclairage naturel, mais entraîne des risques de reflets lumineux et de surchauffe. En outre, L'étude menée par Berardi et Anaraki (2018) révèle qu'une application d'un système de redirection de la lumière, avec un ratio fenêtre-mur (WWR) supérieur à 25 %, augmente l'éclairage naturel à l'arrière de la pièce, tandis qu'un WWR dépassant les 35 % ne modifie pas significativement les conditions d'éclairage. Bayram (2015) a mené une étude sur le terrain dans un bâtiment éducatif afin de déterminer les valeurs optimales du ratio fenêtre-mur, des dispositifs de protection solaire, des couleurs de surface et des types de luminaires en ce qui concerne l'éclairage naturel, le confort visuel et la consommation énergétique. Il a conclu qu'un ratio fenêtre-mur suffisant est nécessaire pour garantir des niveaux adéquats d'éclairage naturel. Baş et Kazanasmaz (2020). ont comparés différents ratios fenêtre-mur et testés différentes variations pour explorer comment l'économie d'énergie globale, l'autonomie en éclairage naturel adéquat et le confort visuel sont précisément équilibrés par le ratio fenêtre-mur (WWR). Les résultats de la simulation ont montré qu'une augmentation du WWR de 10 % à 30 % sur la façade sud peut réduire la demande d'éclairage artificiel à 79 %. Cependant, des valeurs faibles de WWR fournissent un éclairage naturel insuffisant, ce qui nécessite de maintenir un WWR élevé pour bénéficier de davantage de lumière naturelle. Cela s'accompagne d'un inconfort visuel notable avec des niveaux élevés de WWR. Dans ce cadre, cette étude souligne qu'un cas avec de grandes surfaces vitrées (70 % de WWR) ne peut pas fournir plus d'avantages en termes d'éclairage naturel par rapport, par exemple, à un WWR de 40 % à l'ouest ou de 60 % à l'est, mais peut entraîner une demande énergétique substantielle.

En revanche, des investigations antérieures ont établi une corrélation substantielle entre le ratio d'ouverture de la fenêtre et la vue vers l'extérieur et présente une relation significative avec l'observation des paysages extérieurs, en particulier en ce qui concerne l'accessibilité. Parsaee

et al. (2021) ont proposés une méthode permettant d'évaluer l'accès aux vues par les fenêtres et l'expérience visuelle des occupants dans un scénario donné. Cette étude montre que l'augmentation de la taille des fenêtres améliore les vues des occupants, en réduisant les vues obstruées et médiocres au profit de vues plus dégagées et immersives. Elle identifie également une plage optimale de rapports fenêtre-mur (WWR) de 40% à 70% pour favoriser des vues satisfaisantes à larges. Au-delà de 70%, les améliorations sont limitées, et une WWR de 100% n'offre qu'une légère amélioration de vues immersives. Cependant, il est souligné que, même avec une WWR de 100%, l'objectif d'une immersion totale dans des vues extérieures et la nature ne peut être pleinement atteint en raison des contraintes géométriques du bâtiment. En dessous de 40% de WWR, les vues vers l'extérieur sont considérablement compromises. En résumé, cette étude recommande des WWR de 40% à 70% pour des connexions visuelles biophiliques efficaces, avec une diminution des avantages au-delà de 70%. Cependant, l'objectif d'une immersion totale dans les vues extérieures peut ne pas être atteint uniquement par des ajustements de WWR en raison des contraintes géométriques du bâtiment.

### Conclusion

La fenêtre est bien plus qu'une simple ouverture dans l'enveloppe d'un bâtiment. Elle représente à la fois un capteur et un écran de l'environnement extérieur, jouant un rôle essentiel dans la régulation de l'environnement intérieur. L'évolution historique de la fenêtre, que nous avons examinée, révèle à quel point son importance et son design ont évolué au fil des siècles adaptant sa forme, sa taille et ses matériaux pour répondre aux besoins de chaque époque. De simples ouvertures au Moyen Âge aux fenêtres sophistiquées et technologiquement avancées d'aujourd'hui, leur histoire reflète l'innovation constante dans la construction.

Les attributs de la fenêtre, tels que sa forme, ses dimensions, son orientation et son emplacement, ont un impact significatif sur la performance d'un bâtiment en termes de lumière naturelle, de ventilation et d'efficacité énergétique du bâtiment. Les critères de performance de la fenêtre, notamment en ce qui concerne la protection solaire et le vitrage, sont essentiels pour garantir un environnement intérieur confortable et économe en énergie. Les dispositifs de protection solaire modernes sont essentiels pour contrôler l'apport excessif de lumière solaire tout en maximisant la lumière naturelle. De plus, le choix du vitrage peut avoir un impact significatif sur la consommation d'énergie et le confort visuel à l'intérieur des bâtiments.

Les fonctions d'une fenêtre sont multiples. Elle agit comme un moyen de ventilation, permettant de réguler la circulation de l'air dans le bâtiment. De plus, elle est une source d'éclairage naturel, réduisant ainsi la dépendance à l'éclairage artificiel et favorisant le bien-être des occupants. Les fenêtres offrent également une vue vers l'extérieur, créant ainsi une connexion avec l'environnement extérieur. Enfin, elles permettent le contrôle et l'anticipation des conditions extérieures, contribuant ainsi à l'efficacité énergétique et au confort.

Le ratio d'ouverture de la fenêtre (WWR) est un concept crucial, déterminant la quantité de lumière naturelle et de chaleur solaire qui pénètre dans un espace. Il est essentiel de bien le gérer pour atteindre les objectifs de performance et de confort d'un bâtiment.

En somme, la fenêtre est bien plus qu'un simple élément architectural. Elle est un élément central de la conception des bâtiments, influençant non seulement leur esthétique mais aussi leur fonctionnalité, leur performance énergétique et le bien-être de leurs occupants. Pour créer des espaces intérieurs de qualité, il est essentiel de comprendre et de maîtriser les nombreux aspects de la fenêtre dans la conception architecturale.



# **CHAPITRE II**

**LUMIÈRE NATURELLE ET  
PERFORMANCE VISUELLE**

### Introduction

La lumière du jour, caractérisée par sa nature dynamique, constitue la principale source d'illumination naturelle à l'intérieur des espaces clos. Elle présente des variations en termes d'intensité, d'orientation et de composition spectrale au fil du temps, ce qui la rend très avantageuse pour les occupants des bâtiments. Son impact sur le bien-être est double, englobant à la fois des aspects visuels et non visuels.

Dans le domaine de la perception visuelle, la répartition de la lumière du jour à l'intérieur d'un espace influence non seulement la visibilité des tâches, mais elle façonne également profondément l'esthétique visuelle globale de l'environnement. Optimiser l'utilisation de la lumière du jour en tant que source principale d'éclairage pour les tâches visuelles présente un potentiel significatif pour réduire la consommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel. Cependant, un afflux excessif de lumière du jour ou de soleil ne doit pas entraîner un inconfort visuel ou des conditions thermiques indésirables. Il est donc impératif de veiller à la fourniture d'une lumière du jour adéquate et de dispositifs de protection solaire efficaces à l'intérieur des espaces.

Afin de tirer pleinement parti de la lumière du jour et du soleil disponibles, les architectes s'efforcent souvent d'intégrer de manière transparente ces éléments dans la conception architecturale des façades des bâtiments. De plus, au-delà des objectifs d'économie d'énergie, il est essentiel de déterminer les préférences des occupants des bâtiments en ce qui concerne les niveaux de lumière et l'accès à la lumière directe du soleil.

Ce chapitre constitue une revue approfondie de la littérature concernant la qualité de la lumière du jour et se penchera sur l'importance de la lumière naturelle dans l'environnement bâti, en explorant ses avantages sur les plans physiologique, psychologique et environnemental, tout en examinant les défis et les considérations liés à son intégration dans la conception architecturale, ainsi que les méthodes de calcul et d'évaluation.

### 1. L'éclairage naturel

L'utilisation de la lumière naturelle dans le contexte architectural peut être considérée comme une dimension essentielle qui a toujours été un élément clé de la conception architecturale depuis les débuts de cette discipline, orientant son évolution tout au long de l'histoire. La lumière naturelle est l'un des facteurs déterminants de l'espace architectural, car elle le maintient et le rend visible et perceptible (Ozorhon et al., 2014). La relation entre la lumière naturelle et l'architecture est remarquable à la fois sur le plan esthétique et fonctionnel, et cela a été à la base de son développement au fil du temps.

L'aspect fonctionnel de la lumière naturelle définit la relation prédominante qu'elle entretient avec l'architecture. En conséquence, on peut affirmer que la première connexion entre l'éclairage naturel et l'architecture est établie par des moyens fonctionnels et bénéfiques (Plummer 2012). L'utilisation de la lumière pour éclairer l'espace, définir et percevoir les volumes, les espaces, les couleurs, les textures et les caractéristiques de forme, ainsi que la prise de conscience que les caractéristiques et l'expression de l'architecture peuvent être développées avec la lumière, ont conduit à ce que la lumière naturelle soit considérée dans la conception architecturale en tant que valeur esthétique.

Cette dualité de la lumière naturelle, à la fois fonctionnelle et esthétique, conserve sa pertinence même aujourd'hui, et avec les avancées constantes de la technologie, elle continue d'évoluer et de prendre de nouvelles dimensions (Dogrusoy 2001).

En plus de ses avantages fonctionnels et thermiques, la lumière naturelle a également un impact sur la psychologie humaine. Elle rythme le cycle jour-nuit, ce qui influence notre état mental et se reflète dans notre environnement. De plus, la lumière naturelle n'est pas statique, elle change et évolue en permanence. Les êtres humains ont besoin de variations visuelles dans leur environnement, et la lumière naturelle joue un rôle essentiel dans la création de cet effet grâce à ses caractéristiques variationnelles (Ozorhon et al., 2014).

En considérant que les couleurs révélées par la lumière naturelle offrent une diversité infinie, même au cours d'une seule journée, il est clair que la lumière naturelle influence notre compréhension et notre perception de l'espace, et qu'elle détermine la signification et le caractère que nous attribuons à cet espace. Dans ce contexte, il est possible d'affirmer qu'une richesse incroyable peut être générée en utilisant la lumière à l'intérieur de l'espace architectural.

Sur la base de ce qui précède, nous pouvons donner une définition à l'éclairage naturel comme il est le résultat de l'interaction entre le bâtiment et la lumière. Ce phénomène physique est essentiel pour établir une connexion entre l'intérieur et l'extérieur, généré par la pénétration de la lumière à travers l'enveloppe du bâtiment et la réflexion de cette lumière par les matériaux qui le composent, comme l'a souligné Kaba (2012).

Reinhart et al. (2006), de leur côté, ont défini l'éclairage comme l'acte d'illuminer l'intérieur d'un bâtiment avec la lumière, en soulignant que cette notion est couramment utilisée dans le contexte de la construction. Par ailleurs, il est important de noter que la disponibilité de la lumière du jour et l'occupation du bâtiment se chevauchent de manière significative.

Cependant, il est important de noter que l'intégration de la lumière naturelle dans les bâtiments ne se fait pas sans défis ni coûts supplémentaires, comme l'ont souligné Goulding et al. (1994). Il est donc impératif de comprendre en profondeur les raisons fondamentales qui justifient l'introduction de la lumière du jour à l'intérieur de nos espaces construits.

## **2. Les Bénéfices de l'Éclairage Naturel**

L'éclairage naturel est un élément essentiel de notre environnement bâti. Il offre une multitude de bénéfices qui vont bien au-delà de la simple illumination des espaces intérieurs. De nombreuses études ont apporté des preuves substantielles de l'importance cruciale de la lumière naturelle pour notre environnement et notre environnement bâti. Elle est bien plus que simplement une source de lumière. En réalité, elle est essentielle à notre équilibre vital, à notre santé et à notre bien-être, jouant un rôle central dans de multiples aspects de notre vie. Dans ce contexte, nous allons explorer les nombreux avantages qu'apporte la lumière naturelle dans notre vie quotidienne et dans la conception de l'environnement architectural.

### **2.1. Avantages de la lumière du jour par rapport à la lumière électrique**

Bien que la lumière électrique puisse rendre une tâche de travail très visible, l'ajout de lumière naturelle peut rendre une pièce plus attrayante. Comme l'a mentionné Collin (1976), les variations à court terme de la lumière naturelle apportent de la variété et de l'intérêt de manière que l'éclairage électrique continu ne peut pas égaler. Comparée à la lumière naturelle, la lumière artificielle fournit une quantité constante de lumière qui peut être allumée ou éteinte simplement. D'autre part, le soleil émet un spectre lumineux beaucoup plus large comparativement à la lumière artificielle, contenant une gamme complète de longueurs d'onde qui permettent à toutes les personnes de distinguer la plupart des couleurs (Shishegar, &

Boubekri, 2016). C'est pourquoi la lumière solaire est attribuée un indice de rendu des couleurs (IRC) de 100, qui représente la valeur maximale qu'une source lumineuse peut atteindre (Sharp et al., 2014).

Les travaux de Bodart et Deneyer (2004) ont révélé que 91 % des participants à leur étude préféraient travailler dans des espaces éclairés par la lumière du jour. Interrogés sur les raisons de cette préférence, presque tous les répondants ont indiqué que la lumière naturelle est plus confortable que l'éclairage électrique et qu'elle réduit le stress lié au travail. Les participants ont également été questionnés sur le type d'éclairage idéal pour travailler. La lumière du jour a été choisie par 62 % des répondants, tandis que 37 % ont estimé que la lumière du jour et la lumière électrique étaient également bonnes pour travailler. Très peu de personnes préfèrent l'éclairage électrique à la lumière du jour.

Les travaux de Roche et al. (2000) ont également montré que les gens préfèrent avoir des fenêtres dans leur environnement de travail. En tout, 73 % des participants ont jugé qu'avoir une fenêtre dans leur espace de travail était très important, et seulement 4 % ont préféré la lumière électrique à la lumière du jour.

Selon une enquête menée par Veitch et Gifford (1996), environ la moitié des travailleurs de bureau et des étudiants universitaires estiment qu'ils produisent leur meilleur travail dans des endroits éclairés par la lumière naturelle.

La principale raison pour laquelle les gens préfèrent la lumière du jour dans leur environnement de travail semble être la conviction que la lumière naturelle favorise une meilleure santé (Galasiu & Veitch, 2006). Cependant, les résultats de nombreuses études montrent que la lumière du jour est non seulement perçue comme bénéfique pour la santé, mais qu'elle améliore effectivement la santé et la productivité des employés et des étudiants (Edwards & Torcellini, 2002 ; Figueiro et al., 2017). Dans une étude du Heschong Mahone Group (2003), les travailleurs de bureau qui ont déclaré ne pas avoir assez de lumière naturelle étaient plus susceptibles de signaler des symptômes de fatigue, de maux de tête et/ou de fatigue oculaire.

Judith Heerwagen et Dean Heerwagen (1986) ont réalisé deux enquêtes auprès des occupants d'un immeuble de bureaux aux États-Unis, une fois en hiver et une fois en été. La plupart des occupants étaient aussi convaincus que la lumière du jour est plus bénéfique pour le confort psychologique, l'aspect des bureaux, et le sentiment de bien-être (Kilic & Hasirci, 2011).

### 2.2. Lumière naturelle et santé

La lumière naturelle peut avoir une incidence positive sur la santé des individus à travers trois systèmes distincts (Aries et al., 2015), comme l'ont démontré plusieurs recherches :

- **Système visuel** : La lumière du jour influence la perception visuelle et le confort visuel en passant par le système visuel. Des études ont montré que l'intensité et la qualité de la lumière affectent la manière dont nous percevons notre environnement (Baker et al., 2002).
- **Système circadien** : La lumière du jour régule le rythme circadien, le cycle de 24 heures de veille et de sommeil, ainsi que le métabolisme. Une découverte significative a été faite en 2002, lorsqu'un troisième photorécepteur a été identifié dans la rétine, établissant une connexion directe entre l'œil et le noyau suprachiasmatique (SCN) de l'hypothalamus, qui dirige le rythme circadien et influence les hormones mélatonine et cortisol (Berson et al., 2002).
- **Système cutané** : La lumière solaire, notamment la composante ultraviolette, régule la production de vitamine D dans la peau (Daich, 2011). Cette exposition à la lumière ultraviolette a des effets bénéfiques sur la santé, notamment la production de vitamine D3, une meilleure absorption du calcium, la suppression de la mélatonine, des effets sur la croissance, ainsi que la régulation de divers organes endocriniens, de l'activité musculaire, du rythme cardiaque, de la pression artérielle, de l'humeur et de l'état émotionnel (Hughes, 1983 ; Lucas & Ponsonby, 2002).

Avant la découverte du troisième photorécepteur, il était déjà établi que la lumière influençait la qualité du sommeil (Begemann et al., 1997 ; Edwards & Torcellini, 2002). De plus, des liens avaient été établis entre le manque d'exposition à la lumière, le stress et les dépressions hivernales (Boubekri, 2008 ; Edwards & Torcellini, 2002 ; Boyce, 2014).

Ces recherches démontrent de manière probante que la lumière du jour a un impact significatif sur la santé et le bien-être des individus. Par conséquent, lors de la conception de bâtiments, il est essentiel de prendre en compte ces effets bénéfiques de la lumière naturelle sur la santé, et pas uniquement de se concentrer sur le confort visuel. Une conception éclairée tient compte à la fois du bien-être visuel et des aspects de santé associés à la lumière (Leslie, 1994 ; Abdou, 1997 ; Wotton & Barkow, 1983).

Ces découvertes soulignent également le rôle essentiel de la lumière en tant que nutriment pour les processus métaboliques du corps, avec des effets similaires à ceux de l'eau ou de la

nourriture. La lumière naturelle stimule des fonctions biologiques essentielles dans le cerveau et est divisée en couleurs qui sont cruciales pour notre santé (Ott, 1997 ; Liberman, 1994).

De plus, des études ont démontré que l'éclairage intérieur amélioré pouvait atténuer divers problèmes subcliniques courants tels que le sommeil excessif, la suralimentation, la perte d'énergie et les perturbations au travail (Terman et al., 1986).

Enfin, la lumière joue un rôle crucial dans la prévention et le traitement de troubles médicaux tels que le rachitisme, l'ostéomalacie et le trouble affectif saisonnier (SAD) (Neer & Hollick, 1985 ; Hathaway, 1992). Les variations saisonnières de la disponibilité de la lumière extérieure, en particulier pendant l'hiver et en fonction de la latitude géographique, ont un impact direct sur la survenue du SAD (Liberman, 1991).

### **2.3. Lumière naturelle et Bien-être Psychologique**

La lumière, en particulier la lumière du jour et la lumière vive, a des effets positifs sur la réduction du stress et l'amélioration de l'humeur, mais les effets peuvent varier en fonction de différents facteurs.

La lumière a des effets bénéfiques sur la réduction du stress et l'amélioration de l'humeur. Par exemple, les infirmières exposées à moins de trois heures de lumière du jour pendant leur travail ont signalé plus de stress et moins de satisfaction au travail (Alimoglu & Donmez, 2005). De plus, une exposition à une lumière vive a été associée à une amélioration de l'humeur, de la vigilance et des performances, ainsi qu'à une réduction de la dépression (Meesters & Waslander, 2010 ; Smolders et al., 2012).

La lumière du jour a également montré des effets positifs sur l'humeur, mais ceux-ci dépendent de la quantité de lumière. Une exposition à la lumière du jour pendant 30 minutes (environ 3000 lux atteignant l'œil) a été trouvée pour améliorer l'humeur positive par rapport à des niveaux modérés d'éclairage électrique (moins de 100 lux atteignant l'œil et le bureau), bien que cela n'ait pas été accompagné d'une diminution de la fatigue ou de la tristesse (Kaida et al., 2006). De plus, la lumière du jour a été associée à une meilleure humeur, une réduction du stress et une augmentation de la socialisation (aan het Rot et al., 2008).

La météo et la lumière du soleil sont liées à l'humeur, mais les effets varient en fonction de nombreux facteurs, notamment l'âge et la personnalité (Denissen et al., 2008 ; Kööts et al., 2011).

En outre, la lumière du soleil favorise la synthèse de la vitamine D, liée à la sérotonine, un neurotransmetteur lié à l'humeur (Landsdowne & Provost, 1998). Par conséquent, la lumière peut également améliorer l'humeur en influençant la production de sérotonine. Une autre étude a rapporté l'efficacité du traitement par une lumière vive pour lutter contre l'épuisement émotionnel lié au burnout (Meesters & Waslander, 2010).

### 2.4. Lumière naturelle et consommation d'énergie

L'incorporation judicieuse de la lumière naturelle dans la conception des bâtiments présente de multiples avantages en termes de réduction de la consommation énergétique, comme le confirment plusieurs références. Environ 50% de la demande totale d'électricité constitue une part significative de la consommation énergétique globale, incluant l'électricité et les énergies fossiles. Toutefois, l'utilisation exclusive de la lumière naturelle peut réduire la consommation énergétique totale de 25 à 30%, ce qui en fait l'un des investissements les plus rentables pour les économies d'énergie et la réduction des émissions de carbone à l'échelle mondiale (Köster, 2020).

Il est bien établi que la lumière naturelle est considérablement plus efficace que l'éclairage artificiel en termes de fourniture de lumière tout en générant moins de chaleur, comme l'indique Muhs (2000). Cette efficacité lumineuse contribue à réduire la demande d'éclairage électrique pendant la journée, ce qui a un impact significatif sur la consommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel, représentant jusqu'à 15% à 30% de la consommation totale d'énergie électrique dans les bâtiments (Ryckaert et al., 2010 ; Armaroli & Balzani, 2011).

De plus, l'utilisation de la lumière naturelle réduit également les besoins en climatisation, car les sources lumineuses artificielles traditionnelles génèrent de la chaleur excessive, nécessitant souvent un refroidissement supplémentaire. Cette relation entre la lumière naturelle et la réduction de la charge thermique est conforme aux principes de la conception bioclimatique, qui prennent en compte l'orientation du bâtiment, la disposition des fenêtres, les matériaux réfléchissants et les dispositifs de contrôle de la lumière pour optimiser l'utilisation de l'énergie tout en améliorant le confort des occupants.

En outre, il est important de souligner que l'amélioration du bien-être des occupants représente un avantage significatif de l'utilisation de la lumière naturelle, ce qui peut indirectement réduire la nécessité d'utiliser l'éclairage artificiel et les systèmes de climatisation. Cette considération revêt une importance particulière à la lumière des objectifs de réduction des



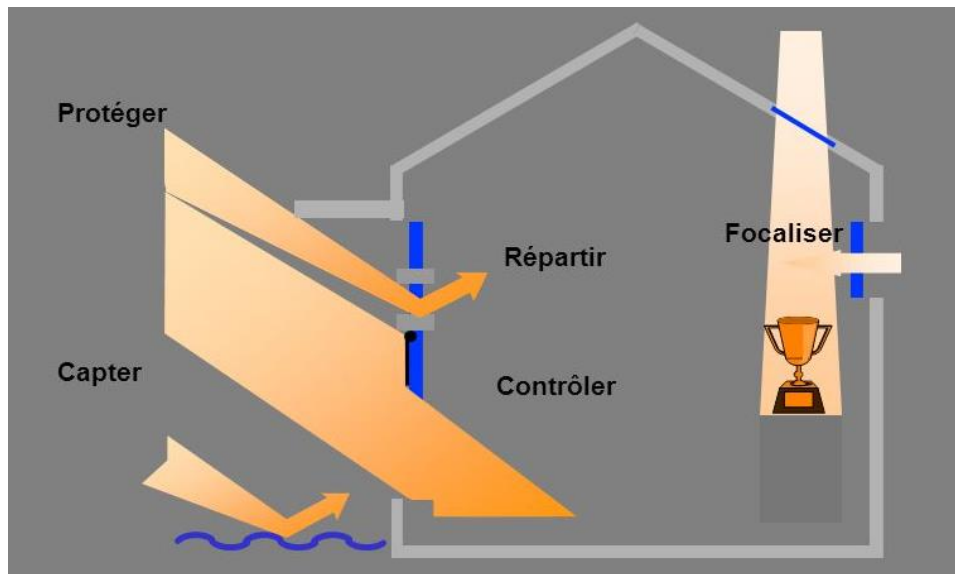
émissions de CO<sub>2</sub>. À cet égard, il est instructif de rappeler les conclusions de Lancashir et al. (1996), qui ont montré qu'économiser chaque kilowatt-heure (kWh) d'énergie permettait de prévenir l'émission de 680,39 grammes de dioxyde de carbone, 5,67 grammes de dioxyde de soufre et 2,27 grammes d'oxyde d'azote. Ces résultats concordent avec les travaux de recherche antérieurs, notamment ceux d'Alrubaih et al. (2013) et Hayman et al. (2000), qui soulignent l'importance de promouvoir la durabilité dans le contexte de l'utilisation de la lumière naturelle pour réduire la consommation d'énergie et les impacts environnementaux.

En conclusion, l'intégration réfléchie de la lumière naturelle dans la conception et la gestion des bâtiments, soutenue par des recherches antérieures, offre une approche efficace pour réduire la consommation d'énergie, améliorer le bien-être des occupants et promouvoir la durabilité environnementale. Elle est donc essentielle pour les stratégies visant à accroître l'efficacité énergétique des bâtiments et à minimiser leur impact environnemental.

### 3. Les stratégies de l'éclairage naturel dans l'espace

Lorsque l'on envisage de concevoir une stratégie d'éclairage naturel, il est essentiel de tenir compte de trois éléments fondamentaux de la lumière du jour qui pénètre dans un espace. Ces éléments comprennent la lumière directe provenant du ciel à travers les fenêtres, la composante lumineuse réfléchie par les surfaces extérieures, et la composante lumineuse réfléchie par les surfaces intérieures de l'espace. Il est impératif de trouver un équilibre entre la capture de la lumière naturelle et la protection contre les rayons solaires indésirables. De plus, la transmission et la distribution adéquate de la lumière à l'intérieur du bâtiment sont cruciales. Donc, il est nécessaire de réguler la quantité de lumière pour éviter tout inconfort visuel (Daich, 2019).

Dans une perspective plus globale, l'objectif central de la stratégie d'éclairage naturel est de répondre aux besoins des occupants en termes de confort visuel, tout en cherchant à réduire la consommation énergétique associée à l'éclairage électrique (Scartezzini, 1994). Lorsque l'on se trouve dans un climat chaud et sec, il est important de noter que la stratégie d'éclairage naturel doit s'adapter aux saisons. En hiver, on peut opter pour une approche similaire à celle des climats tempérés. Cependant, en été, il est crucial de prendre des mesures préventives pour éviter tout risque de surchauffe (Figure II.1).



**Figure II.1.** Les stratégies de l'éclairage naturel. (Source :<https://slideplayer.fr/amp/2912318/>; consulté le : 12/09/2021)

### 3.1. Capter

La captation de la lumière naturelle consiste à collecter la lumière du jour afin d'éclairer naturellement l'intérieur d'un bâtiment. Pour réaliser cette captation de manière efficace, il est essentiel de prendre en compte une série de paramètres et d'influences environnementales. Ces facteurs comprennent :

- *Type de Ciel* : La qualité de la lumière naturelle varie en fonction des conditions atmosphériques. Un ciel nuageux, par exemple, diffuse la lumière de manière plus uniforme que sous un ciel clair. Le choix des stratégies d'éclairage naturel doit tenir compte de ces variations.
- *Moment de l'Année* : La trajectoire du soleil dans le ciel change tout au long de l'année. Les concepteurs doivent prendre en compte ces variations saisonnières pour optimiser la captation de la lumière naturelle.
- *Heure du Jour* : La quantité et l'angle de la lumière naturelle varient considérablement au cours de la journée. L'orientation des ouvertures et la disposition de l'espace doivent être adaptées en conséquence pour maximiser l'éclairage naturel.
- *Orientation et Inclinaison de l'Ouverture* : L'orientation et l'inclinaison des fenêtres, des puits de lumière et des autres ouvertures influencent la quantité et la direction de la lumière

qui pénètre dans le bâtiment. Ces paramètres doivent être soigneusement réfléchis lors de la conception.

- *Environnement Physique du Bâtiment* : Les caractéristiques de l'environnement immédiat du bâtiment, comme la présence de bâtiments voisins, le type de sol et la végétation environnante, peuvent influencer la disponibilité et la qualité de la lumière naturelle.

### 3.2. Protéger

La protection contre la lumière naturelle intense implique l'utilisation de divers types de dispositifs classés en fonction de leur position (intérieur ou extérieur) et de leur mobilité (fixe ou mobile). Cette classification englobe les protections permanentes et fixes, telles que les verres spéciaux et les auvents, ainsi que les protections mobiles, telles que les stores extérieurs et les volets.

### 3.3. Transmettre

La quantité de lumière naturelle qui pénètre dans un espace intérieur est influencée par un ensemble de caractéristiques de l'ouverture, notamment sa taille, sa forme, son emplacement et le matériau utilisé pour la transmission de la lumière. Ces caractéristiques de l'ouverture interagissent avec les dimensions de la pièce et la disposition de son aménagement intérieur. Il est essentiel de prendre en compte tous ces facteurs pour optimiser la captation de la lumière naturelle dans un bâtiment (Daich, 2011).

### 3.4. Distribuer

La distribution de la lumière naturelle a pour objectif de diriger la lumière soit vers des zones spécifiques, soit de manière uniforme dans l'intérieur d'un espace donné. Plusieurs éléments interviennent dans ce processus, notamment la configuration de la pièce, la disposition des ouvertures, les caractéristiques des surfaces (couleurs et matériaux des parois), ainsi que les systèmes conçus pour distribuer la lumière de manière appropriée. La manière dont ces facteurs sont gérés est essentielle pour optimiser l'éclairage naturel d'un bâtiment (Daich, 2011).

### 4. La qualité de la lumière naturelle

#### 4.1. Définition

Diverses approches ont été avancées pour élaborer une définition de la qualité de l'éclairage, telles que celles exposées par Veitch & Newsham (1998), ainsi que Boyce & Cuttle (1998). En termes généraux, la qualité de l'éclairage peut être définie comme la mesure dans laquelle le système d'éclairage satisfait les exigences préalablement définies par les parties prenantes, à savoir le client et le concepteur (Boyce, 2003). Cette notion est intrinsèquement liée à des objectifs incluant l'amélioration des performances dans des tâches spécifiques, la création d'ambiances particulières, et le maintien du confort visuel.

La perception de la qualité de l'éclairage est façonnée par deux facettes, à savoir le composant visuel et le composant non visuel. Il convient de noter qu'il n'existe pas de réponse universelle pour évaluer la qualité de la lumière, étant donné que celle-ci est tributaire de plusieurs facteurs. Parmi ces facteurs, on peut citer les attentes des utilisateurs de l'espace, leurs expériences antérieures, ainsi que leurs caractéristiques individuelles. De surcroît, les particularités culturelles et émotionnelles des individus qui occupent l'espace en question exercent également une influence indirecte (Saadi, 2011). Par exemple, les habitants de régions reculées des pays en développement présentent des attentes différentes en matière d'éclairage, avec des attitudes sensiblement distinctes par rapport à celles des citoyens de métropoles comme New York, Londres ou Paris. Par ailleurs, les disparités individuelles jouent un rôle déterminant dans la perception du confort visuel, et celles-ci peuvent être en partie influencées par des différences culturelles entre les individus.

Le concept de confort visuel est également sujet aux variables culturelles, comme en témoignent les recherches menées par Boyce. Il ressort de ces travaux que ce qui est perçu comme un environnement lumineux confortable pour un groupe donné peut être qualifié d'inconfortable par un autre groupe partageant le même espace de travail. En fin de compte, il s'avère complexe d'évaluer directement la qualité de l'éclairage, car cette évaluation ne peut être réduite à de simples mesures d'intensité lumineuse à respecter sur le lieu de travail. Plusieurs autres facteurs cruciaux, tels que l'uniformité de l'éclairage, la distribution des luminances, les propriétés spectrales de la lumière et le phénomène d'éblouissement, interviennent de manière déterminante dans l'évaluation de la qualité visuelle de l'éclairage, comme l'ont démontré les recherches de Veitch & Newsham (1998).

En somme, la qualité de la lumière peut être appréhendée selon deux composantes principales : l'aspect visuel, qui porte sur le confort visuel et les performances requises pour les activités, et l'aspect psychologique, qui prend en compte l'agrément ressenti par les utilisateurs en fonction de l'environnement lumineux et de son adéquation au type de local et à l'activité qui y sont pratiqués. En outre, la lumière peut exercer des effets à long terme sur la santé, qu'il s'agisse de la fatigue oculaire attribuable à un éclairage défaillant, influencée tant par des facteurs visuels que non visuels, ou des effets sur le système circadien humain (Brainard et al., 2001 ; Cajochen et al., 2005).

### **4.2. Aspects visuel de la lumière**

#### **4.2.1. Paramètres liées à la performance visuelle**

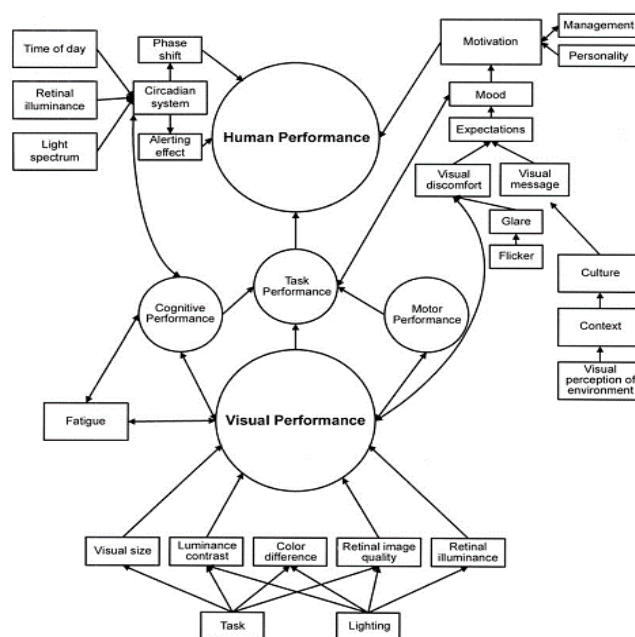
L'utilisation de la lumière naturelle dans les bâtiments offre de nombreux avantages liés à la santé, à la productivité et à l'économie d'énergie (Boyce, et al., 2003). Cependant, pour bénéficier pleinement de ces avantages, une conception intelligente est essentielle. Une conception réussie vise à optimiser l'éclairage, en particulier la tâche visuelle, tout en minimisant l'éblouissement et en créant un environnement de travail lumineux et agréable à l'intérieur de l'espace de travail. Cela peut avoir un impact positif sur l'humeur et la productivité des occupants.

Les recherches menées par Veitch & Newsham (2000) ont souligné que l'éclairage n'est pas le seul facteur déterminant de la performance visuelle, bien que d'autres études aient montré une relation entre l'éclairage de la tâche, le confort, la visibilité et la performance visuelle (Rea & Ouellette, 1991; Wienold & Christoffersen, 2006). Ces études ont également mis en évidence l'influence de l'éclairage, en particulier de la lumière naturelle, sur la productivité humaine et sur les systèmes visuel et perceptif.

En outre, l'éclairage affecte non seulement le système visuel et perceptif, mais aussi le système circadien (figure II.2). Les conditions d'éclairage sur une période de 24 heures, y compris le cycle lumière-obscurité, influencent ce système, qui à son tour affecte la performance dans toutes les tâches, pas seulement visuelles. Il est responsable du cycle veille-sommeil, a un impact profond sur le bien-être humain. Le système perceptif est également sensible aux conditions d'éclairage, notamment en ce qui concerne le confort visuel. Des conditions d'éclairage inconfortables peuvent altérer l'humeur et le comportement des individus, en particulier lorsqu'ils sont exposés à des tâches prolongées. De plus, la perception

de la lumière est influencée par des facteurs culturels, contextuels et individuels, ce qui rend la compréhension de son impact complexe.

Il est aussi important de noter que ces différentes influences de l'éclairage sur la performance humaine peuvent interagir entre elles. Par exemple, le manque de sommeil peut affecter la performance visuelle et cognitive, et une tâche visuellement exigeante sur une longue période peut entraîner de la fatigue, même en l'absence de privation de sommeil. Cette complexité souligne l'importance de poursuivre la recherche sur la relation entre l'éclairage et la performance humaine.



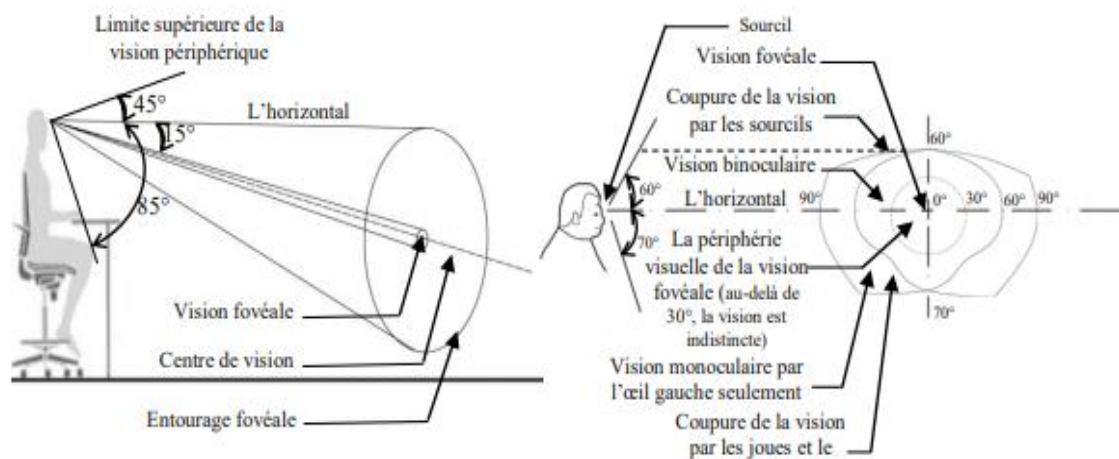
**Figure II.2.** Influence des conditions d'éclairage sur la performance visuelle. (Source : Boyce et al., 2003)

### 4.2.1.1. Le champ de vision :

La quantité de lumière captée par l'œil est essentiellement régie par la luminance présente dans notre champ de vision, une zone complexe qui englobe environ 210 degrés horizontalement et 150 degrés verticalement. Le champ visuel n'est pas homogène en termes de capacités visuelles, car il abrite diverses fonctions perceptuelles (Daich, 2011). La vision des couleurs est particulièrement concentrée dans la région centrale, tandis que la détection des mouvements et des formes est plus prédominante en périphérie. Cette partie centrale, couvrant environ 2 degrés, est dénommée "vision fovéale" et est cruciale pour une vision détaillée, notamment dans des activités où le détail visuel revêt une importance capitale. À mesure que

l'on s'éloigne de cette zone centrale, la netteté de la vision diminue, rendant les détails plus difficiles à discerner. La vision fovéale offre également une acuité accrue des couleurs grâce à la densité élevée de cônes (Egan, 1983).

Parallèlement, l'ergonoma, couvrant un angle de 30 degrés par rapport à l'axe de vue, favorise la perception des formes, tandis que le panorama, avec son champ de 60 degrés, est dédié à la détection des mouvements. Enfin, la ligne ou l'axe de vue, généralement située à 10 degrés sous l'horizontale en position debout et à 15 degrés en position assise, joue un rôle clé dans notre orientation visuelle (figure II.3). Ces composantes du champ de vision interagissent pour nous permettre de percevoir le monde qui nous entoure en fonction de la situation et des détails visuels nécessaires à une activité donnée.



**Figure II.3.** A gauche, champ visuel pour une position assise ; A droite, champ visuel pour une position debout (Source : Daich, 2011)

En ce qui concerne la perception de la luminosité, il existe des limites quant à la quantité de lumière que chaque zone du champ visuel peut accueillir. La zone définie comme "environnement proche ou immédiat", englobant un angle solide de 60 degrés, dont 30 degrés dans toutes les directions autour de la vision fovéale, présente une acuité visuelle relativement élevée, permettant ainsi la distinction des variations de luminosité entre un objet et son environnement immédiat (Daich, 2011).

Au-delà de cette zone, s'étend la "vision périphérique", qui couvre une surface plus vaste, pouvant atteindre 180 degrés horizontalement en fonction de la superposition des champs visuels des deux yeux. La capacité du cerveau à fusionner les images provenant des deux yeux en une seule image, phénomène dénommé "vision binoculaire", peut s'étendre jusqu'à 130 degrés verticalement et plus de 120 degrés horizontalement lorsque les deux yeux sont alignés

sur un objet, contribuant de manière significative à notre expérience subjective de l'environnement visuel. Enfin, il convient de noter que la vision monoculaire, correspondant à la vision d'un seul œil, couvre un angle d'environ 150 degrés.

### 4.2.1.2. L'ajustement de la sensibilité visuelle à la variation de la luminosité :

Dans des environnements naturels, la gamme de niveaux de lumière ambiante rencontrée par le système visuel humain varie considérablement, couvrant une vaste plage de luminance allant d'environ  $10^{-6}$  à  $10^{+6}$  cd/m<sup>2</sup> (David et al., 2011a). Cependant, le matériel biologique du système visuel ne peut pas posséder une plage dynamique suffisamment étendue pour accommoder cette large gamme de distributions de luminance rencontrées dans la vie quotidienne (Hung & Ciuffreda, 2002).

Afin de garantir que le système visuel reste hautement sensible aux détails de la scène dans des conditions d'éclairage variables, l'adaptation à la lumière joue un rôle critique. Elle prévient les situations où de petits signaux sont noyés dans le bruit neuronal tout en évitant la saturation du système en ajustant le gain ou la sensibilité de notre système visuel (Poot, 2000). L'objectif principal de l'adaptation à la lumière est de prévenir la "catastrophe de saturation", permettant ainsi à la réponse rétinienne au contraste de rester invariante malgré les changements d'éclairage, réalisant ainsi un objectif fondamental de la vision : la constance perceptuelle des objets réfléchissants (Shapley & Enroth-Cugell, 1984). Donc, Le concept de luminance d'adaptation désigne le niveau de luminosité auquel l'œil s'adapte (Wang & Zhao, 2022).

L'adaptation se manifeste sous diverses formes dans tous les systèmes sensoriels, ce qui a des implications importantes pour notre vie quotidienne. L'adaptation à la lumière dans les systèmes visuels revêt une importance particulière dans les activités suivantes :

- Perception de la luminosité : La luminosité d'un objet ou d'une lumière dépend non seulement de sa luminance, mais aussi de l'état d'adaptation du système visuel (CIE 135/5, 1999). La fonction principale de l'adaptation est de maintenir la réponse rétinienne au contraste de manière constante, quelle que soit la variation de l'éclairage, atteignant ainsi l'objectif crucial de la constance visuelle pour les objets réfléchissants.
- Performance visuelle : Les recherches indiquent que la luminance d'adaptation est un déterminant important de la taille de la pupille (Clarke et al., 2003 ; Hall & Chilcott, 2018). La distribution de la luminance dans le champ de vision régit le niveau d'adaptation des yeux, influençant la visibilité des tâches. Cela inclut des facteurs tels que l'acuité visuelle,



la sensibilité au contraste et l'efficacité des fonctions oculaires (telles que l'accommodation, la convergence, la contraction pupillaire, et les mouvements oculaires).

- L'éblouissement : La luminance d'adaptation de l'œil jouera un rôle important dans l'évaluation de l'éblouissement

La mesure ou l'estimation du niveau d'adaptation dans des environnements naturels est un sujet très important, mais il n'y a eu aucune étude traitant directement de cette question (Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), 1999). Plusieurs formules ont été utilisées pour prédire le malaise en fonction des paramètres du stimulus, et chaque formule a sa propre méthode de calcul de la luminance d'adaptation, et aucune de ces méthodes ne prend en compte l'influence de la distribution de la luminance. La raison pour laquelle aucun consensus n'a été établi pour l'estimation de la luminance d'adaptation est que le mécanisme de régulation de l'adaptation visuelle est encore inconnu (Joyce, 2016).

### 4.2.1.3. L'acuité visuelle :

L'évaluation de l'acuité visuelle est essentielle pour comprendre la performance de notre système visuel. Au fil de l'histoire, cette évaluation a connu d'importantes avancées, avec l'introduction de tableaux oculaires plus fiables tels que le tableau Bailey-Lovie et le tableau Logarithm of the Minimum Angle of Resolution (LogMAR), ce dernier étant particulièrement répandu. Les tableaux LogMAR sont composés de dix lignes de lettres visuellement similaires, mais se distinguant uniquement par la taille de la police, allant de 4 à 36 points.

L'acuité visuelle ne dépend pas uniquement de la qualité du tableau, mais aussi de nombreux autres facteurs. Parmi ces facteurs, le niveau d'éclairage joue un rôle crucial. La luminosité ambiante, le contraste entre les détails et leur arrière-plan, la taille et la dimension des détails observés, ainsi que la durée pendant laquelle nous observons ces détails, sont autant d'éléments qui influencent notre acuité visuelle.

En ce qui concerne le contraste de luminosité, il est important de noter que l'acuité visuelle dépend fortement de la différence de luminosité entre la zone sur laquelle se porte notre regard et l'environnement qui l'entoure. De plus, la perception des couleurs et le contraste de couleur des objets peuvent avoir un impact complexe sur l'acuité visuelle, car la perception des couleurs est également influencée par les niveaux de luminosité.

L'éclairage joue donc un rôle essentiel dans notre capacité à distinguer les détails. Une quantité appropriée de lumière doit être fournie pour que notre système visuel puisse effectuer une

reconnaissance précise dans un environnement donné. Dans un contexte idéal, l'acuité visuelle de 2,5 est considérée comme la plus élevée, tandis que 1,0 est la norme clinique pour une vision des détails. Pour obtenir une acuité visuelle optimale, il est nécessaire que la luminance de la tâche observée soit équivalente ou légèrement supérieure à celle de l'arrière-plan. Cependant, dans la plupart des situations, un rapport de 1/3 entre la luminance de la tâche et celle de l'arrière-plan peut être considéré comme acceptable (Stein, 2006).

Il est également important de noter que l'acuité visuelle varie en fonction des conditions d'éclairage. Par exemple, lorsque nous passons de la lumière à l'obscurité, notre acuité peut chuter jusqu'à 1% de son niveau diurne. Cependant, au bout de 10 minutes, notre acuité peut augmenter pour atteindre environ 10%, ce qui reste généralement inférieur à nos capacités diurnes. Cette adaptation à la vision nocturne est un processus intéressant à considérer.

La fatigue visuelle est un autre aspect à prendre en compte. Elle peut résulter de plusieurs facteurs, notamment une luminance insuffisante qui oblige nos yeux à s'adapter constamment, un éclairage excessif sur nos surfaces de travail ou un contraste élevé entre différentes zones de travail, créant un éblouissement périphérique (Daich, 2011).

En résumé, l'acuité visuelle est un domaine complexe et multidimensionnel qui dépend de multiples facteurs, dont l'éclairage, le contraste, la taille des détails et la durée d'observation. Pour évaluer avec précision l'acuité visuelle, il est crucial d'utiliser des outils appropriés et de créer des conditions d'éclairage optimales.

### **4.2.2. Paramètres liés au confort visuel**

Le confort visuel englobe une sensation subjective liée au bien-être général, à la satisfaction et à l'absence de gêne physique ou psychologique. Il dépend de plusieurs caractéristiques de l'éclairage, notamment la présence de lumière naturelle, l'éclairement, la distribution de la lumière, l'éblouissement, l'uniformité de l'éclairage, le scintillement des lampes, la distribution spectrale de la lumière, le système d'éclairage et la possibilité de contrôler individuellement l'éclairage (Piderit Moreno, 2011 ; Veitch & Newsham, 1996).

L'évaluation du confort visuel dans un contexte d'éclairage naturel est complexe en raison de la nature changeante de la lumière du jour, en particulier lorsqu'il s'agit de conditions de lumière solaire (Boubekri & Lee, 2017).

Pour évaluer le confort visuel, des paramètres et indicateurs ont été développés, regroupés en deux catégories : *statiques* et *dynamiques*. Les paramètres statiques sont calculés dans des conditions spécifiques et ne tiennent pas compte du temps, tandis que les indicateurs dynamiques reflètent la variation temporelle des conditions d'éclairage naturel en raison de facteurs tels que le temps, les saisons et l'orientation spatiale (Iturra, 2011). Cette approche permet de mieux comprendre et d'optimiser le confort visuel dans les espaces éclairés naturellement, en tenant compte de la dynamique de la lumière du jour.

### 4.2.2.1. Les Paramètres statiques :

Les métriques statiques fournissent une évaluation des performances en termes de quantité d'éclairage à l'intérieur d'une pièce à un moment et une date spécifiques, sans offrir une évaluation précise de la manière dont une solution de conception particulière pourrait se comporter tout au long de l'année. Les métriques suivantes entrent dans cette catégorie :

#### 4.2.2.1.1. L'éclairement ( $E$ ) :

L'éclairement de la lumière du jour, mesurée en lux, est la métrique de performance de la lumière du jour la plus couramment utilisée. Elle indique à quel point la quantité de la lumière du jour peut illuminer l'environnement intérieur. Le concept d'illuminance est également utilisé comme critère de conception des bâtiments, notamment par des normes telles que le CIBSE (2008) et l'IESNA (2010). Le niveau d'éclairement de conception est basé sur la tâche à accomplir, l'âge du spectateur, les exigences de vitesse et de précision, ainsi que le contexte de la tâche. Par exemple, Dubois (2003) a indiqué que 100 à 300 lux sont trop sombres pour le travail sur papier mais adaptés au travail sur ordinateur, tandis qu'un niveau d'illuminance supérieur à 500 lux est idéal pour le travail sur papier mais trop lumineux pour le travail sur ordinateur. Chaque activité requiert un niveau d'éclairement spécifique dans la zone où elle se déroule. En règle générale, plus la tâche visuelle est exigeante, plus l'éclairement moyen doit être élevé pour faciliter la perception visuelle. Un niveau d'éclairement minimal est essentiel pour garantir une vision claire et sans fatigue, mais un excès de lumière peut devenir inconfortable (Daich, 2011).

L'éclairement lumineux se détermine en prenant le flux lumineux ( $\Phi$ ) reçu par une surface donnée et en le divisant par l'aire totale de cette surface ( $S$ ), généralement exprimée en mètres carrés ( $m^2$ ). Il s'agit de la seule grandeur photométrique directement mesurable, que l'on peut aisément quantifier à l'aide d'un luxmètre. Cependant, il convient de noter que l'éclairement

varie en fonction du temps et doit être évalué à plusieurs moments pour obtenir une compréhension précise de la manière dont la lumière du jour est utilisée dans un espace intérieur

### 4.2.2.1.2. *Indice d'uniformité ( $I_u$ ) :*

L'uniformité est définie comme le rapport entre l'illuminance minimale et l'illuminance moyenne sur une surface (CEN, 2009). Il existe également des exemples qui utilisent le rapport entre l'illuminance minimale et maximale pour déterminer l'uniformité. Elle est un indicateur fréquemment utilisé car il peut être facilement calculé à partir des mesures d'illuminance. De plus, il est possible de traduire l'uniformité en luminance (Chraïbi et al., 2017), par exemple, pour indiquer l'uniformité d'un mur. Le coefficient d'uniformité varie de 0 à 1, où 1 représente une dispersion optimale et uniforme de la lumière. Selon le type d'éclairage naturel, certaines normes recommandent des valeurs comprises entre 0,3 et 0,7 (Iturra, 2011).

L'uniformité de la lumière correspond au niveau de distribution homogène de la lumière sur un plan de travail, ce qui réduit le stress visuel en réduisant la fréquence des adaptations oculaires répétées entre des zones sous-éclairées et des zones sur-éclairées (Tabadkaniet al., 2020).

### 4.2.2.1.3. *Facteur de lumière du jour (FLJ/DF) :*

Le facteur de lumière du jour (DF) est défini comme le rapport entre le niveau d'éclairement à un point donné sur un plan horizontal à l'intérieur d'une pièce ( $E_i$ ) et le niveau d'éclairement extérieure ( $E_e$ ) sur un plan dégagé (Stein et al., 1992). Le facteur de lumière du jour est composé de trois constituants, à savoir la lumière réfléchié directement depuis le ciel (lumière diffuse dispersée), ou la composante du ciel (SC), la lumière provenant des surfaces extérieures, ou la composante réfléchié externe (ERC), et la lumière réfléchié depuis les surfaces à l'intérieur de la pièce, ou la composante réfléchié interne (IRC) (Alrubaiha, 2013). La composante du ciel étant la plus grande des trois composantes. Par conséquent, le DF peut être influencé par l'environnement extérieur à l'extérieur de la pièce ainsi que par la réflectance des surfaces intérieures en plus de la quantité de lumière du jour provenant de la voûte céleste.

Le FLJ est l'une des plus anciennes métriques dans les calculs de lumière du jour. Cette métrique a été développée dans le but d'éliminer le facteur temps dans la prédiction de la lumière du jour en ne prenant en compte que la condition de lumière du jour diffuse. Par conséquent, seule la lumière diffuse par temps couvert peut être utilisée lors de l'application de cette méthode de calcul car la caractéristique lumineuse d'un ciel couvert CIE en termes de distribution de

luminance est considérée comme stable et inchangée. En conséquence, le rapport entre l'éclairement intérieure à un point donné et les niveaux d'éclairement extérieurs reste constant quelle que soit l'heure de la journée. La constance du FLJ est le principal avantage de cette méthode. En raison de sa simplicité, la métrique du FLJ est la plus utilisée dans les études expérimentales qui reposent sur des modèles réduits physiques. L'inconvénient principal de cette métrique est cependant le fait qu'elle ne peut être utilisée que sous des conditions de ciel couvert. La lumière directe du soleil est une caractéristique importante de la lumière du jour, et l'ignorer pourrait entraîner un inconfort visuel et thermique significatif potentiellement ressenti par les occupants du bâtiment.

Le  $FLJ_{moy}$  est l'outil le plus largement utilisé car on le trouve dans de nombreuses normes, guides et réglementations. La British Standards Institution, BS 8206 Partie 2, recommande une valeur de  $FLJ_{moy}$  d'au moins 2 %. La valeur indique que si l'éclairage électrique n'est généralement pas utilisé pendant la journée, le  $FLJ_{moy}$  ne doit pas être inférieur à 5 %, tandis que si l'éclairage électrique doit être utilisé pendant la journée, le  $FLJ_{moy}$  ne doit pas être inférieur à 2 % si une apparence principalement similaire à la lumière du jour est souhaitée. Selon le British Council for Offices Guide, un  $FLJ_{moy}$  de 2 % à 5 % est recommandé pour un espace de bureau. De plus, une valeur de  $FLJ_{moy}$  recommandée de 2 % se retrouve dans d'autres normes (Hannaford, 2002 ; Saridar & Elkadi, 2002).

Une récente enquête auprès des occupants de bureaux a été menée sur la lumière du jour. Environ 270 occupants de 16 bâtiments du Royaume-Uni ont été interrogés. Les résultats ont indiqué que leur satisfaction à l'égard de la lumière du jour était maximisée avec un  $FLJ_{moy}$  compris entre 2 % et 5 %. De plus, les personnes avaient généralement une opinion positive de la lumière du jour. Cependant, les réponses ont montré que les gens étaient plus susceptibles d'être mécontents de la lumière du jour lorsque le  $FLJ_{moy}$  de conception dépassait 5 %. À ces niveaux élevés de lumière du jour, des plaintes accrues concernant l'éblouissement du soleil et du ciel sont apparues (Roche et al., 2000). Au-dessus d'un  $FLJ_{moy}$  de 5 %, la pièce est susceptible de connaître des problèmes thermiques en raison de la forte lumière du jour (Brotas & Wilson, 2008).

#### **4.2.2.1.4. Les Indices d'éblouissement :**

L'un des principaux inconvénients de la lumière du jour est qu'elle peut causer un inconfort d'éblouissement, ce qui pourrait affecter négativement la performance des travailleurs

de bureau (Heschong, 2003). L'éblouissement a été défini en 1987 par la CIE comme " définit l'éblouissement comme une condition particulière qui peut causer un inconfort ou réduire les performances visuelles, la visibilité et la capacité à définir les détails et les objets, provoquée par une répartition inappropriée de la luminance ou par de forts contrastes de luminance dans le champ visuel. ". Une autre définition de l'éblouissement provient de l'IESNA, qui explique que c'est "la sensation produite par la luminance dans le champ visuel qui est suffisamment supérieure à la luminance à laquelle les yeux sont adaptés pour causer de l'ennui, de l'inconfort ou une perte de performance visuelle et de visibilité".

On peut faire une distinction entre deux types d'éblouissement : l'éblouissement inconfortable et l'éblouissement handicapant. Contrairement à l'éblouissement handicapant, l'éblouissement inconfortable rend difficile l'observation (CIE, 1987, Dubois, 2001). Il est très subjectif, il est donc difficile de prédire quand il se produira. De plus, de nombreuses variables influencent la quantité d'éblouissement qui sera ressentie. Si la principale source d'éblouissement est une fenêtre, la quantité d'éblouissement causée par la lumière du jour dépend, par exemple, de la qualité de la vue à travers la fenêtre (Kim et al., 2011 ; Tuaycharoen & Tregenza, 2007), ou de la distance du lieu de travail par rapport à la fenêtre (Galaciu & Veitch, 2006).

Plusieurs indices d'éblouissement ont été développés pour décrire l'importance subjective de l'éblouissement inconfortable (Wienold & Christoffersen, 2006) ; cependant, il manque toujours un prédicteur pratique et efficace de l'éblouissement inconfortable, avec une forte corrélation avec la réponse subjective (Hirning et al., 2014 ; Eble-Hankins & Waters, 2005). En général, ces indices se composent des quatre quantités suivantes : la luminance de la source d'éblouissement, l'angle solide de la source d'éblouissement, le déplacement de la source d'éblouissement par rapport à la ligne de vision et la luminance d'adaptation (Fan, 2009). Parmi les nombreux indices d'éblouissement :

### **a. Visual Comfort Probability (VCP)**

La méthode mise au point par Guth (1963), couramment utilisée en Amérique du Nord, consiste à déterminer le pourcentage d'observateurs qui considéreraient l'éclairage ambiant comme acceptable. Les valeurs du Probabilité de confort visuel (VCP) varient généralement de 85 à 18. Le calcul du VCP se fait en utilisant la formule suivante :

$$VCP = \frac{100}{\sqrt{2\pi}} \int_{-\infty}^{6.347-1.3227\ln(DGR)} e^{-t^2/2} dt$$

$$DGR = (\sum_{i=1}^n M_i)^{n-0.0914}$$

$$M_i = \frac{L_i Q_i}{2P_i L_m^{0.44}}$$

$L_m$  = Luminance moyenne pour tout le champ de vision (incluant les murs, le plafond, le sol et les sources),

$L_i$  = Luminance moyenne du luminaire  $i$ ,

$Q_i = 20.4 \omega_i + 1.52 \omega_i^{0.2} - 0.075$ ,

$\omega_i$  = Angle solide sous lequel est vu le luminaire  $i$  (sr),

$P_i$  = Indice de position de Guth du luminaire  $i$ ,

$n$  = Nombre de luminaires.

### b. Unified Glare Rating (UGR),

Il est élaboré par la CIE en 1995 (Sorensen, 1987), assigne des valeurs situées dans la plage de 10 à 30. Les variations d'UGR inférieures à une unité ne sont généralement pas discernables. Il est important de noter que cette méthode n'a pas été validée pour les situations impliquant des plafonds lumineux ou un éclairage indirect. De plus, l'UGR peut ne pas être approprié pour évaluer les sources de lumière de très petite taille. Le calcul de l'UGR peut être réalisé à l'aide de la formule suivante :

$$UGR = 8 \times \log \left( \frac{0.25 \times \sum_{i=1}^n L_i^2 \times \omega_i}{L_b \times \sum_{i=1}^n P_i^2} \right)$$

Ou

$L_b$  = Luminance de fond (calculée sans les sources),

$L_i$  = Luminance moyenne du luminaire  $i$ ,

$\omega_i$  = Angle solide sous lequel est vu le luminaire  $i$  (sr),

$P_i$  = Indice de position de Guth du luminaire  $i$ ,

$n$  = Nombre de luminaires.

### c. Le CIE Glare Index (CGI)

Il est dérivé d'une formule initialement proposée par Einhorn (1969). Les coefficients de cette formule ont été ajustés après la 19ème session de la CIE à Kyoto en 1979, afin d'harmoniser son échelle de valeurs avec celle du VCP. Les valeurs du CGI ont ainsi été réduites à une plage allant de 10 à 30. Le CGI peut être calculé à l'aide de la formule suivante :

$$CGI = 10 \log_{10} \left( 0.1 \frac{1 + E_d / 500}{E_c} \sum_{i=1}^n \frac{L_i^2 \omega_i}{P_i^2} \right)$$

Ou

$E_d$  = Eclairage direct sur le plan vertical de l'œil dû à toutes les sources (Lux),

$E_c$  = Eclairage sur le plan vertical de l'œil incluant la composante indirecte (Lux),

$\omega_i$  = Angle solide sous lequel est vu le luminaire  $i$  (sr),

$P_i$  = Indice de position de Guth du luminaire  $i$ ,

$n$  = Nombre de luminaires.

### d. Le Daylight Glare Index (DGI)

Il a été initialement développé par Hopkinson dans les années 1950, puis il a été amélioré par Chauvel, Collins, Dogniaux et Longmore en 1982. En 2005, dans le but d'améliorer la fiabilité des évaluations de l'éblouissement, son échelle et son algorithme ont été révisés par Osterhaus (2005). Le DGI est évalué sur une échelle en quatre paliers, avec les valeurs précises (Tableau II.1).

**Tableau II.1.** Echelle du DGI. (Source : Saadi, 2011)

Caractérisation d'éblouissement	Valeurs du (DGI)
juste perceptible	16
juste acceptable	20
juste inconfortable	26
juste intolérable	28

### e. Daylight Glare Probability (DGP)

Il a été développé par Wienold et Christoffersen (2006) dans le but de surmonter les limitations des indices précédents. Cette méthode vise à évaluer la probabilité qu'une personne soit dérangée par l'éblouissement plutôt que de mesurer la magnitude de l'éblouissement elle-même.

#### 4.2.2.2. Paramètres dynamiques :

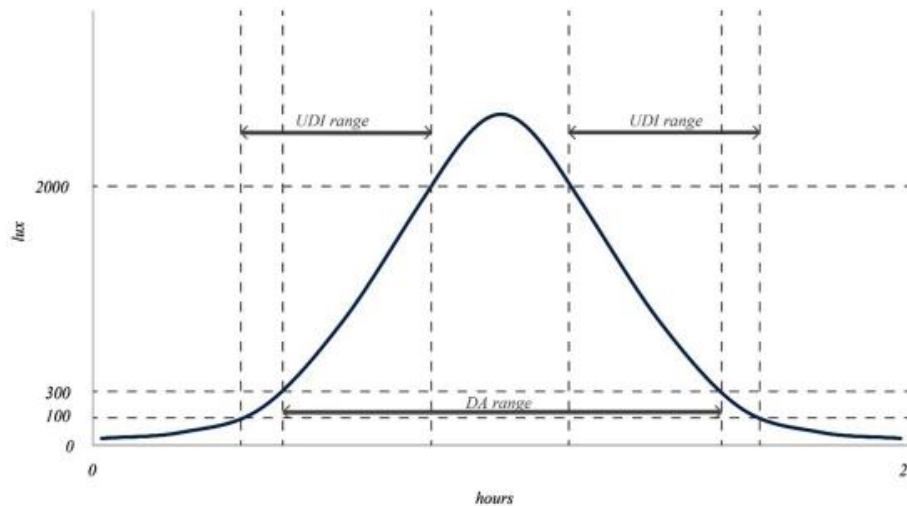
Les « climate based metrics » en anglais, ce qui signifie littéralement en français « mesures basées sur le climat », Contrairement aux métriques statiques traditionnelles, ces calculs dynamiques se basent sur une série temporelle des niveaux d'éclairement à l'intérieur d'une pièce, en tenant compte de diverses conditions de ciel, y compris les journées ensoleillées [6]. Ces calculs couvrent l'ensemble de l'année ou une période définie par l'utilisateur et reposent sur des données de rayonnement solaire spécifiques à l'emplacement du bâtiment.

##### 4.2.2.2.1. Autonomie de la lumière du jour (DA)

Autonomie de la lumière du jour (DA) informe l'utilisateur sur le pourcentage de temps, dans une période donnée, pendant lequel l'éclairement naturel atteint ou dépasse un niveau de référence à l'intérieur d'une pièce à un emplacement spécifique, ou en tant que niveau moyen pour cette pièce. Le calcul cumulatif de l'heure par heure de la DA est basé sur un seuil d'éclairement défini par l'utilisateur pour une période de temps prédéfinie (par exemple, de 300



lux de 8h00 à 17h00 dans le cas d'un bureau) (Figure II.4). Elle varie de manière inversement proportionnelle au niveau d'éclairage seuil sélectionné. En d'autres termes, à mesure que le seuil d'éclairage augmente, on s'attend à ce que la DA diminue, et vice-versa (Boubekri & Lee, 2017).



**Figure II.4.** Seuils d'éclairage définis par l'utilisateur pour le DA et l'UDI sur un cycle de 24 heures. (Source : Boubekri & Lee, 2017).

Ce concept a été initialement proposé dans les années 1980 par l'association suisse des électriciens (Electriciens, 1989), puis amélioré par la suite (Reinhart et al., 2006 ; Reinhart & Walkenhorst, 2001). Ce nouveau paradigme de simulation dynamique de la lumière du jour a été une avancée importante dans le domaine de la simulation de l'éclairage naturel, en particulier en ce qui concerne l'estimation des économies d'énergie résultant de l'éclairage naturel, qui est l'utilisation principale de cette métrique. Cette métrique ne fournit pas d'informations spécifiques sur les performances photométriques, mais permet à l'utilisateur de déterminer les économies potentielles d'énergie d'éclairage électrique en calculant le pourcentage de temps pendant lequel l'utilisateur peut compter sur l'éclairage naturel compte tenu d'un seuil d'éclairage prédéterminé.

En règle générale, ce seuil d'éclairage est l'éclairage ambiant nécessaire pour effectuer une tâche donnée et peut être défini à différents niveaux en fonction de la stratégie d'éclairage électrique utilisée. Il serait raisonnable de supposer que plus la quantité de lumière du jour à l'intérieur d'une pièce augmente, plus la DA augmenterait également, bien que pas nécessairement dans les mêmes proportions. Un autre avantage de la DA par rapport à la métrique DF réside dans le fait qu'elle prend en compte toutes les conditions de ciel de

l'emplacement spécifique dans la mesure où les données météorologiques existent pour cet endroit.

#### 4.2.2.2.2. *Éclairage utile à la lumière du jour (UDI)*

Le concept d'Éclairage Utile de la Lumière du Jour (UDI) repose sur le principe de l'Autonomie de la Lumière du Jour. L'UDI vise à pallier l'inconvénient majeur de nombreuses autres métriques, à savoir leur absence de prise en compte des critères de confort visuel (Nabil & Mardaljevic, 2006).

La conception d'éclairage naturel doit faire face à des problèmes d'éclairage excessif qui peuvent survenir à certaines heures, comme en cas de conditions ensoleillées. Avec l'UDI, l'utilisateur est en mesure de calculer le pourcentage de temps, sur une plage horaire donnée (par exemple de 8h00 à 17h00), pendant lequel l'éclairage naturel intérieur dans une pièce se situe dans une plage définie par l'utilisateur (par exemple entre 100 lux et 2 000 lux) (Figure II.3).

Il représente l'occurrence annuelle des éclairages naturels tombant dans la plage spécifiée. L'extrémité inférieure de la plage UDI indique que les niveaux de lumière en dessous de cette limite ne sont pas utiles pour l'exécution de tâches, tandis que l'extrémité supérieure de la plage indique que les niveaux au-dessus de cette limite pourraient potentiellement causer un inconfort visuel ou thermique trop important, amenant vraisemblablement les occupants de la pièce à modifier la situation, par exemple en baissant les stores (Mardaljevic et al., 2012). Les niveaux de lumière en dehors de la plage UDI sont donc écartés lors de l'analyse de la performance de l'éclairage naturel.

Conformément à la définition originale de l'UDI, les seuils inférieur et supérieur sont fixés respectivement à 100 lux et 2000 lux. En fin de compte, l'UDI est classée en trois plages (Nabil & Mardaljevic, 2006) :

- UDI < 100 lux : L'éclairage est jugé trop faible.
- UDI 100-2000 lux : Pour un environnement de travail standard, la plage d'éclairage considérée comme appropriée.
- UDI > 2000 lux. L'éclairage est considérée comme excessif.

Récemment, la plage suggérée a été révisée pour passer de 100 lux à 3000 lux (Mardaljevic, 2015). De plus, des études ultérieures ont proposé de subdiviser la plage intermédiaire de l'UDI

(100-3000 lux) en deux catégories distinctes : 100-300 lux et 300-3000 lux, désignées respectivement sous le nom d'"UDI supplémentaire" ( $E < 300$  lux) et "UDI autonome" ( $E > 300$  lux) (Soleimani et al., 2021). Selon Mardaljevic, l'UDI (300-3000 lux) est la plage pour laquelle l'utilisation d'un éclairage artificiel supplémentaire n'est probablement pas nécessaire.

### **4.2.2.2.3. Autonomie de la lumière du jour continue (cDA)**

L'autonomie de la lumière du jour continue (cDA) constitue une modification essentielle de l'autonomie de la lumière du jour (DA). À la différence de DA, qui n'octroie un crédit qu'une fois que l'éclairement atteint ou dépasse un seuil donné, cDA apporte une nuance significative en attribuant un crédit partiel pendant les périodes où l'éclairement est inférieur à l'exigence minimale.

L'idée de cDA a été initialement proposée par Zach Rogers en 2006 comme une modification fondamentale de l'approche DA. Concrètement, lorsqu'un seuil DA est défini, comme DA300lux avec un seuil de 300 lux, cDA300lux évalue le pourcentage annuel de temps pendant lequel l'éclairement dépasse ce seuil. Par exemple, si un point spécifique atteint 300 lux ou plus pendant 50 % du temps tout au long de l'année, le cDA300lux serait d'environ 55 à 60 % (Shemiranib & Tahbazc, 2020).

Ce qui distingue cDA, c'est sa capacité à reconnaître partiellement les éclairages en dessous du seuil minimal, ce qui en fait un outil précieux pour les comparaisons avec d'autres méthodes de conception indépendantes.

### **4.2.2.2.4. Autonomie spatiale de la lumière du jour (sDA)**

La métrique sDA (spatial Daylight Autonomy) fait référence au pourcentage de la surface du plancher qui reçoit plus qu'une certaine quantité de lumière naturelle pendant un certain nombre d'heures d'exploitation standard sur une base annuelle (par exemple, 50 % des heures entre 8 h et 18 h). Cette métrique a été initialement proposée par Lisa Heschong (Heschong et al., 2012). Elle englobe à la fois les caractéristiques spatiales et temporelles des performances de la lumière naturelle et est également une métrique régionale.

Par exemple, étant donné que le niveau approprié d'éclairage pour la lecture et l'écriture dans les salles de classe est souvent de 500 lux, l'autonomie spatiale de la lumière naturelle est déterminée sous la forme de sDA500 lx50 % (Shemiranib & Tahbazc, 2020).

### 4.2.2.2.5. Exposition annuelle au soleil (ASE)

L'Exposition Annuelle au Soleil (ASE) représente la portion de la surface de travail ou de la zone occupée où l'éclairement solaire direct dépasse un seuil spécifique (généralement 1000 lux) pendant un nombre d'heures défini sur une base annuelle (généralement 250 heures). Lors du calcul de l'ASE, les stores et les dispositifs de protection solaire ne sont pas pris en considération. En général, les métriques sDA et ASE sont utilisées conjointement pour évaluer les conditions d'éclairage naturel dans un espace (Heschong et al., 2012).

Cette métrique permet d'identifier les surfaces exposées à une trop grande quantité de lumière solaire directe, ce qui peut entraîner un inconfort visuel (éblouissement) ou des coûts de refroidissement additionnels.

### 4.3. Aspects non visuel de la lumière

La lumière est une nécessité fondamentale pour les êtres humains, étant largement reconnue pour son influence sur les comportements physiques, physiologiques et psychologiques. Jusqu'à la fin des années 1990, l'éclairage de qualité était défini comme celui qui équilibrerait les besoins des individus, les préoccupations économiques et environnementales, ainsi que la conception architecturale. Un bon éclairage devait non seulement répondre aux exigences de performance visuelle, mais également façonner l'apparence des espaces, assurer la sécurité et contribuer au bien-être (Rea, 2000). Cependant, avec l'émergence des discussions sur le rôle de la lumière dans la santé humaine, la notion de qualité de l'éclairage est devenue plus complexe, entraînant un changement de perspective (Veitch, 2002).

Des études récentes se sont efforcées d'établir des liens entre l'éclairage environnemental, les performances humaines et la santé, obtenant des résultats positifs. Il est maintenant admis que l'exposition à une quantité insuffisante ou à une lumière inappropriée peut perturber les rythmes humains classiques, entraînant des conséquences néfastes pour les performances, la sécurité et la santé.

Actuellement, un changement de paradigme se manifeste dans le domaine de l'éclairage, où l'importance de la performance visuelle en tant qu'objectif principal diminue au profit de découvertes récentes en photobiologie, établissant des liens entre l'éclairage, la santé et le bien-être. La visibilité demeure un élément crucial dans la conception de l'éclairage, mais

dorénavant, la qualité de l'éclairage est évaluée selon d'autres critères essentiels tels que la quantité et la qualité de la lumière nécessaire pour favoriser le bien-être, la santé, les interactions sociales et les préférences esthétiques (Bellia et al., 2011). La photobiologie a mis en lumière une voie alternative de transmission des signaux lumineux au cerveau, en dehors du système visuel, régissant des interactions complexes entre les processus biologiques et les stimuli lumineux externes.

Afin de promouvoir la durabilité des environnements construits, d'assurer des économies d'énergie et de favoriser la santé et le bien-être des occupants, il est impératif d'élargir les critères de confort visuel pour inclure des facteurs non visuels qui touchent les aspects biologiques et psychologiques de la lumière (Daich, 2019).

### **5. les méthodes d'évaluation d'éclairage naturel**

L'évaluation de l'éclairage naturel occupe un rôle essentiel dans l'architecture et l'aménagement des espaces intérieurs. La lumière naturelle, provenant de la lumière du jour, est une source d'éclairage unique, influençant à la fois l'efficacité énergétique et la qualité de vie des occupants. Historiquement, la conception de l'éclairage naturel reposait sur les préférences des clients et l'expertise des concepteurs, en se concentrant sur la quantité de lumière naturelle comme solution technique. Cependant, la persistance de l'intérêt pour l'éclairage naturel et la croissance de la consommation d'énergie liée à l'éclairage artificiel ont encouragé l'introduction de méthodes mathématiques visant à améliorer les performances de l'éclairage naturel.

Le confort visuel dépend de la quantité de lumière disponible dans un espace, une quantité qui doit être suffisante pour accomplir une tâche spécifique sans provoquer d'inconfort visuel. Cet inconfort peut découler d'une inadéquation entre le niveau d'éclairage et la tâche, de la présence d'éblouissement ou d'une qualité lumineuse qui ne correspond pas aux besoins de l'activité. Afin de répondre à ces exigences de confort visuel et d'ambiance lumineuse, les concepteurs ont à leur disposition diverses méthodes et outils. Ces approches variées, comme les relevés sur site, les modèles mathématiques, les maquettes à l'échelle et les logiciels de simulation, sont utilisées tout au long du processus de conception pour anticiper et optimiser l'éclairage naturel dans un espace donné (Wong, 2017).

### 5.1. Les modèles mathématiques

Les méthodes simplifiées de calcul sont des ressources essentielles pour estimer l'éclairage naturel dans les espaces intérieurs. Elles se présentent sous différentes formes, allant d'algorithmes à des diagrammes, et sont souvent disponibles sous forme informatique. Leur principal objectif est de déterminer des paramètres photométriques tels que l'éclairement et le facteur de lumière du jour.

Lorsqu'il s'agit d'évaluer le facteur de lumière du jour (FLJ) en milieu intérieur, en particulier sous un ciel couvert, la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE) propose une méthode fréquemment utilisée. Cette méthode repose sur des formules et des abaques basés sur une distribution théorique des luminances du ciel, conforme au modèle du ciel couvert. Les résultats sont généralement exprimés en termes de valeurs ponctuelles ou moyennes du FLJ, et des coefficients de correction peuvent être appliqués pour tenir compte de divers paramètres, tels que la transparence du vitrage et la présence d'obstructions extérieures.

Ces méthodes de calcul simplifiées sont couramment employées au stade initial de la conception pour obtenir des estimations approximatives de l'éclairement. Toutefois, elles présentent des limites lorsque la précision est cruciale pour visualiser l'ambiance intérieure ou pour des situations d'éclairage complexes. Avant l'ère de l'informatique, ces méthodes étaient couramment utilisées, mais elles étaient adaptées à des conditions de ciel spécifiques. Il est important de noter que les exigences en matière de facteur de lumière du jour étaient souvent élaborées en fonction de régions spécifiques caractérisées par des conditions climatiques particulières.

### 5.2. Les mesures in situ

Les mesures sur site représentent un moyen direct d'évaluer qualitativement et quantitativement l'éclairage d'un espace, permettant de caractériser son environnement lumineux et d'obtenir des données précises sur l'éclairement et la luminance (Daich, 2019). Cependant, il est impératif de disposer de l'équipement approprié pour conduire ces mesures, tout en notant que leur exécution se limite à la phase post-construction, et elles sont sensibles aux conditions climatiques. Cette approche offre aussi une méthode précise pour évaluer les économies d'énergie potentielles liées à l'éclairage naturel, reflétant ainsi la consommation réelle d'énergie du système d'éclairage. De plus, elle permet de vérifier l'efficacité des stratégies

de contrôle de l'éclairage artificiel liées à la lumière naturelle dans des environnements réels (Yu & Su, 2015) Toutefois, il est à noter que la réalisation de mesures sur site engendre des coûts et exige un laps de temps considérable. Par conséquent, il est recommandé d'effectuer ces mesures sur une période représentative de l'année, puis d'extrapoler les données sur une période plus étendue en fonction des conditions météorologiques locales. Par ailleurs, les mesures sur site constituent la méthode optimale pour étudier l'influence du comportement des occupants sur la consommation énergétique liée à l'éclairage.

### 5.3. Les modèles réduits

Les maquettes à l'échelle ou les modèles réduits sont des versions réduites des modèles de bâtiments, généralement construites à l'échelle souhaitée et similaires aux modèles architecturaux. Les avantages des maquettes à l'échelle sont qu'elles sont plus faciles et moins coûteuses à construire, et les modèles sont facilement réalisables et manipulables (CIBSE, 2014). Cependant, la difficulté de construire une maquette d'éclairage naturel n'est pas moindre que celle de construire une maquette architecturale traditionnelle. Certaines règles et considérations, telles que la géométrie, l'élimination des fuites de lumière, le choix des matériaux et l'inclusion de mobilier dans les modèles, doivent être soigneusement intégrées lors de la construction d'une maquette d'éclairage naturel afin d'obtenir des résultats aussi précis que possible.

L'estimation de l'éclairage naturel sur un modèle réduit implique l'utilisation d'instruments spécifiques tels que les ciels et soleils artificiels. Cette approche qualitative permet de visualiser la distribution de la lumière dans un espace et de comparer différentes interventions (Daich, 2019). Grâce au développement des techniques et technologies liées à la lumière et à l'image, les maquettes en architecture ont évolué pour devenir des outils efficaces permettant d'étudier le confort visuel et même de concevoir l'éclairage. Cela a conduit à trois types de maquettes : celles sous ciel artificiel, l'Héliodon et les prototypes de taille réelle.

Les maquettes à l'échelle réelle ou les prototypes grandeur nature sont les plus coûteux à mettre en œuvre en raison de la complexité des configurations de façade et de l'intégration technologique. Bien que le processus soit généralement long, les résultats sont souvent fiables et pratiques car ils impliquent des technologies et des matériaux réels dans des conditions atmosphériques réelles (Wong, 2017).

### 5.4. La simulation numérique

Les programmes de simulation informatique se révèlent efficaces pour apporter un soutien à la conception grâce à leur capacité à intégrer un grand nombre de paramètres de conception et à effectuer une analyse des performances en matière de lumière du jour sur des cas détaillés et basés sur des scénarios. Les simulations permettent des comparaisons précises au sein des niveaux d'incertitudes expérimentales, offrent des solutions pratiques et efficaces sur le plan informatique pour l'évaluation des performances énergétiques des applications d'éclairage naturel, et permettent aux chercheurs de se concentrer sur l'amélioration de la conception des bâtiments pour obtenir les meilleurs résultats. Une enquête a révélé que 79 % des personnes interrogées qui ont pris en compte les aspects liés à la lumière du jour dans leur conception de bâtiments avaient utilisé des simulations informatiques, tandis que l'utilisation de maquettes à l'échelle parmi les spécialistes de la lumière du jour a considérablement diminué, car les programmes de simulation informatique peuvent produire des résultats plus précis (Reinhart & Fitz, 2006). Des études antérieures montrent que les résultats de simulation concordaient bien avec les résultats obtenus par des mesures sur site, ce qui indique la fiabilité des logiciels informatiques (Wong, 2017).

Cependant, malgré l'utilisation fréquente des programmes de simulation informatique au stade du développement de la conception, la complexité des programmes et l'insuffisance de leur documentation ont été identifiées comme des lacunes des programmes de simulation informatique existants. Un tel niveau de complexité augmente la durée nécessaire pour les calculs, et seuls ceux ayant des compétences et des connaissances raisonnables peuvent effectuer ces calculs.

La communauté de développeurs de simulations de lumière du jour demeure très fragmentée, avec environ 42 programmes de simulation de lumière du jour utilisés (Reinhart & Fitz, 2006). L'un des premiers problèmes avec les logiciels de simulation de la lumière du jour était lié aux interfaces et à la création de modèles en raison de la vitesse de rendu (Ashmore & Richens, 2001). Cependant, avec les progrès de la technologie de simulation, la plupart des programmes de simulation d'éclairage couramment utilisés aujourd'hui intègrent des programmes de rendu photoréaliste, qui peuvent fournir des informations sur la manière dont le bâtiment réel pourrait fonctionner (Mardaljevic, 2012). Des améliorations des lacunes de la simulation d'éclairage en matière d'exactitude, de calcul de quelques paramètres, de temps de calcul longs, de scénarios simples et de déconnexion par rapport à la simulation de l'ensemble du bâtiment ont été



signalées (Ochoa et al., 2012). Une précision minimale d'environ 20 % entre les mesures et la simulation a été rapportée, l'une des principales difficultés étant de collecter des mesures fiables de la réflectivité de l'environnement. L'intégration de la simulation de l'éclairage dans la simulation de l'ensemble du bâtiment est encore en développement.

Des travaux visant à développer des programmes conviviaux pour améliorer les simulations d'éclairage naturel ont été signalés. Kota et al. (2014) ont discuté de l'intégration de l'outil de Modélisation des Informations du Bâtiment (BIM) avec des programmes de simulation de la lumière du jour, tels que RADIANCE, DAYSIM, ADELINe et Ecotect, pour simplifier l'entrée de fichiers et réduire le besoin d'outils pour définir la géométrie du bâtiment dans un système de coordonnées tridimensionnel (3D). D'autres programmes de simulation intégrés, tels que Relux, LighTools, SolidWorks, Lightscape, Microstation, RadioRay et DIALux, ont également été utilisés pour fournir une vue 3D des modèles de bâtiments. Fakra et al. (2011) ont développé un nouveau modèle pour introduire un code de simulation dans le logiciel CODYRUN, qui était simple, convivial et réduisait le temps de calcul. Gagne et al. (2011) et Andersen et al. (2013) ont combiné un système basé sur des règles floues avec un programme de simulation, Lightsolve, pour développer un système expert interactif permettant de fournir des orientations de conception pour améliorer les performances en matière d'éclairage naturel dès les premières étapes de la conception.

Alors que chaque outil de simulation est unique et comporte ses propres limites, la plupart des chercheurs ont soit intégré différents outils de simulation, utilisé plusieurs outils de simulation pour réaliser des études sur l'éclairage naturel pour de meilleurs résultats, ou les ont comparés à des résultats expérimentaux ou mesurés en vue de leur validation.

Le tableau II.2 représente les points forts et faibles pour chaque méthode d'évaluation de l'éclairage naturel.

**Tableau II.2.** Les points forts et faibles pour les différentes méthodes d'évaluation de l'éclairage naturel. (Source : auteur)

Méthode d'évaluation	Points forts	Points faibles
<b>Les modèles mathématiques</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plus facile et rapide à calculer même sans détails de conception spécifiques (par exemple, moyenne DF)</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>La précision doit être validée et testée par rapport à une expérience.</li> </ul>

---

<b>Les mesures in situ</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visualisez les performances de lumière du jour dans des conditions de ciel réelles</li><li>• Représentation fidèle du design réel</li><li>• Bâtiment et systèmes réels dans des conditions de ciel réelles</li><li>• Capacité à utiliser des matériaux réels et précis dans les bâtiments</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• La précision doit être validée et testée par rapport à une expérience</li><li>• Grand et cher</li><li>• Technologies difficiles, longues et coûteuses à mettre en œuvre</li><li>• Configurations de façade difficilement interchangeables</li><li>• La plupart des évaluations se limitent aux conditions réelles du ciel</li><li>• Les modèles doivent être résistants aux intempéries et correctement orientés si situé à l'extérieur</li></ul>
<b>Les modèles réduits</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Visualisez les performances à la lumière du jour</li><li>• Aider au processus de prise de décision pour l'option de conception appropriée</li><li>• Échelles souhaitées intégrées</li><li>• Des études peuvent être entreprises en utilisant un ciel artificiel pour représenter une heure, une date et une latitude spécifiques.</li><li>• Construit à toutes les étapes de conception</li><li>• Plus facile et moins cher ; qu'un vrai bâtiment</li><li>• Les modèles peuvent être créés et gérés facilement</li><li>• Appliquer des capteurs/caméra à l'intérieur du modèle</li><li>• Les configurations de façade et les changements géométriques peuvent être facilement effectués</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Règles et considérations dans la construction de modèles</li><li>• Éclairage surestimé</li><li>• Problèmes avec les simulateurs de ciel</li></ul>
<b>La simulation numérique</b>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Rentable</li><li>• Interface conviviale</li><li>• Rendu tridimensionnel</li><li>• Analyse plus facile avec des paramètres variables et des modèles complexes</li><li>• Capacité à effectuer une simulation annuelle</li><li>• Fournir un « aperçu » de l'effet de lumière du jour</li><li>• Visualisation dynamique, telle que les animations du soleil et les accélérés</li></ul>	<ul style="list-style-type: none"><li>• Erreurs de calcul</li><li>• Certains programmes nécessitent des utilisateurs compétents et bien formés</li><li>• La qualité d'entrée affecte la précision</li><li>• Le résultat nécessite une interprétation minutieuse d'un expert</li></ul>

---

### 6. Niveaux de la lumière naturelle dans les espaces du travail

Les occupants de bâtiments de bureau bénéficiant de lumière naturelle et de spectre complet ont signalé une amélioration de leur bien-être général. Ces types d'environnements de bureau présentent des avantages spécifiques, notamment une meilleure santé, une réduction de l'absentéisme, une augmentation de la productivité, des économies financières et une préférence des travailleurs (Edwards & Torcellini, 2002).

Dans les bâtiments où l'intégration de la lumière naturelle n'est pas possible, l'utilisation de l'éclairage complet du spectre s'est avérée avoir un impact positif sur les travailleurs. Les lumières complètes du spectre permettent aux travailleurs de jour et de nuit d'ajuster leurs horloges internes ou leurs cycles circadiens pour correspondre à leurs cycles de travail (voir section : Effets de la lumière sur le corps). Des améliorations de la productivité, une diminution des accidents, une augmentation des performances mentales, des améliorations de la qualité du sommeil et une augmentation du moral parmi les travailleurs de nuit ont également été attribuées à un meilleur éclairage (Luo, 1998).

Escuyer et Fontoynt (2001) ont mené une enquête auprès de participants français pour comprendre leurs préférences en matière d'environnement de travail, d'éclairage de bureau, de télécommande d'éclairage et de stores de bureau. Les résultats ont montré que 44% des participants considéraient la lumière naturelle comme une caractéristique très importante au bureau. Les niveaux de lumière préférés variaient en fonction de la durée d'utilisation de l'ordinateur, allant de 100 à 300 lux pour les utilisateurs d'ordinateurs, et de 300 à 600 lux pour les autres. Les participants ajustaient souvent l'éclairage électrique en fonction de la lumière naturelle disponible, que ce soit pour économiser de l'énergie ou pour éviter l'inconfort visuel. En moyenne, les personnes ajoutaient entre 150 et 400 lux d'éclairage électrique à la lumière naturelle sur leur bureau, même lorsque les niveaux de lumière naturelle étaient inférieurs à 100 lux.

Les niveaux d'éclairage rapportés par Escuyer et Fontoynt sont bien plus bas que ceux d'une étude précédente menée par Begemann et al., (1997) Dans cette étude, les participants dans des bureaux néerlandais orientés au nord ajoutaient de 300 à 1200 lux de lumière artificielle à leur éclairage naturel tout au long de l'année. Les participants avaient la possibilité d'ajuster l'éclairage de leur espace de travail selon leurs besoins, mais ils devaient

réajuster leurs préférences toutes les heures lorsque les lumières électriques étaient éteints automatiquement.

Les résultats ont montré que les préférences en matière d'éclairage artificiel variaient largement d'une personne à l'autre, en fonction de leur sensibilité à la lumière, de leur qualité de sommeil, de leur horloge biologique et de leur bien-être. Les niveaux d'éclairage artificiel préférés dépendaient des niveaux de lumière naturelle et des conditions météorologiques, mais n'étaient pas liés à l'âge ou au genre. Les participants ajoutaient en moyenne 1000 lux d'éclairage électrique par temps couvert et entre 500 et 1200 lux les jours ensoleillés, en fonction des niveaux de lumière naturelle. L'étude de Begemann a également révélé un effet de stimulation biologique par la lumière intérieure, suggérant une régulation des rythmes circadiens en fonction du cycle de la lumière naturelle.

Begemann et al., (1997) Ont également découvert une relation entre l'éclairement de la lumière du jour sur le bureau et la température de couleur préférée. Leurs résultats suggèrent qu'à des niveaux faibles d'éclairement naturel (500 lux), la température de couleur préférée en moyenne était d'environ 3300 K, tandis qu'à des niveaux plus élevés d'éclairement naturel (1500 lux), la température de couleur préférée augmentait à 4300 K. Ils ont également constaté que les plans verticaux et les ratios d'éclairement étaient "importants pour créer un environnement lumineux optimal" et que le maintien d'un éclairement constant au niveau du plan de travail ne satisfaisait pas les besoins et les préférences des occupants.

Halonen et Lehtovaara (1995) ont observé le comportement de 20 sujets travaillant dans un bureau orienté à l'est en Finlande, en utilisant un système d'éclairage graduable sur une période de 3 heures avec des ajustements toutes les 15 minutes. Leurs résultats ont montré que les participants avaient des préférences très variables en matière d'éclairement, avec des niveaux choisis allant de 230 à 1000 lux. De plus, la plupart des sujets n'ont pas maintenu un niveau constant d'éclairement à leur bureau, et certains ont même augmenté l'éclairage électrique à mesure que la lumière naturelle augmentait.

Laurentin et al., (1998) ont observé le comportement des personnes pendant deux mois au printemps (mars et avril) en ce qui concerne la gestion de l'éclairage artificiel et de la lumière naturelle en réponse à des niveaux variables de lumière naturelle.

Les résultats ont montré que, lorsqu'ils étaient assis près de la fenêtre, 57 % des participants n'ajoutaient pas d'éclairage électrique, tandis que les autres ajoutaient entre 20 et 450 lux. Au milieu de la pièce, 40 % des participants n'ajoutaient pas d'éclairage électrique, tandis que les autres ajoutaient entre 30 et 580 lux. Loin de la fenêtre, où les niveaux de lumière naturelle étaient relativement bas (120 lux), 30 % des participants choisissaient de ne pas ajouter d'éclairage électrique, tandis que les autres ajoutaient entre 20 et 350 lux. Ces résultats montrent que les niveaux d'éclairage au niveau du plan de travail dépendent fortement de la position de l'occupant par rapport à la fenêtre, suggérant que les gens sont disposés à travailler dans des conditions d'éclairage très différentes en fonction de leur emplacement. Le poste de travail situé près de la fenêtre était l'emplacement le plus apprécié des occupants, même si le niveau lumineux maximum enregistré ici était très élevé (1200 lux) par rapport à 500 lux, le maximum enregistré à l'emplacement le plus éloigné de la fenêtre. Dans l'ensemble, les participants ajoutaient un maximum de 500 lux à la lumière naturelle disponible, même lorsque l'éclairage naturel était inférieur à 100 lux, bien que le niveau maximal qui aurait pu être ajouté à partir de l'éclairage électrique fût de 1200 lux.

### Conclusion

Ce chapitre a approfondi notre compréhension de l'importance de l'éclairage naturel dans les environnements de travail. Tout d'abord, le concept d'éclairage naturel a été introduit, mettant en avant ses avantages distincts par rapport à l'éclairage artificiel. L'impact de la lumière naturelle sur la santé et le bien-être psychologique des individus, ainsi que son rôle dans la réduction de la consommation d'énergie, a également été examiné.

Par la suite, les différentes stratégies d'éclairage naturel, telles que la capture, la protection, la transmission et la distribution de la lumière naturelle, ont été explorées en détail. Ces stratégies s'avèrent essentielles pour optimiser l'utilisation efficace de la lumière naturelle tout en minimisant ses éventuels inconvénients.

Une analyse approfondie de la qualité de la lumière naturelle a suivi, avec un accent sur ses aspects visuels, notamment les paramètres liés à la performance visuelle et au confort visuel. Des paramètres tels que le champ de vision, l'ajustement de la sensibilité visuelle, l'acuité visuelle, l'éclairage, l'indice d'uniformité, ainsi que les indices d'éblouissement tels que le VCP, l'UGR, le CGI, le DGI et le DGP ont été détaillés. De plus, les paramètres dynamiques, tels que l'autonomie de la lumière du jour, l'éclairage utile de la lumière du jour, l'autonomie

de la lumière du jour continue, l'autonomie spatiale de la lumière du jour et l'exposition annuelle au soleil, ont été examinés.

L'importance des aspects non visuels de la lumière naturelle, et leur impact sur la santé et le bien-être des occupants, a également été soulignée.

En conclusion, les méthodes d'évaluation de l'éclairage naturel ont été discutées, incluant les modèles mathématiques, les mesures in situ, les modèles réduits et la simulation numérique. L'ensemble de ce chapitre a mis en évidence l'importance cruciale de comprendre les niveaux de lumière naturelle dans les espaces de travail, car ces niveaux ont un impact significatif sur le confort, la productivité et la satisfaction des individus qui les occupent.

On en conclut que dans la conception d'un éclairage de haute qualité, il est recommandé de bien comprendre les spécificités de l'environnement construit en termes d'espace, d'activité et des exigences visuelles liées à celui-ci. Il est important d'identifier les problèmes liés à l'éclairage intérieur dans les bureaux afin de mettre en place les procédures adéquates garantissant une ambiance lumineuse agréable. Cela favorisera la performance, le confort et l'agrément visuel des employés.

# **CHAPITRE III**

**LA VUE VERS L'EXTÉRIEURE  
COMME UN ÉLÉMENT DE LA  
QUALITÉ VISUELLE DE L'ESPACE**

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

### Introduction :

Au sein de l'architecture et de la conception des espaces intérieurs, la qualité visuelle occupe une place prépondérante. Elle façonne notre perception de l'environnement qui nous entoure, influençant notre humeur, notre productivité et notre satisfaction général. Parmi les nombreux facteurs qui contribuent à la qualité visuelle, la vue vers l'extérieur émerge comme un élément fondamental et souvent sous-estimé.

La vue vers l'extérieur fournie par la fenêtre englobe bien plus qu'une simple ouverture sur le monde extérieur ; elle constitue une véritable connexion entre l'intérieur et l'extérieur, offrant aux usagers de l'espace une opportunité de contempler visuellement l'environnement extérieur : un regard sur le paysage, la nature, et le rythme de la vie extérieure. Cette connexion visuelle avec l'environnement extérieur a le pouvoir de transformer un espace ordinaire en un lieu vibrant, inspirant et apaisant, et joue un rôle significatif dans l'expérience spatiale des usagers. Cependant, la présence d'une vue extérieure depuis les espaces de travail d'un immeuble de bureaux dépend entièrement de l'architecture du bâtiment et de l'aménagement intérieur. La taille et la configuration des fenêtres, ainsi que la disposition et l'orientation des postes de travail par rapport à ces fenêtres, déterminent la qualité de la vue accessible aux différents usagers.

Ce chapitre vise à fournir une vision complète de l'importance de la vue sur l'extérieur dans le domaine de l'environnement bâti, en examinant ses multiples facettes et en soulignant son impact sur la qualité visuelle et la satisfaction des occupants. Nous examinerons en détail la définition de la vue sur l'extérieur, mettant en lumière les éléments qui la composent et les variables qui lui sont associées, ainsi que les différents types d'informations que nous pouvons obtenir depuis cette vue et les diverses méthodes d'évaluation objectives et subjectives qui ont été développées Pour évaluer leur impact. En outre, nous aborderons la relation entre les préférences en matière de vue et la satisfaction globale de l'environnement, en nous appuyant sur une revue de la littérature spécialisée dans ce domaine. Enfin, nous étudierons les avantages de la vue sur l'extérieur et examinerons la spécification de l'espace de travail sans vue.



## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

### 1. Définition de la vue

Selon des études antérieures, la vue vers l'extérieur est l'une des deux fonctions les plus valorisées des fenêtres, en sus de l'apport d'éclairage naturel, permettant ainsi de maintenir un contact ininterrompu avec l'environnement extérieur, comme l'ont souligné les recherches menées par Christoffersen et ses collègues (1999), Christoffersen et Johnsen (2000) et Veitch et Galasiu (2012) (Christoffersen et al., 1999 ; Christoffersen & Johnsen, 2000 ; Veitch & Galasiu, 2012).

Selon Tregenza et Wilson, Les vues à l'intérieur des édifices se produisent lorsque la lumière diurne se réfléchit sur les surfaces extérieures, et cette information visuelle est transmise par les ouvertures fenêtrées (Tregenza & Wilson, 2013).

De manière plus complète, la vue de la fenêtre est définie comme une connexion visuelle externe, réalisée au travers de la fenêtre, répondant aux besoins physiologiques et psychologiques des occupants du bâtiment, selon les travaux de Ko et al. (2022).

Une définition plus globale de la vue considère celle-ci comme étant " *Ce que vous pouvez voir d'un endroit particulier* ", englobant ainsi les divers aspects visuels et perceptifs impliqués dans l'expérience visuelle depuis un point de vue particulier (Cambridge University Press, 2020).

D'après ces définition, on peut définir la vue vers l'extérieur comme : une perspective visuelle offerte depuis l'intérieur d'un espace construit, donnant un aperçu des environs extérieurs. Cela inclut généralement ce qui est observable à travers les fenêtres, les ouvertures ou les baies vitrées.

Elle permet aux occupants d'observer les éléments du paysage environnant, tels que les paysages naturels, les bâtiments urbains, la végétation et autres caractéristiques visuelles qui existent en dehors des limites physiques de l'espace intérieur. Cette relation entre l'intérieur et l'extérieur joue un rôle essentiel dans l'expérience spatiale des occupants, influençant leur bien-être, leur humeur et leur perception et leur satisfaction envers l'environnement environnant.

### 2. Les variables composants la vue sur l'extérieur

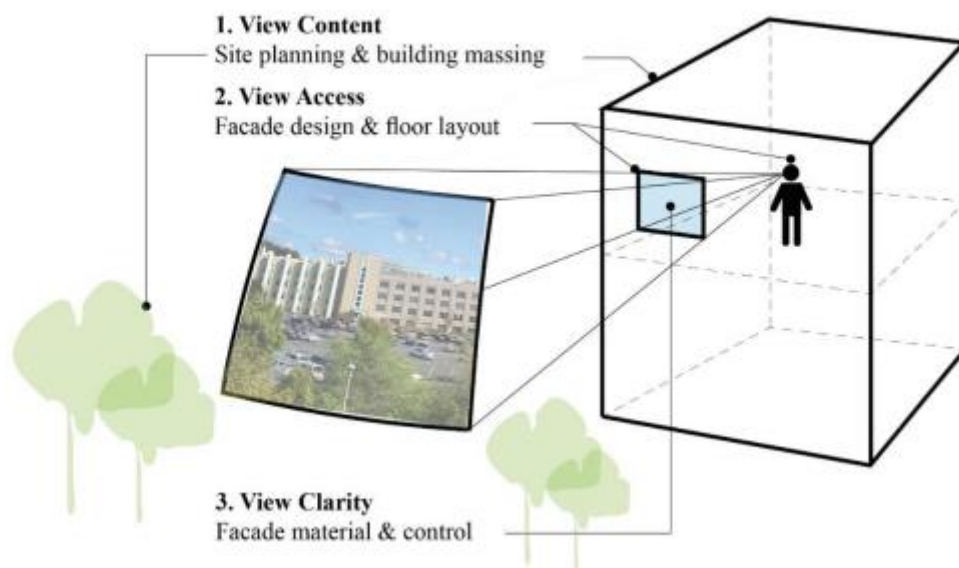
Malgré la reconnaissance des nombreux avantages des vues vers l'extérieur, il existe un manque de directives de conception globales et de résultats de recherche concluants pour évaluer la qualité de la vue depuis les fenêtres. Les recherches existantes ont utilisé différentes méthodes d'évaluation, mais il y a peu de cohérence entre les méthodologies et une compréhension partielle des relations complexes entre les fenêtres, les conditions intérieures et extérieures, ainsi que les occupants (Waczynska et al., 2021). De plus, il n'existe pas de définition unifiée de la qualité de la vue depuis les fenêtres qui soit applicable à différents types de bâtiments. La recherche est limitée en raison de la complexité du sujet, du manque de financement et de coordination.

Pour remédier à ces problèmes, un groupe de chercheurs a participé à un atelier ("Symposium on Research and Design Practice Related to Window Views" 2021) dans le but de susciter l'intérêt, d'améliorer la compréhension et de parvenir à un consensus sur les composantes principales de la qualité de la vue depuis les fenêtres, tout en identifiant les lacunes de recherche dans les méthodes d'évaluation actuelles (Ko et al., 2021).

Basé sur cet atelier, ce groupe de chercheurs a défini la qualité de la vue de la fenêtre comme la qualité de la connexion visuelle avec l'extérieur qui satisfait les occupants du bâtiment. Cette définition repose sur trois variables principales qui affectent la qualité de la vue :

- **le contenu**
- **l'accès**
- **la clarté.**

Ces trois variables sont dérivées d'un examen des normes de conception, tout en tenant compte du processus de conception de la façade et des fenêtres (figure III.1). Chaque étape de conception nécessite progressivement des niveaux d'information plus détaillés : à savoir la sélection du site, la planification et la masse du bâtiment et la conception de la façade et du plan d'étage ; et 3) la sélection et le contrôle des matériaux de façade (Ko et al., 2022).



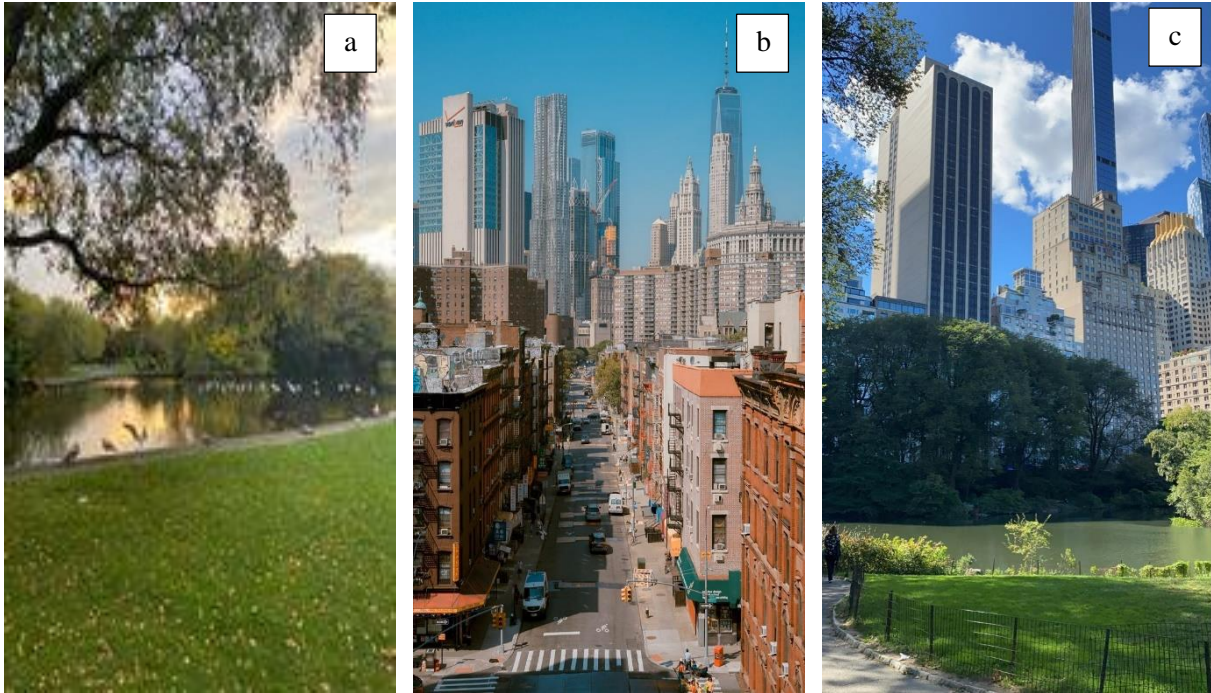
**Figure III.1.** Les principales variables composant la qualité de la vue : contenu, accès et clarté. (Source : Ko et al., 2022)

### 2.1. Contenu de la vue

Le contenu fait référence à l'ensemble des caractéristiques visuelles observées dans la vue depuis la fenêtre. Les vues préférées sont souvent celles qui offrent des éléments visuels permettant aux occupants de se sentir connectés à l'environnement extérieur, tout en améliorant leur expérience esthétique (Ko et al., 2021). Les vues de fenêtre qui présentent des caractéristiques naturelles, trois niveaux horizontaux (sol, paysage et ciel) (Markus, 1967), ainsi que des éléments éloignés, des mouvements et des composants sont souvent considérées comme de qualité supérieure (Thayanithy & Perera, 2023).

#### 2.1.1. Éléments naturels et urbains :

D'après les études précédentes, les éléments naturels tels que le feuillage vert, les plantes en croissance ou la végétation, ainsi que les plans d'eau tels que les rivières, les lacs ou la mer dans une vue de fenêtre, semblent être des facteurs importants contribuant à la satisfaction de la vue et au bien-être par rapport à une vue construite ou urbaine (Ulrich, 1981 ; Kaplan, 1987 ; Velarde et al., 2007). Les humains ont également une tendance inhérente à s'affilier à la nature, ce qu'on appelle la biophilie (Grinde & Patil, 2009), à tel point que certaines études ont montré que même les vues d'environnements urbains incluant des éléments naturels ont été préférées à celles qui en étaient dépourvues (Herzog, 1989 ; Matsuoka & Kaplan, 2008) (figure III.2).



**Figure III.2.** Les différents type de contenu de la vue vers l'extérieure : a : vue naturelle ; b : vue urbaine ; c : vue combinée. (Source : <https://www.pinterest.fr/>, consulté le : 24/07/2022)

### *2.1.1.1. Préférence pour la végétation :*

Le sondage de Kaplan auprès des travailleurs de bureau montre que ceux qui pouvaient voir ne serait-ce qu'une petite quantité d'éléments naturels étaient significativement plus satisfaits de leur vue que ceux qui ne pouvaient pas voir d'éléments naturels (Kaplan, 1993).

De plus, des preuves ont été trouvées montrant que la présence d'éléments naturels était liée à divers aspects du bien-être et de la satisfaction. Sop Shin (2007), qui a mené une enquête auprès des travailleurs de bureau coréens, a découvert que ceux qui pouvaient voir une forêt depuis leurs fenêtres étaient plus satisfaits de leur travail et percevaient moins de stress que ceux qui n'avaient pas de vue sur une forêt.

Les recherches sur les espaces sans fenêtre montrent que les travailleurs de bureau choisissent principalement une décoration sur le thème de la nature pour compenser l'absence d'accès à une fenêtre (Bringslimark et al., 2011).

L'étude de Hellinga et Hordijk (2014) a évalué l'étendue du contenu verdoyant dans une vue en se basant sur un système de notation : paysage naturel (4 points), vue construite (0 point) ; elle a été démontré que la présence de paysages et de verdure naturelle dans une vue, combinée à d'autres caractéristiques, contribuait positivement aux scores globaux - c'est-à-dire aux "scores

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

de qualité de la vue", qui étaient positivement corrélés avec l'évaluation subjective moyenne de la vue. De plus, cette étude montre que Les vues dominées par la nature ont également reçu un taux de préférence plus élevé que les vues avec peu de verdure naturelle. Cependant, les vues avec de la végétation obstruant la vue ont obtenu un taux de préférence inférieur à celui des vues sans objets obstruant.

Dans l'étude de Lottrup et al. (2015), La satisfaction de la vue a été évaluée à l'aide d'une échelle Likert à 5 points,. Il a été constaté qu'un "environnement de type parc" (espace paysager verdoyant) avait l'effet positif le plus élevé sur la satisfaction de la vue.

Dans l'étude de Matusiak et Klöckner (2016), la proportion de verdure (herbe, buissons, arbres isolés ou forêt) dans la vue a été mesurée en trois niveaux, chacun étant attribué à une valeur fixe indiquant la proportion la plus proche : "absence de verdure" , "verdure représentant environ 10 à 50 % du paysage visible dans l'image" et "50 % ou plus du paysage". Contrairement aux études antérieures, une analyse de régression ordinale a révélé que la proportion de verdure n'avait pas d'effet significatif sur la qualité de la vue.

Toutes ces expériences confirment que l'on n'a pas besoin d'un contact physique avec la nature pour bénéficier de ses qualités positives. Une vue vers l'extérieur rend le monde extérieur visible, mais non palpable. La connexion visuelle avec la nature semble être suffisante pour avoir un effet positif sur le bien-être et la santé de quelqu'un (Hellings, 2013).

### *2.1.1.2. Préférence pour la présence d'eau :*

Plusieurs études suggèrent que la présence d'eau dans la vue extérieure, comme un lac, une rivière ou la mer, peut avoir des effets positifs sur les préférences des individus et contribuer à leur bien-être psychologique. La vue d'éléments aquatiques semble jouer un rôle important dans l'appréciation des paysages et pourrait être un facteur clé pour améliorer l'expérience esthétique et émotionnelle des espaces extérieurs.

Les résultats de L'étude de Shafer et al. (1977) qui s'exploré comment l'ajout de l'eau à des scènes de paysage sans eau influence les notes de préférence des participants indiquent que l'inclusion de l'eau, comme un lac ou une rivière, conduit à des notes de préférence considérablement plus élevées pour les images de paysage. Dans l'étude de Kfir et al. (2002), les vues extérieures contenant la mer ont aussi reçu des évaluations plus élevées que celles sans.

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

White et al. (2010) ont étudié si les éléments d'eau dans les photographies de scènes naturelles et construites influencent les préférences, l'affect et les évaluations de la perception du caractère réparateur. Dans les deux types de scènes, la présence d'eau était associée à des préférences plus élevées, un effet positif plus important et une perception du caractère réparateur plus élevée. Un résultat intéressant est que les photographies d'environnements construits contenant de l'eau ont obtenu des évaluations équivalentes à celles des scènes naturelles sans eau. Cela suggère que dans les vues urbaines, l'eau pourrait compenser le manque d'éléments naturels dans la vue.

Selon les résultats de l'étude pilote menée par Hellinga (2013), bien que l'eau soit généralement considérée comme un élément de paysage largement préféré d'après la littérature, la faible qualité visuelle du bassin d'eau peut contribuer à une opinion neutre de satisfaction chez les utilisateurs.

### *2.1.1.3. Préférence pour la vue urbaine :*

Quelques études ont été réalisées sur la perception des vues construites ou urbaines. Cependant, la littérature donne néanmoins une bonne indication des caractéristiques des bâtiments qui sont des prédicteurs importants de la qualité de la vue et la satisfaction à l'égard de cette vue (Baranzini & Schaerer, 2011 ; Hellinga, 2013) et qui sont comme suite :

- la distance aux bâtiments dans la vue :

L'étude de Ludlow (1976) a examiné l'association entre la "qualité spatiale" (concernant le sentiment de liberté en termes d'absence de contraintes physiques dans le champ visuel) et la qualité de la vue en utilisant une enquête par questionnaire. Les résultats ont montré que ; les vues lointaines et de mi-distance étaient préférées aux vues proches ; une gamme de séquences spatiales était préférée à une seule classe de distance.

Dans une autre étude sur les bâtiments d'atrium, Meerdink et al. (1994) ont constaté que lorsque les bâtiments sont situés à moins de 20 à 30 mètres d'une fenêtre, ils limitent la sensation d'espace de la vue à travers la fenêtre, ce qui entraîne des notes de satisfaction plus basses.

Kfir et al. (2002) ont également constaté que si une vue contient des bâtiments situés à proximité des fenêtres, ces bâtiments ont une influence négative sur la satisfaction liée à la vue extérieure. Dans cette recherche, la vue d'immeubles d'appartements s'est révélée être un prédicteur important de l'évaluation de la qualité de la vue lorsque la distance aux bâtiments est inférieure

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

à 200 mètres. Si les immeubles d'appartements étaient situés à plus de 500 mètres, ou si la mer était visible, les bâtiments avaient peu d'influence sur la satisfaction liée à la vue.

- L'âge et l'entretien du bâtiment

Herzog and Gale (1996) ont constaté que les bâtiments modernes sont préférés aux anciens bâtiments uniquement si l'entretien n'est pas pris en compte. Lorsque l'entretien a été contrôlé statistiquement, les anciens bâtiments ont été préférés aux bâtiments modernes mais dans le cas où les bâtiments anciens sont moins appréciés, un mauvais entretien est probablement un facteur contributif. Ce résultat a été confirmé par une étude ultérieure de Herzog and Shier (2000).

- La complexité :

Les bâtiments ayant un haut degré de complexité sont généralement préférés aux bâtiments ayant un faible degré de complexité. Les études montrent qu'il y avait une influence positive de la complexité sur la préférence des bâtiments. Cet effet est plus fort pour les bâtiments anciens que pour les bâtiments modernes. Lorsque la complexité était faible, l'âge était négativement lié à la préférence, mais lorsque la complexité était élevée, il n'y avait pas de relation entre l'âge et la préférence (Herzog & Shier, 2000).

Les recherches de Tuaycharoen (2006) indiquent que la vue est moins intéressante lorsqu'elle montre une construction artificielle avec un degré de complexité inférieur en ce qui concerne l'homogénéité des éléments, la texture, la couleur, le matériau et la forme. En revanche, la vue est plus intéressante lorsque les sujets la trouvent très complexe en raison d'aspects tels que la forme hautement irrégulière, la variété des couleurs et l'hétérogénéité des éléments.

### **2.1.2. La Stratification horizontale :**

La stratification horizontale fait référence aux limites distinctes observées le long de l'axe horizontal d'une vue, créant des couches visibles entre le sol, le paysage et le ciel (figure III.3) :

- La couche supérieure (lointaine), étant le ciel et sa limite avec la scène naturelle ou artificielle.
- La couche intermédiaire, étant les objets naturels ou artificiels eux-mêmes.
- La couche inférieure (proche), étant le sol à proximité.



## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace



**Figure III.3.** Les strates horizontales d'une vue depuis la fenêtre : a : strate inférieure ; b : strate intermédiaire ; c : strate supérieure. (Source : Source : <https://www.pinterest.fr/>, consulté le : 24/07/2022).

Chaque couche fournit des informations sur l'environnement local qui peuvent favoriser la qualité de la vue. Par exemple, le ciel fournit des indices qui peuvent révéler l'heure de la journée et la météo, le paysage montre les terres environnantes, et le sol comprend des informations sur le sol (comme les routes, les trottoirs et les personnes) (Bell, 1973 ; Collins, 1976).

Markus (1967) a été le premier chercheur connu à mettre l'accent sur l'importance de la stratification horizontale en tant que l'une des principales caractéristiques de la vue depuis la fenêtre. Ce concept de trois couches visuelles dans la stratification horizontale a été ultérieurement adopté comme principe de fourniture de la vue depuis la fenêtre, ce qui a été stipulé dans la norme britannique (BS 8206-2:2008) ainsi que dans le code de pratique pour l'éclairage naturel et la conception des fenêtres publié par l'Institution des ingénieurs du bâtiment (CIBSE) en 2014 (Chang, 2021).

Dans l'étude de Matusiak and Klöckner (2016), une vue était composée de trois couches (comme dans l'étude de Markus 1967), et le nombre de couches de vue a été constaté avoir un fort impact sur la qualité de la vue.

Cependant, Hellinga and Hordijk (2014) ont suggéré qu'il y avait quatre couches au lieu de trois - c'est-à-dire le sol, les bâtiments ou la végétation proches, la ville ou le paysage distant, et le ciel.



### 2.1.3. La distance du contenu :

La distance entre la fenêtre et les objets extérieurs contribue également à la qualité de la vue. Ne'Eman et Hopkinson (Ne'Eman & Hopkinson, 1970) ont suggéré que lorsque le contenu de la vue est éloigné de l'observateur, cela soulagera les symptômes de fatigue oculaire (c'est-à-dire l'asthénopie), ou le contenu vu de loin peut aider à détendre les muscles oculaires après avoir effectué des tâches de près pendant de longues périodes dans un bureau ou une école (Seguí et al., 2015).

Dans une étude réalisée par Markus (1967), les occupants ont été interrogés sur leurs préférences concernant ce qu'ils aimeraient voir depuis leur fenêtre : le ciel, une ville lointaine et le paysage ou le sol proche. La grande majorité (88 %) a préféré voir une ville lointaine et le paysage.

D'après La norme européenne EN 17037 sur l'éclairage naturel (CEN/TC 169, 2018) et la Société de la Lumière et de l'Eclairage (SLL, 2014) utilisent une distance minimale acceptable de 6 m entre l'objet extérieur et une fenêtre, tandis que la certification LEED v4.1 (USGBC, 2020) utilise 7,5 m.

Plusieurs études indiquent que la distance d'une vue affecte aussi l'apparence générale des espaces intérieurs. La présence d'une fenêtre peut donner l'impression qu'une pièce est plus spacieuse qu'elle ne l'est réellement (Collins, 1976).

Kfir et al. (2002) ont étudié les préférences de vue des résidents vivant dans des immeubles d'appartements. Ils ont constaté que les résidents vivant aux étages supérieurs ont tendance à évaluer la vue de manière plus positive que les résidents vivant aux étages inférieurs, ce qui est probablement lié à la largeur de la vue depuis les appartements.

Ozdemir (2010) a étudié l'effet de l'ouverture des vues extérieures sur la perception des petites salles de bureau dans un immeuble de trois étages. Les résultats montrent que les pièces situées à l'étage supérieur de l'immeuble semblaient plus grandes en raison des vues élargies par les fenêtres.

Bien que les études montrent généralement que les vues avec un contenu lointain sont préférées, une étude récente (Kent and Schiavon, 2020a) a montré que cela s'applique uniquement lorsque le contenu est principalement urbain. Lorsque les caractéristiques visuelles incluent des

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

éléments préférés, l'effet de la distance a une influence beaucoup plus faible (par exemple, les occupants préfèrent voir la nature plus près dans la vue depuis la fenêtre).

### 2.1.4. Les mouvements visibles :

Les caractéristiques dynamiques dans les vues depuis les fenêtres sont celles qui provoquent des changements visibles dans la vue et comprennent les activités liées aux humains, les changements qui se produisent naturellement tout au long de la journée ou de l'année, (par exemple, les motifs de lumière du jour, les conditions météorologiques et les variations saisonnières telles que le feuillage des arbres) (Brooks et al., 2017; Rodriguez et al., 2021). Ces informations visuelles dynamiques peuvent se produire dans différentes couches de la vue depuis la fenêtre.

Ils sont connues pour capturer l'attention humaine ce qui peut également influencer les préférences visuelles (Orquin and Mueller Loose, 2013) et ils sont généralement des qualités préférées lorsqu'elles sont observées dans une vue de fenêtre (Hellinga, 2013).

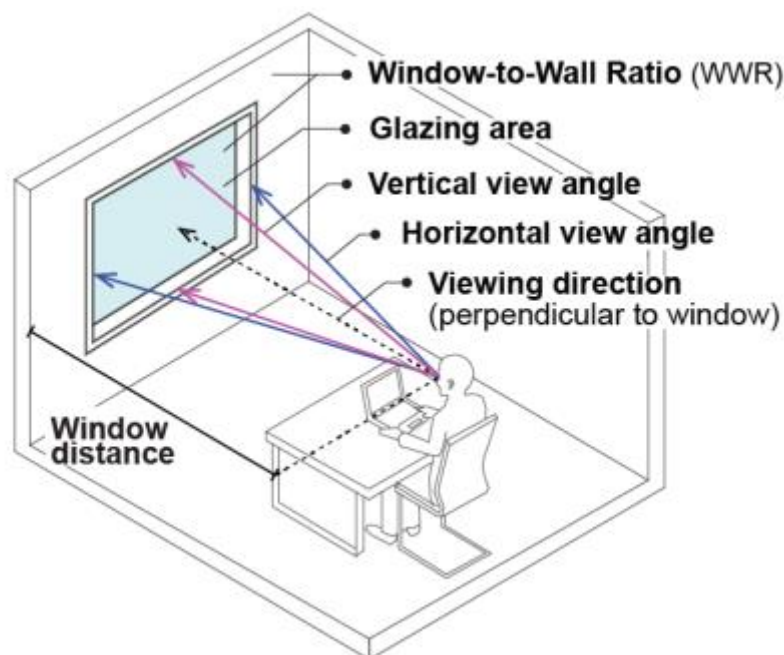
La distance du mouvement par rapport à l'observateur peut également contribuer à la qualité de la vue. Par exemple, un mouvement proche (par exemple, des piétons passant devant la fenêtre) pourrait être distrayant, tandis qu'un mouvement distant (par exemple, le flux de circulation à une plus grande distance) pourrait être préférable (Ludlow, 1976). Même les vues sur les travaux routiers et la construction de bâtiments étaient préférées, tant que le bruit ou les vibrations ne sont pas intrusifs (Musselwhite, 2018). Cependant, une dynamique excessive définie par l'échelle, la fréquence ou la périodicité peut avoir un impact négatif sur les occupants (Fisher et al., 2014). Cela soulève des questions sur l'équilibre souhaité du mouvement au sein d'une scène.

Les études qui évaluent systématiquement les "caractéristiques dynamiques" en tant que paramètre de conception ne sont pas encore faites, il est probable que cela soit influencé par la qualité et l'échelle de l'objet en mouvement, ainsi que la durée et la fréquence des caractéristiques dynamiques dans la vue depuis la fenêtre (Milosavljevic et al., 2012).

### 2.2. Accessibilité à la vue

L'accès à la vue se réfère à la quantité de vue que l'occupant peut voir depuis sa position d'observation à l'intérieur d'un espace à travers la ou les fenêtres. L'accès dépend principalement des relations géométriques entre l'occupant et la fenêtre (figure III.4) (Ne'Eman et Hopkinson, 1970 ; Ko et al., 2021).

Il dépend de la relation géométrique entre les fenêtres et l'occupant dans l'espace. Bien que les normes suggèrent d'utiliser les angles visuels, les distances des fenêtres ou les pourcentages d'espace occupé qui répondent aux critères de "vue adéquate" (CEN/TC 169, 2018 ; USGBC 2019), il n'existe pas de méthode d'évaluation unifiée pour quantifier l'accès. Cette manque des méthodes due à des problèmes liés à la compréhension de la manière dont la distance entre la vue et l'occupant influence les exigences minimales en matière de taille de fenêtre (Aries et al., 2010) et à l'identification de la disponibilité de la vue dans un espace partagé.



**Figure III.4 :** Variables d'accès à la vue : WWR, directions d'observation (perpendiculaire et parallèle), distance d'observation, angles de vue (horizontal et vertical). (Source : Ko et al., 2023).

### 2.2.1. Angle de la vue de la fenêtre :

Les angles de vue sont les angles depuis la position d'observation de l'occupant jusqu'aux limites verticales ou horizontales (par exemple, les barres du cadre) d'une fenêtre.

Les angles de vue recommandés minimum dans la littérature varient considérablement (Tableau 4), non seulement en fonction de la taille de l'angle horizontal (c'est-à-dire la largeur des fenêtres), mais aussi de l'angle de vue vertical (c'est-à-dire la hauteur des fenêtres) (IWBS, 2019),

Les angles de vue préférés peuvent également être influencés par les caractéristiques visuelles de la vue. L'angle horizontal minimum acceptable des fenêtres a tendance à être plus petit dans les vues lointaines (Ne'Eman and Hopkinson, 1970), car les grandes caractéristiques paraissent plus petites depuis une grande distance.

En revanche, Il reste incertain si l'angle de vue a le même effet sur la perception de l'accès visuel, en fonction de la distance d'observation depuis la fenêtre. Bien qu'une étude faite par Abd-Alhamid et al (2020) a signalée une diminution générale de la qualité de la vue en s'éloignant de la fenêtre, une autre étude n'a montré aucun effet de la distance d'observation (Dogrusoy & Tureyen, 2007)

Les normes EN 17037 (CEN/TC 169, 2018) et SLL-LG 10 (SLL, 2014) utilisent l'angle de vue pour évaluer la taille d'une fenêtre. Elles spécifient que l'angle de vue horizontal doit être égal ou supérieur à  $14^\circ$  depuis la position d'observation des occupants pour respecter la recommandation de conception "minimum".

- *Le facteur de la vue :*

Le facteur de vue est une méthode d'évaluation qui considère à la fois le contenu et l'angle visuel d'une vue, initialement développée par le groupe Heschong Mahone (Heschong Mahone Group, 2003) et ultérieurement adoptée dans LEED v4.1 ainsi que dans WELL v2-pilot.

L'angle de vue est tout d'abord calculé à partir de la position de l'occupant en prenant le plus petit angle entre l'angle vertical et l'angle horizontal (pour simplifier à l'excès la superficie réellement disponible pour certaines fenêtres), puis les éléments visuels sont évalués lorsque le facteur de vue est finalisé (tableau III.1).

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

**Tableau III.1** : Calcul du facteur de vue basé sur l'angle de vue et le contenu.  
(Source : Ko et al., 2022).

Facteur de vue	Angle de vue	Description	Conformité
5	50° à 90°	Complètement rempli le champ visuel de l'observateur assis au poste de travail	Oui
4 ou 5	40° à 50°	4 (vue sans nature) ou 5 (vue naturelle)	
4	20° à 40°	Rempli environ la moitié du champ visuel	
3 ou 4	15° à 20°	3 (vue sans nature) ou 4 (vue naturelle)	
3	11° à 15°	Rempli environ la moitié du facteur de vue 4, mais toujours avec une vue cohérente	
2 ou 3	9° à 11°	2 (vue sans nature) ou 3 (vue naturelle)	Oui / non
2	11° à 15°	Une vision étroite et typiquement fracturée	Non
1 ou 2	4° à 11°	1 (vue sans nature) ou 2 (vue naturelle)	
1	1° à 4°	Un aperçu du ciel ou un éclat de l'environnement extérieur	

### 2.2.2. La distance à la vue :

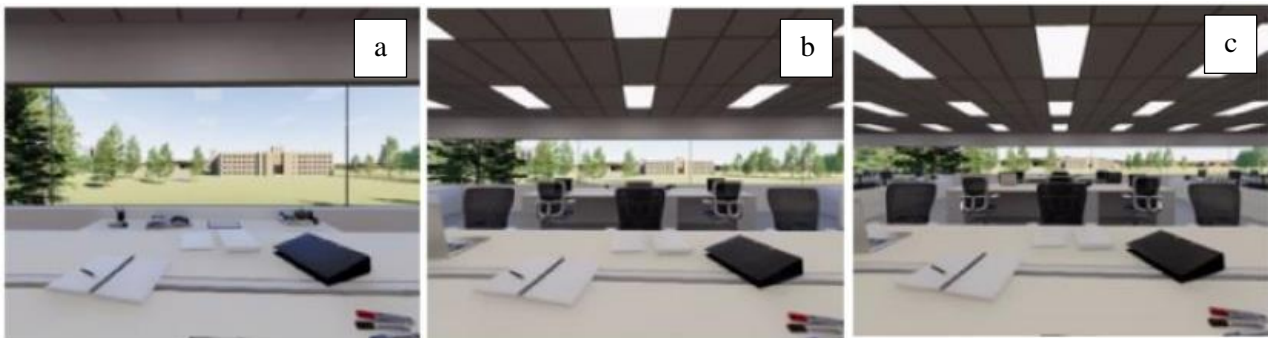
La distance entre le poste de travail et la fenêtre est un facteur qui influence l'accès à la vue vers l'extérieur (figure III.5). Les occupants qui sont plus éloignés des fenêtres peuvent avoir une vue moins dégagée ou obstruée par des éléments du bâtiment ou des objets proches. Cela peut affecter leur satisfaction par rapport à la vue, car une vue dégagée sur l'environnement extérieur est souvent préférée. D'autre part, ceux qui sont assis plus près des fenêtres peuvent être plus susceptibles de rencontrer des problèmes tels que l'éblouissement, la surchauffe ou le manque d'intimité, ce qui peut influencer leur appréciation de la vue et leur comportement visuel vers l'extérieur.

Pour cela, dans certaines certifications de bâtiments écologiques, la distance permettant d'accéder aux vues extérieures est prise en compte dans leurs directives :

- Dans le cadre du BREEAM (BRE Global Limited, 2018), l'accès à la vue est favorisé en montrant que les espaces pertinents du bâtiment sont situés à moins de 8 mètres d'un mur extérieur contenant une fenêtre.
- Dans LEED v4.1 (USGBC, 2020), l'un des critères d'accès à la vue consiste à fournir des vues dégagées situées à une distance équivalant à trois fois la hauteur de la fenêtre. Étant donné que la hauteur de plafond typique d'un immeuble de bureaux est de 2,7 mètres, la distance est également d'environ 8 mètres.

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

- De même, WELL v2 (IWBS, 2020) et DIN 5034 (DIN, 2011) exigent que les espaces de travail soient situés à moins de 10 mètres d'une fenêtre.



**Figure III.5.** Différenciation de l'accès à la vue extérieure en fonction de la distance entre le bureau et la fenêtre : a : distance de 2m ; b : 5.5m ; c : 9m. (Source : Ko et al., 2023).

### 2.2.3. Le ratio d'ouverture (WWR) :

Les rapports de surface vitrée (WWR) sont également présents dans les normes de performance énergétique des bâtiments et sont largement étudiés dans la littérature. Cependant, étant donné que plusieurs facteurs influencent la satisfaction concernant la taille des fenêtres, le WWR préféré peut varier considérablement (par exemple, de 50 % à 80 % selon Ludlow, 1976, ou de 44 % à 100 % selon Dogrusoy et Tureyen, 2007). Cela suggère que d'autres paramètres jouent également un rôle dans la préférence de la taille des fenêtres.

Roessler (Roessler, 1980) a démontré que la largeur et la taille préférées d'une fenêtre dépendent des éléments visuels qu'elle permet d'observer. D'autres études ont montré que la quantité de ciel visible, dépendante de la distance entre l'occupant et la fenêtre, peut influencer significativement la satisfaction de la vue.

Dans l'étude de Ko et al. (2023), ils ont été observés que les taux de surface vitrée (WWR) de 25 % et de 65 % correspondaient aux seuils de satisfaction minimale et de saturation répondant aux attentes des participants en termes d'accès à la vue. Par conséquent, certaines recommandations sont proposées pour améliorer les normes actuelles en matière d'accès à la vue : Pour BREEAM : augmenter le WWR de 20 % à 25 % lorsque l'occupant est assis à moins de 8 m de la fenêtre.

Parsaee et al. (2021) ont proposés une méthode permettant d'évaluer l'accès aux vues par les fenêtres et l'expérience visuelle des occupants. La méthodologie suggère que l'augmentation de

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

la taille des fenêtres jusqu'à atteindre un WWR de 40 % peut entraîner une réduction substantielle de la fréquence des vues presque obstruées et de mauvaises vues dans l'espace, avec des réductions allant de 25 % à 50 %. Les WWR de 40 % et plus augmentent également la probabilité de rencontrer des champs de vision favorables et étendus, allant de 30 % à 60 %. Cependant, l'augmentation des WWR au-delà du seuil de 70 % n'entraîne que des améliorations modestes, soit moins de 5 % à 10 %, en termes d'augmentation du potentiel d'amélioration de l'accessibilité aux vues, en particulier en ce qui concerne l'expérience de vues immersives et étendues. Atteindre l'objectif global de fournir à la majorité des occupants (75 %) des vues immersives sur l'extérieur, s'avère inatteignable avec les configurations architecturales simulées. Les WWR situés dans la plage de 40 % à 70 % se révèlent être le ratio optimal, car ils produisent une répartition des probabilités d'accès à la vue où 75 % des cas.

### 2.3. La clarté de la vue

La clarté de la vue est une mesure évaluant dans quelle mesure le contenu visuel de la vue peut être clairement perçu par l'occupant en tenant compte des obstructions visuelles présentes à la fenêtre - avant, après ou à l'intérieur de la couche(s) de vitrage (Ko et al., 2021).

Le concept de clarté visuelle peut généralement être associé à une "sensation de satisfaction" (Aston et Belichambers, 1969) lorsqu'on utilise le terme pour indiquer un aspect "plus net, plus vital" ou une apparence "visuellement distincte et claire" (Boyce, 1970).

Konstantzos et al. (2015) est démontré que La clarté de la vue à travers les fenêtres dépend des couches de fenestration (systèmes de vitrage et d'ombrage) et de leurs propriétés optiques.

En générale, La clarté de la vue englobe le système de vitrage, la conception de la fenêtre, les matériaux de vitrage et d'ombrage (à la fois externes et internes), l'acuité visuelle, la sensibilité au contraste et la perception des couleurs. Alors que certains aspects du contenu et de l'accès à la vue changent au fil du temps (par exemple, les changements saisonniers dans la végétation et l'agencement des meubles), la clarté est susceptible de varier de manière beaucoup plus régulière. Les changements dynamiques dans l'environnement extérieur, en particulier la transmission de la lumière du soleil par la fenêtre, influencent les besoins en ombrage qui protègent les occupants de l'éblouissement et de l'inconfort thermique.

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

### 2.3.1. Design de la fenêtre : fragmentation :

Markus (1967) a trouvé que les caractéristiques visuelles d'une vue peuvent être partiellement ou complètement déformées lorsqu'elles sont obstruées. La conception des éléments de support du vitrage tels que le cadre de la fenêtre et les meneaux peut jouer un rôle important dans la perception de la vue. La forme et l'emplacement du cadre de la fenêtre est significative car elle peut bloquer ou déplacer les limites des éléments extérieurs qui fournissent aux occupants des repères visuels dans la vue (Dogrusoy et Tureyen, 2007).

Comme le montre la Figure III.6, trois images de vues depuis une fenêtre avec trois scénarios : vue dégagée, meneau horizontal et meneau vertical. Lorsqu'un meneau est placé le long de l'axe horizontal, cela peut déformer la clarté du contenu visuel à certaines positions de visualisation (par exemple, assis au poste de travail) (Ko et al., 2021).

Par contre, lorsque le meneau est placé le long de l'axe vertical, la clarté du contenu visuel est en quelque sorte préservée. Cela se produit car les couches horizontales contrastent avec le montant vertical, et la vision stéréoscopique permet également aux humains de voir le contenu de chaque côté du montant (c'est-à-dire l'effet de parallaxe visuelle), ce qui ne se produit pas lorsque le meneau est horizontal.



**Figure III.6.** La clarté d'une vue en fonction de la fragmentation de la fenêtre : a : vue dégagée ; b : meneau horizontal ; c : meneau vertical (Source : Ko et al., 2021).

Le phénomène de réduction de la clarté d'une vue par les montants ou d'autres obstructions a également été observé dans l'étude de Wilson (2005), où les éléments de la fenêtre fracturent le contenu et cela peut modifier la manière dont l'occupant perçoit les informations visuelles. Keighley (1973a) a montré aussi que la satisfaction liée à la vue diminuait à mesure que le nombre et la largeur des montants augmentaient.

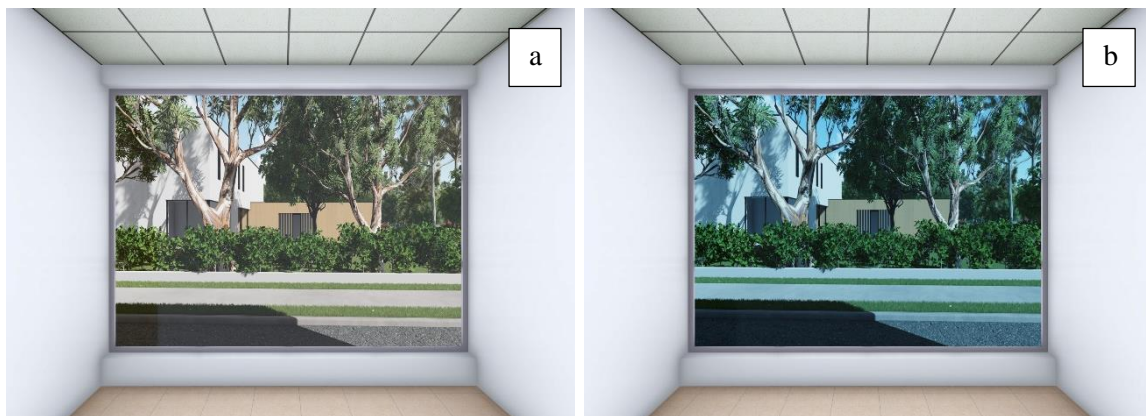


## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

### 2.3.2. Type de vitrage et Matières d'ombrage :

La capacité de voir clairement à travers le verre dépend également de la transmission visible du vitrage, qui est influencée par le type de verre et les revêtements utilisés. La plupart des vitrages modernes présentent une transmission visible élevée, ce qui permet à davantage de lumière naturelle de pénétrer dans l'espace. Par conséquent, leur impact sur la clarté de la vue n'est pas significatif (Konstantzos et al., 2015).

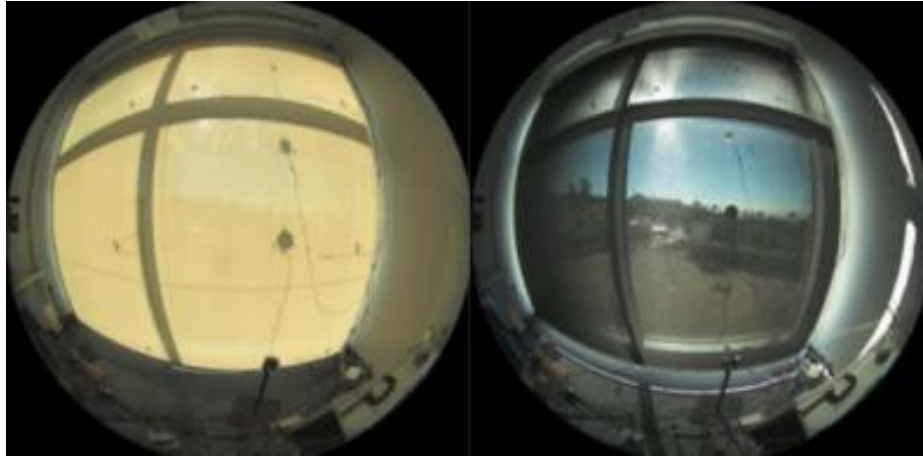
La couleur d'une vue extérieure peut être altérée par l'utilisation du verre teinté, tel que le verre électrochromique, ce qui pourrait réduire la sensibilité au contraste et la perception des couleurs par l'observateur (Ko et al., 2017). Par exemple, des fenêtres teintées en bleu peuvent influencer la manière dont l'occupant perçoit le contenu d'une vue extérieure (figure III.7). Comparé au verre clair et neutre, la couche de ciel par temps clair pourrait paraître plus sombre et cela pourrait altérer la visibilité des couches de paysage et de sol en fonction de la composition des couleurs de chacune.



**Figure III.7.** La clarté d'une vue en fonction du type de verre : a : verre simple ; b : verre teinté.  
(Source : auteur).

Toute forme d'ombrage, comme les stores vénitiens, les toiles à enroulement, les rideaux et les écrans, a un impact significatif sur la clarté de la vue vers l'extérieur (figure III.8). Cela est dû au fait qu'ils couvrent partiellement la fenêtre et influencent la transmission de la lumière directe et de la lumière directe-diffuse. Les stores vénitiens permettent une vue partielle vers l'extérieur en fonction de leur forme et de l'angle de rotation (Konstantzos et al., 2015).

Les stores en tissu offrent une vue directe vers l'extérieur lorsqu'ils sont partiellement ouverts. Cependant, en raison de leurs perforations, ils permettent une certaine vue vers l'extérieur même lorsqu'ils sont complètement fermés.



**Figure III.8.** Vue à travers une fenêtre avec deux types différents de stores en tissu.  
(Source : Ko et al., 2021).

Avant de sélectionner les tissus d'un système d'ombrage, il est essentiel de comprendre les propriétés optiques des stores qui pourraient influencer la clarté de la vue (ASHRAE, 2013) :

- *Le facteur d'ouverture (OF) du tissu* : désigne le pourcentage de la surface de la nuance qui est "ouverte" ou transparente. Il indique également la densité du tissage et la transmission directe de la lumière.
- *La quantité totale de lumière transmise* : (dont une partie atteint l'œil) influence la capacité de visualisation et, par conséquent, la clarté de la vue. La transmittance visible ( $T_v$ ) du store définit le pourcentage de lumière visible qui traverse le tissu et est indirectement liée à sa couleur et à son facteur d'ouverture. Les tissus de couleur claire ont une  $T_v$  plus élevée que les tissus plus foncés ayant le même OF, en raison d'une transmission de lumière directe-diffuse supplémentaire.
- *La couleur du tissu* : liée à la réflectance visible intérieure ( $R_v$ ), est associée au contraste et peut également influencer la clarté de la vue.

Les résultats de l'étude menée par Konstantzos (Konstantzos et al., 2015) pour analyser la clarté de la vue à travers les tissus d'ombrage (stores) ont révélé que les tissus plus sombres avec des facteurs d'ouverture plus élevés étaient classés en premier, suivis des tissus de couleur plus claire avec des facteurs d'ouverture élevés. Les tissus à tissage serré de couleur claire ont obtenu les scores les plus bas en termes de clarté de la vue, bien qu'ils soient particulièrement adaptés pour offrir davantage d'intimité.

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

Cette étude a abouti au développement de l'indice de clarté de la vue (ICV) pour un type spécifique de tissu, calculé à l'aide de l'équation correspondante :

$$VCI = 1.43 (OF)^{0.48} + 0.64 \left(\frac{OF}{Tv}\right)^{1.1} - 0.22$$

Cet indice a été élaboré en évaluant la capacité des observateurs à voir à travers 14 types de tissus d'ombrage différents dans une salle d'essai. L'ICV prédit la netteté d'un tissu d'ombrage en utilisant un modèle empirique basé sur les résultats. Les valeurs de l'ICV varient de 0 (ombrage totalement diffus) à 1 (absence d'ombrage).

### 3. Méthodes d'évaluation d'une vue

#### 3.1. Evaluation subjective

Classiquement, la qualité d'une vue depuis une fenêtre est évaluée en demandant aux observateurs de juger la scène qu'ils observent, car la perception des observateurs demeure le critère le plus fiable pour évaluer la qualité de la vue.

Cependant, l'évaluation subjective de la qualité de la vue présente des limitations : premièrement, la perception de la vue depuis une fenêtre est extrêmement complexe et touche tous les sens (Ludlow 1976). Il est difficile de ne considérer que la perception visuelle ; deuxièmement, pour obtenir une évaluation précise d'une vue depuis une fenêtre, il est nécessaire d'avoir un nombre conséquent de participants (basé sur une taille d'échantillon minimale) pour visualiser et évaluer les scènes, afin d'obtenir une moyenne ou une médiane de l'évaluation à partir de l'échantillon.

D'après la littérature existante, le critère le plus fréquemment utilisé pour évaluer subjectivement la qualité d'une vue est le « degré de satisfaction visuelle ». Cependant, mesurer la qualité d'une vue uniquement en fonction du niveau de satisfaction présente des limitations : cela ne permet pas de saisir la qualité affective (émotionnelle) attribuée à la vue observée. Lorsque le critère de mesure est la « satisfaction visuelle », nous pouvons seulement conclure que la Vue A est plus (ou moins) satisfaisante que la Vue B, mais nous ne sommes pas en mesure de déterminer quelle qualité affective attribuée à la Vue A la rend plus (ou moins) satisfaisante que la Vue B (Chang, 2021).

En conséquence, il serait nécessaire de développer un « lexique » basé sur des termes descriptifs affectifs pour évaluer la qualité de la vue, ce qui pourrait être utilisé pour créer des questionnaires dans le but d'évaluer la qualité de la vue depuis une fenêtre.

### 3.1.1. Echelle de classement :

En ce qui concerne l'évaluation subjective de la qualité de la vue, les études antérieures ont employées trois types d'échelles distincts :

- *L'échelle numérique linéaire* : avec des ancrs verbales bipolaires s'avère être la méthode la plus couramment utilisée jusqu'à présent. Des exemples incluent l'utilisation d'une échelle à cinq points par Kaplan (2001), Aries (2010), et Ozdemir (2010), ainsi qu'une échelle de 11 points par Hellings et Hordijk (2014).
- *L'échelle différentielle sémantique* : a été mise en œuvre par Ludlow (1976). Dans cette approche, l'évaluation subjective de la vue par la fenêtre était constituée de 55 éléments, chacun étant évalué sur une échelle à cinq points avec des ancrs verbales bipolaires telles que "agréable - désagréable" et "excitant - peu excitant". Cette échelle était représentée par une barre horizontale avec cinq segments égaux, mais sans annotations numériques.
- *Une échelle d'évaluation adjectivale* : avec quatre catégories de réponse a été utilisée par Markus (1967) et Matusiak et Klöckner (2016). Dans le cas de Markus, les catégories de réponse étaient « moyen », « plutôt pauvre », « suffisant » et « abondant ». De même, Matusiak et Klöckner ont adopté un ensemble d'adjectifs comprenant "pas satisfaisant", "satisfaisant", "bon" et "excellent".

Bien que les échelles numériques linéaires et différentielles sémantiques génèrent des données mesurables à un niveau d'intervalle ou de rapport (sous l'hypothèse de normalité), les données issues d'une échelle adjectivale ne peuvent être évaluées qu'à un niveau ordinal. Dans cette dernière approche, les distances perceptuelles entre les points adjacents sur l'échelle ordinale sont considérées comme arbitraires.

Une question cruciale dans la mesure de la qualité de la vue réside dans la détermination d'un nombre optimal de catégories de réponse ou de points d'échelle, au-delà duquel la discrimination le long d'un continuum d'attitudes ne s'améliore plus (Alwin 1992).

Les échelles d'évaluation à réponses dichotomiques (deux catégories de réponses) ont été largement employées dans la recherche. Cependant, pour évaluer la qualité de la vue, ces échelles ne conviennent pas, car elles ne fournissent pas seulement une orientation (par exemple, "satisfaisant" ou "insatisfaisant"), mais elles ne permettent pas de mesurer l'intensité de la satisfaction ou de l'insatisfaction envers la vue observée.

## **Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace**

Les échelles à trois points, incluant une option neutre, risquent de générer des réponses médianes inutiles (Neumann et Neumann 1981).

D'autre part, des échelles de notation trop "fines" (avec un grand nombre de points d'échelle, par exemple 10 ou plus) peuvent rendre difficile la distinction entre les intervalles entre les points adjacents. Parfois, les répondants peuvent négliger les points d'échelle aux extrémités inférieure et supérieure.

En pratique, les échelles entre 4 et 6 points semblent être un choix répandu dans de nombreuses recherches, car elles parviennent à équilibrer la finesse et la capacité des répondants à faire des distinctions claires (Chang, 2021).

### **3.1.2. Mode de visualisation : vue actuelle et vue sur image**

L'utilisation du mode d'affichage des images revêt une importance cruciale pour la conception des études visant à évaluer subjectivement la qualité de la vue par la fenêtre. La question de savoir si la perception d'une scène à travers une image est aussi fidèle que la perception de la scène réelle a suscité des débats pendant longtemps.

L'évaluation de la vue en temps réel propose une expérience hautement immersive et authentique, car elle reproduit fidèlement la perception que les occupants d'un espace ont réellement depuis leur position. Cela permet de saisir les nuances d'éclairage, les reflets, les mouvements et les détails propres à la situation réelle. Toutefois, cette approche présente également des contraintes, telles que la fluctuation des conditions environnementales, qui peut potentiellement altérer la manière dont la vue est perçue.

Les images offrent aux observateurs la possibilité de percevoir des informations en trois dimensions dans un format pratique à deux dimensions, tout en maintenant un certain degré d'invariance perceptive, - c'est-à-dire que la forme perçue dans l'image reste presque constante à travers une gamme étendue d'angles de vue (Vishwanath et al., 2005).

Afin de générer un effet réaliste, les images picturales des scènes sélectionnées pour de les études expérimentales devront être superposées avec des images de cadres de fenêtre et subir un rendu numérique approprié des effets de lumière naturelle et d'ombre sur le cadre, pour correspondre aux conditions du ciel dans la scène.

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

Gibson (1971) a estimé qu'une image peut être interprétée visuellement parce que les images contiennent les mêmes informations optiques pour un observateur que la réalité, et que les invariants de la perception visuelle sont présents à la fois dans les images et dans la réalité.

### 3.2. Indice de la qualité du vue : view quality index (VQI)

Les trois variables cruciales qui composent la qualité de la vue vers l'extérieur, à savoir le contenu, l'accès et la clarté, jouent un rôle fondamental et interdépendant dans cette qualité. Par exemple, si le contenu visible à travers la vue est de qualité médiocre, les occupants ne seraient que peu satisfaits même en présence de niveaux élevés d'accès à la vue et de clarté.

En se fondant sur ce concept, Ko et al (Ko et al., 2021) définissent les interactions entre ces variables clés et quantifient la qualité de la vue depuis une fenêtre spécifique. Ils ont élaboré un index conceptuel novateur appelé indice de qualité de vue (VQI), en synthétisant des éléments préexistants dans la littérature liés à l'évaluation des vues. Ce VQI établit une relation entre les principales variables en jeu, ce qui fournit une base sur laquelle d'autres chercheurs peuvent bâtir, en utilisant l'équation suivante :

$$VQI = V_{\text{contenu}} \cdot V_{\text{accessibilité}} \cdot V_{\text{clarté}}$$

La détermination de chaque paramètre de l'équation et leurs plages sont comme suivantes :

- $V_{\text{contenu}}$  : prend une valeur qui représente le nombre de couches de vue disponibles, la distance de contenu extérieur, la présence de caractéristiques dynamiques et les caractéristiques de la nature dans la vue de la fenêtre qui est dérivée de l'équation :

$$V_{\text{contenu}} = L_{\text{ciel}} + L_{\text{paysage}} \cdot wf_{\text{ct.dis.}} + L_{\text{sol}} \cdot wf_{\text{movement}} + L_{\text{nature}} \cdot wf_{\text{nature}}$$

Où :

- $L_x$  : les couches horizontales (ciel, paysage et sol) et la nature présente dans la vue.
- $wf_x$  : le facteur de pondération à la couche de paysage : la distance du contenu et la présence de caractéristiques dynamiques (les mouvements).
- $wf_{\text{nature}}$  : le facteur de pondération à la couche nature.

Dont :

- $L_{\text{ciel}}, L_{\text{paysage}}, L_{\text{sol}}, L_{\text{nature}} = 0.25$  Si présent dans la vue  
0 Si absent dans la vue
- $wf_{\text{ct.dis.}} = 1$  Si :  $50 \text{ m} < \text{distance de contenu}$

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

0.75 **Si** : 20 m < distance de contenu ≤ 50 m

0.5 **Si** : 6 m < distance de contenu ≤ 20 m

0 **Si** : distance de contenu ≤ 6 m

➤ **wf<sub>movement</sub>** = 1 **Si** : élément dynamique distant (> 6 m) présent

0,5 **Si** : aucun élément dynamique (≤6 m) n'est présent

0 **Si** : élément dynamique à proximité (≤ 6 m) présent

➤ **wf<sub>nature</sub>** = 1 **Si** : % des éléments naturels dans la vue > 50 %

0,75 **Si** : 25 % < % des éléments naturels dans la vue ≤ 50 %

0,5 **Si** : % des éléments naturels dans la vue ≤ 25 %

0 **Si** : aucune caractéristique naturelle dans la scène

- **V<sub>accessibilité</sub>** : représente les scores d'angle de vue qui peuvent être dérivés du **V<sub>contenu</sub>** et peut être calculé en utilisant l'équation suivante :

**V<sub>accessibilité</sub>** = 1 **Si** :  $\alpha_{vue} \geq \alpha_{saturation}$

**Y Si** :  $\alpha_{min} < \alpha_{vue} < \alpha_{saturation}$  ; avec  $Y = \frac{1}{2} \left( \frac{\alpha_{vue}}{\alpha_{saturation} - \alpha_{min}} \right)$

0.5 **Si** :  $\alpha_{vue} = \alpha_{min}$

0 **Si** :  $\alpha_{vue} < \alpha_{min}$

Où :

- $\alpha_{vue}$  : l'angle de vue de la fenêtre depuis la position d'un observateur sur le plan d'étage (en supposant que le regard visuel est sur la vue de la fenêtre).
- $\alpha_{min}$  : l'angle de vue minimum nécessaire pour atteindre un niveau acceptable d'accès à la vue.
- $\alpha_{saturation}$  : le plus grand angle de vue dans lequel l'observateur n'a pas besoin d'augmenter davantage la vue extérieure.

- **V<sub>clarté</sub>** : représente les scores de clarté de vue basés sur le **VCI** et peut être calculé selon l'équation :

**V<sub>clarté</sub>** = 1 **Si** :  $\beta_{clarté} \geq \beta_{saturation}$

**Y Si** :  $\beta_{min} < \beta_{clarté} < \beta_{saturation}$  ; avec  $Y = \frac{1}{2} \left( \frac{\beta_{clarté}}{\beta_{saturation} - \beta_{min}} \right)$

0.5 **Si** :  $\beta_{clarté} = \alpha_{min}$

0 **Si** :  $\beta_{clarté} < \alpha_{min}$

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

Où :

- $\beta_{\text{clarté}}$  : la clarté d'une vue de fenêtre vue depuis la position d'un observateur sur le plan d'étage.
- $\beta_{\text{min}}$  : clarté de vue minimale nécessaire pour obtenir un niveau acceptable de clarté de la vue.
- $\beta_{\text{saturation}}$  : clarté de vue maximale, l'observateur n'ayant pas besoin d'augmenter davantage la clarté de la vue extérieure.

Après avoir calculé le VQI, la plage de valeurs a été étiquetée selon les critères utilisés dans le SLL-LG 10 (SLL, 2014) : Insuffisant ( $VQI < 0,125$ ), Suffisant ( $0,125 \leq VQI \leq 0,375$ ), Bon ( $0,375 \leq VQI \leq 0,75$ ) et Excellent ( $\geq 0,75$ ), respectivement

### 4. Les avantages de la vue sur l'extérieur

#### 4.1. Avantages pour le bien-être et la santé

Les travailleurs de bureau manifestent un intérêt non seulement pour l'accès à une vue extérieure, mais également pour l'influence que ces perspectives exercent sur leur bien-être, leur productivité et leur santé.

L'étude menée par le groupe Heschong Mahone (2003) a établi un lien substantiel entre la présence d'une vue extérieure et les performances des employés. Les résultats obtenus ont montré une amélioration de 10 à 25 % dans les tests de fonctions mentales et de rappel de la mémoire chez les travailleurs de bureau bénéficiant d'une vue de qualité supérieure par rapport à ceux dont la vue était limitée.

Une autre étude menée par Heschong et Robers (2009) a confirmé que les employés de bureau ayant un accès amélioré à des vues extérieures ont signalé moins de plaintes concernant la fatigue, les maux de tête et les problèmes de concentration. De même, ces employés ont exprimé moins de préoccupations quant aux conditions de confort environnemental dans le bâtiment, notamment en ce qui concerne la qualité de l'air, les conditions thermiques et acoustiques.

D'après Kaplan (1993), ce ne serait pas tant la simple disponibilité d'une vue extérieure que le contenu spécifique de cette vue qui exercerait un effet sur la perception du bien-être et de la santé des employés de bureau. Les individus qui bénéficiaient d'une perspective sur la nature ont exprimé une moindre frustration, une plus grande patience, un sentiment d'enthousiasme accru vis-à-vis de leur travail.



## **Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace**

Une autre étude conduite par Leather et al. (1998) démontre que la vue sur des éléments naturels verdoyants contribue à atténuer les effets négatifs du stress au travail sur l'intention de quitter l'emploi. Les avantages des vues sur la nature semblent également s'étendre aux contextes de soins de santé. Ulrich (1984) a observé que les patients postopératoires placés dans des chambres avec des fenêtres donnant sur des éléments naturels avaient besoin de moins d'analgésiques et étaient autorisés à quitter l'hôpital.

### **4.2. Avantages économiques**

La vue vers l'extérieur ne présente pas seulement des avantages pour la santé et le bien-être des individus, mais elle peut également avoir des implications économiques positives (Boyce, 2003). Kim et Wineman (2005) ont trouvé dans leur recherche que la disponibilité d'une vue est positivement liée à la valeur attribuée à la propriété. Ils ont interrogé et interrogé des hôtels, des immeubles résidentiels et des immeubles de bureaux, et ont constaté qu'un nombre important d'entreprises considéraient la vue lors de la tarification de leurs unités. Les résultats indiquent également que la relation entre la vue et le coût est influencée par les activités exercées dans le bâtiment.

Des autres recherches ont confirmés que les employés qui bénéficient d'une vue extérieure sont susceptibles d'être plus motivés, concentrés et productifs. Une meilleure productivité peut se traduire par une utilisation plus efficace du temps de travail, ce qui peut augmenter la rentabilité des entreprises.

Les vues extérieures peuvent avoir aussi un impact sur l'éclairage naturel et la température à l'intérieur des bâtiments. Une utilisation optimisée de la lumière naturelle peut réduire la dépendance à l'éclairage artificiel, ce qui peut entraîner des économies d'énergie.

### **4.3. Avantages liés à la perception de l'éblouissement**

La recherche sur la perception de l'éblouissement montre que l'impression subjective d'un occupant d'une vue extérieure peut influencer sa sensation d'éblouissement. Tuaycharoen (2006) a constaté qu'un intérêt accru pour une source d'éblouissement entraîne une diminution de la perception de l'inconfort lié à l'éblouissement.

Dans l'une des expériences, des paires d'images appariées ont été utilisées, l'une étant une scène de nature et l'autre une scène urbaine (Tuycharoen, 2006). Les paires étaient similaires dans la

## **Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace**

composition, la distribution des teintes, la saturation des couleurs, la taille et la luminance moyenne. Dans l'ensemble, les images de scènes naturelles ont été rapportées comme moins éblouissantes que les images de scènes urbaines.

Tuaycharoen et Tregenza (2005) ont également constaté qu'il y avait moins d'éblouissement confortable depuis une fenêtre offrant une vue intéressante que depuis une fenêtre offrant une vue moins intéressante, au même niveau de lumière du jour.

Shin et al. (2012) ont constaté des différences significatives dans les évaluations subjectives de l'éblouissement d'inconfort pour les différentes vues simulées à la même luminance de vue. Cela indique que la vue depuis la fenêtre est l'un des facteurs qui affectent la détection de l'éblouissement d'inconfort d'une fenêtre. De plus, les résultats semblaient avoir été mieux tolérés pour les vues éloignées que pour les vues proches. Ainsi, cette étude a montré que les sujets préféraient les vues éloignées car elles leur donnaient une tolérance accrue à l'éblouissement gênant. Cette recherche a également montré des niveaux d'éblouissement d'inconfort plus élevés pour les vues naturelles que pour les vues construites, fournissant ainsi la preuve que les scènes naturelles n'étaient pas les choix préférés en termes de tolérance à l'éblouissement d'inconfort. Aries et al. (2010) ont obtenu un résultat similaire, montrant que lorsque la qualité de la vue naturelle était prédite comme négative, la vue sur la nature augmentait directement l'inconfort.

De plus, Aries a souligné que le type de vue et la qualité de la vue sont fortement liés entre eux, et que toutes les vues naturelles ne peuvent pas avoir les mêmes effets positifs que les scènes urbaines. Ces résultats indiquent que non seulement les vues naturelles, mais aussi les vues construites, ont réduit l'éblouissement d'inconfort par rapport à l'intérêt des sujets pour les vues.

Cela suggère que les formules actuelles pour évaluer l'éblouissement pourraient être améliorées en incluant des informations sur l'intérêt de la vue et la distribution de la lumière dans la vue.

### **5. Espace sans vue : spécification a l'espace du travail**

Les gens aiment avoir accès à une fenêtre dans leur bureau, mais dans tous les pays, les bureaux n'ont pas nécessairement de fenêtre. La recherche a indiqué que les personnes travaillant dans des espaces sans fenêtres ont un plus fort désir de fenêtres que les personnes travaillant dans des espaces fenêtrés (Nagy et al., 1995).

## Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace

En 1986, Heerwagen et Orians ont examiné l'utilisation de la décoration visuelle dans les bureaux avec et sans fenêtre. Ils ont constaté que les personnes dans des bureaux sans fenêtre utilisaient plus de matériaux visuels pour la décoration que les occupants d'espaces vitrés. La deuxième constatation était que le contenu des matériaux dans les espaces sans fenêtre était dominé par des thèmes de la nature. Il y avait plus de paysages et moins de paysages urbains dans les espaces sans fenêtre que dans les espaces vitrés. Ils ont également constaté que les employés de bureau utilisent une décoration dominée par la nature pour compenser le fait de ne pas avoir accès à une fenêtre et qu'ils sont susceptibles d'apporter plus de plantes et d'images de la nature dans leurs espaces de travail.

Une autre façon de compenser un manque de vue depuis les fenêtres dans la façade extérieure, est l'utilisation de fenêtres à un espace intérieur. Biner et al. (1991) ont étudié l'opportunité des fenêtres intérieures. Ils ont constaté que les fenêtres intérieures sont généralement préférées, lorsque les fenêtres extérieures ne sont pas présentes.

Selon Markus (1967), les fenêtres artificielles sont irréalistes et après un certain temps, elles ne seront plus satisfaisantes. Une fenêtre artificielle manque de profondeur et il n'y a donc pas de distinction claire entre l'ouverture et la vue

### **Conclusion :**

En conclusion, ce chapitre aborde la notion de vue depuis l'intérieur des bâtiments, en mettant en évidence son importance en termes de valorisation des espaces et d'impact sur le bien-être des occupants. La vue vers l'extérieur, définie comme une connexion visuelle avec l'environnement extérieur, joue un rôle clé dans l'expérience spatiale des individus, influençant leur humeur, leur perception et leur satisfaction envers leur environnement. Cette notion est étayée par des études antérieures, notamment les travaux de Christoffersen, Tregenza, et d'autres chercheurs, qui ont mis en évidence l'importance de la vue extérieure pour le bien-être et la santé des occupants.

Le chapitre explore également les variables qui composent la qualité de la vue vers l'extérieur, tout en soulignant le manque de directives de conception et de méthodologies d'évaluation cohérentes. Les chercheurs ont tenté de remédier à ces problèmes en développant des indices conceptuels tels que l'indice de qualité de la vue (VQI), qui intègre les variables de contenu, d'accès et de clarté pour quantifier la qualité de la vue depuis une fenêtre donnée.

## **Chapitre III : la vue vers l'extérieure comme un élément de la qualité visuelle de l'espace**

En outre, l'importance économique de la vue extérieure est abordée, mettant en évidence sa corrélation positive avec la valeur de la propriété et son impact sur la productivité des employés. Les avantages pour la santé mentale et physique des occupants sont également soulignés, avec des preuves montrant que les vues extérieures peuvent atténuer le stress, améliorer la concentration et réduire les plaintes liées au confort environnemental.

La question de la perception de l'éblouissement est également explorée, révélant que la qualité de la vue peut influencer la sensation d'éblouissement chez les occupants. Les recherches montrent que les vues naturelles et construites peuvent avoir des effets différents sur la tolérance à l'éblouissement d'inconfort, soulignant ainsi l'importance de considérer l'intérêt de la vue lors de l'évaluation de l'éblouissement.

Enfin, le chapitre aborde les stratégies pour compenser l'absence de vue, telles que l'utilisation de fenêtres intérieures ou de décorations visuelles. Ces approches visent à améliorer l'expérience des occupants dans des espaces sans fenêtres extérieures.

En somme, ce chapitre met en évidence l'importance fondamentale de la vue vers l'extérieur dans les environnements construits, en détaillant ses dimensions physiques, psychologiques et économiques, ainsi que les stratégies pour optimiser cette expérience visuelle.

# **2EME PARTIE**

## **CADRE MÉTHODOLOGIQUE, ANALYSE ET RÉSULTATS**

# **CHAPITRE IV**

**SATISFACTION ENVERS  
L'ENVIRONNEMENT VISUEL :  
APPROCHES ET MÉTHODES**

### **Introduction :**

L'évaluation de la satisfaction des usagers envers l'environnement visuel dans les espaces de bureau joue un rôle essentiel dans la conception et la gestion des environnements de travail. Une expérience visuelle agréable peut contribuer au bien-être des employés, à leur productivité et à leur satisfaction générale dans l'espace de travail. Afin de comprendre et d'améliorer cette dimension essentielle, il est requis d'avoir des méthodes et d'approches adéquates pour évaluer la satisfaction des usagers envers la qualité visuelle de leurs environnement.

Ce chapitre vise à présenter et à examiner les méthodes et les approches utilisées pour évaluer la satisfaction des usagers envers la qualité visuelle des espaces de bureau dans la ville de Biskra : lumière naturelle et vue sur l'extérieur en relation avec les ratios des fenêtres existantes. Nous aborderons différentes perspectives et techniques permettant de recueillir des données objectives et subjectives.

Dans un premier temps, nous discuterons des méthodes de collecte de données, telles que les questionnaires. Nous mettrons l'accent sur les aspects clés à prendre en considération lors de la conception et de l'administration de ces outils d'évaluation.

Ensuite, nous explorerons les approches d'analyse des données recueillies, y compris les méthodes statistiques pour examiner les relations entre les variables, ainsi que les approches qualitatives pour comprendre en profondeur les expériences et les perceptions subjectives.

### 1. Fenêtre, usagers des bureaux et satisfaction

#### 1.1. Evaluation de l'environnement du travail

Dans les années 1980, Des actions ont été entreprises afin de stimuler le développement des méthodes d'approche des environnements de travail en évaluant les réactions des occupants de bureaux à un large éventail de variables. Cela incluait la satisfaction générale ainsi que des réponses spécifiques liées au bruit, à la température, à l'éclairage, à la communication, etc. Contrairement à des recherches antérieures qui se focalisaient sur des aspects isolés liés à l'environnement, ces méthodes permettaient d'examiner simultanément plusieurs caractéristiques de l'environnement dans son ensemble vécu (Chabane, 2006)

Ces méthodes permettaient d'explorer simultanément plusieurs aspects de l'environnement de travail. In situ, les outils d'enquête principalement utilisés étaient le questionnaire et l'entretien, largement employés pour atteindre trois objectifs principaux :

- Évaluer la prévalence d'un problème.
- Établir des corrélations entre les réactions subjectives des occupants et les caractéristiques physiques de l'environnement.
- Évaluer la qualité environnementale de l'espace en prenant en compte plusieurs facteurs simultanément.

L'objectif principal de l'évaluation des environnements de travail aujourd'hui est de fournir des indicateurs de qualité pour les espaces de travail. Cela peut adopter différentes approches, soit en se concentrant sur les jugements individuels des occupants, soit en se focalisant sur l'impact des paramètres mesurables de l'environnement sur la performance des employés, ou bien en combinant les deux approches (Fischer, 1997). D'après ce visé, trois méthodes d'évaluation sont dégagées :

- *L'évaluation post-occupation (PEO)* : examiner la qualité ressentie des différents aspects de l'espace de travail en recueillant les jugements et évaluations des employés qui peuvent être utilisées lors de la programmation et des phases de conception (Bordass et Leaman ,2005).
- *L'évaluation techno-fonctionnelle* : vérifier la qualité d'un environnement de travail en termes de normes de confort, basant sur des mesures techniques axées sur la fonctionnalité d'un espace.



- *L'évaluation diagnostique* : combiner à la fois les variables de l'expérience des utilisateurs et de la fonctionnalité de l'espace dans une même échelle d'évaluation (Fischer et Vischer, 1998).

Dans notre situation, en raison de l'indisponibilité d'une base de données locale sur laquelle nous aurions pu baser une étude plus complète ou opérationnelle, l'approche de l'évaluation post-occupation (POE) s'est révélée être la méthode la plus appropriée. Elle nous permet de nous concentrer sur l'usager et ses jugements, et de créer des recommandations qui suivent notre objectif de recherche.

### 1.2. Définition de l'évaluation post-occupation POE :

Le PEO s'agit d'évaluer dans quelle mesure un cadre conçu répond aux besoins et aux valeurs humaines, à la fois explicites et implicites, pour lesquels le bâtiment est destiné (Friedman et al., 1978).

Le concept du POE est devenu plus courant dans le manuel écrit par Preiser & al en 1988, où la POE était définie comme " La procédure d'évaluation méthodique des bâtiments après leur construction et leur occupation sur une période définie. " (Li et al., 2018).

D'après Vischer (2001), l'évaluation post-occupation (EPO) est définie comme un processus permettant de recueillir des informations précieuses pour éclairer les choix relatifs à la conception et à la construction en tenant compte de leur impact à long terme. (Vischer, 2001).

Le Conseil des installations fédérales Américain donne la définition acceptée du PEO dans le domaine de l'industrie : « *Toute activité qui naît d'un intérêt pour apprendre comment un bâtiment se comporte une fois construit (s'il répond aux attentes et comment) et à quel point les utilisateurs du bâtiment sont satisfaits de l'environnement qui a été créé* » (Council, 2002)

Le groupe RIBA de l'Institut Royal des Architectes britanniques aussi donne une définition de l'approche du PEO dans le domaine architectural comme suite : « *Une analyse méthodique des bâtiments, visant à fournir aux architectes des données sur l'efficacité de leur conception, ainsi qu'aux propriétaires et aux utilisateurs des directives pour optimiser l'utilisation de leurs installations existantes.* » (RIBA, 1991).

### 1.3. Les objectifs principaux de l'évaluation post occupation

#### 1.3.1. Le Feed-back :

Le chercheur est invité à identifier les origines du problème et à formuler une solution pour un ensemble particulier de problèmes d'un bâtiment existant qui présente des problèmes de qualité environnementale. Le processus d'évaluation post-occupation (POE) peut rétroagir de manière peut être assimilé à un "diagnostic", dans lequel l'application des résultats représente une sorte de "traitement". (Behloul, 1991).

#### 1.3.2. Le Feed-in :

Le processus d'évaluation post-occupation peut être employé en tant que ressource informative lorsque la recherche d'évaluation est spécifiquement menée pour un bâtiment qui n'est pas encore construit et qui est encore en phase de conception (Behloul, 1991).

#### 1.3.3. Le Feed-forward :

En comparant les résultats spécifiques à chaque étude basée sur POE, et qui sont liés au contexte environnemental particulier, il est possible de formuler des informations générales et spécifiques qui peuvent être appliquées à la construction de nouveaux environnements (Behloul, 1991).

### 1.4. Les niveaux d'application du POE

Le processus d'évaluation post-occupation (POE) est un processus systématique et formel qui peut être réalisé à différents niveaux d'effort, en fonction des ressources disponibles. Lorsqu'on applique ce processus, on fait souvent référence au modèle proposé par Preiser & White (1988). Ce modèle est basé sur trois niveaux qui sont : le niveau indicateur, le niveau investigateur et le niveau diagnostic. (Preiser et al, 1988)

#### 1.4.1. Le niveau indicateur :

L'évaluation s'effectue rapidement et avec des ressources limitées, Dans le but de mettre en lumière les aspects les plus positifs et négatifs d'un projet architectural de manière significative, suite à un examen des documents graphique, des entretiens et des réunions et des enquêtes avec les utilisateurs.

#### 1.4.2. Le niveau investigateur :

Contrairement à l'évaluation à un niveau indicatif, l'évaluation à ce niveau établit des indicateurs de recherche qui sont objectivement et explicitement définis avant la réalisation de l'évaluation. Elle nécessite une étude plus approfondie, une durée plus longue et une plus grande variété de ressources.

### 1.4.3. Le niveau diagnostic :

L'évaluation à ce niveau repose sur une approche multi-méthodique pour la collecte des données les plus étendues en utilisant des techniques d'analyse plus sophistiqués afin de développer des résultats qui mettent en évidence les relations entre plusieurs variables.

### 1.5. Revue de littérature sur la satisfaction envers l'environnement intérieur dans les bâtiments de bureaux

En réalité, la plupart les évaluations environnementales font référence à au niveau de satisfaction des occupants, leurs descriptions et leurs perceptions comme critère de réussite d'un environnement. L'interaction entre les divers éléments environnementaux et les utilisateurs crée un environnement optimal pour les activités qui y sont réalisées. Le tableau IV.1 présente différentes études qui utilisent l'évaluation post-occupation comme méthode d'évaluation du degré de satisfaction envers l'environnement physique intérieur, y compris la qualité visuelle.

**Tableau IV.1.** Différentes recherches utilisant POE comme méthode d'évaluation de l'environnement physique intérieur. (Source : Auteur)

Référence	Titre de référence	Dimensions évalués	Méthode utilisé
Leaman et Bordass (1999)	Productivity in building : the 'killer' variables	utilisabilité de l'espace, satisfaction de l'utilisateur	Questionnaire et suivi in situ.
Menzeis et Wherrette (2005)	Windows in the workplace: examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi glazed windows	Contrôle des fenêtres, satisfaction des usagers envers la lumière naturelle, durabilité et productivité.	Questionnaire
Inkarojrit (2005)	Balancing comfort: occupants' control of window blinds in private offices	Caractéristiques de l'espace du travail (fenêtre, brise de soleil, vitrage, vue sur l'extérieur), usage des stores, IEQ satisfaction.	Questionnaire et suivi in situ.
Abbaszadeh et al (2006)	Occupant satisfaction with indoor quality in green building	IEQ : confort thermique, lumineux, acoustique et qualité d'air.	Enquête IEQ en ligne
Davara et al (2006)	Architectural design and IEQ in an office complex	utilisabilité de l'espace, IEQ, température d'aire, humidité relative, intensité de la lumière, CO <sub>2</sub> .	Entretien, walk-through procédure, mesures ponctuels et suivi d'une courte durée.

## Chapitre IV : satisfaction envers l'environnement visuel : approches et méthodes

Mochizuki et al (2006)	Field measurement of visual environment in office building daylight from lightwell in japan	lumière naturelle, confort visuel et consommation d'énergie.	Mesures et questionnaire
Ito et al (2008)	Field survey of visual comfort and energy efficiency in various office buildings utilizing daylight	Satisfaction envers la Lumière naturel	Mesures et questionnaire
Kosonen et al (2008)	Perceived IEQ conditions: why the actual percentage dissatisfied persons in higher than standards indicate!	Satisfaction des usagers.	Enquête IEQ en ligne
Langstone et al (2008)	Perceived conditions of workers in different organizational settings	Satisfaction des usagers, utilisation du lieu de travail, confort thermique, visuel et acoustique.	Questionnaire
Mahdavi et al (2008)	Occupant's evaluation of indoor climate and environment control systems in office buildings	IEQ, satisfaction des usagers.	Entretien, mesures a long terme.
Peretti et Schiavon (2011)	Indoor environmental quality surveys. A brief literature review.	IEQ, température de l'air, humidité relative, viscosité de l'air, niveau de bruit, l'éclairage et la luminance, la vue sur l'extérieur.	Questionnaire et mesures.
Frontczak et al (2012)	Quantitative relationships between occupant satisfaction and aspects of indoor environmental quality and building design	Satisfaction des usagers envers l'environnement thermique, visuel, acoustique, aéraulique.	Questionnaire
Hirning et al (2013)	Post Occupancy Evaluations relating to Discomfort Glare: A study of Green Buildings in Brisbane	Sensation d'éblouissement	Questionnaire, HDR images.
Hellinga (2013)	Daylight and view: the influence of windows on the visual quality of indoor spaces	Satisfaction et perception de la lumière naturelle et vue sur l'extérieur	Questionnaire et mesures.
Bian et al (2021)	Visual discomfort assessment in an open-plan space with skylights: A case study with POE survey and retrofit design	Confort visuel et indices d'éblouissement.	Questionnaire et mesures.
Kim et al (2022)	Indoor environmental quality assessment and occupant satisfaction: A post-occupancy evaluation of a UAE University Office Building	IEQ, confort thermique, satisfaction des usagers	Questionnaire et mesures.
Hassanain, et Mahroos (2023)	A preliminary post-occupancy evaluation of the built-environment in office buildings: a case study from Saudi Arabia	Performance du bâtiment (technique, thermique, visuel), satisfaction des usagers.	Walkthrough procédure, questionnaire et entretien
Thayanithy et Perera (2023)	Daylight and window view quality for visual comfort: the case of an office building in Jaffna	Qualité de la lumière naturelle et la vue sur l'extérieur, satisfaction des usagers.	Questionnaire, simulation

### 2. Méthodologie

La méthodologie adoptée intègre deux types d'indicateurs : des indicateurs subjectifs (basés sur les perceptions des individus) et des indicateurs objectifs (liés à l'environnement physique). Cette approche méthodologique combine de manière systématique ces deux approches distinctes. La première consiste en une simulation expérimentale destinée à évaluer l'environnement physique en se basant sur des critères objectifs et quantifiables relatifs à la qualité visuelle. La seconde utilise une enquête par questionnaire afin de mesurer les indicateurs subjectifs de cette qualité.

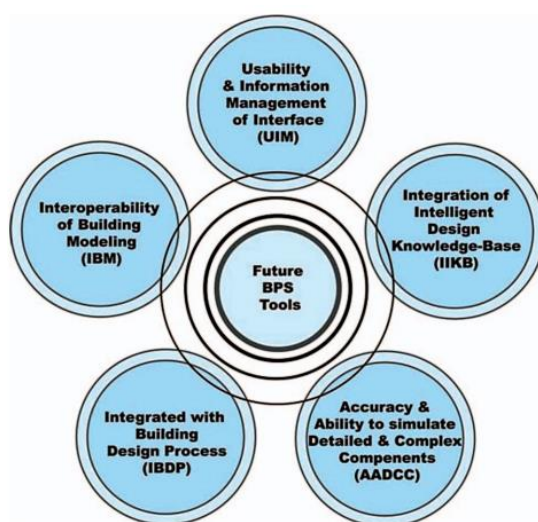
#### 2.1. Pour l'étude de la lumière naturelle

##### 2.1.1. Les simulations numériques :

Les architectes et les chercheurs étaient autrefois limités par ce qu'ils pouvaient calculer. De nos jours, grâce à l'utilisation de la Simulation numérique, ils peuvent modéliser en plus de calculer. Les nouveaux outils numériques de simulation environnementale leurs permettent de gérer la complexité spatiale et réglementaire, En abordant les facteurs de conception des bâtiments (orientation, volumétrie, programme, matériaux, etc.) et sa performance environnementale (Naboni, 2013).

La communauté de la simulation ne dispose pas encore de critères clairs pour classer et évaluer les fonctionnalités proposées par les outils de simulation (Crawley et al., 2008). Dans le but de résoudre ce problème, Attia et al. (2012) proposent un ensemble complet de critères de sélection pour les outils de simulation du bâtiment (figure III.1) :

- Utilisabilité et gestion de l'information de l'interface.
- Intégration de la base de connaissances en conception intelligente
- Précision des outils et capacité à simuler des composants de bâtiments détaillés et complexes.
- Interopérabilité de la modélisation des bâtiments.
- Intégration des outils dans le processus de conception de bâtiments.



**Figure IV. 1.** Les critères de sélection des outils de la simulation numérique.

(Source : Attia et al., 2012)

La simulation numérique de la lumière implique l'utilisation d'un logiciel informatique pour analyser la propagation de la lumière d'un point de vue quantitatif et qualitatif. Cette approche sert de support à la prise de décision (Gallas, 2010). D'après des études réalisées auprès d'experts, il existe une multitude de logiciels spécialisés dans la simulation numérique de l'éclairage (3D-lumière, 2000 ; Fontoynt, 1999 ; Maamari, 2002).

Ces logiciels se distinguent les uns des autres de plusieurs manières : i) par les algorithmes qu'ils emploient, ii) par leur approche de la conception assistée par ordinateur (DAO), iii) par leur capacité à prendre en compte divers types de sources lumineuses, iv) par leur aptitude à simuler des phénomènes de propagation de la lumière plus ou moins complexes, et v) par leur interface utilisateur.

Le tableau IV.2 présente des diverses recherches utilisant la simulation numérique comme méthode d'évaluation de l'environnement lumineux intérieur.

**Tableau IV.1.** Différentes recherches utilisant la simulation numérique comme méthode d'évaluation de l'environnement lumineux intérieur. (Source : Auteur)

Référence	Titre de référence	Dimensions évalués	logiciel utilisé
Shirzadnia et al., (2023)	Designerly approach to skylight configuration based on daylight performance; Toward a novel optimization process	sDA, sGA	Honeybee, Ladybug, Radiance
Kangazian, & Razavi, (2023)	Multi-criteria evaluation of daylight control systems of office buildings considering daylighting, glare and energy consumption	UDI, sGA	Grasshopper, Honeybee
Babu et al., (2019)	Investigation of an integrated automated blinds and dimmable	Eclairment, DGP	Radiance

	lighting system for tropical climate in a rotatable testbed facility		
Ganji Kheybari, & Hoffmann, (2018)	Exploring the potential of the dynamic facade: Simulating daylight and energy performance of complex fenestration systems	UDI, DGPs	Transys, Radiance
Bustamante et al., (2017)	An integrated thermal and lighting simulation tool to support the design process of complex fenestration systems for office buildings	sDA, ASE	EnergyPlus, Radiance, mkSchedule
Katsifaraki et al., (2017)	A daylight optimized simulation-based shading controller for venetian blinds	DA, DGPs	Fener
Evola et al., (2017)	The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings	Eclairement, Uniformité	EnergyPlus
Hoffmann et al., (2016)	Balancing daylight, glare, and energy-efficiency goals: An evaluation of exterior coplanar shading systems using complex fenestration modeling tools	Indices d'éblouissement	Radiance, EnergyPlus, EMS
Karlsen et al., (2015)	Occupant satisfaction with two blind control strategies: Slats closed and slats in cut-off position	Eclairement, $E_v$	VELUX
Grynning et al., 2014	Solar shading control strategies in cold climates—Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces	Eclairement, DGI	Comfen, EnergyPlus
Konstantoglou et al., (2013)	Counterbalancing daylighting, glare and view out: the role of an external shading system control strategy	DGI, View Factor	EnergyPlus, Daysim
Olbina & Hu, (2012)	Daylighting and thermal performance of automated split-controlled blinds	UDI	EnergyPlus
Nielsen et al., (2011)	Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight	DF	iDbuild
Wienold, (2007)	Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis.	DGP, DA	Radiance, Daysim

### 2.1.1.1. Simulation de l'éclairement utile de la lumière du jour (UDI) :

Les éclairagements réels de la lumière du jour sur le plan de travail présentent de grandes variations, à la fois spatiales et temporelles. Par exemple, les éclairagements de la lumière du jour diminuent généralement rapidement avec la distance croissante par rapport aux fenêtres. De plus, les éclairagements de la lumière du jour en un point peuvent varier considérablement d'un instant à l'autre en raison des changements de position du soleil et/ou des conditions du ciel (Nabil et Mardaljevic, 2006). Comme mentionné précédemment, les conceptions d'uniformité de l'éclairement qui découlent de l'utilisation de l'approche du ciel couvert standard ne sont pas

applicables dans des conditions réalistes où la contribution de la lumière directe du soleil entraîne de grandes différences entre les niveaux maximaux et minimaux de la lumière du jour. Par conséquent, toute métrique proposée qui tient compte des éclairagements réalistes de la lumière du jour variant dans le temps doit, d'une manière ou d'une autre, prendre en compte la large gamme de niveaux de lumière naturelle qui se produisent.

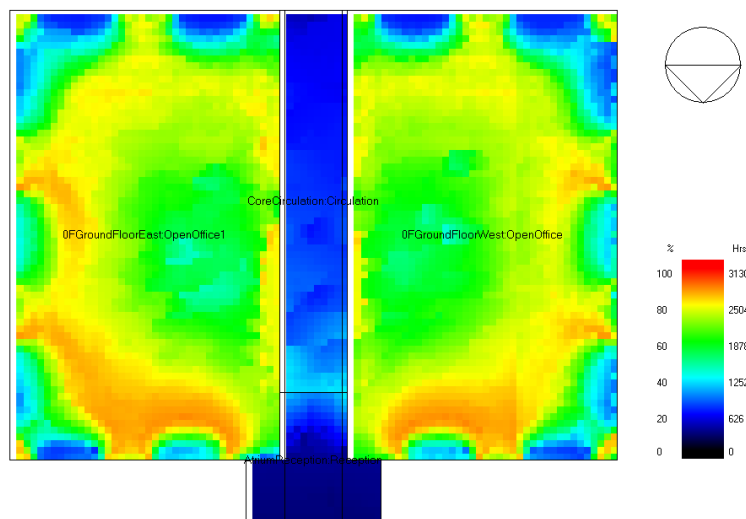
Cela peut être mieux réalisé en abandonnant la notion d'un éclairage seuil (ou cible), c'est-à-dire une valeur de 500 lux (Nabil et Mardaljevic, 2005). Au lieu d'une valeur seuil, une proposition stipulant qu'une mesure de la fréquence d'une gamme d'éclairagements pouvant être considérée comme constituant des niveaux d'éclairage utiles fournit une métrique plus informative.

La synthèse des résultats publiés concernant les préférences et le comportement des occupants se résume comme suit :

- UDI inférieurs à 100 lux sont généralement considérés comme insuffisants, que ce soit en tant que seule source d'éclairage ou en tant que contribution significative à l'éclairage artificiel ;
- UDI dans la plage de 100 à 500 lux sont considérés comme efficaces, que ce soit en tant que seule source d'éclairage ou en combinaison avec l'éclairage artificiel ;
- UDI dans la plage de 500 à 2000 lux sont souvent perçus comme souhaitables ou du moins tolérables ;
- UDI supérieurs à 2000 lux sont susceptibles de provoquer un inconfort visuel ou thermique, voire les deux.

DesignBuilder est une interface graphique reposant sur le moteur de calcul EnergyPlus. Il offre de nombreuses fonctionnalités non disponibles simultanément dans les logiciels existants. Il nous donne accès à des calculs fins réalisés par le moteur Radiance. Plusieurs types de ciel normalisés sont disponibles, le maillage est paramétrable. Le module Daylighting de ce logiciel permet de simuler l'UDI à l'aide des moteurs Daysim (figure IV.2).





**Figure IV. 2.** Résultats de simulation numérique de l'UDI par le logiciel DesignBuilder.

(Source : <https://designbuilder.co.uk/>, consulté le : 25/08/2022)

### 2.1.1.2. Simulation de la luminance dans le champ visuel :

Dans les bâtiments où les façades constituent des fenêtres avec différents ratio d'ouverture, on observe une augmentation de l'éclairement dans la zone près de la fenêtre. Cependant, cette zone est souvent sujette à un niveau d'éblouissement fort (Baker et Steemers, 2002). Cela a suscité la nécessité de prédire le niveau et le type d'inconfort visuel afin de le prévenir. Ce phénomène a été à l'origine du développement des études sur l'analyse de l'éblouissement (Suk, 2014).

Généralement, ces expériences visant à évaluer l'éblouissement ont suivi des configurations simples. Un participant est placé dans une pièce basique et se voit attribuer une tâche, souvent impliquant un écran d'ordinateur. Un fond de luminance uniforme est introduit dans le champ de vision du participant pour servir d'une source d'éblouissement (Osterhaus, 2005). Ensuite, le participant est invité à évaluer le degré d'inconfort qu'il ressent. À partir de cette évaluation et des données mesurables connues (telles que la luminance, l'angle solide et l'axe de la vision), une formule d'indice d'éblouissement est élaborée pour tenter de quantifier le niveau d'inconfort éprouvé par le participant. Luckiesh (1944) est l'un des pionniers à avoir proposé l'utilisation de rapports de luminance comme fondement pour assurer la qualité de l'éclairage (tableau IV.3).

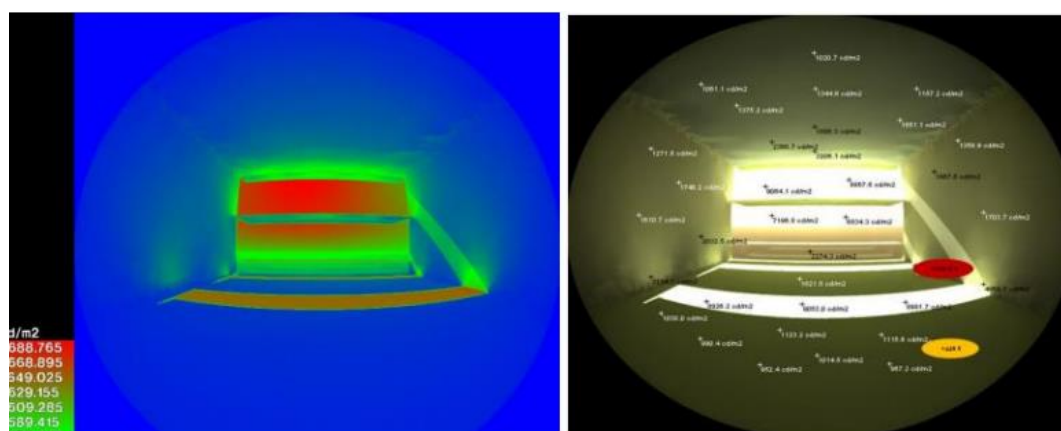
Lorsque l'on cherche à assurer le confort visuel, il est essentiel de prendre en considération les valeurs de luminance. Parmi les logiciels de simulation numérique de l'éclairage, "Radiance" est largement reconnu comme l'un des plus fiables aujourd'hui (Dubois, 2001). Sa crédibilité a

## Chapitre IV : satisfaction envers l'environnement visuel : approches et méthodes

été démontrée dans de nombreuses études de recherche. Cette confiance découle de plusieurs recherches visant à valider son utilisation dans diverses conditions de luminosité (figure IV.3) (Mardaljevic, 1995; Jarvis et Donn, 1997 ; Galasiu et Atif, 2002 ; Mezerdi, 2018).

**Tableau IV.3.** Récapitulatif des Rapports des luminances. (Source : Saadi, 2019)

Rapport de luminance / Recommandions ' Tâche visuelle'		Source
2 /1 Différence de luminosité perceptible pour la mise au point. 3 /1 Entre la tâche et l'environnement plus sombre adjacent. 10/1 Entre la tâche et les surfaces sombres à distance. 20/ 1Entre source d'éclairage et les surfaces adjacentes. 40 /1 Ne doit être dépassé nulle part dans un champ de vision		(Egan, 1983)
1/3 Entre la tâche et la lumière adjacente entoure. 3/1 Entre la tâche et les environnements sombres adjacents. 1/10 Entre la tâche et les surfaces lumineuses à distance. 10/1 Entre la tâche et les surfaces sombres à distance. 20/1 Entre les milieux adjacents à la lumière du jour et les surfaces adjacentes à la lumière du jour.		(Rea M. S., The IESNA lighting handbook: reference & application, 2000) (Craig, Brownson, Cragg, & Dunn, 2002)
Cas de lumière du jour	1/1 Tâche visuelle 1/6 Tâche visuelle et surface adjacente 1/20 Tâche visuelle et surface distante	(Sutter, Dumortier, & Fontoynt, 2006)
	1/1 Tâche visuelle 1/3 Tâche visuelle et surface adjacente 1/10 Tâche visuelle et surface distante	(IESNA, 2006)



**Figure IV. 3.** Résultats de simulation numérique des valeurs des luminances dans la macro champs visuel par le logiciel Radiance ; a : rendu fausse couleur ; b : rendu en gris avec valeurs de luminance.

(Source : Mezerdi, 2018)

### 2.1.2. L'image numérique comme outil de capture des niveaux de luminances :

Les appareils photo numériques enregistrent les scènes en collectant la lumière à travers l'ouverture de leurs objectifs. Le capteur de lumière dans une caméra numérique est une puce électronique qui convertit l'énergie lumineuse incidente en signaux électriques. Ces capteurs enregistrent la quantité de lumière incidente sur chaque pixel de l'image. Plus la lumière est intense, plus la valeur du pixel est élevée.

Il existe deux types de capteurs : des capteurs CCD (dispositif à couplage de charge) qu'il s'agit d'une technique de collecte de lumière visant à recueillir la lumière sur les sites photosensibles de son champ. Chaque site photosensible accumule la lumière et détermine la couleur en mesurant la tension générée, en utilisant un filtre de Bayer. Le deuxième type est les capteurs CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor). Il s'agit d'une autre technique couramment utilisée de nos jours, notamment dans de nombreux appareils photo reflex professionnels. Elle repose sur un champ de photodiodes qui constitue le cœur du capteur CMOS. Ces photodiodes sont sensibles à une seule des couleurs primaires (Rouge, Vert ou Bleu - RGB). En fonction de leur sensibilité à une couleur spécifique, elles produisent des signaux numériques sous forme de 0 et de 1, qui sont ensuite interprétés comme des informations sur les couleurs (Saadi, 2019).

Pour utiliser une image numérique pour mesurer la luminance de manière précise, il est essentiel de calibrer le système. Cela implique de connaître la réponse du capteur à la lumière et de la calibrer en fonction d'une source de lumière de référence.

Une fois l'appareil photo ou la caméra calibré, il peut être utilisé pour mesurer les niveaux de luminance dans une scène.

Pour extraire des informations sur la luminance à partir d'une image, un traitement d'image est souvent nécessaire. Cela peut inclure la correction des distorsions optiques, l'étalonnage de la luminance en fonction des propriétés du capteur, et la conversion des valeurs de pixel en unités de luminance. Une fois que les données de luminance ont été extraites de l'image, elles peuvent être analysées pour diverses applications. Enfin, les données de luminance peuvent être visualisées sous forme de cartes de chaleur, de graphiques ou d'images pour faciliter leur interprétation et leur utilisation.

### 2.1.2.1. Image HDR : image à grande plage dynamique

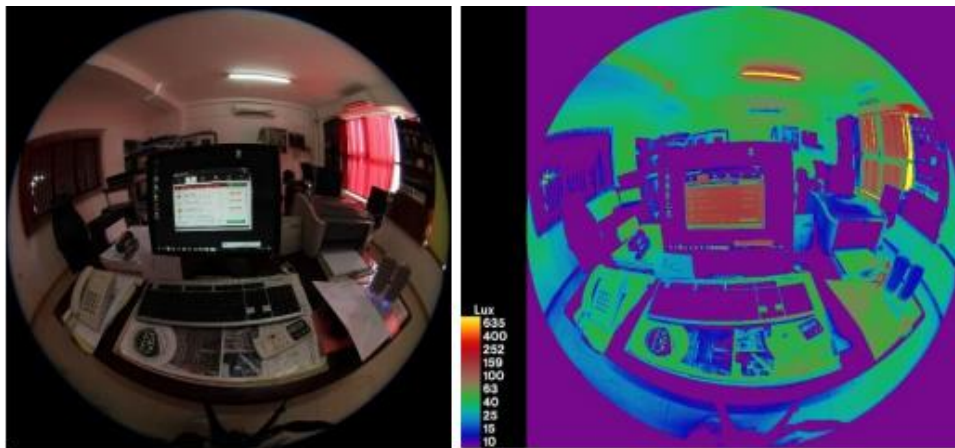
Il est possible de mesurer les propriétés photométriques d'une scène au moyen de dispositifs de mesure point par point. Cependant, ces mesures prennent beaucoup de temps, sont sujettes aux erreurs en raison des incertitudes de mesure sur le terrain, et les données obtenues peuvent être trop grossières pour analyser la distribution et la variation de l'éclairage (Inanici, 2006).

Les cartes de luminance sont souvent utilisées pour évaluer les scènes d'éclairage ponctuelles du point de vue de l'occupant. La photographie à grande plage dynamique (HDR) peut être utilisée pour générer de telles cartes de luminance. La photographie HDR consiste à capturer plusieurs expositions d'une scène depuis un point de vue identique et à les fusionner afin d'obtenir une image avec une plus grande plage de luminosité, appelée une image HDR (Pierson et al., 2021).

Dans les images traditionnelles, également appelées images à faible plage dynamique (LDR), le rapport de contraste est limité par la plage de pixels et la fonction de réponse de l'appareil photo. Cependant, les scènes éclairées par la lumière du jour à l'intérieur peuvent avoir une plage dynamique allant jusqu'à 109:1 si le soleil est dans le champ de vision (Jakubiec et al. 2016). Après le calibrage, une carte de luminance est produite à partir de l'image HDR, et peut être utilisée pour extraire de nombreuses informations utiles, telles que la luminance moyenne, les sources et les indices d'éblouissement dans le champ de vision, ou l'éclairement vertical (figure IV.4).

Ce type d'image a été utilisé pour la première fois pour mesurer les luminances par Rea et Jeffrey (1990). Depuis lors, de nombreux chercheurs ont adopté l'utilisation des images HDR pour diverses applications liées au bâtiment.

Parmi les sept types de techniques d'imagerie HDR répertoriées, la technique de changement d'exposition séquentielle, est probablement la plus accessible et la plus largement utilisée dans le domaine de l'architecture (Reinhard & Devlin, 2005). Cette méthode repose sur l'utilisation d'un appareil photo numérique avec un objectif grand angle pour capturer des images à faible plage dynamique (LDR) avec différentes valeurs d'exposition (EV) couvrant la gamme dynamique de la scène. Ensuite, la luminance est calculée en utilisant la formule proposée par Jacobs (2007), qui tient compte de la sensibilité ISO de l'appareil photo, du temps d'exposition et de la taille de l'ouverture (Saadi, 2019).



**Figure IV. 4.** image HDR en format fish-eye illustrant l'impact des stores intérieurs sur l'environnement du bureau. (Source : Mezerdi, 2018)

### 2.2. Pour l'étude de la vue vers l'extérieur

#### 2.2.1. Méthode basée sur les calculs des indices de la qualité de la vue (VQI) :

Le VQI exprime la relation entre les principales variables de la vue sur lesquelles d'autres peuvent s'appuyer. La prise en compte du VQI lors de l'élaboration de questions et de méthodes de recherche sur la vue de la fenêtre est nécessaire.

Les trois variables, le contenu, l'accès et la clarté sont importantes pour la qualité de la vue et interdépendantes. Par exemple, si le contenu de la vue est de mauvaise qualité (c'est-à-dire un mur de béton à proximité), l'occupant ne serait pas satisfait même avec des niveaux élevés d'accès à la vue et de clarté.

De la même manière, si un occupant est assis loin de la fenêtre (c'est-à-dire un accès à la vue insuffisant), la vue ne serait pas satisfaisante, quelle que soit la qualité du contenu de la vue et de la clarté de la vue.

De même, une vue qui nécessite constamment un dispositif d'ombrage pour protéger les occupants de l'éblouissement atteint peu de clarté de vue et donc une qualité de vue insuffisante.

Sur la base de ce concept Ko et al. (Ko et al., 2021) établissent les relations entre ces variables essentielles et mesurent objectivement la qualité de la vue d'une fenêtre à l'aide de l'équation :

$$VQI = V_{\text{contenu}} \cdot V_{\text{accès}} \cdot V_{\text{clarté}}$$

Le calcul de cet indice est expliqué en détail dans (chapitre III ; section 3.2)

### 2.2.2. La réalité virtuelle :

La technologie de réalité virtuelle (VR) a récemment été déployée à diverses fins. Leur importance relative dans chaque domaine s'adapte en permanence aux développements technologiques émergents, car elles permettent de simuler un espace virtuel.

De nombreux chercheurs ont étudié le comportement humain en réponse à des facteurs tels que les couleurs intérieures, la lumière du jour, la vue extérieure et les environnements. En conséquence, ils ont évalué le comportement humain à travers diverses mesures subjectives couvrant les réponses physiologiques, les émotions et les niveaux de confort (Marzouk et al., 2022).

Par exemple, la VR a été utilisée pour évaluer l'impact d'un environnement biophilique sur les utilisateurs en créant trois espaces de bureau en VR avec différentes caractéristiques extérieures, mettant en évidence l'impact négatif des espaces ternes sur les niveaux de stress (Yin et al., 2020).

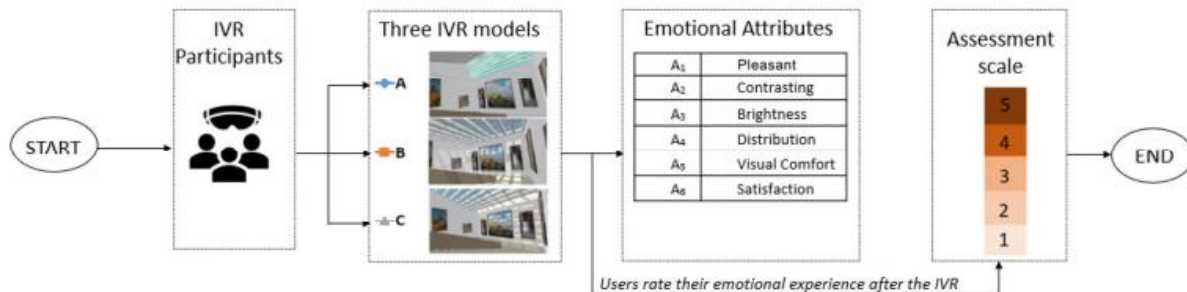
De plus, elle a été utilisée pour étudier l'impact des compétences en examen de conception de construction des étudiants en construction, en tenant compte des effets thermiques, émotionnels et cognitifs de la présence d'une vue extérieure en VR, permettant une évaluation complète de l'impact positif des fenêtres sur les utilisateurs de l'espace.

Jin et al. (2021) ont étudié la beauté intérieure des espaces de bâtiments et du patrimoine culturel chinois du point de vue visuel de l'utilisateur en utilisant la réalité virtuelle immersive (IVR). Ils ont constaté que l'interaction humaine en IVR permet un niveau d'expérience plus élevé et un sentiment de l'espace. Gómez-Tone et al. (2021) ont examiné la perception de l'espace en VR et ont constaté une précision élevée, atteignant 83,9 % par rapport aux environnements réels, où les conceptions intérieures se sont développées en VR par rapport aux dessins en 2D.

Ces études ont réussi à évaluer et à mesurer le comportement humain en réponse à des stimuli variables en VR. D'autres chercheurs ont validé les environnements de réalité virtuelle en montrant qu'ils reflètent efficacement les environnements réels en comparant la réponse humaine dans l'environnement physique et dans l'environnement en VR (Heydarian et al., 2015 ; Chamilothoni et al., 2019).

En conclusion, La VR peut être utilisée pour simuler des scénarios environnementaux spécifiques, tels que la vue vers l'extérieur, permettant ainsi aux parties prenantes de mieux

comprendre les implications et les préférences visuelles des usagers des espaces intérieurs (figure IV.5). Elle a permis aussi de contrôler d'importantes variables expérimentales, telles que la configuration des fenêtres et la qualité du contenu de la vue extérieure.



**Figure IV. 5.** Procédure expérimentale du VR pour évaluer les préférences des utilisateurs.

(Source : Marzouk et al., 2022)

### 2.3. L'enquête par questionnaire

Le questionnaire est l'une des principales méthodes pour étudier les phénomènes psychosociologiques, aux côtés de l'entretien et de l'observation. Contrairement à l'entretien et à l'observation, qui peuvent être individuels ou collectifs, le questionnaire est exclusivement une méthode de collecte d'informations à l'échelle collective. Il s'agit d'une méthode quantitative utilisée sur un groupe (un échantillon) pour permettre des analyses statistiques. La validité du questionnaire repose sur le nombre de participants dans l'échantillon, garantissant ainsi la fiabilité des informations recueillies (Vilatte, 2007).

Par ailleurs, la littérature montre que dans un souci d'obtenir des données subjectives pertinentes auprès des participants, ces données peuvent également être croisées ou combinées avec d'autres données collectées à l'aide d'une ou de plusieurs autres méthodologies utilisées dans la même étude de cas. Cette approche a été mise en œuvre dans la recherche menée par Gurley et al. (2006), où les facteurs cognitifs humains, recueillis par le biais de questionnaires, ont été croisés avec des mesures de l'environnement lumineux. La même méthodologie a été adoptée par Coutelier (2006) et Van Den Wymelenberg (2012). Dans ces deux travaux précités, les chercheurs ont utilisé à la fois des questionnaires écrits et des mesures réalisées à l'aide de divers outils. Ensuite, ils ont combiné les données issues des deux méthodes.

Selon ces recherches, il ressort que la combinaison de la technique du questionnaire avec d'autres méthodes de recherche, en particulier la simulation numérique ou les calculs, a été

largement employée dans les études portant sur la qualité visuelle au sein de l'espace architectural, ce qui correspond à notre domaine d'étude.

### 2.3.1. La formulation du questionnaire

Dans cette étude, le questionnaire élaboré prend sa source depuis la littérature sur l'EPO (voir section 1.5). Ce questionnaire satisfait aux normes méthodologiques essentielles pour sa conception. De plus, une amélioration de son contenu a été effectuée en le comparant aux indicateurs définis pour chaque dimension liée à la satisfaction envers la qualité visuelle de l'environnement de bureau.

Le questionnaire intégré dans le cadre de l'EPO présentée dans cette étude comporte un total de cinquante-trois questions. Les questions ont été disposées dans un ordre varié afin de prévenir toute influence mutuelle (Giezendanner, 2012). La majeure partie des questions porte sur la satisfaction à l'égard de l'environnement visuel intérieur, tandis que les autres interrogations sont réparties entre l'évaluation, les sensations, les impressions, les jugements et les préférences. Le questionnaire est structuré en quatre rubriques distinctes :

- 1) Renseignement personnels sur l'usager de l'espace du travail.
- 2) Questions sur la satisfaction envers l'espace du travail.
- 3) Questions sur la satisfaction envers l'environnement lumineux intérieur.
- 4) Questions sur la satisfaction envers la vue vers l'extérieur.

### 2.3.2. La version test :

Un questionnaire pré-enquête a été suggéré pour évaluer la compréhension et la cohérence générale du questionnaire, ainsi que la faisabilité des techniques statistiques sélectionnées pour l'analyse des données recueillies.

Pour ce faire, une étude pilote a été réalisée avec un petit groupe d'employés' population test'. Nous avons opté pour une méthode d'échantillonnage dite "échantillonnage au jugé". Cette approche consiste à constituer un échantillon représentatif en tenant compte de nos préconceptions concernant la composition et le comportement des employés dans leurs bureaux,

Le choix des occupants sollicités a également été influencé par la position verticale et horizontale de leurs bureaux. En ce qui concerne la disposition verticale, nous avons pris en



compte les différents étages, et en ce qui concerne la disposition horizontale, nous avons mené des entretiens dans des bureaux situés aux différentes orientations différentes.

Le questionnaire a été construit en tirant des éléments de diverses sources académiques. Ces sources incluent une thèse de doctorat menée par Hellinga, H., & Hordijk, T. (2014), qui se concentre sur la lumière du jour et la vue dans les bâtiments de bureaux, ainsi qu'une autre thèse menée par Mezerdi. T (2018), qui vise à examiner l'impact de la qualité de l'environnement physique intérieur sur les occupants de bâtiments de bureaux situés dans la ville de Biskra.

Dans les premières étapes de notre approche auprès des employés, nous avons bénéficié de l'aide d'un responsable de service, qui obtenait leur consentement et nous introduisait à chaque fois. Cependant, quelques difficultés se sont présentées à ce stade. La prise de photos à l'intérieur des bureaux rendait certains employés mal à l'aise, en particulier les femmes. De plus, le questionnaire rédigé en français posait des problèmes de compréhension pour certains d'entre eux. Par conséquent, il a été décidé de le traduire en arabe et de le fournir dans les deux langues.

Pour La version du questionnaire utilisée pour le prétest voir Annexe A.

### **2.3.3. La version finale :**

Après la collecte des données de la préenquête, une analyse des commentaires écrits et verbaux de la population test a été réalisée. Cette analyse a révélé les éléments suivants :

- Quelques questions manquaient de précision dans leurs éléments. Par conséquent, il était essentiel d'apporter certaines modifications à cette version du questionnaire afin de l'améliorer au maximum.
- Une légère ambiguïté a été observée lors de la lecture des questions. Cela semble être attribuable à l'ordre de disposition des questions, car les répondants n'ont pas pu clairement déterminer le début et la fin de chaque section du questionnaire. Ils nous ont suggéré de délimiter distinctement chaque partie du questionnaire.

Le tableau présenté ci-dessous (Tableau IV.3) récapitule les indicateurs inclus dans la version finale du questionnaire.

Pour La version finale du questionnaire distribué voir Annexe B.

## Chapitre IV : satisfaction envers l'environnement visuel : approches et méthodes

Tableau IV.3. Le questionnaire élaboré, axé sur les usagers de bureau. (Source : Auteur)

Question	N° rubrique	Type de question
1. Quelle est votre sexe ?	01	Fermée à choix unique
2. Quelle est votre âge ?		Fermée à choix unique
3. Depuis quelle période avez-vous occupé ce poste de travail dans ce bâtiment ?		Fermée à choix unique
4. Portez-vous des lunettes ou des lentilles de contact durant la période de travail ?		Fermée à choix unique
5. êtes-vous sensible à la lumière intense ?		Fermée à choix unique
6. Combien de temps passez – vous dans votre bureau de travail devant votre ordinateur sans changer d'endroit ?		Fermée à choix unique
7. A quel étage est situé votre bureau ?	02	Ouverte
8. Y- a – il une fenêtre dans votre bureau ?		Fermée à choix unique
9. Quelle est la distance la plus proche entre votre position assise au bureau et la fenêtre la plus proche ?		Fermée à choix unique
10. Quelle est l'orientation de votre poste de travail (bureau) par rapport à la fenêtre ? (Si dans votre bureau plusieurs murs ont une fenêtre, diverses réponses sont possibles)		Fermée à choix unique
11. Que pensez-vous de la taille de la fenêtre dans votre bureau ?		Fermée à choix unique
12. Quelle est votre préférence par rapport à la taille de la fenêtre dans l'espace de travail ?		Fermée à choix unique
13. Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail (bureau) et la fenêtre ?		Fermée à choix unique
14. Par rapport à votre position par rapport la fenêtre, Avez-vous des difficultés avec la lecture de l'écran de votre ordinateur ?		Fermée à choix unique
15. Quel est les type de protections solaire intégrées dans la fenêtre présent dans votre lieu de travail ?		Fermée à choix multiples
16. En général, quelle est la raison pour laquelle vous utilisez ces protections intégrées dans la fenêtre de votre bureau ?		Fermée à choix multiples
17. Quelle est votre impression sur l'ambiance générale de votre bureau ?		A échelle
18. Dans quelle mesure êtes-vous satisfait par rapport aux aspects suivants dans votre bureau ?		A échelle

<b>19.</b> Dans votre bureau, quel est votre degré de satisfaction pour les critères suivants ?		A échelle
<b>20.</b> seriez-vous capable de réaliser vos taches du travail sans lumière artificielle donc uniquement avec la lumière du jour disponible ?	<b>03</b>	A échelle
<b>21.</b> A quelle échelle êtes-vous dérangé par la quantité de lumière du jour garantie par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?		A échelle
<b>22.</b> Avez-vous la possibilité de contrôler la quantité de lumière (naturelle ou artificielle) dans votre bureau ?		Fermée à choix unique
<b>23.</b> Quelle est le type 'éclairage artificiel existant dans votre lieu de travail ?		Fermée à choix multiples
<b>24.</b> A quelle échelle la lumière artificielle est-elle allumée pendant votre période de travail ?		A échelle
<b>25.</b> Dans quelle mesure êtes-vous satisfait des possibilités de contrôler l'accès à la lumière du jour depuis la fenêtre ?		A échelle
<b>26.</b> Avez-vous eu l'expérience de nuisances dans votre poste de travail en raison des paramètres suivant ?		A échelle
<b>27.</b> Comment comportez-vous dans la situation ou la lumière naturelle est gênante pour l' exécution de vos taches du travail dans votre bureau ?		Fermée à choix multiples
<b>28.</b> Quel est l'état de la protection solaire intérieure (stores enroulables) dans la plupart des temps ?		Fermée à choix unique
<b>29.</b> Comment jugez-vous la teinte du verre de votre fenêtre envers la clarté de votre vue vers l'extérieur ?		A échelle
<b>30.</b> Comment évaluez-vous le rendu des couleurs que la teinte du verre de la fenêtre donne aux éléments composants la vue extérieure ?		A échelle
<b>31.</b> Quelle est votre degré de satisfaction vis-à-vis a l' ambiance chromatique dominante dans votre bureau ?		A échelle
<b>32.</b> Quelle est votre préférence vis-à-vis à la quantité de la lumière qui vous permet de réaliser vos taches du travail confortablement ?		A échelle
<b>33.</b> Comment jugez-vous la quantité de la lumière naturelle garantie par la fenêtre existante dans les zones surfacique de votre bureau ?		A échelle

<p><b>34.</b>Comment trouver vous l' éclairage naturel pour les activités suivantes ?</p>		A échelle
<p><b>35.</b>Selon vous, quelle sont les raisons d' inconfort visuel dans votre bureau ? (Classez par ordre d'influence les paramètres suivants du plus influant [1] au moins influant [8])</p>		Fermée à choix multiples
<p><b>36.</b>Pouvez-vous regarder à l'extérieur à partir votre lieu de travail ?</p>	<b>04</b>	Fermée à choix unique
<p><b>37.</b>Si non, Allez-vous parfois à la fenêtre pour regarder à l'extérieur ?</p>		Fermée à choix unique
<p><b>38.</b>Que voulez-vous voir par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?</p>		Fermée à choix multiples
<p><b>39.</b>Considérez-vous qu'il soit agréable de voir à l'extérieur depuis la fenêtre de votre lieu de travail ?</p>		A échelle
<p><b>40.</b>Quelle est votre impression générale de la vue extérieure depuis votre fenêtre ?</p>		A échelle
<p><b>41.</b>Les sujets suivants sont-ils visibles à travers la fenêtre depuis votre lieu de travail ?</p>		Fermée à choix unique
<p><b>42.</b>Vous considérez agréable de voir ces éléments suivants du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?</p>		A échelle
<p><b>43.</b>Y a-t-il a partir votre vue extérieure que vous avez de votre lieu de travail des mouvements visibles (circulation ou passage de personnes) ?</p>		Fermée à choix unique
<p><b>44.</b>Si Oui, vous considérez agréable de voir ces mouvement du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?</p>		A échelle
<p><b>45.</b>Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail et la vue extérieure que la fenêtre vous offre ?</p>		A échelle
<p><b>46.</b>Que pensez-vous de la distance entre les éléments de la vue extérieure et la fenêtre ?</p>		A échelle
<p><b>47.</b>A votre avis, Vous considérez inconfortable de voir les éléments suivants occupent la vue extérieur à partir votre fenêtre ?</p>		A échelle
<p><b>48.</b>A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la qualité de la vue sur l' extérieure garantie par votre fenêtre votre période de travail ?</p>		A échelle
<p><b>49.</b>A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la quantité de la vue sur l' extérieure</p>		A échelle

garantie par votre fenêtre votre période de travail ?		
<b>50.</b> Ci-dessous quelques images sont affichées. Maintenant, imaginez que ces images seraient le contenu de la vue depuis votre bureau. Comment évaluez-vous ces contenus ? Donnez aux photos une note de 0 (très moche vue) et 10 (très belle vue)		Ouverte
<b>51.</b> À votre avis, pensez-vous qu'il est possible de remplacer la vue extérieure fournie par la fenêtre par des cadres accrochés aux murs ou de placer des plantes intérieures en l'absence d'une fenêtre dans le bureau ?		Fermée à choix unique
<b>52.</b> Pensez-vous que la présence d'une vue vers l'extérieur affecte la réduction du stress et du confort psychologique pendant les heures du travail ?		Fermée à choix unique
<b>53.</b> Comment évaluez-vous votre propre vue dans votre bureau. Donnez une note de 0 (très moche vue) et 10 (très belle vue).		Ouverte

### 2.3.4. Codage et analyse des résultats :

Les données obtenues à partir de l'enquête ont été soigneusement saisies, codées, et analysées à l'aide du logiciel SPSS 22.0. Le traitement initial des données a été réalisé en utilisant la méthode de l'analyse descriptive.

Conformément aux études antérieures mentionnées, il est essentiel de vérifier certaines conditions statistiques avant d'appliquer des analyses descriptives, comme souligné par Xue, Mak, & Cheung (2014). Ces conditions comprennent les tests de vérification de la fiabilité du test de Cronbach (pour les variables qualitatives) et le test de normalité, à savoir le test de Shapiro-Wilk (S.W) (pour les variables quantitatives).

Pour explorer les relations entre les variables qualitatives, nous avons employé l'Analyse des Correspondances Multiples (ACM) ainsi que le test de Spearman. Cette approche a été préconisée en raison de l'usage fréquent de ces méthodes par des chercheurs renommés tels que Boyce, et al. (2006) dans leurs études portant sur des variables qualitatives. De plus, pour évaluer les différences statistiques entre les variables, nous avons utilisé les tests de Mann-Whitney et de Kruskal-Wallis.

En fin de compte, pour compléter notre étude, nous avons également exploité diverses représentations graphiques, notamment des histogrammes, des Box-Plot, des nuages des points, des graphiques en 2D et des graphiques séquentiels en 3D, afin de modéliser les données sous différentes perspectives.

### **Conclusion**

Dans ce chapitre, l'accent a été mis sur la satisfaction à l'égard de l'environnement visuel dans les espaces de bureau. L'évaluation de l'environnement de travail a été examinée, mettant en évidence l'importance de l'évaluation post-occupation (POE). Les objectifs principaux de cette évaluation, à savoir le feed-back, le feed-in et le feed-forward, ont été explorés, tout comme les différents niveaux d'application du POE, allant de l'indicateur au diagnostic.

Une revue de la littérature approfondie sur la satisfaction envers l'environnement intérieur dans les bâtiments de bureaux a été effectuée pour contextualiser l'étude.

La méthodologie adoptée a été détaillée, mettant en avant diverses approches telles que les simulations numériques, les méthodes basées sur l'éclairage utile de la lumière du jour (UDI) et la luminance dans le champ visuel, ainsi que l'utilisation d'images numériques, notamment les images à grande plage dynamique (HDR), pour l'acquisition de données. La méthode basée sur les calculs des indices de la qualité de la vue (VQI) a également été présentée, tout comme l'utilisation de la réalité virtuelle.

Enfin, l'enquête par questionnaire a été examinée, en détaillant la version de test et la version finale du questionnaire. La procédure de codage et d'analyse des résultats a été expliquée pour permettre une compréhension approfondie de la satisfaction des occupants envers leur environnement visuel dans les bureaux.

# **CHAPITRE V**

**ESPACE DE BUREAU DANS LA  
VILLE DE BISKRA : ÉTUDE  
TYPOLOGIQUE ET CORPUS D'ÉTUDE**

## **Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude**

### **Introduction**

L'analyse de la littérature et des précédentes recherches concernant la ville de Biskra, qui constitue le cadre de notre étude, révèle un manque significatif d'informations sur les espaces de travail en général, et les bâtiments de bureaux à l'époque actuelle en particulier. Ce chapitre a pour objectif de mettre en lumière le contexte spécifique de notre étude, de définir les paramètres de notre corpus d'étude, et de présenter notre méthodologie de collecte de données.

Nous débuterons ce chapitre en offrant un aperçu détaillé de la ville de Biskra. Cette présentation permettra de contextualiser notre recherche dans cette localité située en Algérie.

Le cœur de ce chapitre réside dans notre analyse typologique des bâtiments de bureau existants à Biskra. Cette étape comprendra une classification synthétique de ces bâtiments selon plusieurs critères, notamment leur typologie, leur relation avec les fenêtres étant le variable d'étude, et leur environnement extérieur immédiat. Nous explorerons en détail ces aspects pour mieux comprendre la variabilité des conditions d'éclairage naturel et de vue sur l'extérieur dans ces espaces de travail.

En outre, nous expliquerons les critères rigoureux qui ont guidé notre sélection des cas d'étude spécifiques parmi les bâtiments de bureau à Biskra. Nous justifierons nos choix en mettant en lumière les caractéristiques et les éléments qui font de ces espaces des sujets pertinents pour notre recherche.

Ce chapitre se clôturera en abordant la méthodologie de collecte de données que nous avons utilisée pour cette étude. Nous présenterons nos approches quantitatives. De plus, nous expliquerons en détail notre méthodologie qualitative basée sur un questionnaire qui vise à recueillir les impressions et les préférences des usagers des espaces de bureau.



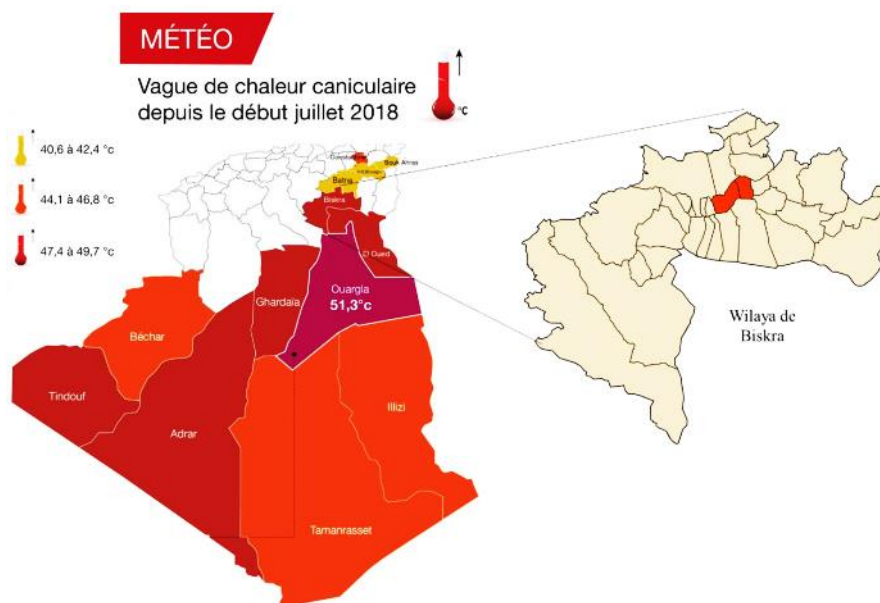
# Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

## 1. Présentation du Contexte d'étude : ville de Biskra

Biskra, la capitale des Ziban et le principal centre urbain du Sahara, est située dans une région géographique semi-aride. Cette zone se distingue par une abondante disponibilité de lumière solaire, un climat chaud et sec, ainsi qu'un ensoleillement considérable. Ces particularités ont toujours exercé une influence sur l'architecture locale, qui a été conçue pour s'adapter au climat semi-aride de la région.

### 1.1. Situation géographique

Biskra se trouve en plein cœur du Sahara, à une distance d'environ 470 kilomètres au sud-est d'Alger. Ses coordonnées géographiques sont approximativement 34.48° de latitude nord, 5.44° de longitude est, et elle est située à une altitude d'environ 86 mètres au-dessus du niveau de la mer (figure V.1).



**Figure V.1.** Localisation géographique de la ville de Biskra. (Source : Office Nationale de Météorologie (ONM), Juillet 2018)

### 1.2. Les conditions climatiques de la ville

Conformément aux classifications climatiques de Köppen, le climat de Biskra est catégorisé dans la région climatique BWh, correspondant à un climat chaud et aride (Semahi et al., 2019). Ainsi, il bénéficie d'un climat désertique, où l'été constitué la saison critique.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Selon les recueils des données météorologiques données par la base des données Meteonorm V8 pour l'année de 2020, les conditions climatiques de la ville sont caractérisées par :

- Une température maximale atteint  $40^{\circ}\text{C}$  en juillet, tandis qu'en hiver, la température minimale descend à  $12.5^{\circ}\text{C}$  en janvier. La moyenne annuelle de la température se situe à  $23.4^{\circ}\text{C}$  (figure V.2).
- un rayonnement solaire intense, recevant entre 2100 et 4400 degrés-heures solaires par an, avec un rayonnement global moyen atteint le  $1825 \text{ Wh/m}^2$  (figure V.3).
- une humidité relative très faible atteignant 24 % en été (mois de juillet) et augmentant à 52 % en hiver (mois de décembre).
- des précipitations rares, généralement inférieures à 25 mm. Cependant, pendant la période estivale, les précipitations moyennes sont quasiment inexistantes (figure V.4).
- L'éclairement extérieur global annuel atteint 22 523 lux, avec une valeur maximale enregistrée en juin à 32 856 lux (en 2020).

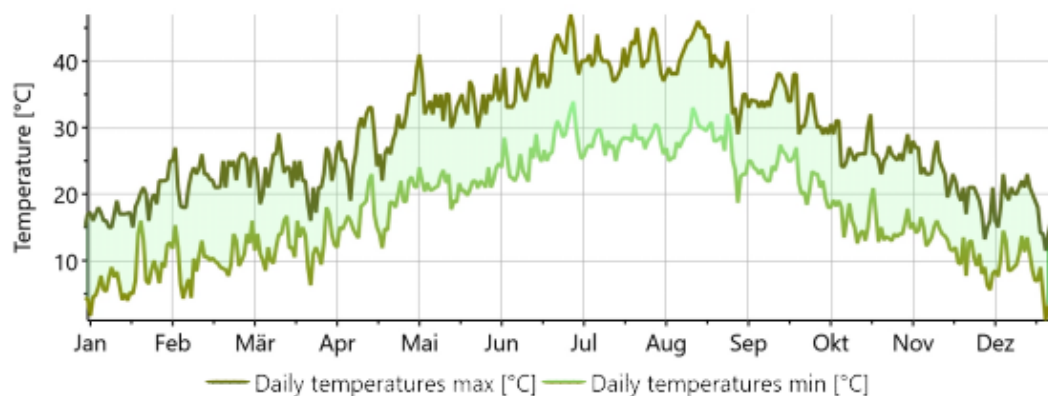


Figure V.2. Les températures journalières de la ville de Biskra. (Source : Meteonorm, 2020)

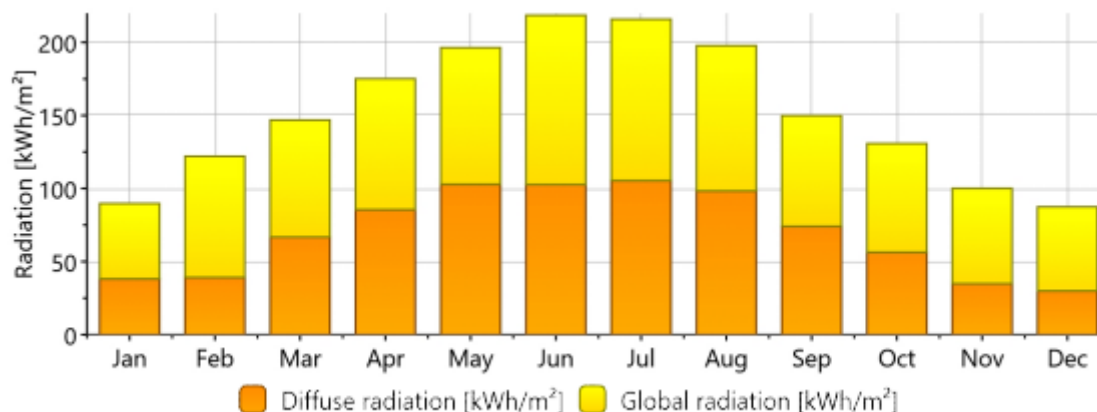


Figure V.3. Rayonnement mensuel de la ville de Biskra. (Source : Meteonorm, 2020)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

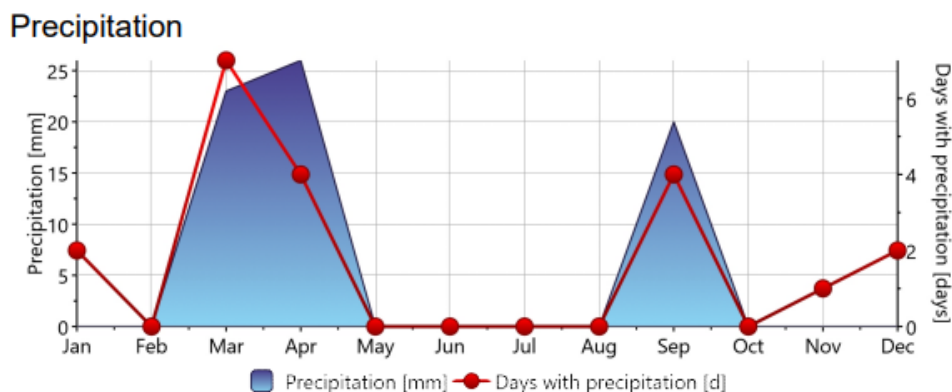


Figure V.4. Précipitation mensuel de la ville de Biskra. (Source : Meteonorm, 2020)

### 2. Analyse des cas concrets des bâtiments des bureaux existants : corpus d'étude

La ville de Biskra compte de nombreux bâtiments non résidentiels, allant des installations industrielles aux équipements administratifs, éducatifs, religieux, culturels et sportifs intégrés dans le tissu urbain. Les bâtiments des bureaux sont généralement situés le long des principales artères pour une meilleure accessibilité. Certains sièges administratifs sont installés dans des bâtiments initialement conçus à d'autres fins et c'était le cas de la période immédiate après l'indépendance. Bien plus tard, d'autres édifices administratifs ont accueilli certains services administratifs anciennement hébergés dans des constructions de fortune. Ces derniers bâtiments sont des constructions à caractère administratif et qui ont été conçues en fonction des activités qu'ils doivent abriter et auxquelles ils étaient destinés (BELAKEHAL, 2006).

Pour mener notre étude typologique parmi la variété de bâtiments administratifs disponibles dans la ville, une sélection de dix bâtiments des bureaux a été effectuée. Cette sélection s'est basée en partie sur les exigences méthodologiques de l'étude ainsi que sur les objectifs de recherche, tout en tenant compte des contraintes pratiques. Les critères utilisés pour choisir les bâtiments à analyser sont les suivants :

- les bâtiments doivent être conçus dès le départ comme des espaces de bureaux dans le but de fournir une illustration complète de l'espace architectural examiné dans le cadre de cette recherche, à savoir les bureaux.
- Les bâtiments sélectionnés doivent correspondre à la période contemporaine, c'est-à-dire être édifiés entre 2005 et 2020. Cette exigence vise à positionner cette étude comme une extension des travaux antérieurs portant sur les bâtiments des bureaux des périodes

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

antérieures (de 1986 à 2012) comme l'étude de Belakehal (2007), Seksaf (2006) et Mezerdi (2018).

- Les bâtiments doivent exhiber une diversité substantielle permettant une comparaison et une sélection d'échantillons d'étude en vue de mettre en évidence l'impact des caractéristiques des fenêtres sur la qualité visuelle. Cette diversité doit également répondre de manière efficace aux besoins spécifiques de cette recherche.

### 2.1. Présentation des bâtiments sélectionnés pour l'étude typologique

#### 2.1.1. Direction de l'hydraulique :

Le bâtiment de la Direction de l'Hydraulique de la ville de Biskra, construit en 2006 sous la supervision du bureau d'études de l'architecte Meddour Bachir, est situé dans le quartier Hai El-Moudjahidine. Il est orienté selon l'axe Sud-Est et se présente comme un édifice administratif de quatre étages. La particularité de ce bâtiment réside dans son plan symétrique par rapport à un atrium découvert de forme circulaire, qui remplit la fonction d'un hall central. Les bureaux à l'intérieur sont disposés linéairement le long des couloirs, et le bâtiment abrite un total de 45 bureaux répartis par services, avec une superficie moyenne de 15 m<sup>2</sup> à 18 m<sup>2</sup>. Toutes les façades de l'édifice sont caractérisées par un alignement longitudinal de fenêtres de forme identique, ayant une superficie variant de 1,08 m<sup>2</sup> à 2,20 m<sup>2</sup>. La plupart de ces fenêtres sont équipées d'occultations solaires combinées, à la fois horizontales et verticales (Figure V.5).



**Figure V.5.** Direction de l'hydraulique a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.1.2. Direction de l'urbanisme et de la construction (DUC)

Le bâtiment de la Direction de l'Urbanisme et de la Construction, érigé en 2010 par le Bureau d'Études Techniques (BET) dirigé par Mohamed Youcef Ali, est situé dans la cité administrative à El Alia. Il se caractérise par une forme régulière et une symétrie totale par rapport à l'axe d'entrée. Le bâtiment abrite 47 bureaux disposés autour d'un patio central et d'une cage d'escalier centrale. Ces bureaux ont une superficie moyenne comprise entre 17 m<sup>2</sup> et 21 m<sup>2</sup>. La façade principale, orientée vers le nord, se distingue par une grande surface vitrée et des éléments habillés en aluminium, qui servent à la fois d'éléments marquant l'entrée principale et à l'éclairage naturel du vaste hall de réception. Les autres façades sont dotées d'ouvertures de forme rectangulaire simple, avec une superficie de 1,54 m<sup>2</sup> à 1,96 m<sup>2</sup>, principalement destinées à éclairer les bureaux de travail (voir Figure V.6).



**Figure V.6.** Direction de l'urbanisme et de la construction à Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.3. Direction du contrôle technique des bâtiments Est -Biskra- (CTC)

Le siège du (CTC) est un édifice de trois étages comprenant un total de 10 bureaux, achevé en 2011. Il est situé dans le quartier Hai El-Moudjahidine et se compose de deux blocs juxtaposés : un bloc administratif de forme demi-circulaire et un bloc de laboratoire de forme rectangulaire. Les bureaux du bloc administratif sont agencés autour d'un escalier central et sont de deux types : individuels et partagés, avec des superficies variant de 15,80 m<sup>2</sup> à 78,60 m<sup>2</sup>. Les ouvertures des façades sont uniformes en termes de forme et ont des surfaces comprises entre 0,48 m<sup>2</sup> et 4,77 m<sup>2</sup>, à l'exception de celles de la façade Est, qui adoptent une forme en L. Les



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

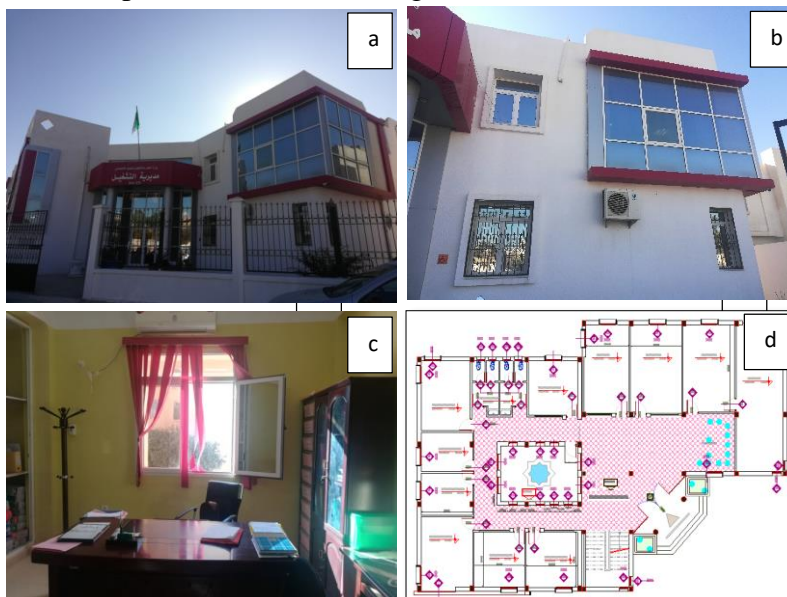
fenêtres de la façade sud-ouest sont protégées par des éléments saillants verticaux inclinés  $45^\circ$  (figure V.7).



**Figure V.7.** Direction du contrôle technique des bâtiments Est a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.4. La Direction d'Emploi

L'architecte Tarek Khezani a élaboré le design du siège de la Direction de l'Emploi situé dans le quartier Hai El Moudjahidine, en y apportant une touche de modernité. La volumétrie du bâtiment adopte une structure cubique. Cette structure comprend deux étages et abrite 20 bureaux fermés, avec une surface moyenne de  $21,70 \text{ m}^2$ , disposés autour d'un patio central. Le traitement des façades est empreint de simplicité, caractérisé par de larges surfaces vitrées qui inondent le hall intérieur de lumière. Les fenêtres adoptent une forme rectangulaire basique et ont une superficie de  $1,80 \text{ m}^2$  (Figure V.8).

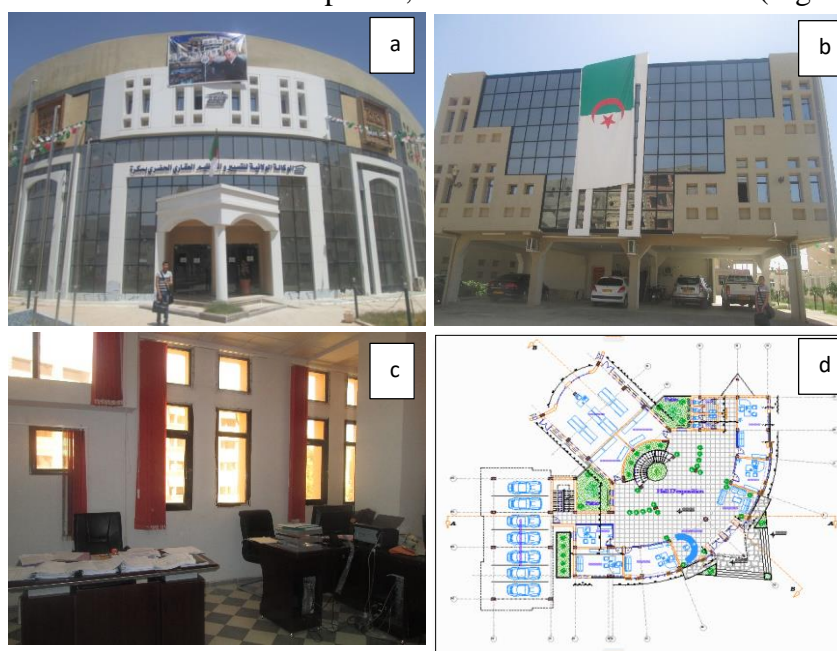


**Figure V.8.** Direction d'Emploi a Biskra. A : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.1.5. L'agence foncière de la wilaya de Biskra

L'agence est juridiquement considérée comme un établissement public local à caractère industriel et commercial, ayant son siège social dans le quartier des 1000 logements à Biskra. La structure du bâtiment se compose d'un rez-de-chaussée (RDC) et de deux étages supplémentaires. Ce qui distingue particulièrement cette agence, c'est sa richesse dans le langage architectural, notamment dans le traitement des façades. Il y a une diversité manifeste dans les formes, les tailles et les types d'ouvertures utilisés. La façade principale, orientée vers le sud, est équipée d'un mur rideau en double vitrage, où le vitrage est simple avec une cavité sans gaz. En revanche, les autres façades sont traitées soit avec des surfaces vitrées, soit avec des fenêtres de forme régulière, présentant une surface comprise entre 0,25 m<sup>2</sup> et 0,55 m<sup>2</sup>. Quant à la disposition intérieure, les bureaux sont agencés en suivant la forme semi-circulaire du bâtiment et entourent un grand hall central. La superficie de ces bureaux varie en fonction de leur utilisation et de la densité d'occupation, s'étalant de 16 m<sup>2</sup> à 45 m<sup>2</sup> (Figure V.9).



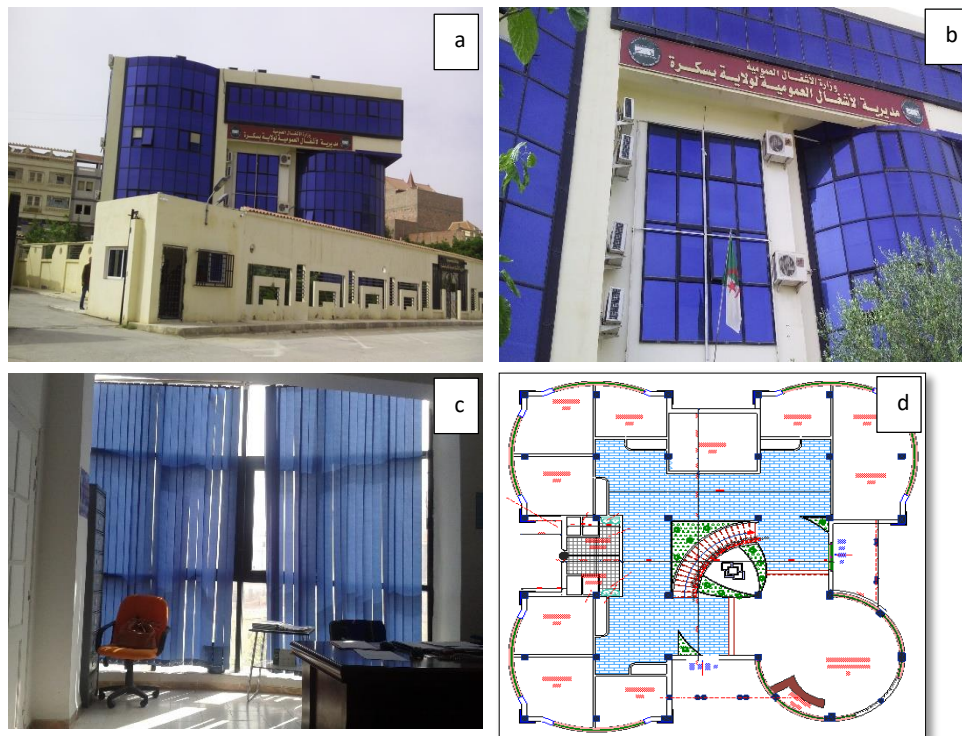
**Figure V.9.** L'agence foncière de la wilaya de Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.6. Direction des travaux publics (DTP)

Le bâtiment de la Direction des Travaux Publics (DTP), conçu par l'architecte Cherrad Kamel en 2012, est situé au nord de la ville de Biskra. La direction présente une forme carrée et comprend trois étages regroupés dans un seul bloc.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Chaque étage est composé d'un certain nombre de bureaux disposés en périphérie et séparés par des cloisons. La configuration de ces bureaux est presque identique, avec une surface maximale de 18 m<sup>2</sup>. Les quatre façades du bâtiment sont enveloppées par des murs rideaux, bien que certains bureaux aient vu leur fenêtre (mur rideau) réduite en taille en raison de l'intégration de murs en plaque de plâtre. À noter que la façade nord se distingue par des fenêtres de taille moyenne et ordinaire (Figure V.10).



**Figure V.10.** Direction des travaux publics à Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.7. Direction du tourisme et du l'artisanat traditionnel

Le bâtiment abritant la Direction du Tourisme et de l'Artisanat Traditionnel, conçu en 2016 par le Bureau d'Études Techniques (BET) dirigé par Kebaili Rachid, présente une façade principale orientée au sud-ouest qui se distingue par une forte verticalité, résultant de l'agencement d'ouvertures juxtaposées de manière verticale, créant ainsi un effet de mur rideau associé à des claustras.

Les autres façades ne suivent pas de rythme spécifique en ce qui concerne l'emplacement des ouvertures, mais la plupart d'entre elles présentent un motif commun : un rectangle surmonté d'un arc brisé outrepassé, avec une superficie de 1,08 m<sup>2</sup>. Le plan du bâtiment est presque régulier et symétrique par rapport à l'axe d'entrée. Les bureaux sont agencés par service autour



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

de petits halls correspondant à chaque service, et la superficie moyenne de ces bureaux varie de 8,50 m<sup>2</sup> à 13,10 m<sup>2</sup> (Figure V.11).



**Figure V.11.** Direction du tourisme et de l'artisanat traditionnel à Biskra. a: façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.8. Direction du Contrôle financier dans la wilaya de Biskra (C.F)

Le bâtiment de la Direction du Contrôle Financier, érigé en 2018 par l'architecte Barket Faouzi dans la zone d'équipement de la ville de Biskra. Son plan se distingue par une composition entre deux formes, à savoir un cercle et un rectangle convexe. L'édifice abrite 49 bureaux, répartis sur trois étages, avec des surfaces variant de 17,90 m<sup>2</sup> à 20,70 m<sup>2</sup> pour les bureaux collectifs, situés le long des façades principale et postérieure. Ces deux façades présentent un rythme uniforme en ce qui concerne l'emplacement des fenêtres de base, qui adoptent une forme rectangulaire et ont une superficie de 1,20 m<sup>2</sup> à 1,80 m<sup>2</sup>. Des zones entièrement vitrées marquent l'entrée principale et certaines parties des autres façades, orientées vers le hall ou la cage d'escalier. Cela crée une ambiance lumineuse particulière à l'intérieur du bâtiment (figure V.12).

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude



**Figure V.12.** Direction du Contrôle financier dans la wilaya de Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

### 2.1.9. L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière (OPJI)

Érigé en 2018 sous la direction de l'architecte Ariouette Ibrahim, dans le quartier des 1000 logements à Biskra, cet édifice de l'office présente une configuration en plan allongé selon l'axe Est-Ouest. Sur cette dimension s'étendent 55 bureaux répartis sur cinq étages, affichant une superficie moyenne variant de 18,30 m<sup>2</sup> à 29,15 m<sup>2</sup>. Chacune des façades de l'édifice fait l'objet d'un traitement spécifique en fonction des besoins et de la fonction de l'espace intérieur. On y retrouve de vastes surfaces vitrées orientées vers les halls intérieurs ou les cages d'escaliers, ainsi que des fenêtres de forme uniforme. Un agencement rythmique prévoit des fenêtres d'une surface de 4,32 m<sup>2</sup>, principalement destinées aux espaces de travail, en particulier ceux orientés vers l'Est et l'Ouest (Figure V.13).



**Figure V.13.** L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière a Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.1.10. La direction de la santé publique (DSP)

Le bâtiment de la direction de la santé publique, conçu en 2018 par l'architecte Maatallah Amine au quartier El Amal, présente une façade principale sud-est caractérisée par une forte verticalité résultant d'un traitement varié des ouvertures, dont les dimensions varient de  $1,80 \text{ m}^2$  à  $7,26 \text{ m}^2$ . De plus, des murs rideaux sont présents sur cette façade, s'ouvrant vers le hall central, les escaliers et certains bureaux. Les autres façades du bâtiment ne suivent pas de rythme spécifique en ce qui concerne la taille des ouvertures. Le bâtiment est conçu avec un plan de forme presque régulière et symétrique par rapport à l'axe Nord-Est et Sud-Ouest. Les bureaux sont agencés en groupes par service autour d'un petit patio, bien que ce patio ne soit pas accessible à tous les étages, à l'exception du rez-de-chaussée. La surface moyenne des bureaux varie entre  $8,85 \text{ m}^2$  et  $16,20 \text{ m}^2$  (figure V.15).



**Figure V.14.** Direction de la santé publique à Biskra. a : façade principale ; b : fenêtres ; c : bureaux ; d : plan RDC. (Source : Auteur, 2019)



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

La figure V.15 illustre, à l'aide d'un plan de la ville et de ses artères principales, les zones d'installation des bâtiments examinés.

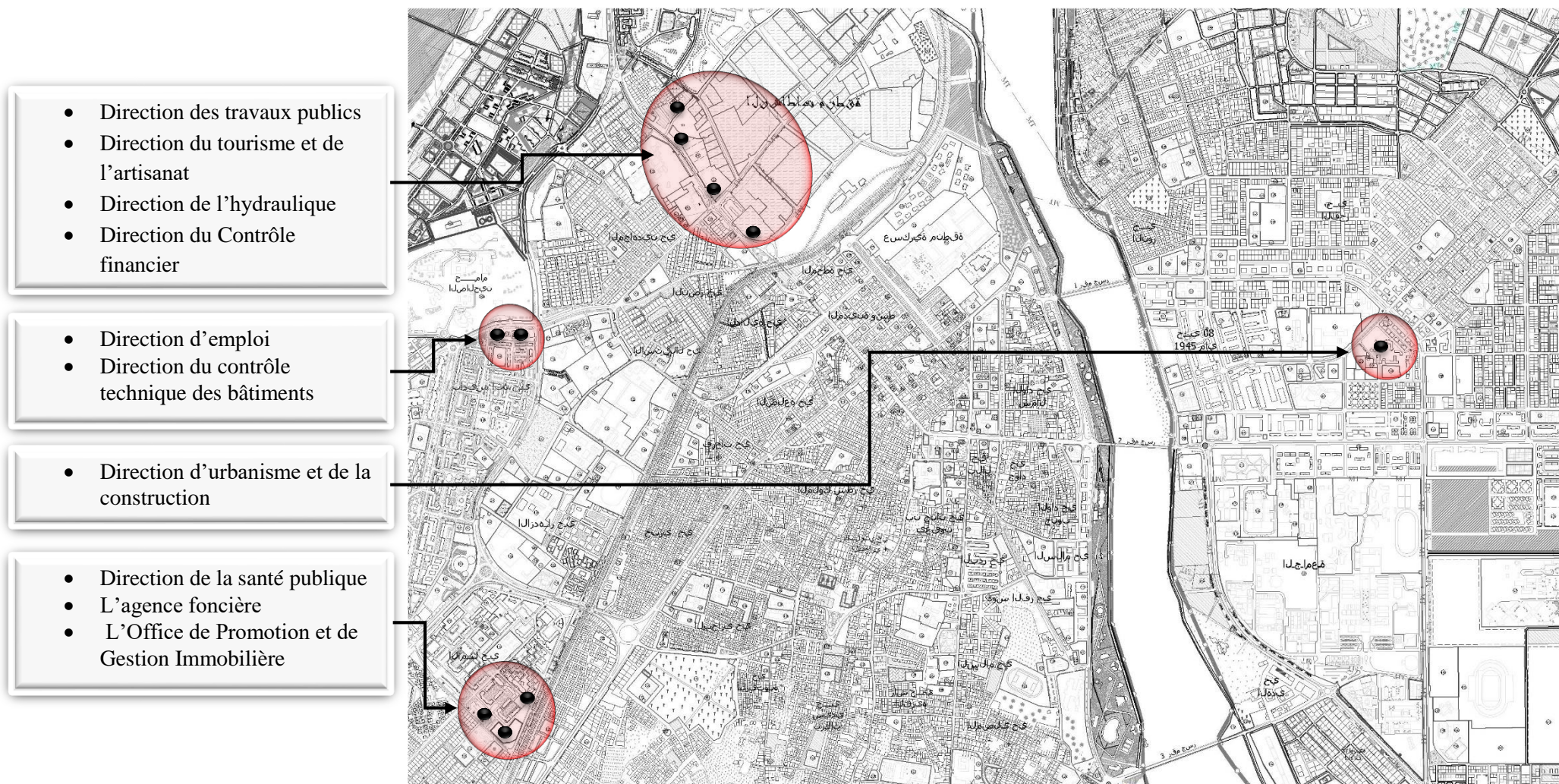


Figure V.15. Les zones d'installation des bâtiments des bureaux examinés (Source : Auteur, 2019)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.2. Classification typologique des bâtiments

Des critères ont été établis pour décrire comment les bâtiments sont configurés, les caractéristiques architecturales des bureaux, ainsi que les particularités des fenêtres, dans le but de rendre compte des spécificités de chaque bâtiments analysée (tableau V.1).

**Tableau V.1.** Les critères de classification des bâtiments étudiés. (Source : Auteur, 2019)

Les bâtiments	Les bureaux	Les fenêtres	environnement immédiat
<ul style="list-style-type: none"> <li>• Orientation de la façade principale</li> <li>• Nombre des étages</li> <li>• Couleurs des murs extérieurs</li> <li>• Epaisseur des murs</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Type du bureau</li> <li>• Dimensions d'un bureau</li> <li>• Couleur des murs intérieur</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nombre des fenêtres par bureaux</li> <li>• Dimensions L*H</li> <li>• Surface totale de la fenêtre</li> <li>• Ratio type (vitrage/ S bureau)</li> <li>• Type de vitrage</li> <li>• Position</li> <li>• Position par rapport au bureau</li> <li>• Protections solaires (fixes et mobiles)</li> </ul>	<p><u>Environnement urbain :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Type de la voirie</li> <li>• Type du trafic</li> <li>• Les bâtiments à proximité (architecture, type, densité, hauteur dominant, distance entre bâtiment et bâtiment étudié)</li> </ul> <p><u>Environnement naturel :</u></p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• Végétation (densité, type, hauteur, distance entre bâtiment/végétation)</li> <li>• Sources d'eau</li> </ul>

Le tableau suivant (tableau V.2) résume l'analyse typologique des bâtiments étudiés. Cela permet de comparer les exemples analysés les uns aux autres afin de les regrouper en catégories (groupes) et de déterminer les types prédominants. Cette approche simplifie la sélection des bâtiments à utiliser comme cas d'étude, en choisissant celles qui sont les plus appropriées par rapport aux objectifs de l'étude.

De plus, le Tableau V.3 examine l'environnement immédiat de chaque bâtiment, ce qui nous aide à identifier les caractéristiques des vues offertes par les fenêtres depuis l'intérieur des bureaux.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Tableau V.2. Analyse typologique des bâtiments des bureaux étudiés dans la ville de Biskra. (Source : Auteur)

Critères d'analyse		Bâtiments	OPJI	PG	DTP	CTC	A.F	D.Tor	D.Hyd	D.Em	DSP	DUC
<b>Bâtiment</b>	Orientation de la façade principale	Sud	Sud	Sud	Nord	Sud	Sud-Ouest	Sud	Nord-Ouest	Sud Est	Nord	
	Nombre d'étages	Sous-sol + R+ 4	R+2	R+3	R+2	R+2	R+2	R+3	R+1	R+4	R+2	
	Couleur des murs Ext	Crème /orange	Crème	Crème	Blanc	Crème	Crème	Crème	Blanc	Blanc / bleu ciel	Crème/ gris	
	Epaisseur des murs	25 cm	40 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	30 cm	
<b>Bureaux</b>	Nombre total des bureaux		55	49	43	10	23	25	45	20	29	47
	Type du bureau	Cloisonné (%)	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%
		Ouvert (%)	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%	00%
	Dimension d'un bureau type	Cloisonné [L*]= S (m <sup>2</sup> )	4.70*3.90 = 18.33m <sup>2</sup>	4.70*3.80 = 17.86m <sup>2</sup>	4.10*4.20 = 17.22m <sup>2</sup>	56.00 m <sup>2</sup>	5.25*6.00 = 31.50 m <sup>2</sup>	4.10*3.10 = 12.71m <sup>2</sup>	5.15*3.05 = 15.70m <sup>2</sup>	3.40*6.40 = 21.76m <sup>2</sup>	4.25*5.00 = 21.25m <sup>2</sup>	3.57*4.52 = 16.13m <sup>2</sup>
		Ouvert [L*]= S (m <sup>2</sup> )	/	/	/	/	/	/	/	/	/	/
Couleur des murs Int		Ocre jaune clair	Violet	Blanc	Blanc	Blanc	Crème	Vert clair	Ocre jaune	Bleu ciel	Crème / Blanc	
<b>Fenêtres</b>	N° des fenêtres par bureau	n°= 1	x	x	x		x		x			
		n°= 2						x	x	x	x	
		n°>= 3				n=8						
	Dimensions (L *H)		3.60*1.20	1.50*1.20	4.10*3.00	0.5*1.2	5.25* 2.50	1.50*1.30	2.70*0.90	1.20*1.50	2.20*1.65	120*1.40
	Surface total de la fenêtre S (m <sup>2</sup> )		4.32m <sup>2</sup>	1.80m <sup>2</sup>	12.30m <sup>2</sup>	4.80m <sup>2</sup>	13.12m <sup>2</sup>	3.90m <sup>2</sup>	4.86m <sup>2</sup>	1.80m <sup>2</sup>	7.26m <sup>2</sup>	3.36m <sup>2</sup>

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

<b>Fenêtres</b>	Ratio type (vitrage/S.bureau)		0.23	0.10	0.71	0.085	0.41	0.30	0.30	0.080	0.35	0.10	
	Type de verre		Fumé	Ordinaire	Fumé	Fumé	Fumé	Ordinaire	Ordinaire	Ordinaire	Fumé	Ordinaire	
	Position	Horizontale	Au centre	x	x		x	x	x	x	x	x	
			latérale			x						x	x
		Verticale (hauteur par rapport au sol)		1.20 m	1.50 m	0.20 m	1.00 m	1.00 m	1.30 m	0.20 m	1.20 m	0.50 m	1.00 m
	Position par rapport au meuble	En face											
		En arrière		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
		Latérale				x			x	x		x	
	Protection solaire	fixe	horizontale										
			verticale				x						
			combinée							x			
			claustra						x				
mobile		Les persiennes											
		Rideaux en tissu			x								x
		Les stores vénitiens		x		x	x	x	x	x	x	x	x
		Les stores enroulables											
		Autres											



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Tableau V.3. Analyse de l'environnement immédiat des bâtiments des bureaux étudiés dans la ville de Biskra. (Source : Auteur)

Bâtiments		OPJI				PG				DTP				CTC				A.F				D.Hyd				D.Tor				D.Em				DSP				DUC				
		N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O	N	S	E	O					
Urbain	Voirie	Principale	x				x								x				x				x				x				x				x				x			
		Secondaire				x		x			x	x	x			x				x			x				x	x	x		x	x			x	x						
		Proche	x			x	x	x			x	x	x		x	x				x			x				x	x	x	x	x	x										
		Loin																	x																x	x	x	x				
		Bondé	x			x	x								x					x				x				x							x							
		Non bondé						x			x	x	x			x			x					x			x	x	x		x	x				x	x	x				
	Bâtiment	Architecture	traditionnelle												x					x								x														
			Moderne	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x					x	x	x	x	x	x	x	x			
		Type	Résidentiel	x		x					x	x	x	x	x	x				x						x	x	x	x				x	x	x							
			équipement		x	x		x	x	x							x	x	x		x			x	x							x	x									
		densité	Dense	x	x	x					x		x					x	x	x	x									x				x	x							
			Non dense					x	x	x	x		x		x	x	x							x	x	x	x	x				x				x			x			
	Hauteur dominant		R+4	R+1	R+1		RDC	R+1	RDC	R+1	R+3	R+4	R+2	R+1	R+3	RDC	R+3	R+4	R+1	R+4	R+4					RDC	R+3	R+4	R+4	R+1				R+4	R+3	R+1		R+1	R+2	R+4	R+4	



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Source d'eau	Naturel							Distance entre bâtiment immédiat et bâtiment étudié	
	Arroseurs d'eau	Jet d'eau	Fontaine	Source naturelle	Végétation				Distance entre bâtiment et végétation
Hauteur					Type				
	Palmiers	Arbres fleuris	Arbres verts	Haies	Verdure verte	densité			
Dense						Dispersé			
									13.00 m
									44.50 m
									35.30 m
									49.40 m
									82.00 m
									40.45 m
									15.60 m
									26.10 m
									26.60 m
									15.30 m
									45.00 m
									18.40 m
									6.00 m
									3.50 m
									24.70 m
									39.50 m
									20.60 m
									33.40 m
									61.60 m
									6.00 m
									50.92 m
									12.50 m
									58.90 m
									54.50 m
									17.90 m
									34.55 m
									03.00 m
									21.00 m
									20.60 m
									22.50 m
									18.10 m
									66.80 m
									60.90 m
									11.85 m
									17.45 m

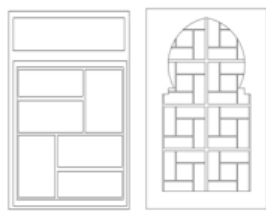
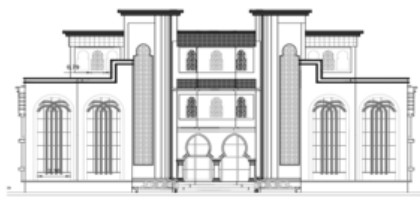
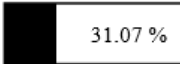


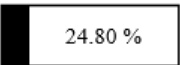
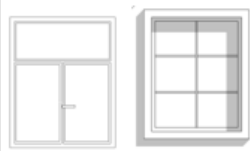

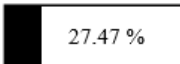
## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.3. Classification typologique selon les ouvertures


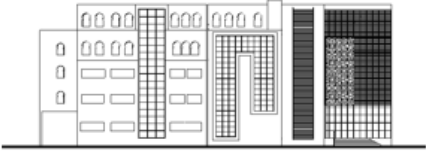

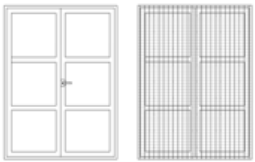

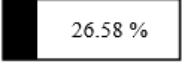
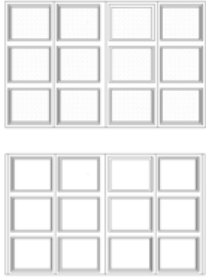
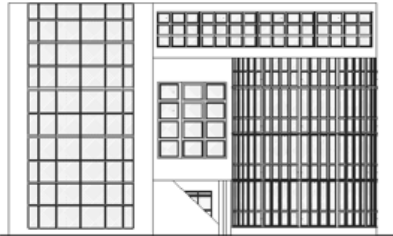
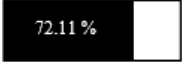
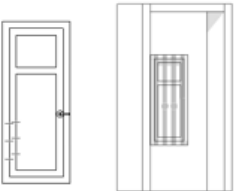
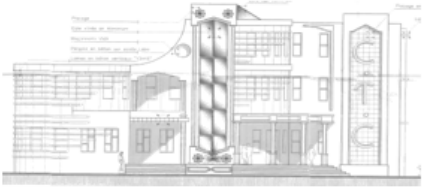
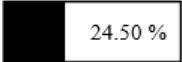
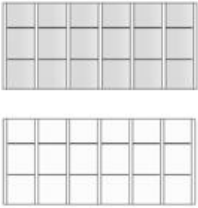


Après avoir établi les caractéristiques spécifiques des bâtiments, cette section se penche sur l'analyse des particularités des ouvertures. À cette fin, les données relatives à la surface des fenêtres en tant que critère principal ont été synthétisées de la manière suivante :

- Le Tableau V.4 présente les pourcentages d'ouvertures (vides) et de murs pleins sur toutes les façades, tout en schématisant la conception des fenêtres.
- Le Tableau V.5 expose les surfaces totales des fenêtres dans un bureau type de chaque bâtiment.
- Le Tableau V.6 indique le pourcentage de la surface totale des fenêtres par rapport à la surface intérieure du mur extérieur dans chaque bureau de chaque bâtiment. De plus, l'orientation principale des ouvertures de chaque bâtiment est également précisée dans ces analyses.

**Tableau V.4.** Pourcentage du vide et plein dans les façades et la conception des fenêtres. (Source : Auteur, 2019)

	Ouvertures Int/Ext	Façades	Pourcentage des vides
<b>D.Tourisme</b>		Sud ouest 	* surface total des ouvertures = <b>92.70 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>298.30 m<sup>2</sup></b>  31.07 %
<b>D. Hydraulique</b>		Sud 	* surface total des ouvertures = <b>91.28 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>368.05 m<sup>2</sup></b>  24.80 %
<b>D. d'emplois</b>		Nord Ouest 	* surface total des ouvertures = <b>64.27 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>233.88 m<sup>2</sup></b>  27.47 %

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

	Ouvertures Int/Ext	Façades	Pourcentage des vides
<b>OPJI</b>		Sud ouest 	* surface total des ouvertures = <b>423,53 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>904.69 m<sup>2</sup></b>  46.81 %
<b>PG</b>		Sud 	* surface total des ouvertures = <b>154.10 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>579.75 m<sup>2</sup></b>  26.58 %
<b>DTP</b>		Sud 	* surface total des ouvertures = <b>239.68 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>332.35 m<sup>2</sup></b>  72.11 %
<b>CTC</b>		Nord 	* surface total des ouvertures = <b>30.15 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>123.06 m<sup>2</sup></b>  24.50 %
<b>Agence Foncière</b>		Sud 	* surface total des ouvertures = <b>236,36 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>550.21 m<sup>2</sup></b>  42.95 %

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

	Ouvertures Int/Ext	Façades	Pourcentage des vides
<b>D. de santé public</b>		Sud Est 	* surface total des ouvertures = <b>139.66 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>338.50 m<sup>2</sup></b> 41.25 %
<b>D. d'urbanisme et de la construction</b>		Ouest 	* surface total des ouvertures = <b>38.70 m<sup>2</sup></b> * surface total de la façade = <b>420.56 m<sup>2</sup></b> 09.20 %

Tableau V.5. Les surfaces totales des fenêtres dans un bureau type. (Source : Auteur, 2019)

Le bâtiment	PG	D.Em	DUC	D.Tor	OPJI	CTC	D.Hyd	DSP	DTP	A.F
N° des fenêtres	1	1	2	2	1	8	2	2	1	1
La surface totale des fenêtres (m <sup>2</sup> )	1.80	1.80	3.36	3.90	4.32	4.80	4.86	7.26	12.30	13.12
La taille	Petite		moyenne			Grande				

Tableau V.6. Classification des bureaux selon le rapport de la surface des fenêtres à la surface intérieure du mur extérieur d'un bureau type. (Source : Auteur, 2019)

Le bâtiment	PG	D.Em	CTC	DUC	D.Tor	OPJI	DSP	D.Hyd	DTP	A.F
La forme du bâtiment										
Axe d'orientation	E - O	NO - SE	E - O	E - O	NO - SE	E - O	NE -SO	SE/SO	N - S	S / O
La surface des fenêtres	1.80 m <sup>2</sup>	1.80 m <sup>2</sup>	4.80 m <sup>2</sup>	3.36 m <sup>2</sup>	3.90 m <sup>2</sup>	4.32 m <sup>2</sup>	7.26 m <sup>2</sup>	4.86 m <sup>2</sup>	12.30 m <sup>2</sup>	13.12 m <sup>2</sup>
La surface du mur extérieur	14.21 m <sup>2</sup>	10.88 m <sup>2</sup>	26.38 m <sup>2</sup>	11.53 m <sup>2</sup>	16.40 m <sup>2</sup>	13.92 m <sup>2</sup>	19.10 m <sup>2</sup>	12.44 m <sup>2</sup>	17.01 m <sup>2</sup>	17.85 m <sup>2</sup>
Le pourcentage	12.66%	16.54 %	18.19 %	29.14 %	23.78 %	31.03 %	38.01 %	39.06 %	72.31 %	73.50 %
Les groupes	< 20 %		20 % < P < 35 %				> 35 %			
La taille	Petite		Moyenne				Grande			

▲ Direction des fenêtres

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 2.4. Choix des cas d'étude

En se basant sur le dernier tableau, les bâtiments recensés sont classés en trois groupes en fonction du ratio d'ouverture des fenêtres (WWR). Ce ratio est une variable qui est susceptible d'influencer la qualité visuelle (lumière naturel et vue vers l'extérieur) à l'intérieur de l'espace de travail, ainsi que la satisfaction des usagers envers l'environnement physique intérieur.

- GROUPE N° 01 : Il comprend les bâtiments où le WWR est inférieur à 20%.
- GROUPE N° 02 : Ce groupe inclut les bâtiments où le WWR est comprise entre 20% et 35%.
- GROUPE N° 03 : Ce groupe concerne les bâtiments où le WWR représente plus de 35% de la surface intérieure du mur extérieur du bureau.

Ces résultats confirment une tendance à l'augmentation des surfaces vitrées dans les immeubles de bureaux. Ces ratios d'ouvertures atteignant jusqu'à 80% durant la période contemporaine actuelle témoignent d'une tendance évolutive marquée en contraste avec les ratios de 20% relevés au sein des périodes préalablement examinées (Seksaf, 2006).

Après l'examen de dix édifices de bureaux à Biskra, une classification a été réalisée en se basant sur le ratio d'ouverture des fenêtres, ce qui a abouti à l'identification de trois catégories principales. En conséquence de cette catégorisation, uniquement deux bâtiments (représentants deux groupes) ont été retenus comme cas d'étude : L'Office de Promotion et de Gestion Immobilière (OPJI) et la direction des travaux publique (DTP) (L'annexe C détaille les plans et les façades de ces deux bâtiments choisies), en se conformant aux critères suivants :

- Suite à une analyse de la littérature (voir chapitre I, section), il est devenu manifeste que le choix du ratio d'ouverture des fenêtres dans les bâtiments de bureaux implantés en zones climatiques chaudes et arides exerce une influence déterminante sur le confort des occupants et leur degré de satisfaction. Plus spécifiquement, il a été établi que maintenir un ratio se situant dans la plage de 25 % à 35 % se révèle être le plus favorable, générant des résultats particulièrement positifs en termes de confort thermique et de bien-être des utilisateurs. En revanche, dans le cas des bâtiments situés dans ces mêmes zones climatiques, où le ratio dépasse cette fourchette pour atteindre des valeurs allant de 70 % à une transparence totale, cette configuration s'avère systématiquement préjudiciable au confort des occupants, ainsi qu'à leur niveau de satisfaction. Dans de telles situations, ce coefficient est de manière constante jugé inapproprié, représentant

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

un état critique dans l'évaluation de la qualité de l'environnement intérieur de ces bâtiments. C'est la raison pour laquelle nous optons pour deux cas d'étude, chacun d'entre eux incarnant l'un de ces deux groupes du ratio.

- Dans le processus de sélection d'un cas pour chaque groupe, divers critères ont été pris en compte, comprenant notamment :
  - ✓ La facilité d'accès aux bâtiments étudiés.
  - ✓ Le nombre de bureaux ayant des caractéristiques similaires à un bureau type dans chaque bâtiment.
  - ✓ Le nombre d'usagers dans chaque bâtiment qui constituent un échantillon d'étude de recherche, avec un seuil minimum de 30 participants.

### 2.5. Choix des bureaux a étudiés

Le choix des bureaux à étudier dans les deux bâtiments cas d'étude (Figure V.16) a été déterminé en se basant sur des critères spécifiques visant à assurer une comparaison pertinente :

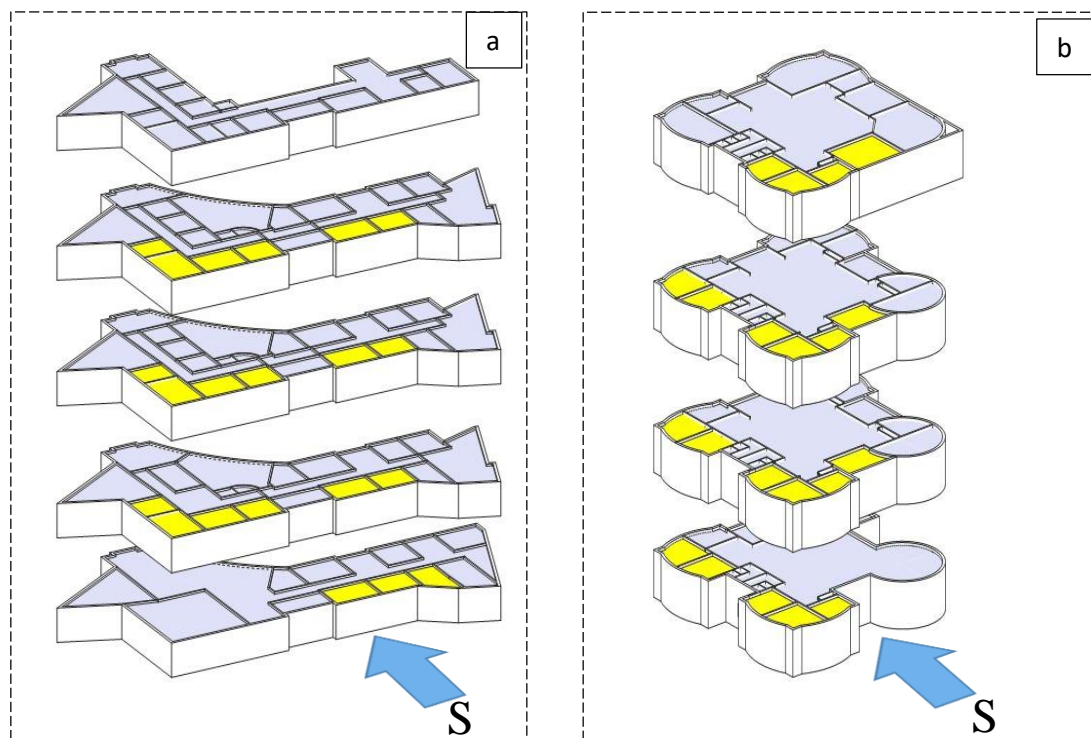
- Il convient de noter que les bureaux présentent des variations substantielles en termes de ratio d'ouverture des fenêtres qui ne répond pas aux critères du choix des deux bâtiments, ainsi que des différences significatives de surface totale.

Pour garantir une comparabilité adéquate entre les deux bâtiments, nous avons choisi de sélectionner uniquement les bureaux qui affichent le même ratio d'ouverture des fenêtres. Plus précisément, un ratio de 31% a été retenu pour le bâtiment B1, tandis que le bâtiment B2 a été sélectionné sur la base d'un ratio d'ouverture des fenêtres de 72.3%. Ce choix a pour objectif de minimiser les variables potentielles et de permettre une évaluation plus précise des effets de l'éclairage naturel dans ces bureaux.

- De plus, nous avons délibérément opté pour l'étude des bureaux orientés vers le sud et l'ouest. Cette décision découle de la nature critique de ces orientations dans les zones climatiques chaudes et arides. Ces orientations sont particulièrement exposées à des conditions de lumière naturelle et de chaleur intense, ce qui en fait des candidats idéaux pour notre analyse approfondie.

En somme, le choix des bureaux à étudier repose sur des critères rigoureux visant à assurer la comparabilité entre les deux bâtiments cas d'étude, tout en se concentrant sur des orientations spécifiques qui sont d'une importance particulière dans des zones climatiques chaudes et arides.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude



**Figure V.16.** Les bureaux sélectionnés pour l'étude. a : cas d'étude B1 ; b : cas d'étude B2.

(Source : Auteur)

Les tableaux V.7 et V.8 représentent les caractéristiques des bureaux sélectionnés pour l'étude pour chaque bâtiment cas d'étude B1 et B2.

**Tableau V.7.** Les caractéristiques des bureaux sélectionnés pour l'étude du cas B1.

(Source : Auteur)

BATIMENT B1	Codage des bureaux	Etage	Orientation	Taux d'occupation
	a1	RDC	Sud	03 per
	a2	RDC	Sud	01 per
	a3	RDC	Sud	02 per
	b1	1 <sup>er</sup> étage	Sud	01 per
	b2	1 <sup>er</sup> étage	Sud	02 per
	b3	1 <sup>er</sup> étage	Sud	02 per
	b4	1 <sup>er</sup> étage	Sud	01 per
	b5	1 <sup>er</sup> étage	Sud	01 per
	b6	1 <sup>er</sup> étage	Ouest	02 per
	c1	2 <sup>eme</sup> étage	Sud	01 per
	c2	2 <sup>eme</sup> étage	Sud	01 per
	c3	2 <sup>eme</sup> étage	Sud	02 per
	c4	2 <sup>eme</sup> étage	Sud	01 per
	c5	2 <sup>eme</sup> étage	Ouest	02 per
	c6	2 <sup>eme</sup> étage	Ouest	01 per
	d1	3 <sup>eme</sup> étage	Sud	01 per
d2	3 <sup>eme</sup> étage	Sud	01 per	

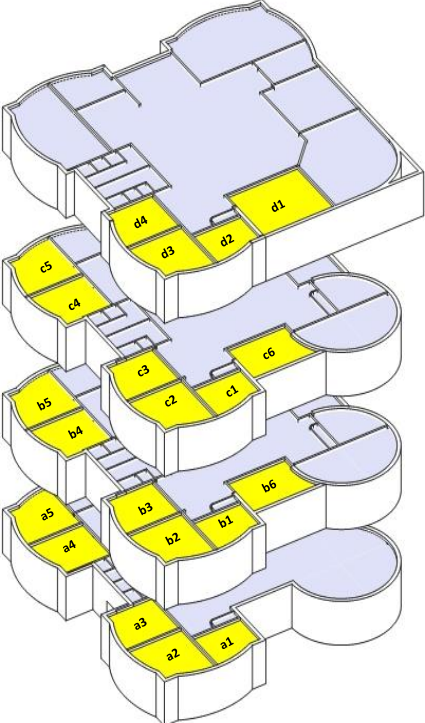


## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

	d3	3 <sup>ème</sup> étage	Sud	01 per
	d4	3 <sup>ème</sup> étage	Sud	01 per
	d5	3 <sup>ème</sup> étage	Ouest	02 per
	d6	3 <sup>ème</sup> étage	Ouest	01 per

**Tableau V.8.** Les caractéristiques des bureaux sélectionnés pour l'étude du cas B2.

(Source : Auteur)

BATIMENT B2	Codage des bureaux	Etage	Orientation	Taux d'occupation
	a1	RDC	Sud	01 per
	a2	RDC	Sud /Ouest	02 per
	a3	RDC	Ouest	01 per
	a4	RDC	Ouest	02 pers
	a5	RDC	Ouest	02 per
	b1	1 <sup>er</sup> étage	Sud	01 per
	b2	1 <sup>er</sup> étage	Sud /Ouest	01 per
	b3	1 <sup>er</sup> étage	Ouest	01 per
	b4	1 <sup>er</sup> étage	Ouest	01 per
	b5	1 <sup>er</sup> étage	Ouest	01 per
	b6	1 <sup>er</sup> étage	Sud	02 per
	c1	2 <sup>ème</sup> étage	Sud	01 per
	c2	2 <sup>ème</sup> étage	Sud /Ouest	02 per
	c3	2 <sup>ème</sup> étage	Ouest	01 per
	c4	2 <sup>ème</sup> étage	Ouest	01 per
	c5	2 <sup>ème</sup> étage	Ouest	01 per
	c6	2 <sup>ème</sup> étage	Sud	03 per
	d1	3 <sup>ème</sup> étage	Sud	01 per
	d2	3 <sup>ème</sup> étage	Sud	01 per
	d3	3 <sup>ème</sup> étage	Sud /Ouest	02 per
d4	3 <sup>ème</sup> étage	Ouest	02 per	



# Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

## 3. Protocole expérimental

### 3.1. Evaluation de l'environnement lumineux

Dans cette recherche, la méthodologie de simulation numérique est employée pour approfondir la dimension quantitative de l'étude. Les simulations lumineuses réalisées contribuent à la caractérisation de l'environnement visuel lié au phénomène étudié. De manière complémentaire, une corrélation des résultats des simulations peut être établie avec les réponses et les commentaires collectés auprès des usagers lors des enquêtes.

#### 3.1.1. Protocole de simulation d'UDI par le logiciel Design Builder V6.1.8 :

La simulation de la performance lumineuse d'un bâtiment à l'aide de DesignBuilder constitue un processus qui requiert la préalable introduction de données essentielles avant d'amorcer les calculs. Parmi ces données, l'un des principaux éléments est le fichier climatique de la ville étudiée, généralement produit par le logiciel "Meteonorm V7.2" au format "EPW". Par ailleurs, DesignBuilder nécessite d'autres paramètres d'entrée (inputs) pour la simulation et la production de résultats (outputs).

Dans notre contexte, l'analyse par simulation numérique a été conduite en suivant le protocole suivant (figure V.17) :

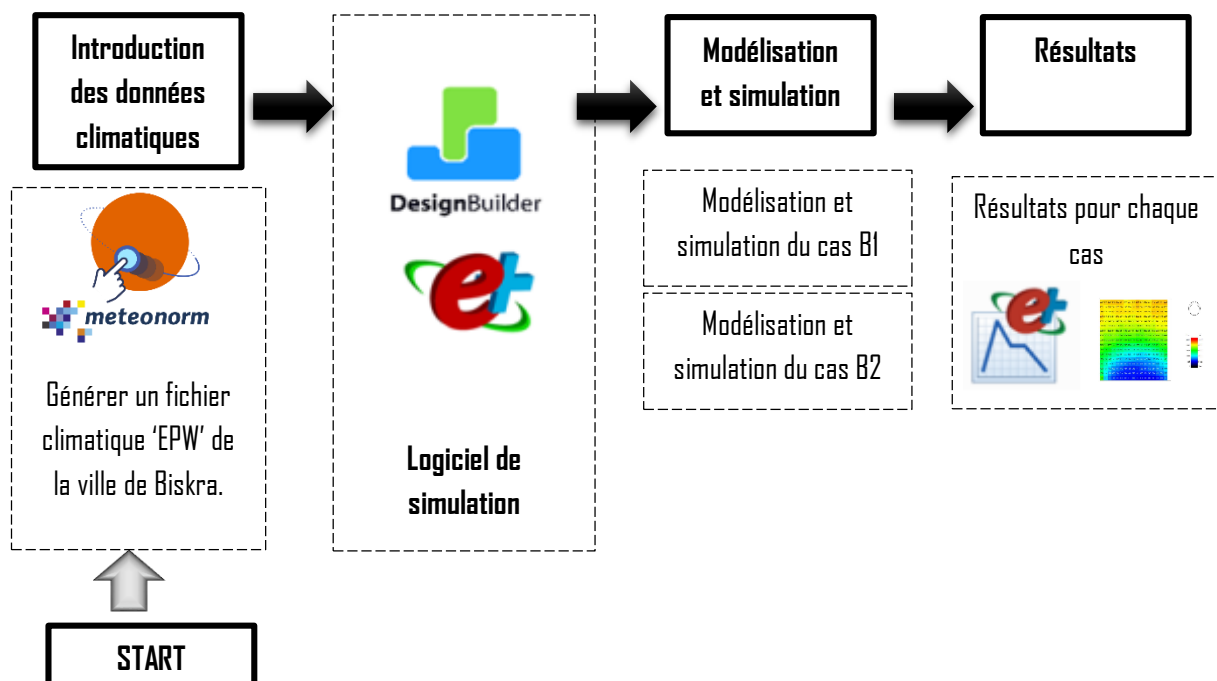
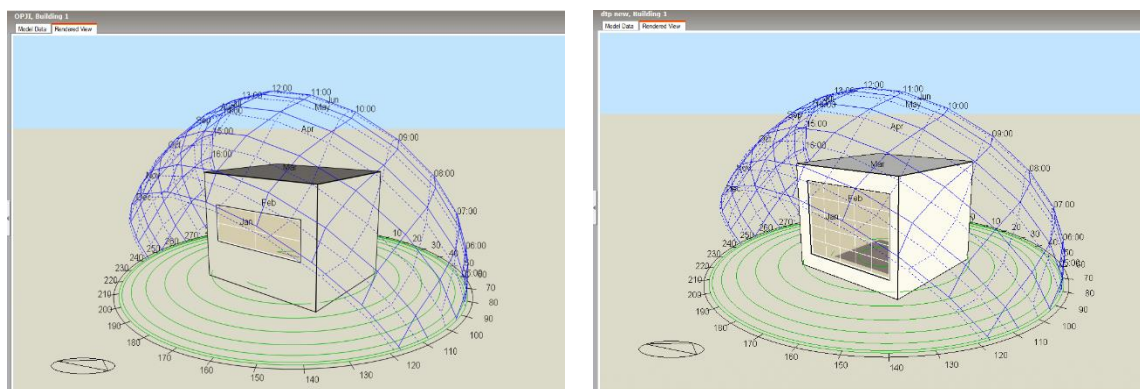


Figure V.17. Protocole de simulation d'UDI par Design Builder. (Source : Auteur)

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

- ✓ **Etape 01** : La phase initiale de la simulation effectuée dans DesignBuilder implique la détermination de la localisation géographique du lieu d'intérêt et l'acquisition des données climatiques correspondantes. Dans cette optique, nous avons créé un fichier climatique horaire au format « EPW » spécifique à la station météorologique de Biskra, en utilisant Meteonorm V8, puis nous l'avons intégré dans DesignBuilder.
- ✓ **Etape 02** : Il est impératif de préalablement attribuer une catégorie d'activité à chaque zone spécifiée, afin de permettre au logiciel de déterminer le modèle d'occupation, comprenant le type d'activité, les plages horaires d'occupation, les jours de la semaine d'occupation. Étant donné que l'étude se concentre sur des bâtiments non résidentiels, les modèles ont été classés comme étant des espaces de bureau. L'horaire d'occupation a été configuré pour une plage horaire de 9h00 à 14h00, sur une période de cinq jours ouvrables, avec deux jours de repos le week-end.
- ✓ **Etape 03** : introduction des inputs : Les deux bureaux sélectionnés comme objets d'étude ont été représentés de manière détaillée, en tenant compte :
  - La géométrie ainsi que tous leurs composants notamment : l'enveloppe, les matériaux utilisés aux niveaux des murs, des toits et des vitrages, les ouvertures (figure V.18).
  - Type d'activité : espace de bureaux avec taux d'occupation de 1 per/m<sup>2</sup>.
  - Les propriétés physiques des matériaux ont été prises en compte pour chaque cas d'étude, en utilisant des valeurs conformes aux caractéristiques réelles.
  - Les ouvertures : fenêtre simple avec un ratio 30% pour le cas du B1 et 70% pour le cas du B2, un vitrage simple (de 3 mm), menuiserie en aluminium et sans aucune protection.
  - Type d'éclairage artificiel : la simulation a été réalisée dans des conditions où l'éclairage artificiel est atteint.
  - Les systèmes HVAC : la simulation a été réalisée dans des conditions naturelles.
- ✓ **Etape 04** : génération des outputs : Des simulations ont été menées en vue d'évaluer l'éclairage naturel annuel (UDI) sous forme d'une carte fausse couleur.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude



**Figure V.18.** Les bâtiments B1 et B2 modélisés par Design Builder. (Source : Auteur)

### 3.1.2. Protocole de simulation de la luminance dans le champ de la vision :

La mesure des niveaux de luminance dans le champ visuel est réalisée à l'aide du logiciel de simulation lumineuse naturelle RADIANCE 2.0 BETA. Les simulations sont exécutées en concordance avec la période de l'enquête, qui s'est déroulée du 16 juin 2019 au 30 juin 2019. Durant cette période, les questionnaires ont été distribués et remplis durant les heures de travail, de 8h00 à 14h00 (les horaires du travail pendant la saison estivale dans les bâtiments de bureaux à la ville de Biskra).

Afin de faciliter la cohérence entre les données qualitatives et quantitatives, le choix des moments de simulation a été basé sur trois plages horaires de la journée : 10.00h00, 12h00 et 14h00.

La simulation de la luminance est effectuée dans le champ visuel des employés orientés vers la fenêtre. Dans notre étude, les deux bâtiments analysés englobent trois configurations de positionnement des bureaux par rapport aux fenêtres : en face, à côté et en arrière.

Le protocole de simulation est détaillé dans la Figure V.19, conformément aux exigences de la méthodologie.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

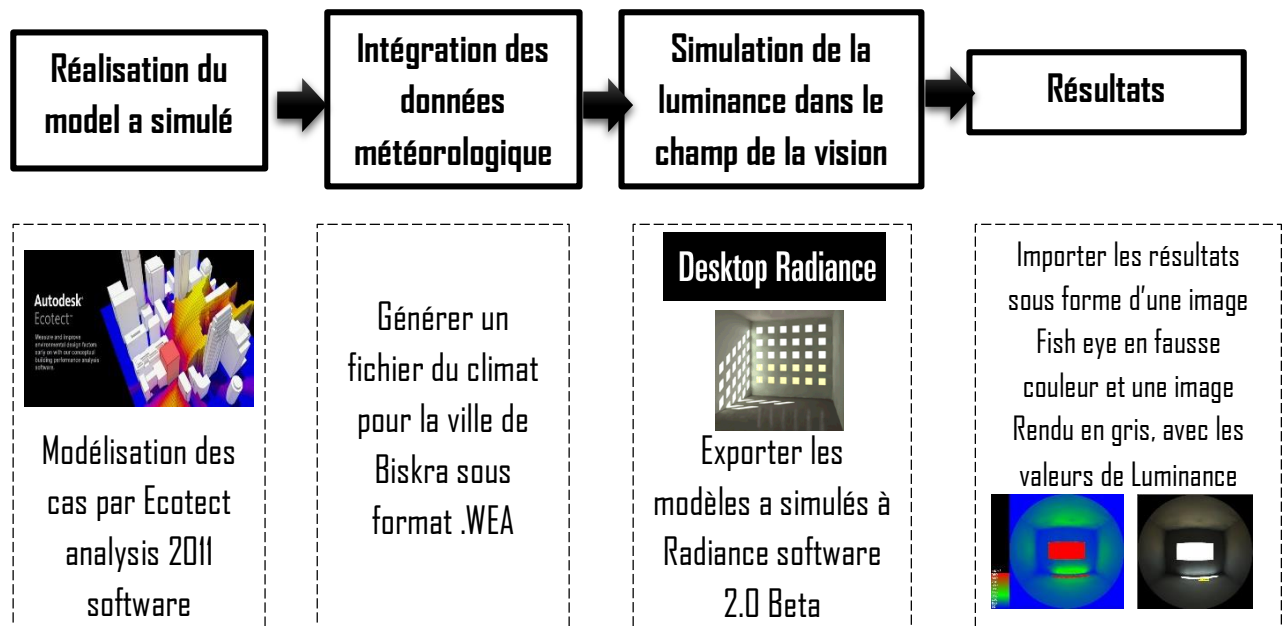


Figure V.19. Protocole de simulation de la luminance par Radiance 2.0 Beta. (Source : Auteur)

### 3.2. Evaluation de la vue vers l'extérieur

#### 3.2.1. Modèle du calcul du VQI :

Pour évaluer la vue vers l'extérieur, notre attention se porte sur l'Indices de Qualité de Vue (VQI) en tant qu'indicateur décrivant la corrélation entre les variables fondamentaux d'une vue, afin de quantifier la qualité visuelle d'une fenêtre spécifique. Cette évaluation repose sur l'équation énoncée dans la section 3.2 du chapitre III :



$$VQI = V_{\text{contenu}} + V_{\text{accessibilité}} + V_{\text{clarté}}$$

\* Il convient de souligner que certaines variables prennent des valeurs standard en raison du manque d'informations détaillées concernant certaines des vues étudiées.

Le tableau V.9 représente la méthode de calcul du VQI pour une vue donnée, les autres VQI des vues étudiées pour le cas du B1 et B2 sont calculés de la même manière et ils sont présentés à l'annexe D.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Tableau V.9. Méthode de calcul de VQI pour un cas type. (Source : Auteur)

La vue vers l'extérieur	Méthode de calcul du VQI
	$V_{\text{contenu}} = L_{\text{ciel}} + L_{\text{paysage}} \cdot wf_{\text{ct.dis.}} + L_{\text{sol}} \cdot wf_{\text{movement}} + L_{\text{nature}} \cdot wf_{\text{nature}}$
	$L_{\text{ciel}} = 0.25$ $L_{\text{paysage}} = 0.25$ $wf_{\text{ct.dis.}} = 0.75$ $L_{\text{sol}} = 0.25$ $wf_{\text{movement}} = 1$ $L_{\text{nature}} = 0.25$ $wf_{\text{nature}} = 0.5$ $V_{\text{contenu}} = 0.25 + 0.25 \cdot 0.75 + 0.25 \cdot 1 + 0.25 \cdot 0.5 = \mathbf{0.75}$
	$V_{\text{accessibilité}}$
	<p>On a : <math>\alpha_{\text{vue}} = 41.25^\circ</math> ;</p> <p>et selon (CEN/TC 169, 2018) on a : <math>\alpha_{\text{saturation}} = 54^\circ</math> ; <math>\alpha_{\text{min}} = 14^\circ</math></p> <p>Donc : <math>\alpha_{\text{min}} &lt; \alpha_{\text{vue}} &lt; \alpha_{\text{saturation}}</math> ; avec <math>Y = \frac{1}{2} \left( \frac{41.25}{54-14} \right)</math></p>
	$V_{\text{accessibilité}} = \mathbf{0.51}$
	$V_{\text{clarté}}$
	<p>En raison du manque d'appareils et d'informations détaillées pour mesurer <math>\beta_{\text{clarté}}</math>, nous prenons la valeur 1 pour une clarté maximale, et 0.5 pour une clarté minimale (Ko et al., 2021).</p>
	$V_{\text{clarté}} = \mathbf{1}$
	$VQI = V_{\text{contenu}} \cdot V_{\text{accessibilité}} \cdot V_{\text{clarté}} = \mathbf{0.375}$
	<p>Etiquette : <b>Vue de Bonne qualité</b></p>

### 3.2.2. Procédure de réalisation des scénarios de la préférence à la base du VR :

Dans le but d'analyser les préférences des usagers pour déterminer ce qui constitue une vue satisfaisante, des scénarios ont été générés par l'interaction entre des paramètres choisis pour chacune des trois variables constitutives d'une vue : le contenu, l'accessibilité et la clarté. Cette manipulation a donné lieu à la création de 28 scénarios pour chaque WWR (B1 et B2), dont les détails sont répertoriés dans le tableau V.10.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

**Tableau V.10.** Les scénarios générés pour étudier les préférences des usagers par rapport à la vue vers l'extérieur. (Source : Auteur)

Variables	Paramètres	N° des scénarios générés	
Le contenu	Type	Naturel	
		Urbain	
		Mixte (naturel et urbain)	
	N° des strates	1 strate	<b>18 scénarios</b>
		2 strates	
		3 strates	
Distance	Proche (Dist = 2m)		
	Loin (Dist = 10m)		
L'accessibilité	distance entre le bureau et la fenêtre	Proche (Dist < 2m)	
		Loin (Dist > 2m)	
	Position du bureau par rapport à la fenêtre	Parallèle	
		Perpendiculaire	
La clarté	Type de vitrage	Transparent	<b>06 scénarios</b>
		Teinté	
		sans cadre	
	Fragmentation	meneau horizontale	
meneau vertical			

### A. Génération des scénarios

Pour élaborer ces scénarios de réalité virtuelle, un processus en trois étapes a été soigneusement suivi (Figure V.20) :

- Dans la première étape, les bureaux types pour les bâtiments B1 et B2 ont été modélisés en utilisant le logiciel Archicad 21. Cette modélisation a permis de reproduire de manière précise les espaces de travail standards dans chacun de ces bâtiments.
- La deuxième étape a impliqué le rendu des modèles pour créer des images stéréo-équirectangulaires à 360 degrés à l'aide du logiciel de rendu Lumion 12. Ces images ont servi de base pour la création de l'environnement de réalité virtuelle.
- La troisième étape a consisté à générer une scène virtuelle en utilisant l'image à 360 degrés comme point de départ. Cette scène virtuelle a été créée en employant l'application VR Media Player-360° Viewer. Elle a permis aux utilisateurs de naviguer et d'explorer les espaces de manière immersive, offrant ainsi une expérience de réalité virtuelle réaliste et complète.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

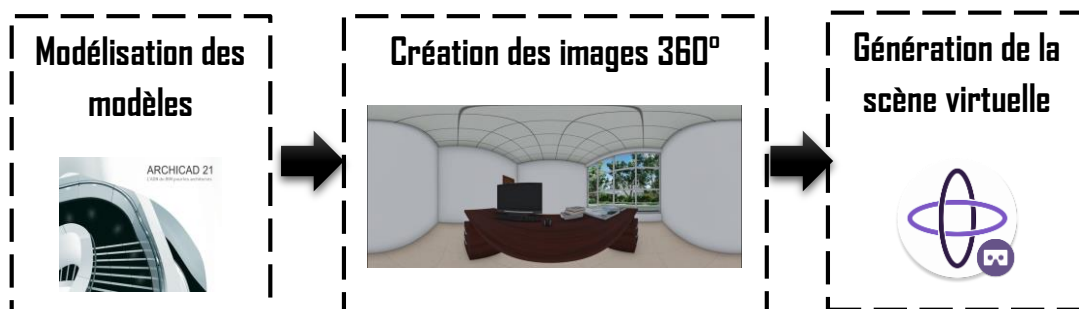








Figure V.20. Processus d'élaboration des scénarios basée sur VR. (Source : Auteur)

Le tableau V.11 représente un des scénarios réalisés pour chaque variable pour le cas du B1 et B2. Les autres scènes sont illustrées dans l'ANNEXE E.

Tableau V.11. Exemples des scénarios réalisés pour chaque variable pour le cas du B1 et B2.

(Source : Auteur)

Variable	Bâtiment B1	Bâtiment B2
Le contenu de la vue		
L'accessibilité à la vue		
La clarté de la vue		



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### B. Procédure de l'Expérience virtuelle

- Les participants ont reçu des informations détaillées sur l'expérience et les variables liées à la qualité de la vue afin d'éviter toute confusion.
- Les images simulées ont été affichées à l'aide de trois casques de réalité virtuelle VR Shinecon équipés de lentilles optiques asphériques de 40 mm (Figure V.21a).
- Les mouvements de la tête des participants, ont été utilisés pour explorer un environnement virtuel complet à 360 degrés, grâce à l'utilisation du logiciel VR Media Player (Figure V.21b).
- Chaque participant a examiné un total de 28 images, une à la fois, et a consacré jusqu'à 30 secondes par image pour se familiariser avec l'environnement et noter leur degré de satisfaction quant à la qualité de la vue, en utilisant une échelle de notation à 5 points (Figure V.21c).

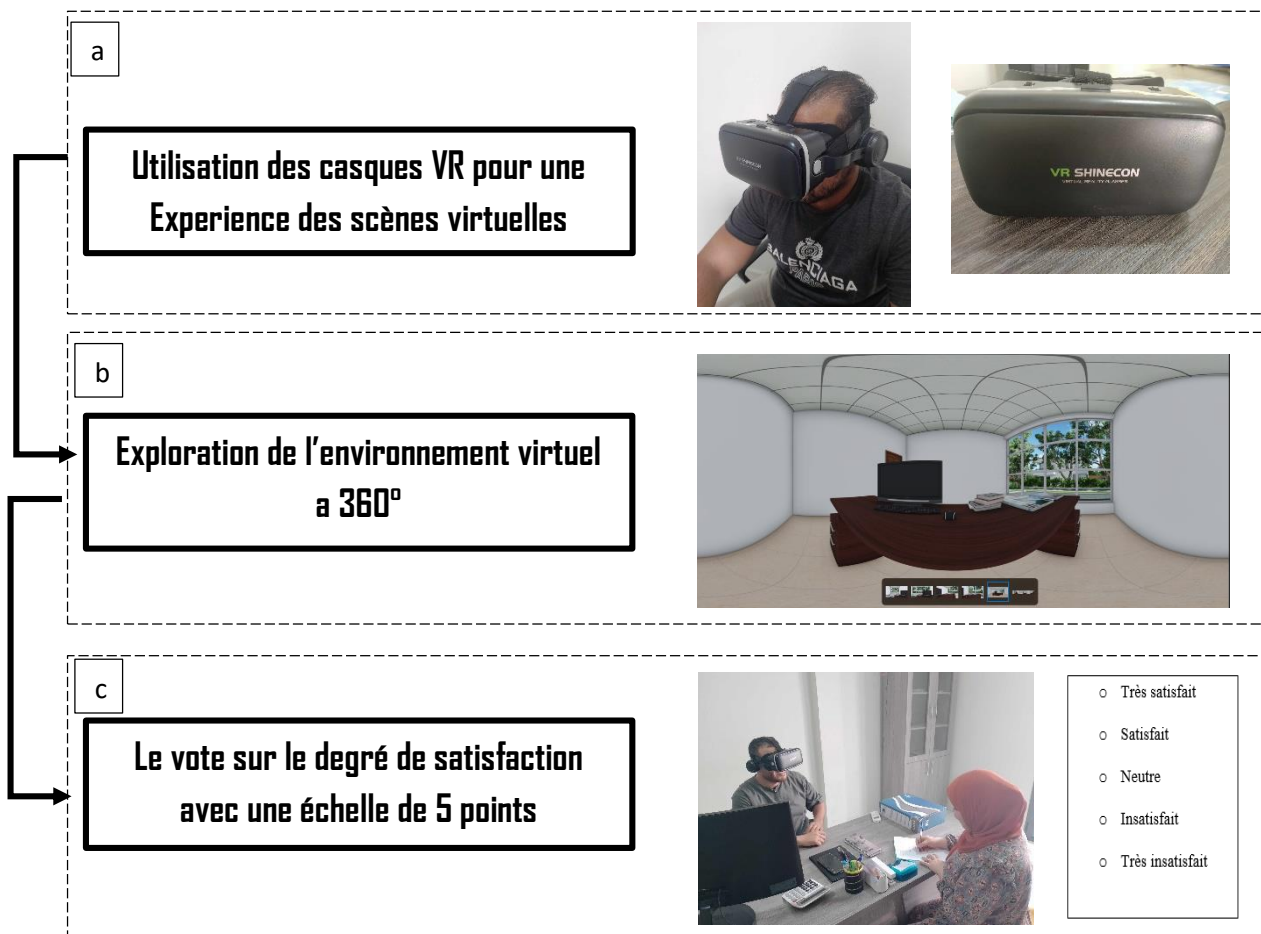


Figure V.21. Procédure de l'expérience virtuelle. (Source : Auteur)



## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

### 3.3. Protocole de mesure d'interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur

L'objectif de cette partie du travail était d'explorer si l'intérêt pour la vue depuis une fenêtre est lié à l'inconfort dû à l'éblouissement.

L'expérience a utilisé le vote de réponse à l'éblouissement (GRV - Glare Response Vote) comme paramètre pour identifier cette relation, en réalisant une mise à l'échelle des valeurs du vote de sensation d'éblouissement (GSV - Glare Sensation Vote) (tableau V.12). Ceci a été effectué afin de permettre une comparaison aisée avec les valeurs calculées de l'indice d'éblouissement en lumière du jour (DGI - Daylight Glare Index) dont :  $GRV = 4GSV + 16$ .



**Tableau V.12.** Degré d'éblouissement perçu basant sur GSV et DGI. (Source : Tuaycharoen Tregenza, 2007)

Degré d'éblouissement perçu	GSV	DGI
Juste imperceptible	0	16
		18
Juste acceptable	1	20
Limite entre confort et inconfort	1.5	22
		24
Juste inconfortable	2	26
		28
Juste intolérable	3	28









*A. L'expérimentation in situ :* L'expérience a été menée sur une seule journée pour chaque bâtiment, le 17 juillet 2022 pour le cas du B1, et le 19 juillet 2022 pour le cas du B2, de 09.00 à 14.00 h (horaires du travail de la période estivale).

- Tout d'abord, les usagers des bâtiments ont été invités à évaluer cinq vues différentes de chaque bâtiment en utilisant une échelle linéaire de onze points sur un questionnaire. Ces vues ont ensuite été classées en fonction de leur score moyen afin d'identifier la vue la plus intéressante dans chaque bâtiment (Tableau V.13).

**Tableau V.13.** Scores d'intérêt des vues de B1 et B2 évalués par les usagers. (Source : auteur)

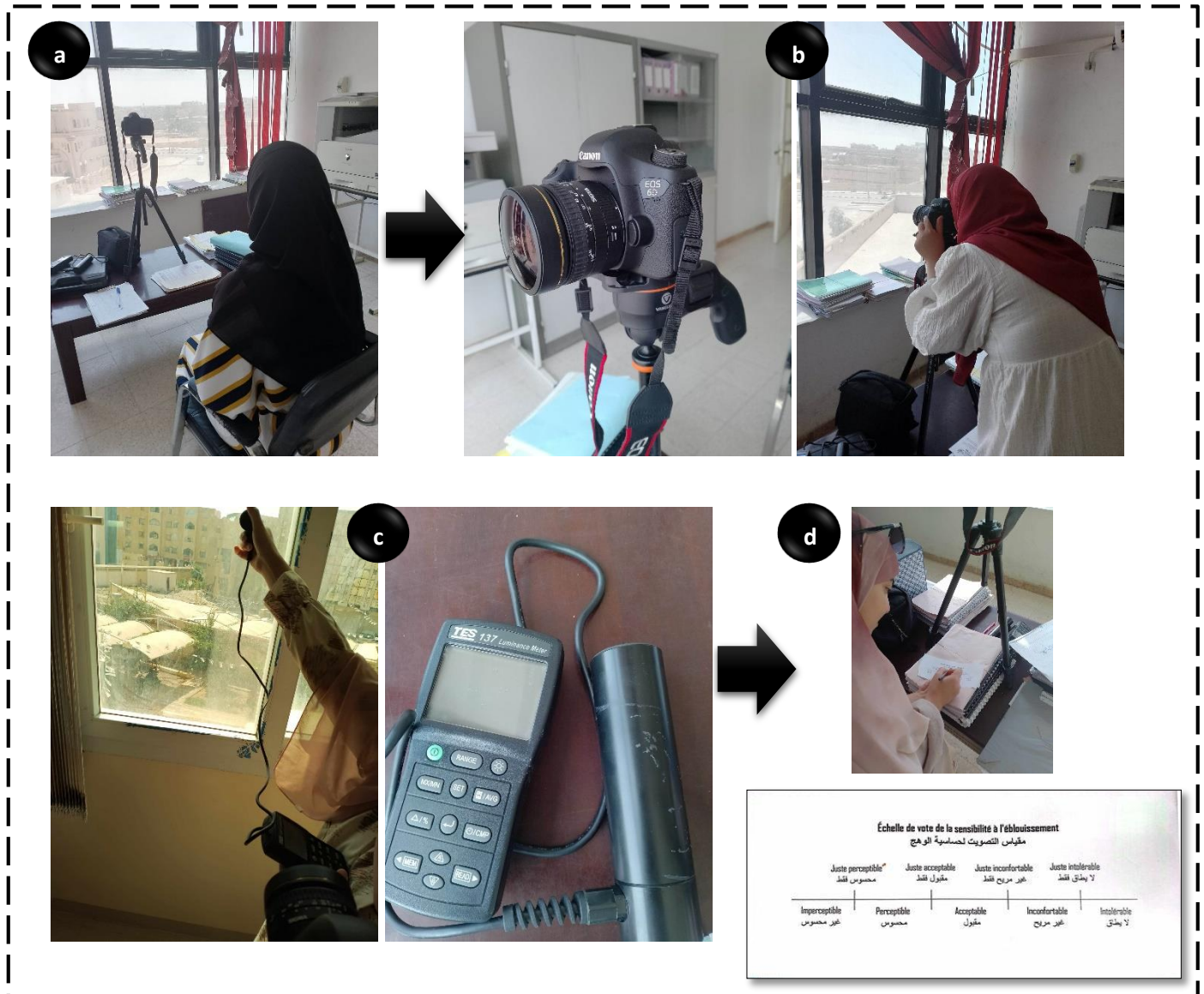
Vues du bâtiment B1	Score moyen	Vues du bâtiment B2	Score moyen
	5.86		3.12

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

	1.29		<b>4.29</b>
	4.65		3.07
	<b>6.12</b>		2.66
	4.23		2.18

- Après cette étape de classement, les usagers se sont assis en face de la fenêtre qui contient la vue la plus intéressante, à une distance de 2 mètres du plan de la vitre, et ont été invités à se concentrer sur la zone centrale de l'ouverture pendant 30 secondes. L'expérimentateur et un assistant se tenaient légèrement derrière le sujet de chaque côté (Figure 22a).
- Une caméra numérique CANON EOS 600D équipée d'un objectif fish-eye a enregistré la vue à différentes valeurs d'exposition (ces images seraient ultérieurement utilisées pour déterminer la valeur de l'indice d'éblouissement DGI) (Figure 22b).
- De plus, on a enregistré la luminance sur un plan vertical à la hauteur des yeux de chaque participant par une luminance mètre TES 137 pour le calibrage des images (Figure 22c).
- Ensuite, on a demandé aux sujets d'évaluer le niveau d'inconfort dû à l'éblouissement en faisant une marque sur l'échelle GSV (Glare Sensation vote) sur le formulaire du questionnaire (Figure 22d).

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude



**Figure V.22.** Les étapes expérimentales in situ pour l'évaluation de la relation entre la sensation d'éblouissement et la vue. (Source : Auteur)

### B. Mesure de l'indice d'éblouissement DGI :

Pour effectuer cette mesure, nous avons utilisé le logiciel Aftab Alpha 2.1.0, qui est programmé en Python avec des commandes en C++. Ce logiciel fait également usage des modules radiance et Evalglare. Le processus implique les étapes suivantes (Figure V.23) :

- Acquisition de trois images prises avec un objectif fish-eye, chacune avec une exposition différente.
- Fusion de ces images en une seule image à plage dynamique élevée (HDR) grâce au logiciel, permettant ainsi de couvrir une large gamme de luminance visible.

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

- Calibrage des valeurs de luminance par le logiciel en les comparant à des valeurs de luminance réellement mesurées sur le terrain.
- Création d'une carte de distribution des luminances sur les champs visuels en utilisant des images en fausses couleurs et calcul des valeurs de l'indice d'éblouissement DGI à l'aide du module interne Evalglare du logiciel.

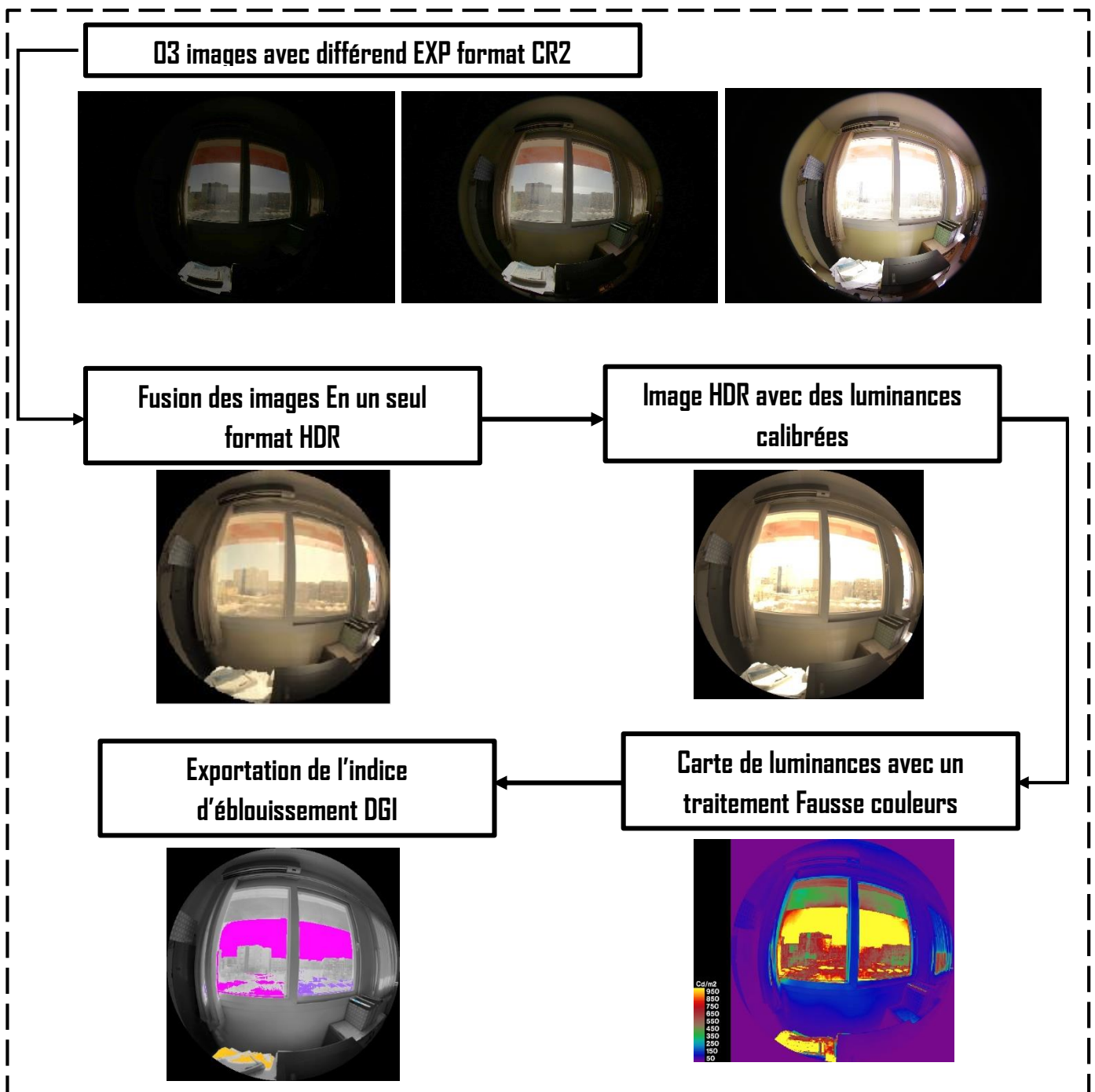


Figure V.23. Procédure d'acquisition et de traitement d'images. (Source : Auteur)



## **Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude**

### **4. Mesure qualitative : enquête**

#### **4.1. Protocole de distribution**

La collaboration essentielle des responsables des services et du personnel administratif des deux bâtiments du bureau choisis comme sujets d'étude était indispensable pour garantir le bon déroulement de l'enquête par questionnaire. De plus, plusieurs mesures préventives ont été prises, notamment :

- Les questionnaires ont été distribués sur une période de deux jours pour chaque bâtiment : du 16 juin 2019 au 30 juin 2019, en raison de circonstances particulières liées à la disponibilité des usagers et au temps nécessaire pour expliquer les questions, il a été nécessaire d'allouer une semaine entière à chaque bâtiment pour la distribution des questionnaires.
- La distribution des questionnaires a eu lieu en notre présence et sous notre supervision directe.
- Nous avons expliqué chaque question du questionnaire en détail, insistant sur le fait que le sujet de notre recherche n'était pas lié à leur travail.
- Les questionnaires ont été distribués pendant les heures de travail, de 9h30 à 14h00.
- Les questionnaires ont été récupérés après trois jours de la distribution.
- Parmi les 91 questionnaires distribués dans les deux bâtiments, seuls 68 ont été retournés (38 pour B1 et 30 pour B2), ce qui a entraîné un taux de réponse de 74,72 %. Afin de normaliser les données, nous avons retenu uniquement les résultats de 30 questionnaires comme un échantillon d'étude pour chaque bâtiment.
- Les résultats ont été traités à l'aide du logiciel statistique SPSS Statistics 22.

#### **4.2. Caractéristiques de l'échantillon d'étude**

Suite à la collecte des questionnaires distribués, notre première démarche analytique consistera à effectuer des analyses descriptives de l'échantillon de l'étude au sein de chaque bâtiment, en mettant en évidence les caractéristiques personnelles des participants, comme répertoriées dans le tableau suivant (tableau V.14) :

## Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude

Tableau V.14. : Statistiques descriptives des participants de l'enquête. (Source : auteur)

Caractéristiques de l'échantillon d'étude	B1 (30%WWR) %	B2 (70% WWR) %
<b>• Age</b>		
18-29	13.33	06.66
30-39	46.66	40.00
40-49	30.00	20.00
50-59	10.00	30.00
60-69	00.00	03.34
<b>• Genre</b>		
Homme (Femme)	53.33 (46.67)	60.00 (40.00)
<b>• Période d'occupation de poste du travail</b>		
<1 ans	03.33	00.00
1-2 ans	10.00	13.33
2-3 ans	30.00	10.00
3-5 ans	23.33	10.00
> 5 ans	33.33	66.67
<b>• Port de lunettes ou de lentilles</b>		
Oui	26.67	40.00
Non	73.33	60.00
<b>• Sensibilité à la lumière intense</b>		
Oui	50.00	73.33
Non	50.00	26.67
<b>• temps d'occupation du bureau/jour</b>		
< 2 heures	23.33	30.00
2-4 heures	56.66	56.66
> 4 heures	20.01	13.34

### Conclusion

Ce chapitre a constitué une exploration en profondeur de notre étude, avec un ancrage dans le contexte spécifique de la ville de Biskra, caractérisée par sa situation géographique particulière et ses conditions climatiques distinctives. Dans cette analyse, nous avons choisi de nous concentrer sur une série de bâtiments de bureaux existants, formant notre corpus d'étude.

Les bâtiments sélectionnés ont été soigneusement présentés en vue de déterminer leur classification typologique. En outre, nous avons classifié ces bâtiments en fonction de leurs caractéristiques d'ouvertures, une étape essentielle dans notre analyse.

Le choix des cas d'étude s'est appuyé sur des critères rigoureux, et nous nous sommes spécifiquement concentrés sur les bureaux qui présentaient le même ratio d'ouverture des fenêtres, tout en privilégiant les orientations sud et ouest, considérées cruciales dans des régions à climat chaud et aride.

## **Chapitre V : Etude typologique des exemples des bâtiments de bureaux existants dans la ville de Biskra : corpus d'étude**

Notre protocole expérimental a été décrit en détail, couvrant l'évaluation de la lumière naturelle, la mesure de la vue vers l'extérieur, ainsi que l'interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur. Enfin, nous avons abordé la mesure qualitative par le biais d'enquêtes, en expliquant les protocoles de distribution et en présentant les caractéristiques de l'échantillon d'étude.

Dans l'ensemble, ce chapitre a établi une base solide pour notre étude en exposant clairement le contexte, les cas d'étude, et les méthodologies utilisées pour évaluer l'impact de la lumière naturelle et de la vue vers l'extérieur dans les environnements de bureau de la ville de Biskra.

# **CHAPITRE VI**

**SATISFACTION DES USAGERS À  
DES FACTEURS LIÉS À LA  
FENÊTRE : JUGEMENT ET  
PRÉFÉRENCE**



## **Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence**

### **Introduction :**

Ce chapitre constitue une étape essentielle dans l'analyse de l'interaction entre les caractéristiques des fenêtres et la satisfaction des usagers au sein des environnements de travail. Après avoir établi les bases conceptuelles et méthodologiques dans les chapitres précédents, ce segment de notre recherche vise à présenter en détail les résultats obtenus.

Au cœur de cette investigation se trouvent trois paramètres fondamentaux : la taille des fenêtres, la disposition des postes de travail par rapport à ces fenêtres, et la distance séparant ces postes des fenêtres.

Afin d'analyser les données obtenues, on a opté a : i) une statistique descriptive pour étudier séparément les résultats des questions concernant le jugement et préférence de la taille de la fenêtre pour les deux cas d'étude, ii) une statistique bivariée et multivariée afin d'explorer s'il existe des différences statistiquement significatives dans les résultats obtenus à partir les deux bâtiments étudiés.

Vers la fin, on synthétise d'une manière générale les résultats qui servent à répondre à nos questions.

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

Avant d'initier l'exploration des variables dans ce chapitre, il est impératif de revisiter les données substantielles du chapitre précédent, qui se focalise sur une analyse typologique de 10 bâtiments de bureaux à Biskra, se basant sur le ratio d'ouverture des fenêtres (WWR). Cette variable a permis de classer les bâtiments en trois groupes distincts : le GROUPE N° 01 ( $WWR < 20\%$ ), le GROUPE N° 02 ( $20\% \leq WWR \leq 35\%$ ), et le GROUPE N° 03 ( $WWR > 35\%$ ). Ces catégories mettent en lumière une évolution marquée, les ratios d'ouverture atteignant jusqu'à 80% dans la période contemporaine, en contraste avec les ratios de 20% observés dans les périodes précédentes.

Dans la suite de cette analyse, deux bâtiments spécifiques ont été choisis pour une étude approfondie : l'Office de Promotion et de Gestion Immobilière (OPJI), représentant le cas du bâtiment B1 avec un  $WWR = 31\%$  (Figure VI.1a), et la direction des travaux publics (DTP), représentant le cas du bâtiment B2 avec un  $WWR = 72,3\%$  (Figure VI.1b). Ces sélections ont été basées sur des critères définis après l'examen des 10 édifices, et tiennent compte de l'influence du ratio d'ouverture des fenêtres sur la qualité visuelle et la satisfaction des occupants, particulièrement dans les zones climatiques chaudes et arides.

Par ailleurs, afin de préciser davantage l'étude, l'analyse s'est concentrée sur 21 bureaux de chaque bâtiment, tous orientés au sud et à l'ouest. Cette sélection minutieuse des bureaux en fonction de leur orientation vise à approfondir l'impact spécifique du ratio d'ouverture des fenêtres en considérant les conditions climatiques et l'exposition solaire. Cette approche détaillée permettra une évaluation plus approfondie de l'impact de la fenêtre sur la qualité visuelle des espaces des bureaux.



**Figure VI.1.** Les deux cas choisis pour l'étude : a : bâtiment B1(OPJI) ; bâtiment B2 (DTP).  
(Source : auteur)

# Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

## 1. La taille de la fenêtre

### 1.1. Jugements des usagers

#### 1.1.1. Cas du bâtiments B1

Plus de la moitié des usagers du bâtiment B1 (60,0 %, soit 18/30) considèrent que la taille de la fenêtre de leur bureau est exactement adaptée. Les autres usagers se répartissent comme suit : 20 % (5/30) jugent la taille grande voire très grande, tandis que 20 % estiment qu'elle est soit petite (10 %, soit 3/30), soit trop petite (10 %, soit 3/30) (Tableau VI.1).

#### 1.1.2. Cas du bâtiments B2

Alors qu'on observe une certaine variabilité dans les jugements des usagers du bâtiment B2 (wwr=72.3%) ; plus de trois quarts d'entre eux (76,7 %, soit 23/30) considèrent que la taille de la fenêtre est grande (respectivement grande 46.7% (14/30), et trop grande 30% (10/30)). Les autres usagers (23,3 %, soit 7/30) estiment que la taille est exactement adaptée (tableau VI.1).

**Tableau VI.1.** Jugement de la taille de fenêtre pour les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

wwr	Q11_WinSize					Marge active
	too big	big	exactly right	small	too small	
building 1 (wwr = 31%)	1 (03.3)	5 (16.7)	18 (60.0)	3 (10.0)	3 (10.0)	30
building 2 (wwr = 72.3%)	9 (30.0)	14 (46.7)	7 (23.3)	0 (00.0)	0(00.0)	30
Marge active	10	19	25	3	3	60

### 1.2. Préférences des usagers

En retour à la question de préférence, une différence statistiquement significative est trouvée entre les données des deux bâtiments ( $U=291.5$  ;  $Sig=0.01$  ;  $p < 0.05$ ).

#### 1.2.1. Cas du bâtiments B1

On trouve que Près des trois quarts des usagers du B1 (73.3%) préfèrent la taille de la fenêtre existante avec un ratio de 31%, La faible portion du B1 restante est partagée entre 16.7% préférant une taille plus grande et 10% préférant une taille plus petite (Tableau VI.2).

#### 1.2.2. Cas du bâtiments B2

Contrairement aux usagers du B1 ou on trouve que juste près d'un tiers (30.0%) des usagers du B2 préfèrent la taille existante (ratio de 72.3%). En revanche, plus de la moitiés des usagers du B2 semblent préférer la taille soit plus petite de l'existante (56.6%) (Tableau VI.2).

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

Les résultats semblent donc en accord avec les conclusions de la littérature selon lesquelles une surface de fenêtre de 30 % est préférable pour les usagers d'un espace de bureau (Ne'eman et Hopkinson, 1970 ; Christoffersen et al, 1999)

**Tableau VI.2.** Préférence de la taille de fenêtre pour les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

wwr	Q12_WinSizePref			Marge active
	larger size	smaller size	current size	
building 1 (wwr = 31%)	5 (16.7%)	3 (10.0%)	22 (73.3%)	30
building 2 (wwr = 72.3%)	4 (13.3%)	17 (56.6%)	9 (30.0%)	30
Marge active	9	20	31	60

### 1.3. Correspondance entre jugement et préférence

#### 1.3.1. Cas du bâtiment B1

Se référant à la relation entre le jugement et la préférence des usagers concernant la taille de la fenêtre (tableau VI.3), on trouve que pour B1 :

- Pour les 18 usagers estimant la taille de la fenêtre comme 'exactement bien', (16/18) préfère la même taille de la fenêtre existante dans leurs bureaux, (1/18) préfère que la taille soit plus grande et (1/18) préfère qu'elle soit plus petite.
- Pour les six usagers considérant la taille de la fenêtre comme grande ; (4/6) préfère la même taille et (1/6) préfère que la taille soit plus petite.
- Pour les six usagers considérant la taille de la fenêtre comme petite a très petite ; (2/6) préfère la même taille et (4/6) préfère que la taille soit plus grande.

**Tableau VI.3.** Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B1. (Source : auteur)

Table des correspondances B1				
Q11_WinSize	Q12_WinSizePref			Marge active
	larger size	smaller size	current size	
too big	0	0	1	1
big	0	2	3	5
exactly right	1	1	16	18
small	2	0	1	3
too small	2	0	1	3
Marge active	5	3	22	30

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

### 1.3.2. Cas du bâtiment B2

Et pour les usagers du B2, on trouve que (tableau VI.4) :

- Pour les 07 usagers estimant la taille de la fenêtre comme ‘exactement bien’, (4/7) préfère la même taille de la fenêtre existante dans leurs bureaux, et (3/7) préfère qu’elle soit plus petite.
- Pour les 23 usagers considérant la taille de la fenêtre comme grande ; (5/23) préfère la même taille et (14/23) préfère que la taille soit plus petite et (4/23) préfère qu’elle soit plus grande.

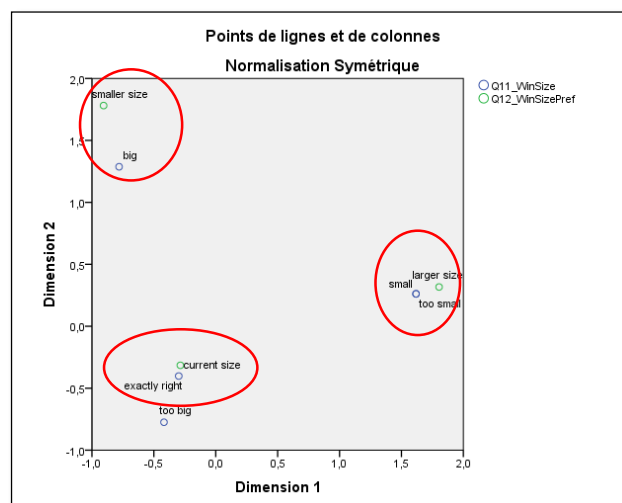
**Tableau VI.4.** Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B2. (Source : auteur)

<b>Table des correspondances B2</b>				
Q11_WinSize	Q12_WinSizePref			Marge active
	larger size	smaller size	current size	
too big	2	6	1	9
big	2	8	4	14
exactly right	0	3	4	7
small	0	0	0	0
too small	0	0	0	0
Marge active	4	17	9	30

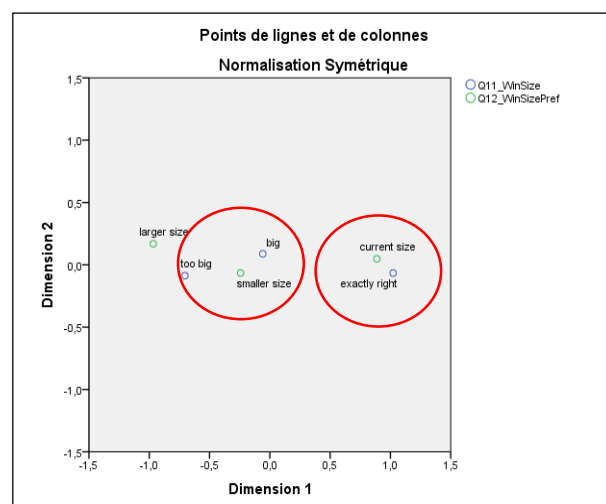
Une analyse factorielle des correspondances indique qu’il y a une forte association entre jugement et préférence pour les deux bâtiments (figure VI.2 et VI.3) selon les relations hypothétiques suivantes :

- Un jugement ‘grande’ est superposé sur une préférence inférieure.
- Un jugement ‘exactement bien’ est superposé sur une préférence relativement équivalente
- Un jugement ‘petite’ est superposé sur une préférence supérieure.

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence



**Figure VI.2.** Carte factorielle des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B1. (Source : auteur)



**Figure VI.3.** Carte factorielle des correspondances entre le jugement et la préférence de la taille de la fenêtre pour les usagers du B2. (Source : auteur)

Cette forte corrélation ne signifie pas que certains cas de non-conformité entre les jugements et les préférences des usagers n'existent pas. En effet, on observe que 26,6 % des usagers du bâtiment B1 ont exprimé des jugements qui ne correspondent pas à leurs préférences (tableau VI.5), tandis que ce chiffre s'élève à 36,6 % pour les usagers du bâtiment B2 (tableau VI.6).

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

**Tableau VI.5.** Conformités des jugements de la taille de la fenêtre des usagers du B1 dans leurs poste de travail vis-à-vis leurs taille préférée. (Source : Auteur).

<b>Table des correspondances B1</b>				
Q11_WinSize	Q12_WinSizePref			Marge active
	larger size	smaller size	current size	
too big	0	0	1	1
big	0	2	3	5
exactly right	1	1	16	18
small	2	0	1	3
too small	2	0	1	3
Marge active	5	3	22	30

 Cas Non confirmée

**Tableau VI.6.** Conformités des jugements de la taille de la fenêtre des usagers du B2 dans leurs poste de travail vis-à-vis leurs taille préférée. (Source : Auteur).

<b>Table des correspondances B2</b>				
Q11_WinSize	Q12_WinSizePref			Marge active
	larger size	smaller size	current size	
too big	2	6	1	9
big	2	8	4	14
exactly right	0	3	4	7
small	0	0	0	0
too small	0	0	0	0
Marge active	4	17	9	30

 Cas Non confirmée

## 2. Distance entre fenêtre / bureau

### 2.1. Jugements des usagers

#### 2.1.1. Cas du bâtiments B1

Sur les 30 usagers qui ont rempli le questionnaire de l'étude dans les bâtiments B1, 80% d'entre eux (pour B1 et 60% pour B2) ont répondu qu'ils avaient un poste de travail à moins de 2 mètres de la fenêtre. Les 20,0% restants et 40% pour B2) ont indiqué que la distance était comprise entre 2 et 4 mètres. (Tableau VI.7).

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

### 2.1.2. Cas du bâtiments B2

Selon les réponses des usagers du groupe B2, 60 % d'entre eux ont déclaré occuper un poste de travail situé à une distance inférieure à 2 mètres de la fenêtre, tandis que les 40,0 % restants ont précisé que cette distance se situait entre 2 et 4 mètres (Tableau VI.7).

**Tableau VI.7.** Distance entre fenêtre / bureau pour le cas du B1 et B2 (Source : Auteur).

<b>Table des correspondances</b>				
wwr	Q9_DistWinDesk			Marge active
	less than 2 m	2 - 4 m	more than 4 m	
building 1 (wwr = 31%)	24 (80.0%)	6 (20%)	0 (0.00%)	30
building 2 (wwr = 72.3%)	18 (60.0%)	12 (40.0%)	0 (0.00%)	30
<i>Marge active</i>	42 (70.0%)	18 (30.0%)	0 (0.00%)	60

### 2.2. Préférences des usagers

En ce qui concerne la distance préférée par les usagers entre la fenêtre et leur poste de travail, aucune différence statistiquement significative n'a été observée entre les deux bâtiments (U=360.0 ; Sig=0.124 ;  $p < 0.05$ ).

#### 2.2.1. Cas du bâtiments B1

Dans le cas du bâtiment B1, plus de 60 % des usagers dont la distance entre leur poste de travail et la fenêtre est inférieure à 2 mètres préfèrent en réalité une distance plus éloignée, avec un taux de satisfaction de 67 %. Les usagers ayant une distance de 2 à 4 mètres entre leur poste de travail et la fenêtre, 83 % d'entre eux préfèrent maintenir la même distance (Tableau VI.8).

**Tableau VI.8.** Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la distance entre la fenêtre et les bureaux pour les usagers du B1. (Source : auteur)

<b>Table des correspondances B1</b>				
Q9_DistWinDesk	Q13_DistWinDeskPref			Marge active
	be closer	be farther	current position	
less than 2 m	0 (00.0%)	16 (67.0%)	8 (33.0%)	24
2 - 4 m	0 (00.0%)	1 (17.0%)	5 (83.0%)	6
more than 4 m	0 (00.0%)	0 (00.0%)	0 (00.0%)	0
<i>Marge active</i>	0	17	13	30



## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

### 2.1.1. Cas du bâtiments B2

En ce qui concerne le bâtiment B2, 61 % des usagers ayant une distance inférieure à 2 mètres entre leur poste de travail et la fenêtre, préfèrent également une distance plus éloignée. Quant aux usagers ayant une distance de 2 à 4 mètres, ils sont unanimement satisfaits de la distance actuelle, avec un taux de satisfaction de 100 % (Tableau VI.9).

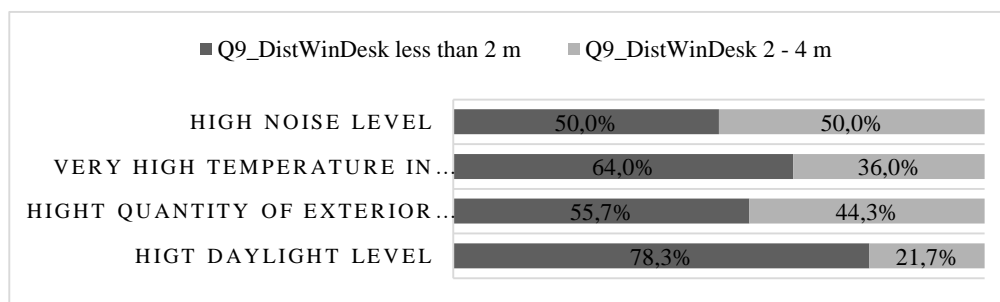
**Tableau VI.9.** Table des correspondances entre le jugement et la préférence de la distance entre la fenêtre et les bureaux pour les usagers du B2. (Source : auteur)

<b>Table des correspondances B2</b>				
Q9_DistWinDesk	Q13_DistWinDeskPref			
	be closer	be farther	current position	Marge active
less than 2 m	0 (00.0%)	11 (61.0%)	7 (39.0%)	18
2 - 4 m	0 (00.0%)	0 (00.0%)	12 (100.0%)	12
more than 4 m	0 (00.0%)	0 (00.0%)	0 (00.0%)	0
Marge active	0	11	19	30

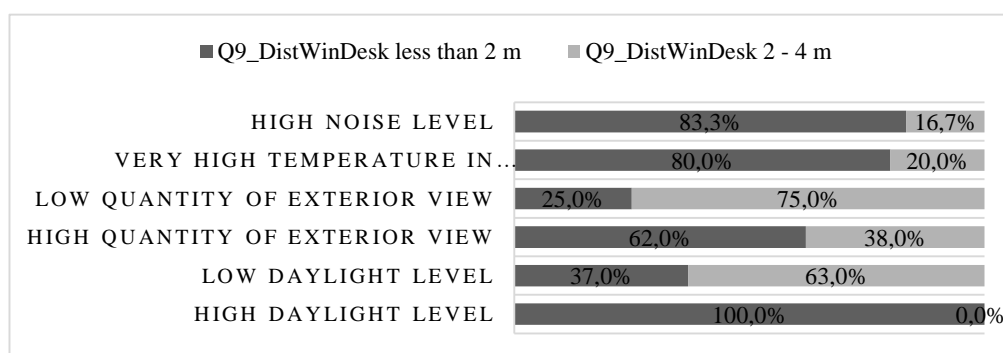
### 2.2. Justification des préférences

Une question incluant une série de paramètres de l'environnement physique intérieur tels que la quantité de lumière naturelle, la vue sur l'extérieur, la température intérieure et le bruit a été utilisée pour déterminer si la préférence pour la distance entre le bureau et la fenêtre est liée à une insatisfaction à l'égard de ces paramètres. En général, les résultats suggèrent que pour les usagers du B1 et B2 ayant une distance de moins de 2 mètres entre leur poste de travail et la fenêtre, les niveaux très élevés de lumière naturelle, de température et de bruit fournis par la fenêtre sont considérés comme les paramètres les plus souvent évalués comme "insatisfaisants", avec des fréquences respectives de 100 %, 80 % et 83,3 % pour les utilisateurs du B1 (Figure VI.4), et de 78,3 %, 64 % et 50 % pour les usagers du B2 (Figure VI.5). Ces résultats peuvent expliquer pourquoi cette catégorie d'utilisateurs a préféré une distance plus éloignée de la fenêtre.

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence



**Figure VI.4.** Le degré d'insatisfaction à l'égard des paramètres de l'environnement physique intérieur en relation avec la distance entre le poste du travail et la fenêtre pour les usagers du B1. (Source : auteur)



**Figure VI.5.** Le degré d'insatisfaction à l'égard des paramètres de l'environnement physique intérieur en relation avec la distance entre le poste du travail et la fenêtre pour les usagers du B2. (Source : auteur)

### 3. Position de bureau par rapport la fenêtre

Selon les résultats obtenus concernant la position du bureau par rapport à la fenêtre, on constate que la position la plus courante pour les bureaux des usagers dans les deux bâtiments d'étude est "à côté de la fenêtre" (60% des bureaux des usagers du B1 et 53,3% pour ceux du B2). Les autres positions sont réparties entre "en face de la fenêtre", avec 16,6% des bureaux du B1 et 26,6% du B2, ainsi que la proportion restante qui correspond à la position "fenêtre derrière le bureau" (tableau VI.10).

**Tableau VI.10.** Fréquence de la position des bureaux des usagers du B1 et B2 par rapport à la fenêtre. (Source : auteur)

wwr	Q10_DeskWinOrien				Marge active
	office opposite the window	window on my right side	window on my left side	Window in my back	
building 1 (wwr = 31%)	5	10	8	7	30
building 2 (wwr = 72.3%)	8	7	9	6	30
Marge active	13	17	17	13	60

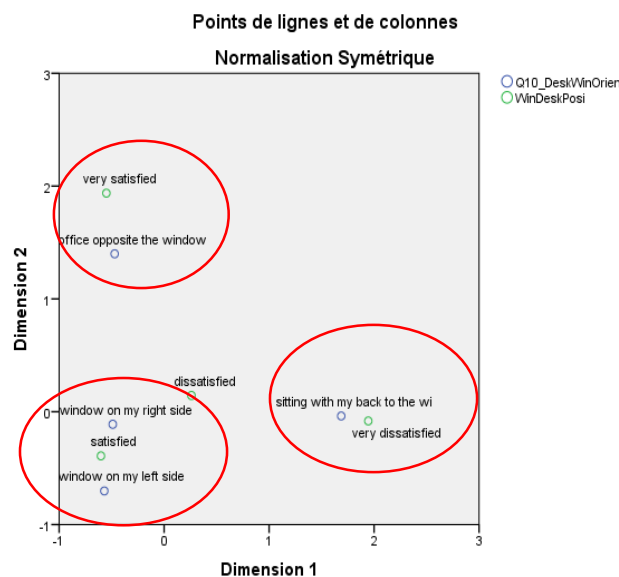
## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

### 3.1. Jugements des usagers

Selon l'analyse factorielle des correspondances entre la position des postes du travail par rapport à la fenêtre et la satisfaction des usagers à l'égard de cette position, on a trouvé que :

#### 3.1.1. Cas du bâtiment B1 (Figure VI.6)

- Pour la position où le bureau est situé à côté de la fenêtre, que ce soit à gauche ou à droite, les usagers du bâtiment B1 manifestent généralement une grande satisfaction, allant de "satisfaits" à "très satisfaits".
- En revanche, lorsque la fenêtre est derrière le bureau, les usagers du bâtiment B1 expriment systématiquement un niveau élevé d'insatisfaction, considérant cette position comme "très insatisfaisante".
- Pour la position où le bureau est en face de la fenêtre, les usagers du bâtiment B1 la jugent "très satisfaisante".



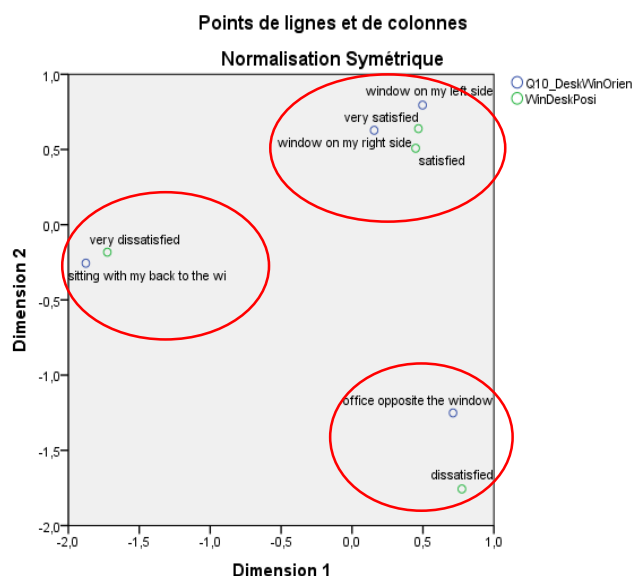
**Figure VI.6.** Carte factorielle des correspondances entre la position du bureau par rapport à la fenêtre et le niveau de la satisfaction des usagers du B1 à l'égard de cette position. (Source : auteur)

#### 3.1.2. Cas du bâtiment B2 (Figure VI.7)

- Les résultats diffèrent pour le bâtiment B2. Lorsque le bureau est placé à côté de la fenêtre, que ce soit à gauche ou à droite, les usagers du B2 sont généralement "satisfaits" à "très satisfaits".
- Cependant, lorsque la fenêtre est derrière le bureau, les usagers du B2 expriment également un niveau élevé d'insatisfaction, le considérant comme "très insatisfaisante", tout comme les usagers du B1.

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

- La principale divergence entre les bâtiments se trouve dans la position où le bureau est en face de la fenêtre. Les usagers du B2 la trouvent "insatisfaisante", ce qui contraste avec les usagers du B1, qui la considèrent comme "très satisfaisante".



**Figure VI.7.** Carte factorielle des correspondances entre la position du bureau par rapport à la fenêtre et le niveau de la satisfaction des usagers du B2 à l'égard de cette position. (Source : auteur)

### 4. Difficultés avec la lecture de l'écran en relation avec les paramètres liés à la fenêtre :

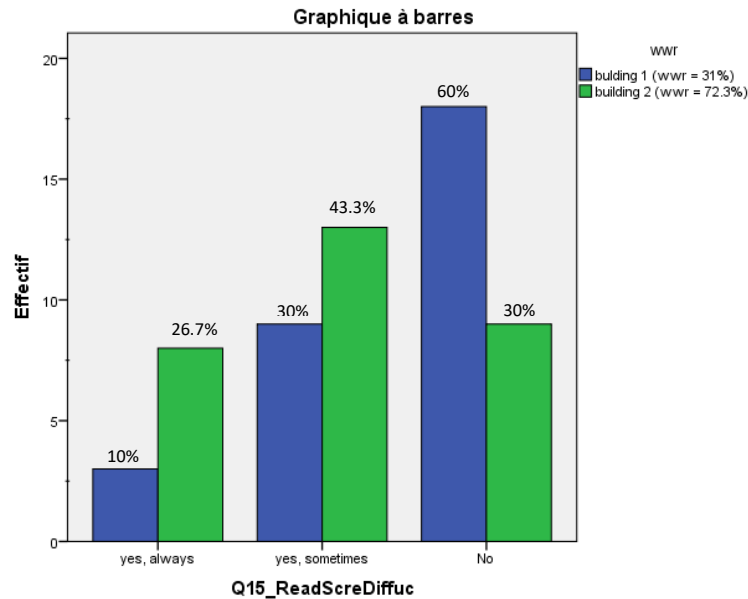
#### 4.1. Cas du bâtiments B1

Étant donné que la lecture sur écran est la tâche la plus courante dans les bureaux, nous avons voulu déterminer s'il y avait des difficultés rencontrées par les usagers des bâtiments B1. Les résultats révèlent que plus de la moitié (60%) des usagers du B1 n'ont pas rencontré de difficulté pour lire sur écran, tandis que 30% ont parfois des difficultés. Seul un faible pourcentage (10%) a signalé avoir des difficultés de lecture sur écran (figure VI.8).

#### 4.2. Cas du bâtiments B2

Contrairement aux usagers du B1, il convient de noter que juste 30% des usagers du B2 n'éprouve pas des difficultés pour lire sur l'écran de leurs ordinateurs. Cependant, près de la moitié (43,3%) rencontrent occasionnellement des difficultés, tandis que 26,7% d'entre eux éprouvent des difficultés permanentes (Figure VI.8).

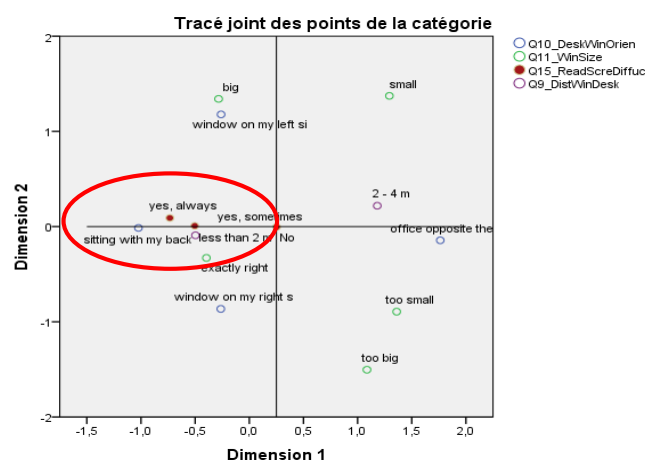
## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence



**Figure VI.8.** Difficultés de lire sur l'écran pour les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

Afin d'explorer d'éventuelles associations entre les usagers qui rencontrent toujours des difficultés pour lire sur l'écran de leurs ordinateurs et leur position ainsi que leur distance par rapport à la fenêtre, une analyse des correspondances multiples ACM a été réalisée.

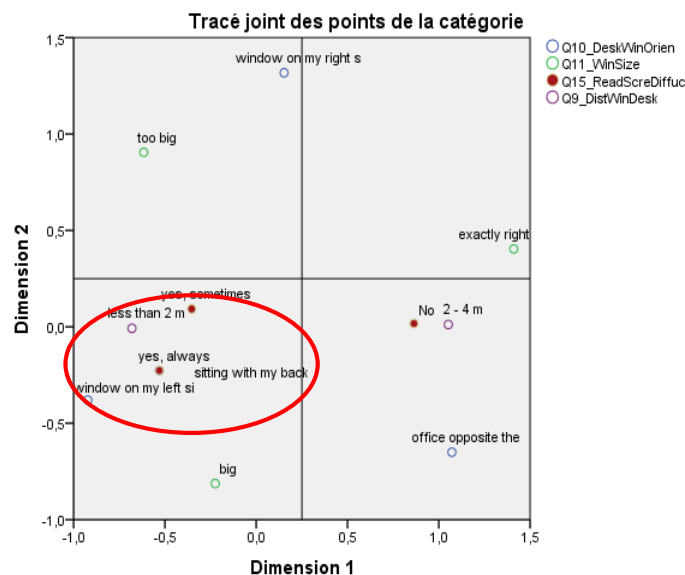
- Les résultats du bâtiment B1 mettent en évidence deux associations : Les usagers qui rencontrent régulièrement des difficultés pour lire sur l'écran sont ceux qui occupent des postes de travail très proches de la fenêtre (à moins de 2 mètres) et qui s'assoient en adossant la fenêtre (figure VI.9).



**Figure VI.9.** Nuage montrant les correspondances existantes entre la difficulté de lire sur l'écran vis-à-vis la position et la distance envers la fenêtre pour les usagers du B1. (Source : auteur)

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

- De même, pour les usagers du B2, ceux qui ont un poste de travail à moins de 2 mètres de la fenêtre et qui s'assoient soit à côté, soit en adossant la fenêtre sont ceux qui rencontrent des difficultés permanentes pour lire sur l'écran (figure VI.10).



**Figure VI.10.** Nuage montrant les correspondances existantes entre la difficulté de lire sur l'écran vis-à-vis la position et la distance envers la fenêtre pour les usagers du B2. (Source : auteur)

### 5. Interprétation des résultats du Satisfaction à des facteurs liés à la fenêtre :

Les usagers des bâtiments B1 et B2 ont des perceptions différentes de la taille de la fenêtre et des préférences associées, ou la majorité des usagers du bâtiment B1 estime que la taille de la fenêtre est exactement adaptée, tandis que dans le bâtiment B2, une grande majorité considère que la taille de la fenêtre est grande. En ce qui concerne les préférences, la plupart des usagers du B1 préfèrent la taille de fenêtre existante, tandis que dans le B2, près d'un tiers des utilisateurs préfèrent la taille existante et une majorité préfère une taille plus petite.

Ces résultats sont en accord avec la littérature qui recommande une surface de fenêtre d'environ 30% de l'espace de bureau (Veitch, 2007). Il est possible d'interpréter cela comme une volonté des usagers de réduire l'entrée de rayons solaires indésirables dans leurs bureaux en diminuant la taille des fenêtres.

Lorsqu'il s'agit de la distance préférée entre la fenêtre et leur poste de travail, aucune différence significative n'a été observée entre les deux bâtiments. Dans les deux cas, plus de 60% des usagers préfèrent une distance plus éloignée si leur poste est à moins de 2 mètres de la fenêtre. En revanche, ceux dont la distance est de 2 à 4 mètres préfèrent rester à la même

## Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence

position. Cela pourrait s'expliquer par la sensation d'insatisfaction vis-à-vis de certains paramètres de l'environnement physique intérieur dans des proportions élevées, notamment la lumière naturelle, la température et le bruit dans les zones proches de la fenêtre.

Concernant la position du poste de travail par rapport à la fenêtre à une influence significative sur la satisfaction des usagers. Les configurations où le bureau est placé à côté de la fenêtre ont tendance à être bien acceptées dans les deux bâtiments, tandis que les dispositions avec la fenêtre derrière le bureau sont systématiquement associées à une forte insatisfaction. Cette configuration semble avoir des inconvénients qui affectent négativement la satisfaction des usagers. Les raisons précises de cette insatisfaction pourraient inclure des problèmes tels que l'absence de vue sur l'extérieur et l'éblouissement causée par la réflexion des rayons sur les écrans. La position où le bureau est en face de la fenêtre suscite des réactions différentes selon les bâtiments, avec une satisfaction élevée chez les usagers du B1 et une insatisfaction chez les usagers du B2. La raisons de cette divergence de satisfaction pourrait être liée à la grande taille de la fenêtre.

De manière similaire pour les deux bâtiments, une association suggère que la proximité avec la fenêtre (distance a moins de 2m) Et assis dos à la fenêtre peuvent influencer négativement la lisibilité de l'écran. Ces résultats sont cohérents avec les résultats obtenus dans les études précédentes (Mezerdi, 2018).

## **Chapitre V : Satisfaction des usagers à des facteurs liés à la fenêtre : jugement et préférence**

### **Conclusion**

En conclusion, les résultats de notre enquête soulignent des différences significatives dans les perceptions des usagers entre les deux bâtiments étudiés. Dans le B1, la majorité des occupants estime que la taille des fenêtres est adéquate, tandis que dans le B2, la perception générale est que la taille des fenêtres est excessive. Par ailleurs, bien que la distance entre la fenêtre et le poste de travail n'ait pas connu de variation significative, la préférence générale des occupants tend vers une légère rétraction par rapport à la fenêtre.

Il est particulièrement pertinent de noter que la position du bureau par rapport à la fenêtre exerce une influence substantielle sur la satisfaction des usagers. Les configurations où le bureau est adjacent à la fenêtre sont nettement préférées par rapport à celles où la fenêtre est située derrière le bureau, en particulier dans le B1 où la satisfaction est nettement supérieure à celle observée dans le B2.

Ces conclusions soulignent l'importance de prendre en compte les spécificités de chaque bâtiment et les préférences des usagers lors de la conception d'environnements de travail. La satisfaction des occupants peut être significativement améliorée en tenant compte des facteurs liés aux fenêtres, tels que la taille, la distance et la position du bureau, pour créer des espaces de travail plus confortables et propices au bien-être.



# **CHAPITRE VII**

**SATISFACTION DES USAGERS ENVERS  
L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX ET  
SENSATION D'ÉBLOUISSEMENT**

### Introduction :

L'éclairage naturel dans les espaces de vie et de travail revêt une importance majeure pour le confort et la satisfaction des occupants. Ce septième chapitre se penche sur la manière dont les usagers perçoivent l'environnement lumineux et la sensation d'éblouissement dans deux bâtiments distincts, à savoir le bâtiment B1 avec un WWR= 31% et le bâtiment B2 qui représente un WWR = 72.3%.

Au fil des sections qui suivent, nous explorerons en détail les réactions des usagers par rapport à la lumière naturelle et à l'éblouissement, tout en examinant les relations entre ces facteurs et les caractéristiques des fenêtres. Cette analyse approfondie vise à mieux cerner les préférences et les besoins des occupants en matière d'éclairage naturel et à identifier les éléments clés contribuant à leur satisfaction générale.

En fin de compte, les conclusions tirées de cette étude fourniront des indications précieuses pour orienter les décisions futures en matière de conception et d'aménagement des espaces, visant à créer des environnements lumineux optimisés tout en minimisant la sensation d'éblouissement.

# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

## 1. Niveau de la lumière naturelle

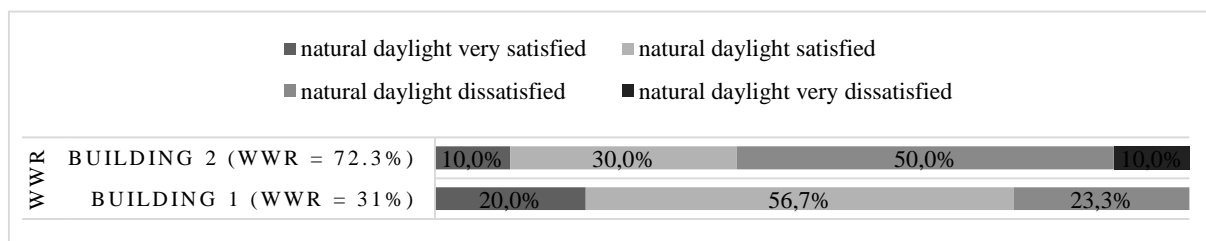
Un test de Mann Whitney sur l'item satisfaction vis-à-vis de niveau de la lumière naturelle pendant toute l'année montre qu'il existe une différence statistiquement significative entre les deux bâtiments ( $U=165.00$  ;  $Sig= 0.00$  ;  $p< 0.05$ ).

### 1.1.Cas du bâtiment B1

Dans le bâtiment 1 (B1), une grande majorité, soit 76,7 % des usagers, se déclarent "satisfaits" à "très satisfaits" du niveau de lumière naturelle dans leurs bureaux. (Figure VII.1).

### 1.2.Cas du bâtiment B2

Dans le bâtiment 2 (B2), plus de la moitié des usagers, soit 60 %, expriment leur mécontentement en se déclarant "insatisfaits" à "très insatisfaits" de la luminosité ambiante (Figure VII.1).



**Figure VII.1.** Satisfaction des usagers du B1 et B2 envers le niveau de la lumière naturelle dans leurs bureaux. (Source : auteur)

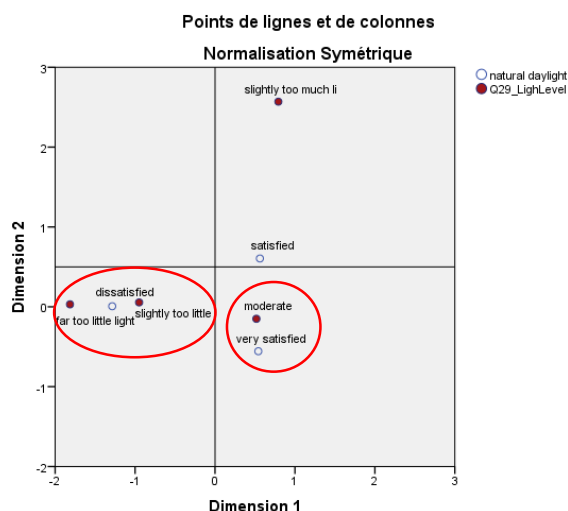
## 2. correspondances entre le degré de satisfaction à l'égard de la lumière naturelle et les évaluations des usagers

Une analyse des correspondances entre le degré de satisfaction à l'égard de la lumière naturelle et les évaluations des usagers révèle ce qui suit :

### 2.1.Cas du bâtiment B1

Dans le bâtiment B1, les usagers qui se disent « satisfaits » à « très satisfaits » du niveau de lumière naturelle le jugent comme étant « modéré ». Leur insatisfaction est fortement corrélée à une évaluation du niveau de lumière naturelle comme étant « beaucoup trop peu » à « légèrement trop peu » (figure VII.2).

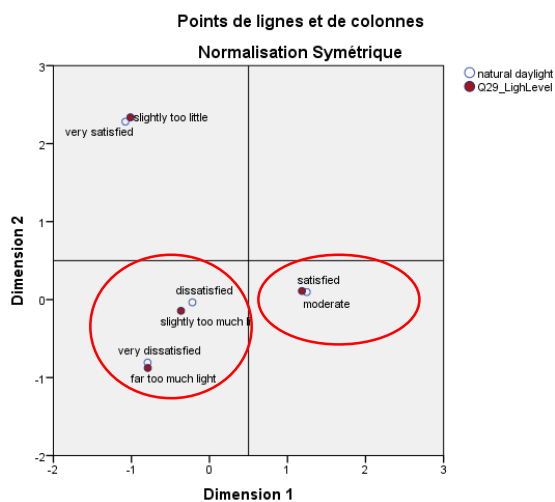
## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement



**Figure VII.2.** Nuage montrant les correspondances existantes entre le degré de satisfaction à l'égard de niveau de la lumière naturelle et les jugements des usagers du B1. (Source : auteur)

### 2.2.Cas du bâtiment B2

Dans le bâtiment B2, les usagers qui se disent « satisfaits » du niveau de lumière naturelle le jugent également comme étant « modéré ». Leur insatisfaction est fortement corrélée à une évaluation du niveau de lumière naturelle comme étant « beaucoup trop » à « légèrement trop » (figure VII.3).



**Figure VII.3.** Nuage montrant les correspondances existantes entre le degré de satisfaction à l'égard de niveau de la lumière naturelle et les jugements des usagers du B2. (Source : auteur)

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Ces jugements sont reliés fortement à la différence du ratio d'ouverture des fenêtres pour les deux bâtiments (Rho de Spearman= 0.611 ; Sig= 0.00 ; P< 0.01).

### 3. Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle et facteurs liées à la fenêtre

D'après le tableau croisé entre les variables de satisfaction envers la lumière naturelle, la position du bureau par rapport à la fenêtre et la distance entre le bureau et la fenêtre, les observations suivantes ont été constatées :

#### 3.1. Cas du bâtiment B1 (tableau VII.1)

- Une sensation de "très satisfait" est associée à une distance de 2 à 4 mètres pour une position en face de la fenêtre, ainsi qu'à une position à gauche ou à droite de la fenêtre, avec des pourcentages respectifs de 100 %, 66,7 % et 66,7 %.
- Une sensation de "satisfait" est liée à une distance inférieure à 2 mètres pour une position en face de la fenêtre, ainsi qu'à une position à gauche ou à droite de la fenêtre, avec des pourcentages respectifs de 50 %, 100 % et 100 %.
- Une sensation d'"insatisfait à très insatisfait" est directement liée à une distance inférieure à 2 mètres, avec une position où l'utilisateur est assis dos à la fenêtre, avec un pourcentage de 100 %.

#### 3.2. Cas du bâtiment B2 (tableau VII.2)

- Une sensation de "très satisfait à satisfait" est associée à une distance de 2 à 4 mètres pour une position en face de la fenêtre, ainsi qu'à une position à gauche ou à droite de la fenêtre, avec un pourcentage respectifs de 100 %.
- Une sensation d'"insatisfait à très insatisfait" est directement liée à une distance inférieure à 2 mètres, avec toutes les positions où l'utilisateur est en face ou à côté gauche ou droite de la fenêtre avec un pourcentage de 100 %. La sensation d'insatisfaction est constamment associée à la position où l'utilisateur est assis dos à la fenêtre, indépendamment de la distance par rapport à la fenêtre (dans notre cas : moins de 2 mètres ou de 2 à 4 mètres).

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

**Tableau VII.1.** Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle, la position du bureau par rapport à la fenêtre et la distance entre le bureau et la fenêtre pour B1. (Source : auteur)

				Q9_DistWinDesk		
Q10_DeskWinOrien				less than 2 m	2 - 4 m	Total
<b>office opposite the window</b>	Natural daylightin g	very satisfied	Effectif	0	3	3
			% dans natural daylight	0,0%	100,0%	100,0%
		satisfied	Effectif	1	1	2
			% dans natural daylight	50,0%	50,0%	100,0%
	Total		Effectif	1	4	5
			% dans natural daylight	20,0%	80,0%	100,0%
<b>window on my right side</b>	natural daylight	very satisfied	Effectif	1	2	3
			% dans natural daylight	33,3%	66,7%	100,0%
		satisfied	Effectif	6	0	6
			% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%
		dissatisfied	Effectif	1	0	1
			% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%
Total		Effectif	8	2	10	
		% dans natural daylight	80,0%	20,0%	100,0%	
<b>window on my left side</b>	natural daylight	very satisfied	Effectif	1	2	3
			% dans natural daylight	33,3%	66,7%	100,0%
		satisfied	Effectif	5	0	5
			% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%
	Total		Effectif	6	2	8
			% dans natural daylight	75,0%	25,0%	100,0%
sitting with my back to the window	natural daylight	dissatisfied	Effectif	2		2
			% dans natural daylight	100,0%		100,0%
		very dissatisfied	Effectif	5		5
			% dans natural daylight	100,0%		100,0%
	Total		Effectif	7		7
			% dans natural daylight	100,0%		100,0%

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

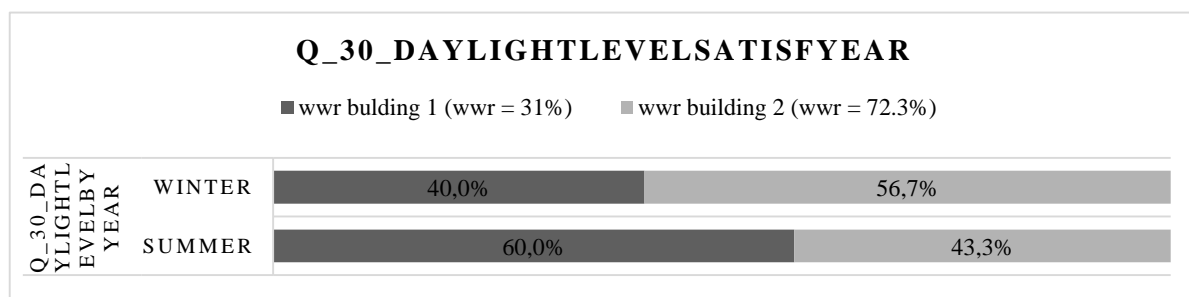
**Tableau VII. 2.** Croisement entre les variables : satisfaction envers la lumière naturelle, la position du bureau par rapport à la fenêtre et la distance entre le bureau et la fenêtre pour B2. (Source : auteur)

Tableau croisé natural daylight * Q9_DistWinDesk * Q10_DeskWinOrient						
Q10_DeskWinOrient			Q9_DistWinDesk		Total	
			less than 2 m	2 - 4 m		
office opposite the window	natural daylight	very satisfied	Effectif	0	2	2
		% dans natural daylight		0,0%	100,0%	100,0%
	satisfied	Effectif	0	4	4	
		% dans natural daylight	0,0%	100,0%	100,0%	
	dissatisfied	Effectif	2	0	2	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
	Total	Effectif	2	6	8	
		% dans natural daylight	25,0%	75,0%	100,0%	
window on my right side	natural daylight	satisfied	Effectif	0	1	1
		% dans natural daylight	0,0%	100,0%	100,0%	
	dissatisfied	Effectif	3	2	5	
		% dans natural daylight	60,0%	40,0%	100,0%	
	very dissatisfied	Effectif	1	0	1	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
	Total	Effectif	4	3	7	
		% dans natural daylight	57,1%	42,9%	100,0%	
window on my left side	natural daylight	very satisfied	Effectif	1	1	2
		% dans natural daylight	50,0%	50,0%	100,0%	
	satisfied	Effectif	1	0	1	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
	dissatisfied	Effectif	5	0	5	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
	very dissatisfied	Effectif	1	0	1	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
Total	Effectif	7	2	9		
	% dans natural daylight	77,8%	22,2%	100,0%		
sitting with my back to the window	natural daylight	dissatisfied	Effectif	0	1	1
		% dans natural daylight	0,0%	100,0%	100,0%	
	very dissatisfied	Effectif	5	0	5	
		% dans natural daylight	100,0%	0,0%	100,0%	
	Total	Effectif	5	1	6	
		% dans natural daylight	83,3%	16,7%	100,0%	

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

### 4. satisfaction vis-à-vis de la quantité de lumière naturelle et la période de l'année

Le test de Mann-Whitney effectué sur les données révèle une différence statistiquement significative ( $U=305.0$  ;  $\text{sig}=0.023$  ;  $p<0.05$ ) entre le niveau de satisfaction vis-à-vis de la quantité de lumière naturelle et la période de l'année (hiver ou été) pour les deux bâtiments (figure VII.4). Nous avons observé que 60% des occupants du bâtiment B1 sont plus satisfaits en été qu'en hiver, probablement en raison des niveaux de lumière naturelle plus élevés pendant cette période. Pour les occupants du bâtiment B2, il existe peu de différence dans le pourcentage de satisfaction entre l'été et l'hiver, mais nous remarquons qu'ils sont plus satisfaits en hiver (56,7%). Cela peut s'expliquer par des problèmes de surchauffe en été, notamment en raison d'un ratio d'ouverture plus élevé qui limite de profiter de la lumière naturelle en raison des protections solaires internes (fermeture des stores).



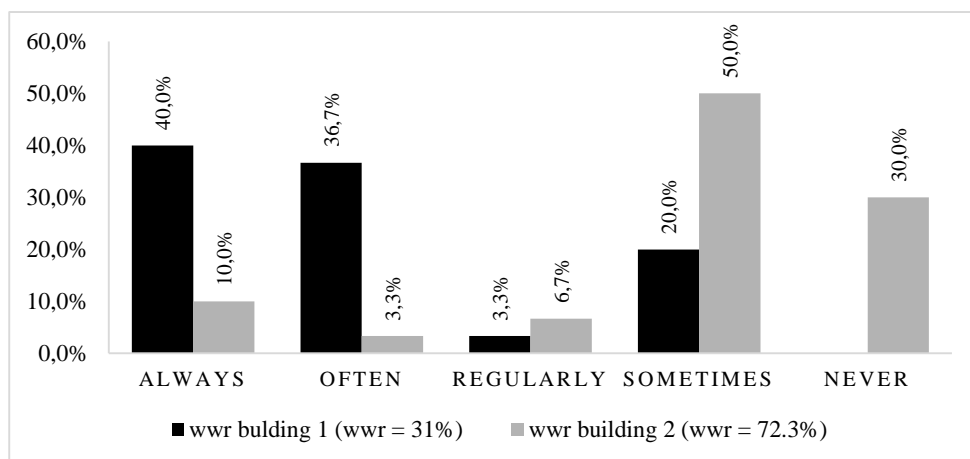
**Figure VII.4.** Fréquences de l'impression 'satisfait' envers le niveau de la lumière naturelle durant l'année pour les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

### 5. Utilisation De l'éclairage artificiel

En terme d'utilisation de l'éclairage artificiel et dans le cas du bâtiment B1, 76,7% des usagers ont indiqué que l'éclairage artificiel dans leurs bureaux était souvent ou toujours activé, tandis que dans le bâtiment B2, ce pourcentage est beaucoup plus faible, à seulement 13,3% (figure VII.5). Cela suggère que, dans les bureaux où le ratio d'ouverture des fenêtres est inférieur à 40%, l'utilisation de l'éclairage artificiel est plus souvent nécessaire. En revanche, lorsque l'éclairage à l'intérieur des bureaux est très abondant, avec un taux d'ouverture des fenêtres de 70%, il arrive parfois que les employés se passent de l'éclairage artificiel en raison de la lumière naturelle disponible.



## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement



**Figure VII.5.** Fréquences d'utilisations de la lumière artificielle pendant le travail par les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

### 6. Révision de la compatibilité entre les mesures qualitatives et les mesures quantitatives relatives au niveau de lumière naturelle

Comme précédemment évoqué, des simulations des niveaux d'éclairement utile (UDI) ont été réalisées afin d'évaluer la cohérence entre la perception du niveau d'éclairement par les usagers tout au long de l'année et la gamme des niveaux d'éclairement simulés et considérés comme favorable à une variété de tâches et d'activités..

La plage de l'UDI comprend généralement différents niveaux d'éclairement et les pourcentages de temps correspondants pendant lesquels ces niveaux sont atteints tout au long de l'année. Comme cela a été mentionné précédemment (dans le chapitre IV, section 2.1.1.1), un UDI dans la plage de 500 à 2000 lux est souvent considéré comme souhaitable, voire acceptable, et un pourcentage élevé du temps de travail pendant lequel ce niveau est atteint est considéré comme favorable.

#### 6.1. Cas du bâtiment B1

Selon l'analyse de la carte d'UDI<sub>500 à 2000 lux</sub> en fausses couleurs (Figure VII.6), il a été observé que la zone située à une distance de 0,4 à 1,6 mètres (< 2 mètres) de la fenêtre, avec une position centrale, présente un niveau d'UDI compris entre 33 % et 46%. Ce pourcentage est considéré comme relativement faible par rapport aux zones plus éloignées, où l'UDI varie de 72% à 87%. Il est également important de noter que, quelle que soit la distance par rapport à la fenêtre, les zones latérales affichent généralement un UDI plus élevé que les zones centrales.

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Ces résultats sont en cohérence avec les évaluations des usagers et leurs niveaux de satisfaction précédemment mentionnés (Tableau VII.1). Ils indiquent que les usagers qui se trouvent à une distance inférieure à 2 mètres de la fenêtre et qui sont positionnés en face de celle-ci expriment un niveau d'insatisfaction envers le niveau de la lumière naturelle tout au long de l'année. Cette insatisfaction semble augmenter à mesure que l'on s'éloigne de la fenêtre.

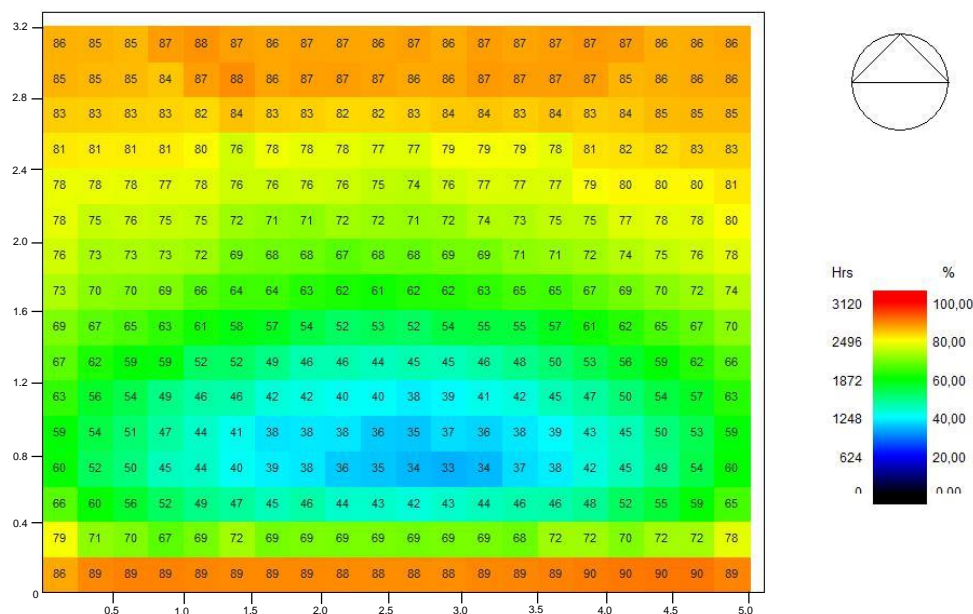


Figure VII.6. Carte des niveaux d'UDI obtenus dans le cas du B1. (Source : auteur)

### 6.2. Cas du bâtiment B2

La Figure VII.7 présente une représentation d'UDI<sub>500 à 2000 lux</sub> en fonction de la distance par rapport aux fenêtres. Cette illustration met en évidence que, dans les premiers mètres proches de la fenêtre (de 0 à 1,5 mètres), les niveaux d'UDI diminuent progressivement par rapport au bâtiment B1 (UDI compris entre 19% et 38%). En revanche, à une distance supérieure à 2 mètres de la fenêtre, l'UDI augmente de manière significative (passant de 40% à 78%), enregistrant une augmentation de 30%. Le pic d'UDI se situe à une distance de 3,5 à 4 mètres de la fenêtre, avec une valeur de 85%. Contrairement aux résultats du B1, les zones latérales près de la fenêtre présente toujours un niveau d'UDI minimale à cause du grand WWR de ce bâtiment.

Les résultats ne montrent pas de divergences significatives entre les niveaux d'UDI mesurés et ceux obtenus à partir des réponses des usagers (Tableau VII.2). Cependant, il est à noter que le niveau d'insatisfaction le plus élevé chez les usagers se trouve lorsque la distance de leurs bureaux par rapport à la fenêtre est inférieure à 2 mètres, quelle que soit leur position (à côté,

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

en face ou dos à la fenêtre). En revanche, la satisfaction des usagers est principalement associée à une distance plus éloignée de la fenêtre, (> 2m).

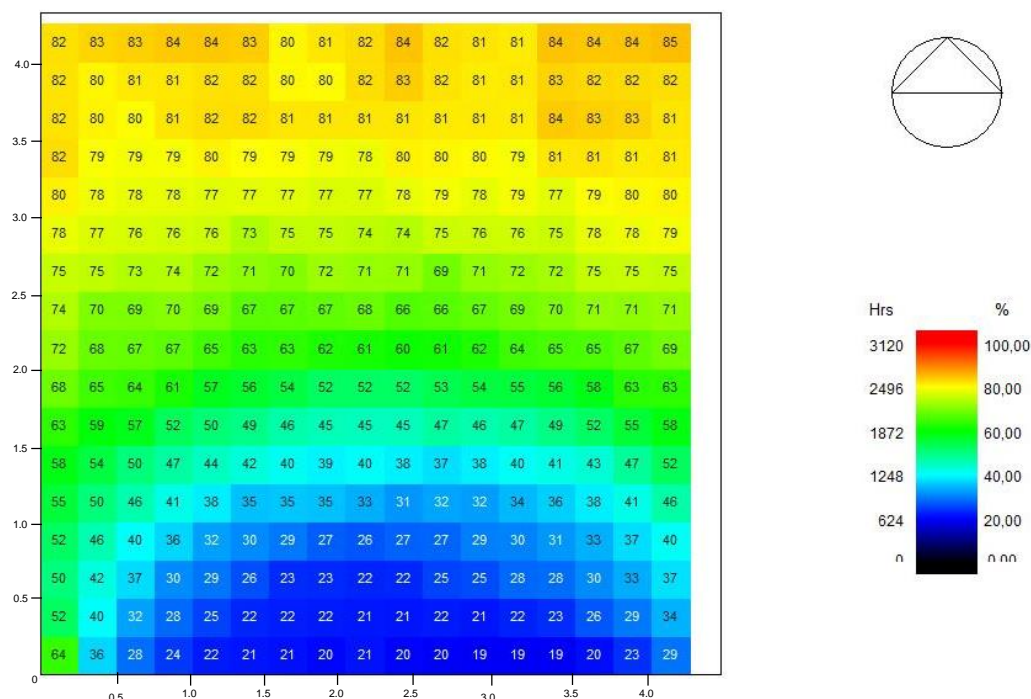
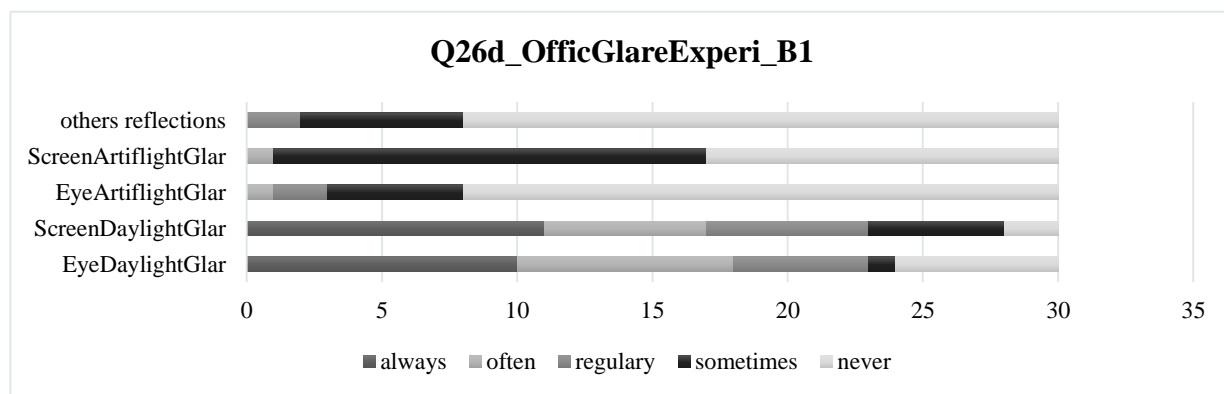


Figure VII.7. Carte des niveaux d'UDI obtenus dans le cas du B2. (Source : auteur)

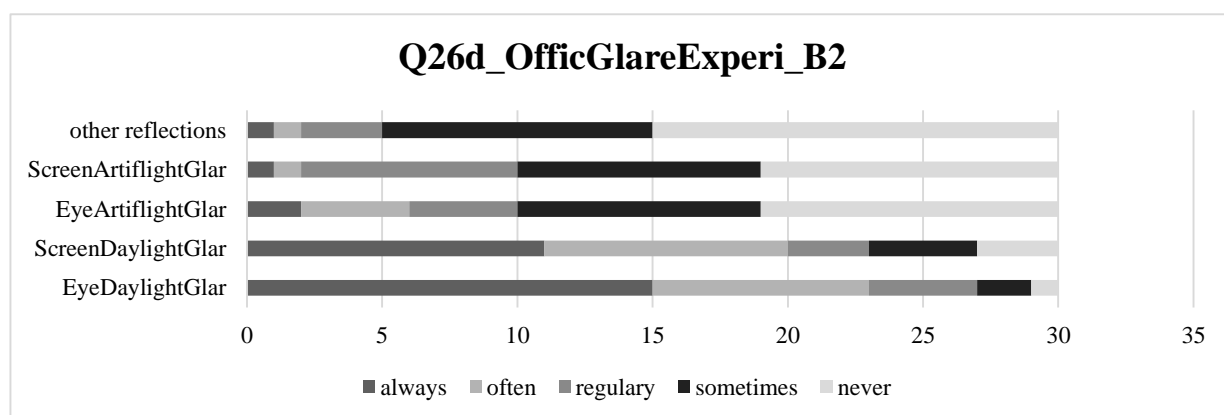
### 7. Sensation d'éblouissement

Nous avons interrogé les usagers sur la fréquence à laquelle ils ressentent différents types d'éblouissement causés par la lumière naturelle ou artificielle. On a constaté que les usagers du B2 eu l'expérience de ces nuisances d'une manière plus forte que les usagers du B1 (figure VII.8 et VII.9). Malgré l'existence d'une différence entre les fréquences de sensation d'éblouissement, les sensations concernant l'éblouissement dans les deux bâtiments B1 et B2 sont principalement attribuables à la lumière naturelle plutôt qu'à la lumière artificielle que ce soit en raison de la lumière directe qui brille dans les yeux ou des reflets sur les écrans d'ordinateur. Les données sont très biaisées, mais la décision est prise d'effectuer des tests statistiques sur les données. Ceci est fait afin d'explorer si la fréquence à laquelle la lumière du jour qui provoque l'éblouissement direct ou indirect est différente pour les différents facteurs, tels que la distance, la position et la taille de la fenêtre.

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement



**Figure VII.8.** Fréquences de l'expérience d'éblouissement pour les usagers du B1. (Source : auteur)



**Figure VII.9.** Fréquences de l'expérience d'éblouissement pour les usagers du B2. (Source : auteur)

### 7.1. Corrélation d'éblouissement direct et facteurs liées à la fenêtre :

En ce qui concerne l'éblouissement direct (c'est-à-dire la lumière qui brille directement dans les yeux), nous avons examiné deux corrélations en fonction de la distance par rapport à la fenêtre et de la position du bureau par rapport à la fenêtre.

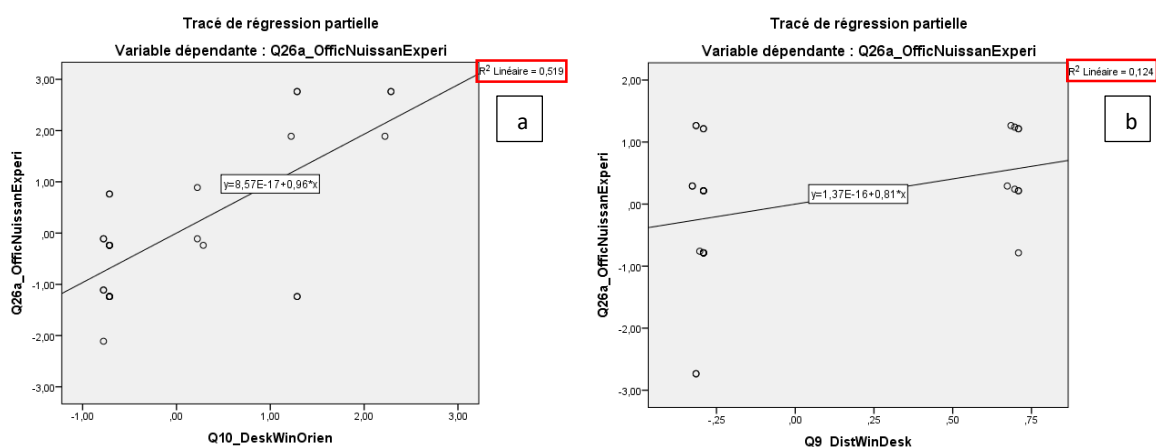
#### 7.1.1. Cas du bâtiment B1

Les résultats mettent en évidence une corrélation significative entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = 0.571 ; Sig = 0.001 ;  $P < 0.01$ ). En revanche, une corrélation négative non significative a été observée entre la sensation d'éblouissement direct et la distance par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = -0.332 ; Sig = 0.083 ;  $P < 0.01$ ).

L'analyse de régression linéaire révèle une relation linéaire positive significative entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0.519) (Figure

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

VII.10a). En revanche, la relation entre l'éblouissement direct et la distance par rapport à la fenêtre montre une tendance à être moins significative ( $R^2$  linéaire = 0.124) (Figure VII.10b).



**Figure VII.10.** Tracé de régression partielle pour B1 : a : entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement direct et la distance à la fenêtre.

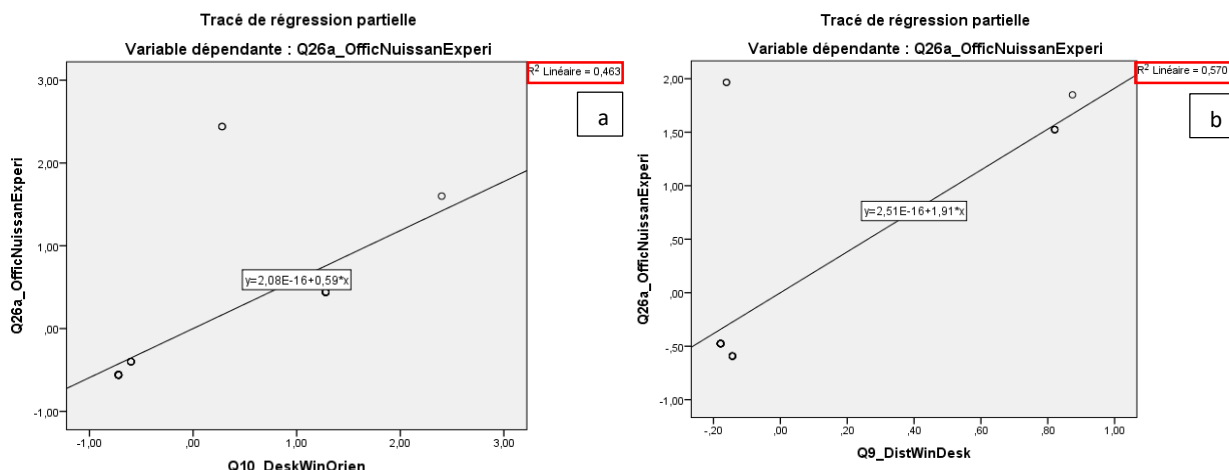
(Source : auteur)

### 7.1.2. Cas du bâtiment B2

Les résultats indiquent aussi une corrélation significative entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = 0,598 ; Sig = 0,00 ;  $P < 0,01$ ), ainsi qu'une corrélation négative forte entre la sensation d'éblouissement direct et la distance par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = - 0,609 ; Sig = 0,00 ;  $P < 0,01$ ). Cette corrélation s'explique par le fait que plus la distance par rapport à la fenêtre est importante, moins l'éblouissement est ressenti.

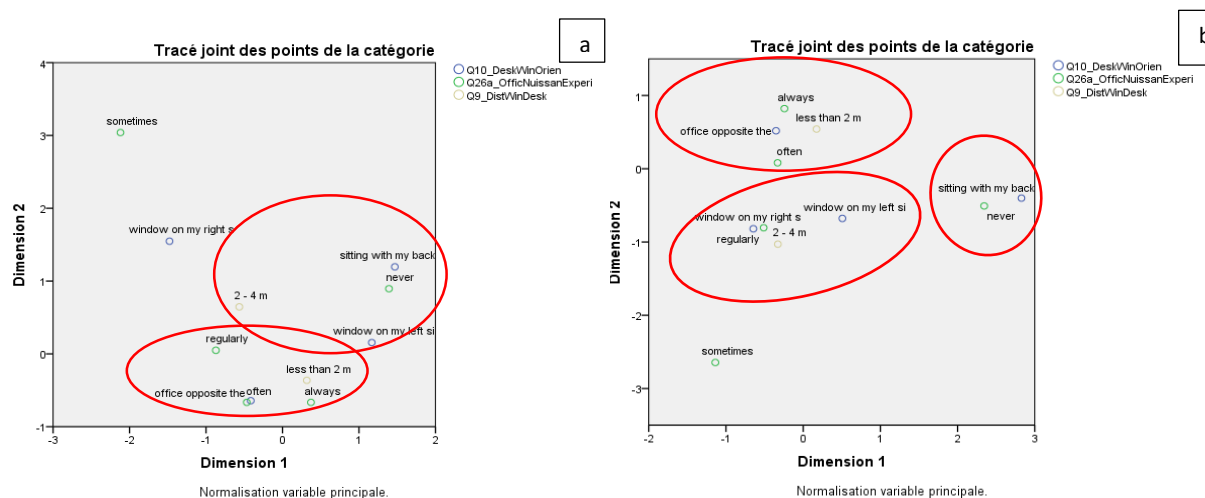
L'analyse de régression linéaire met en évidence une relation linéaire significative entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0,463) (Figure VII.11a), ainsi qu'une relation parfaitement linéaire positive entre l'éblouissement direct et la distance par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0,570) (Figure VII.11b).

# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement



**Figure VII.11.** Tracé de régression partielle pour B2 : a : entre l'éblouissement direct et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement direct et la distance a la fenêtre. (Source : auteur)

L'application de l'ACM a été considérée pertinente afin de procéder à une exploration approfondie des associations qui existent entre l'éblouissement direct, la distance, et la position par rapport à la fenêtre (figure VII.12).



**Figure VII.12.** Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement direct, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : a : B1 ; b : B2. (Source : auteur)

### 7.1.3. correspondances entre les variables pour le cas du B1

Le Tableau VII.3 récapitule les correspondances entre ces variables et met en évidence que, pour les usagers du bâtiment B1, la configuration la moins favorable se manifeste lorsqu'ils sont assis en face de la fenêtre à une distance inférieure à 2 mètres. Ce résultat était prévu, car lorsque

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

les personnes sont positionnées face à la fenêtre, la source d'éblouissement se trouve dans leur champ de vision.

**Tableau VII. 3.** Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement direct, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B1. (Source : auteur)

	Sensation d'éblouissement	Position par rapport à la fenêtre	Distance à la fenêtre
<b>B1</b>	Toujours, souvent et régulièrement	En face	Mois de 2 m
	Jamais	Dos et à gauche	2 à 4 m

### 7.1.4. correspondances entre les variables pour le cas du B2

En revanche, dans le cas des usagers du bâtiment B2, la situation la moins favorable est également lorsque leur position est en face de la fenêtre à une distance inférieure à 2 mètres. Cependant, il convient de noter que la sensation d'éblouissement direct est également régulière lorsque les usagers se trouvent à côté de la fenêtre à une distance de 2 à 4 mètres (Tableau VII.4).

**Tableau VII.4.** Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement direct, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B2. (Source : auteur)

	Sensation d'éblouissement	Position par rapport à la fenêtre	Distance à la fenêtre
<b>B2</b>	Toujours et souvent	En face	Mois de 2 m
	Régulièrement	A gauche et a droite	2 a 4 m
	Jamais	Dos	/

Ces résultats confirment l'étude de Hellinga, H. I. (2013), qui a mis en évidence que les répondants qui ont une fenêtre en face de leur lieu de travail ressentent significativement plus d'éblouissement dû à la lumière du jour qui pénètre dans leurs yeux, tandis que les répondants ayant une fenêtre derrière eux ressentent significativement moins d'éblouissement.

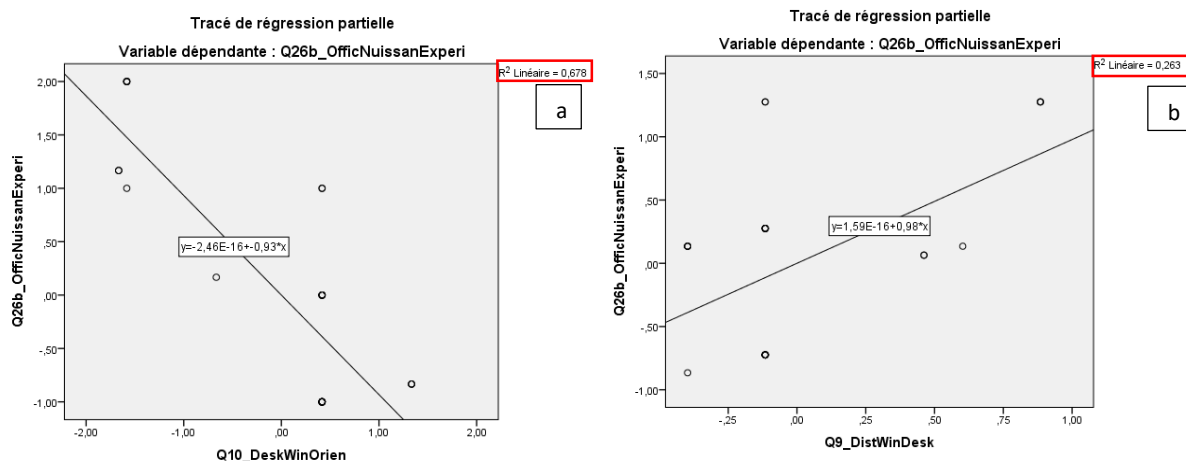
## 7.2. Corrélation d'éblouissement indirect et facteurs liées à la fenêtre :

### 7.2.1. Cas du bâtiment B1

En ce qui concerne l'éblouissement indirect (c'est-à-dire la lumière réfléchi sur les écrans d'ordinateur), deux corrélations significatives ont été identifiées ( $p < 0,01$ ). Ces corrélations établissent un lien très fort entre l'éblouissement et la position par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = 0,781), ainsi que entre l'éblouissement et la distance par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = -0,534) .

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

L'analyse de régression linéaire révèle une relation parfaitement linéaire positive significative entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0,678) (Figure VII.13a). Par ailleurs, une relation linéaire plus faible a été observée entre l'éblouissement indirect et la distance par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0,263) (Figure VII.13b).



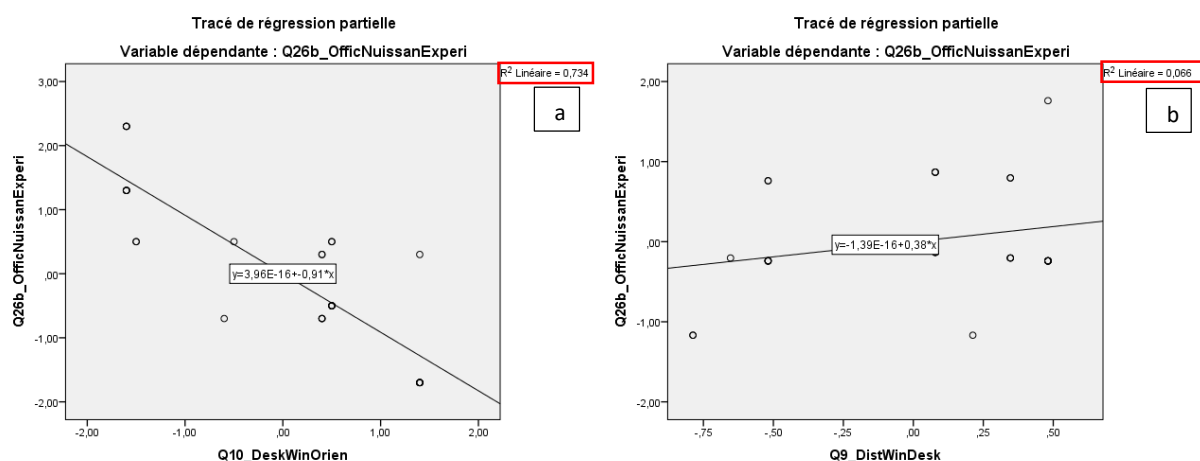
### 7.2.2. Cas du bâtiment B2

Les résultats soulignent une corrélation significative entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = 0,862 ; Sig = 0,00 ;  $P < 0,01$ ). Cependant, il convient de noter qu'une corrélation négative, bien que non statistiquement significative, a été observée entre la sensation d'éblouissement indirect et la distance par rapport à la fenêtre (Rho de Spearman = -0,383 ; Sig = 0,037 ;  $P < 0,01$ ).

L'analyse de régression linéaire révèle une relation parfaitement linéaire positive entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre ( $R^2$  linéaire = 0,734) (Figure VII.14a). En revanche, la relation entre l'éblouissement indirect et la distance par rapport à la fenêtre montre une tendance à être quasi absente ( $R^2$  linéaire = 0,066) (Figure VII.14b).



# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement



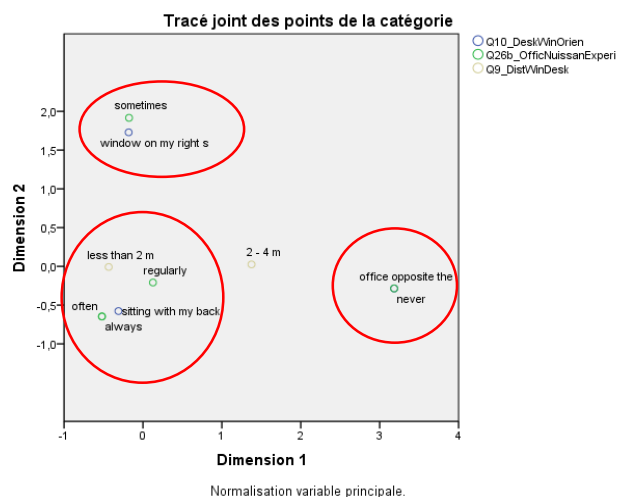
**Figure VII.14.** Tracé de régression partielle pour B2 : a : entre l'éblouissement indirect et la position par rapport à la fenêtre ; b : entre l'éblouissement indirect et la distance à la fenêtre. (Source : auteur)

### 7.2.3. correspondances entre les variables pour le cas du B1

L'application de l'ACM résume les relations entre ces variables (tableau VII.5) et met en évidence que pour le bâtiment B1, les bureaux avec une fenêtre derrière l'utilisateur à une distance inférieure à 2 mètres sont ceux qui posent le plus de problèmes en termes des reflets de la lumière du jour sur l'écran de l'ordinateur (figure VII.15).

**Tableau VII.5.** Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement indirect, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour les cas du B1. (Source : auteur)

	Sensation d'éblouissement	Position par rapport à la fenêtre	Distance à la fenêtre
<b>B1</b>	Toujours, souvent et régulièrement	Dos	Mois de 2 m
	Parfois	A côté droite	/
	Jamais	En face	/



**Figure VII.15.** Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement indirect, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : cas du B1. (Source : auteur)

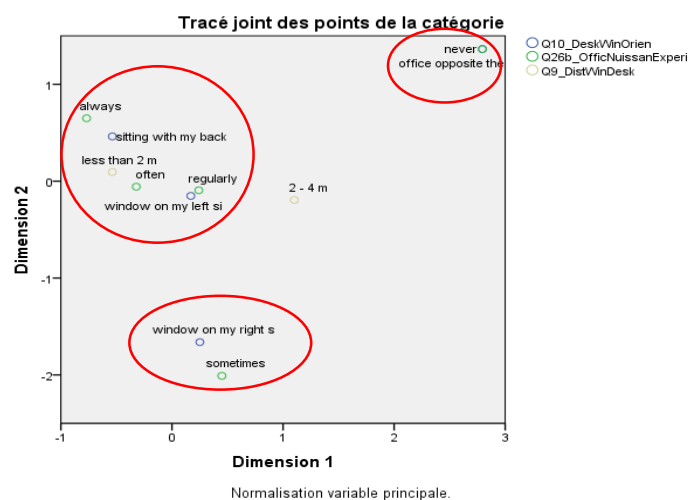
## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

### 7.2.4. correspondances entre les variables pour le cas du B2

En revanche, pour les usagers du bâtiment B2, la situation la moins favorable se produit également lorsqu'ils sont assis dos à la fenêtre à une distance inférieure à 2 mètres. Cependant, il est important de noter que la sensation d'éblouissement indirect est également présente lorsque les utilisateurs se trouvent à côté de la fenêtre (Figure VII.16). Les résultats confirment également les tests de régression concernant l'absence de dépendance de la variable de la distance par rapport à la fenêtre par rapport à la sensation de ce type d'éblouissement (Tableau VII.6).

**Tableau VII.6.** Tableau récapitulative des Correspondances entre l'éblouissement indirect, la distance et la position par rapport à la fenêtre pour le cas B2. (Source : auteur)

	Sensation d'éblouissement	Position par rapport à la fenêtre	Distance à la fenêtre
B2	Toujours, souvent et régulièrement	Dos et à côté gauche	Moins de 2 m
	Parfois	A côté droite	/
	Jamais	En face	/



**Figure VII.16.** Nuage montrant les correspondances existantes entre l'éblouissement indirect, la distance, et la position par rapport à la fenêtre : a : B1 ; b : B2. (Source : auteur)

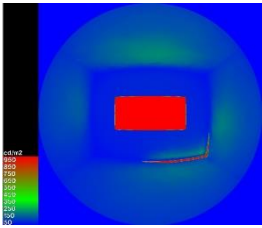

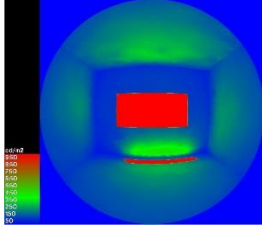

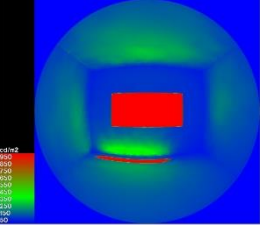

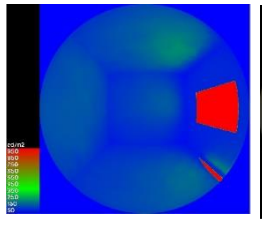

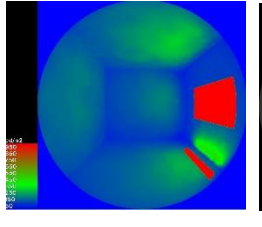
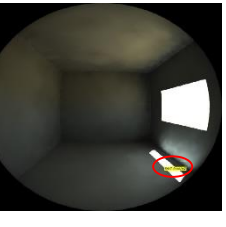
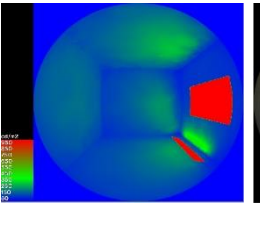
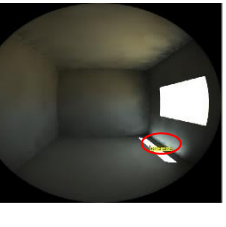
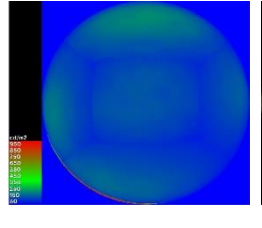
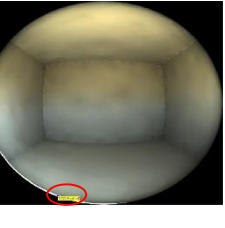
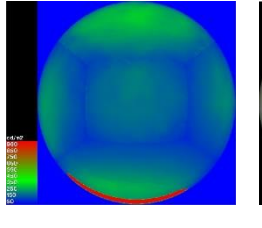
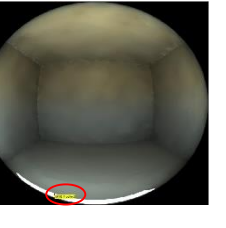
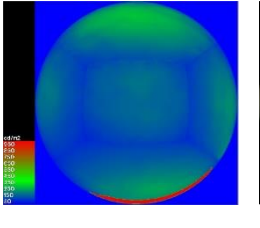
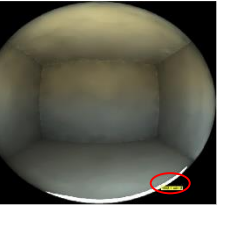
### **7.3. Révision de la compatibilité entre les mesures qualitatives et les mesures quantitatives relatives à la sensation d'éblouissement**

Des simulations des niveaux de luminance ont été effectuées dans le but d'évaluer la concordance entre la perception d'éblouissement des usagers et les valeurs simulées de luminance dans un environnement de bureau. Ces valeurs doivent demeurer en deçà de 1000 cd/m<sup>2</sup> (de préférence, elles devraient être inférieures à 500 cd/m<sup>2</sup>) dans le champ visuel normal, conformément aux recommandations de Nutek (1994).

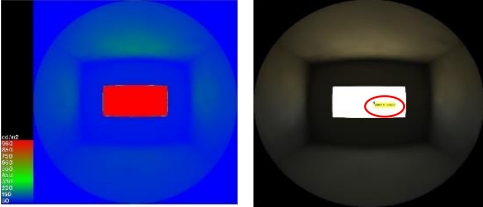
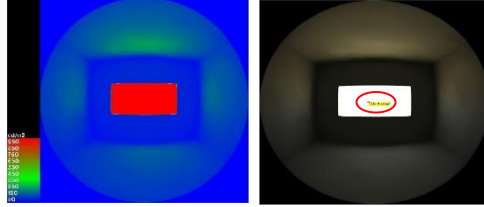
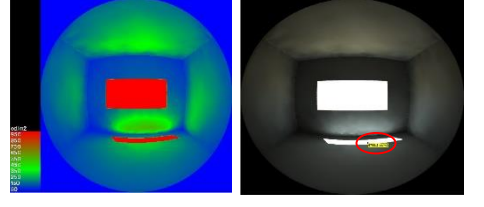
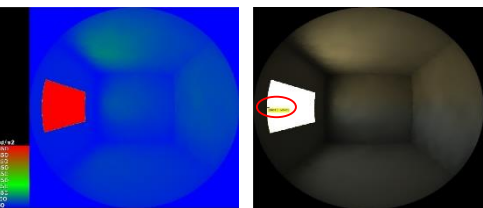
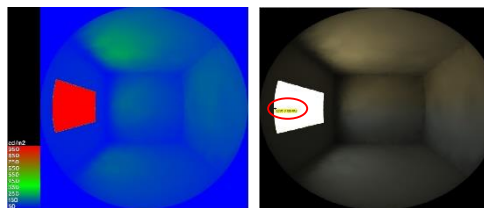
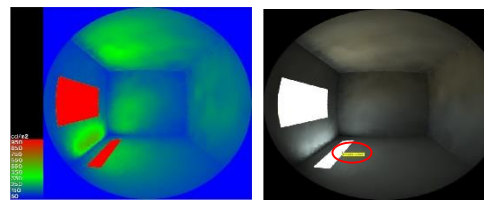
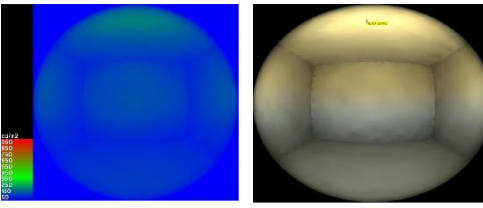
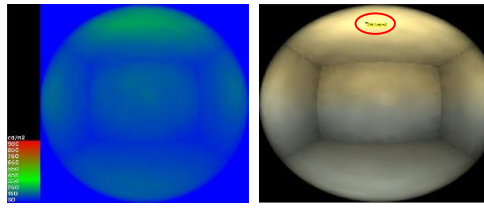
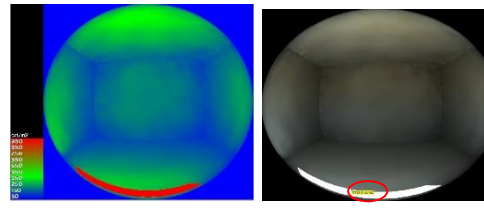
Les tableaux VII.7 et VII.8 récapitulent les résultats des simulations en tenant compte des données qualitatives fournies par les utilisateurs, en incluant les diverses positions par rapport aux fenêtres, les orientations des bureaux et les plages horaires auxquelles les questionnaires ont été remplis.

# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Tableau VII.7. Les résultats de simulation et sa comptabilité avec les résultats qualitatifs fournis par les usagers du B1. (Source : auteur)

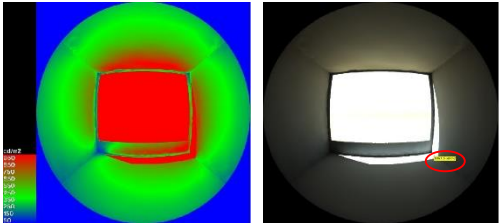
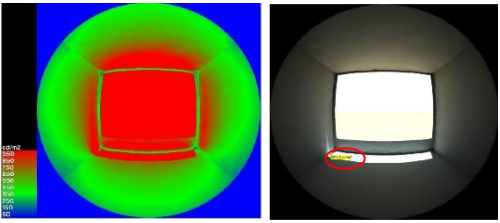
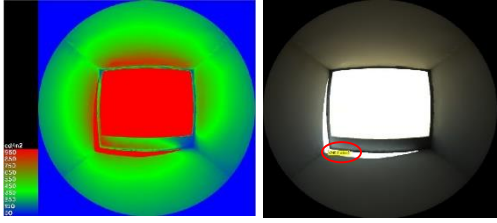
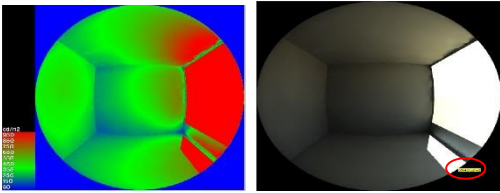
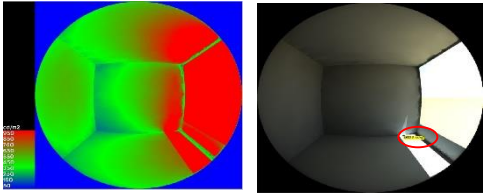
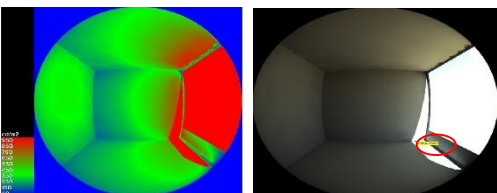
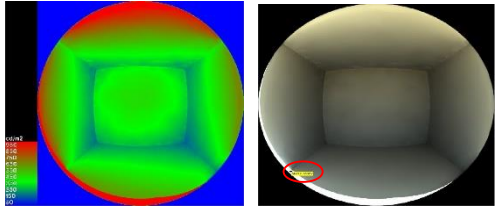
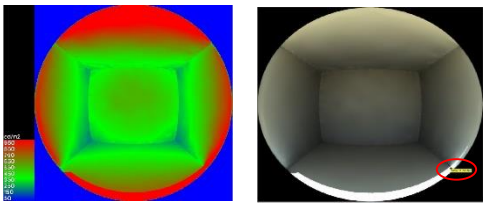
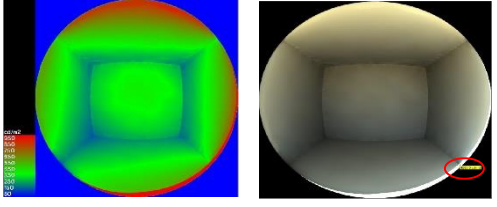
position		10.00h	12.00h	14.00h		
<b>Sud</b>	En face la fenêtre	  <p><math>L_{max} = 3144.3 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 5412.2 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 4802.0 \text{ cd/m}^2</math></p>		
		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct
	A côté de la fenêtre	  <p><math>L_{max} = 3973.9 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 5417.5 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 4011.2 \text{ cd/m}^2</math></p>		
		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect
	Fenêtre en arrière	  <p><math>L_{max} = 1799.4 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 6116.7 \text{ cd/m}^2</math></p>	  <p><math>L_{max} = 4802.1 \text{ cd/m}^2</math></p>		
		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement indirect

# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

<b>Ouest</b>	<b>En face la fenêtre</b>	 <p><math>L_{max} = 3001.1 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 3351.5 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 6789.2 \text{ cd/m}^2</math></p>			
		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct	
		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct	
	<b>A côté de la fenêtre</b>	 <p><math>L_{max} = 2921.2 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 3296.0 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 6788.5 \text{ cd/m}^2</math></p>			
		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect	
		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect	
	<b>Fenêtre en arrière</b>	 <p><math>L_{max} = 189.9 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 235.9 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 6799.6 \text{ cd/m}^2</math></p>			
		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect		Présence d'éblouissement indirect	
		Absence d'éblouissement direct et indirect		Absence d'éblouissement direct et indirect		Présence d'éblouissement indirect	

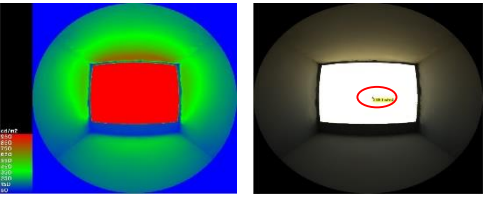
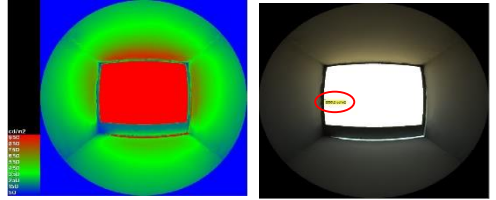
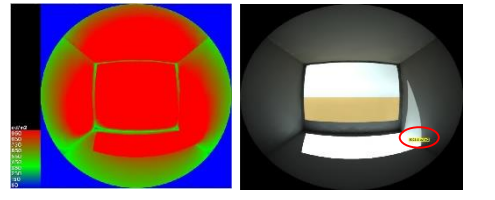
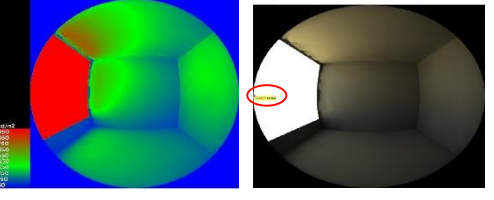
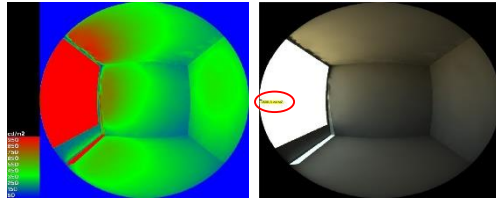
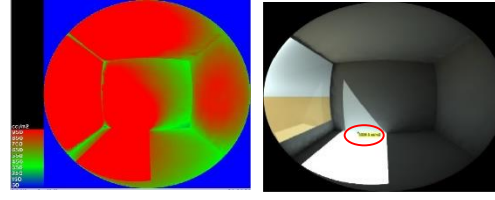
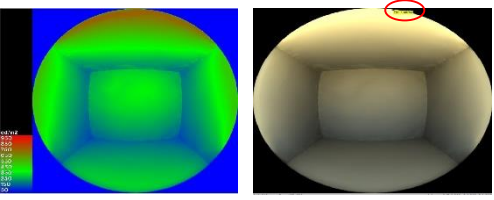
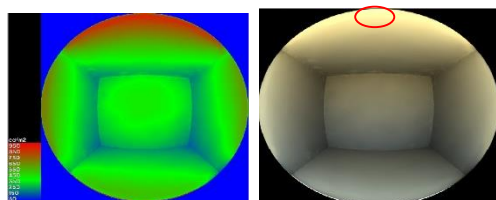
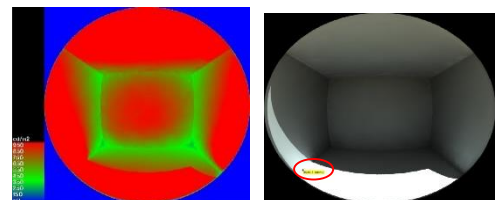
# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Tableau VII.8. Les résultats de simulation et sa comptabilité avec les résultats qualitatifs fournis par les usagers du B2. (Source : auteur)

position		10.00h	12.00h	14.00h
Sud	En face la fenêtre	 <p><math>L_{max} = 5391.5 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 6614.2 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 4245.8 \text{ cd/m}^2</math></p>
		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct
	A côté de la fenêtre	 <p><math>L_{max} = 5054.0 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 8593.8 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 4216.4 \text{ cd/m}^2</math></p>
		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement direct
	Fenêtre en arrière	 <p><math>L_{max} = 2450.0 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 6642.5 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 4285.9 \text{ cd/m}^2</math></p>
		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement indirect



# Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

<b>Ouest</b>	<b>En face la fenêtre</b>	 <p><math>L_{max} = 3109.9 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 3595.2 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 3953.8 \text{ cd/m}^2</math></p>			
		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct		Présence d'éblouissement direct	
	<b>A côté de la fenêtre</b>	 <p><math>L_{max} = 3107.7 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 3500.5 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 8859.0 \text{ cd/m}^2</math></p>			
		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement direct indirect		Présence d'éblouissement direct et indirect	
<b>Fenêtre en arrière</b>	 <p><math>L_{max} = 701.4 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 701.4 \text{ cd/m}^2</math></p>	 <p><math>L_{max} = 9080.1 \text{ cd/m}^2</math></p>				
	Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement indirect		Présence d'éblouissement direct et indirect		

■ Cas confirmé   
 ■ cas non confirmé

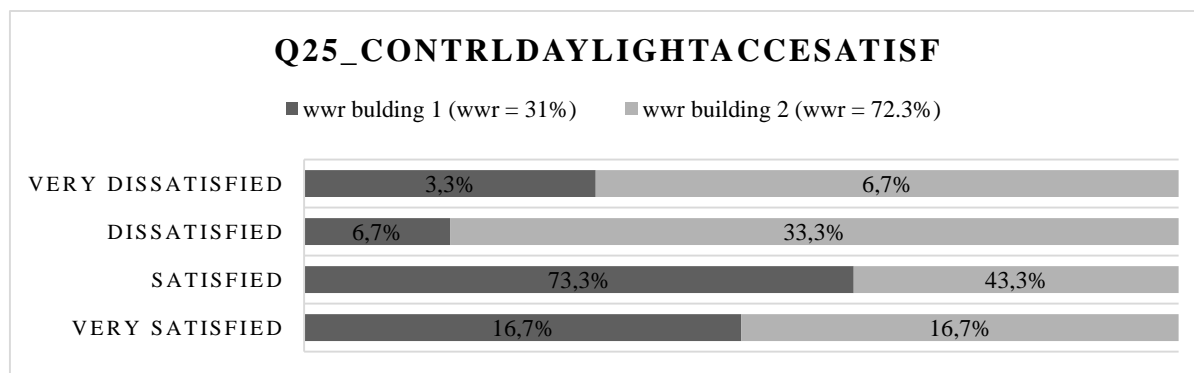
## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Les résultats mettent en évidence certaines distinctions significatives entre l'évaluation des niveaux des luminances mesurés et celle recueillie à partir des réponses des usagers surtout dans le cas du B2 où ce phénomène est plus fréquent. Cette divergence pourrait être attribuée au degré d'adaptation individuelle des employés à leur environnement lumineux, même lorsque l'intensité lumineuse atteint des niveaux élevés ( $\geq 1000 \text{ cd/m}^2$ ). Cette forme d'adaptation semble améliorer la tolérance à l'éblouissement.

Donc, Il est important de noter que des mesures d'environnement lumineux négatives ne correspondent pas toujours à une sensation négative, et inversement.

### 8. Satisfaction concernant les moyens de contrôle

Les bâtiments B1 et B2 se trouvent dans une situation où ils ne disposent pas de mécanismes de protection solaire extérieurs, leur unique moyen de régulation étant l'utilisation de stores intérieurs. Cette configuration a exercé une influence sur la satisfaction des usagers à l'égard des systèmes de gestion de l'éclairage naturel dans leurs espaces de travail (Figure VII.17). En général, une grande majorité des usagers du bâtiment B1 ont exprimé leur satisfaction, allant de satisfait à très satisfait (90%), à l'égard de la présence de ces stores en tant que moyen de contrôle de l'éclairage naturel. Cependant, les usagers du bâtiment B2 ont manifesté un degré moindre de satisfaction, avec 60% d'entre eux se déclarant satisfaits à très satisfaits et 40% exprimant leur insatisfaction, allant d'insatisfaits à très insatisfaits.



**Figure VII.17.** Le niveau de satisfaction des usagers des bâtiments B1 et B2 à l'égard de la disponibilité des dispositifs de contrôle de l'éclairage naturel. (Source : auteur)

Une étude de correspondance a été réalisée pour déterminer si la présence d'options de contrôle manuel avait un impact sur la satisfaction des usagers concernant leur capacité à réguler l'accès à la lumière naturelle (tableau VII.9). Les résultats du test de Mann-Whitney obtenus auprès des répondants dans les bâtiments B1 et B2, qui disposent de la possibilité de contrôler



## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

manuellement les protections solaires, ont montré des niveaux de satisfaction statistiquement significativement plus élevés par rapport aux répondants qui n'avaient pas cette possibilité (B1 :  $U=10.50$  ;  $Sig= 0.001$  ;  $p< 0.05$ . B2 :  $U=17.50$  ;  $Sig= 0.001$  ;  $p< 0.05$ ). Ces résultats sont en accord avec les conclusions de Galasiu & Veitch (2006) et Hellinga (2013), qui suggèrent que les systèmes de contrôle automatique des protections solaires sont mieux acceptés lorsque la possibilité de contrôle manuel est également disponible.

**Tableau VII.9.** Tableau des Correspondances entre le niveau de satisfaction à l'égard de la disponibilité des dispositifs de contrôle de l'éclairage naturel et la possibilité du contrôle manuel pour les cas du B1 et B2. (Source : auteur)

wwr			Q25_contrlDaylightAcceSatisf			
			very satisfied	satisfied	dissatisfied	very dissatisfied
building 1 (wwr = 31%)	Q22_LightCntrlPossib	yes	19,2%	80,8%		
		No		25,0%	50,0%	25,0%
building 2 (wwr = 72.3%)	Q22_LightCntrlPossib	yes	21,7%	56,5%	21,7%	
		No			71,4%	28,6%

Les usagers des bâtiments B1 et B2 ont été soumis à un interrogatoire visant à élucider les motifs sous-jacents à la fermeture de leurs stores. Cette enquête a été exécutée au moyen d'une question à choix multiples, et les résultats sont exposés dans la Figure VII.18. Pour le bâtiment B1, il a été observé que la principale justification avancée pour l'abaissement des stores réside dans la réduction de la sensation d'éblouissement inconfortable, que ce soit de manière directe, affectant les yeux (50%), ou de manière indirecte, influençant les écrans d'ordinateur (42,9%). En outre, en plus des raisons liées à l'atténuation de la luminosité gênante perçue au niveau des yeux (32,1%) et des écrans (24,5%), il a été constaté que 34% des usagers du bâtiment B2 abaissent également les stores pour des motifs relatifs au confort thermique et à la réduction de la chaleur induite par l'exposition aux radiations solaires.

Les résultats confirment les conclusions de Lindsay et Littlefair (1992), d'O'Brien et al. (2012) ainsi que Hellinga (2013) selon lesquelles les dispositifs de protection solaire sont généralement manipulés manuellement dans le but d'améliorer les conditions visuelles plutôt que les conditions thermiques.

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

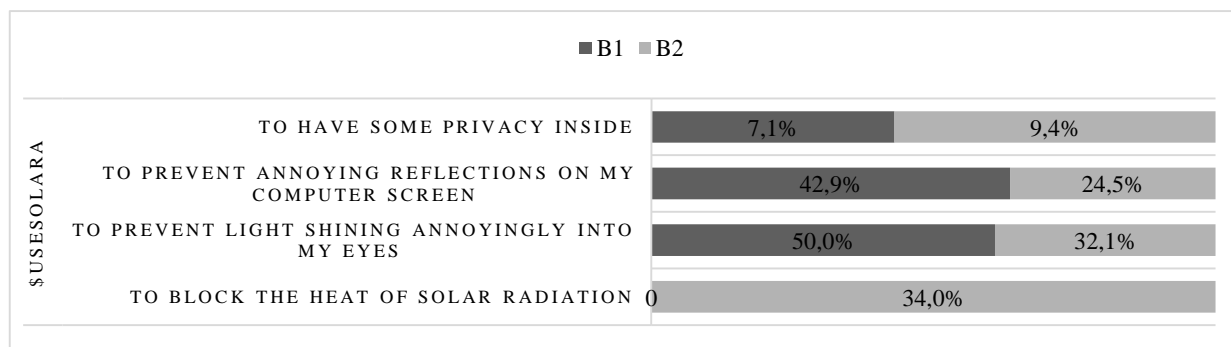


Figure VII.18. Les raisons de la fermeture des stores chez les usagers du B1 et B2. (Source : auteur)

### 9. synthèse des résultats du Satisfaction envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

Les principaux résultats sont synthétisés comme suit :

9. Niveau de la lumière naturelle : Une différence significative a été constatée entre les deux bâtiments, avec une satisfaction plus élevée dans le B1 par rapport au B2. Les usagers du B1 étaient majoritairement satisfaits de la lumière naturelle, tandis qu'une majorité d'usagers du B2 étaient insatisfaits. La satisfaction était corrélée avec la distance par rapport à la fenêtre et la position de l'utilisateur par rapport à la fenêtre, ces corrélations variant selon les bâtiments. Les résultats étaient fortement liés à la différence du ratio d'ouverture des fenêtres entre les deux bâtiments.
10. Variation saisonnière de la satisfaction : Une différence significative de satisfaction en fonction de la saison a été observée dans les deux bâtiments, avec une préférence pour l'été pour les usagers du B1 et une satisfaction plus équilibrée entre l'été et l'hiver pour ceux du B2. Ces différences étaient attribuables à des niveaux de lumière naturelle plus élevés en été et à des problèmes de surchauffe en été pour le B2.
11. Utilisation de l'éclairage artificiel : Les usagers du B1 avaient une utilisation plus fréquente de l'éclairage artificiel (76,7%) par rapport aux usagers du B2 (13,3%), probablement en raison du ratio d'ouverture des fenêtres.
12. Sensation d'éblouissement : Les usagers du bâtiment 2 éprouvent une sensation d'éblouissement plus forte que ceux du bâtiment 1. Les corrélations ont montré que l'éblouissement direct était fortement lié à la position et la distance par rapport à la fenêtre, tandis que l'éblouissement indirect était influencé beaucoup plus par la position par rapport à la fenêtre.

## Chapitre VII : satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement

13. Compatibilité entre les mesures qualitatives et quantitatives : les simulations d'UDI confirment les évaluations qualitatives des usagers concernant la lumière naturelle.

Une proximité accrue de la fenêtre semble entraîner une insatisfaction, tandis que des positions plus éloignées de la fenêtre sont associées à une plus grande satisfaction en termes de lumière naturelle. Cependant, il y avait une certaine discordance entre les évaluations des usagers et les mesures quantitatives de la luminance, suggérant une adaptation individuelle à l'environnement lumineux.

14. Satisfaction concernant les moyens de contrôle : Les usagers du bâtiment 1 sont plus satisfaits des stores intérieurs en tant que moyen de contrôle que ceux du bâtiment 2. La satisfaction est plus élevée lorsqu'ils ont la possibilité de contrôler manuellement les stores, qui sont principalement abaissés pour réduire l'éblouissement, tandis que certaines personnes les abaissent pour des raisons de confort thermique.

### Conclusion

Ce chapitre a été consacré à l'évaluation de la satisfaction des usagers envers l'environnement lumineux et la sensation d'éblouissement dans les bâtiments B1 et B2. Les résultats obtenus révèlent plusieurs aspects essentiels qui méritent d'être mis en évidence.

Tout d'abord, il est clair que le niveau de satisfaction des usagers varie considérablement entre les deux bâtiments. Le bâtiment B1 affiche une satisfaction plus élevée en matière de lumière naturelle par rapport au B2, et cela est étroitement lié au ratio d'ouverture des fenêtres. La distance par rapport à la fenêtre et la position de l'utilisateur par rapport à celle-ci jouent également un rôle significatif dans la perception de la lumière naturelle.

Une observation intéressante concerne la variation saisonnière de la satisfaction. Les occupants du B1 montrent une préférence pour l'été en raison des niveaux de lumière naturelle plus élevés, tandis que ceux du B2 présentent une satisfaction plus équilibrée entre l'été et l'hiver, malgré des problèmes de surchauffe en été dans ce dernier cas.

L'utilisation de l'éclairage artificiel diffère également entre les deux bâtiments, en grande partie en raison du ratio d'ouverture des fenêtres. Les occupants du B1 ont davantage recours à l'éclairage artificiel que ceux du B2.

En ce qui concerne la sensation d'éblouissement, le bâtiment B2 présente des niveaux plus élevés d'éblouissement par rapport au B1. L'éblouissement direct est fortement lié à la position et à la distance par rapport à la fenêtre, tandis que l'éblouissement indirect est influencé principalement par la position par rapport à la fenêtre.

La compatibilité entre les mesures qualitatives et quantitatives suggère que la satisfaction des usagers en ce qui concerne la lumière naturelle est bien reflétée par les simulations d'UDI, mais des divergences entre les évaluations subjectives des usagers et les mesures objectives de la luminance sont apparues, soulignant l'importance de l'adaptation individuelle à l'environnement lumineux.

En somme, cette analyse détaillée des réactions des usagers envers l'environnement lumineux et la sensation d'éblouissement fournit des informations précieuses pour l'aménagement futur des espaces, en mettant en évidence la nécessité de prendre en compte les besoins et les préférences des occupants pour optimiser leur satisfaction et leur confort visuel.

# **CHAPITRE VIII**

**SATISFACTION DES USAGERS  
ENVERS LA VUE SUR L'EXTÉRIEUR**

### Introduction

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur l'évaluation de la satisfaction des usagers à l'égard de leur environnement visuel extérieur. Nous examinons les composantes spécifiques de cette perception, à savoir la perception du contenu du paysage visible par la fenêtre, l'accessibilité à la vue extérieure, et la clarté de la vue. Nous analysons comment ces facteurs influents sur la satisfaction des occupants.

Nous commençons par décortiquer la perception du contenu du paysage visible, en examinant les éléments visibles, leur stratification horizontale, la mobilité de ces éléments, et la distance les séparant du bâtiment. Nous utilisons les bâtiments B1 et B2 comme cas d'étude pour illustrer ces concepts. Ensuite, nous explorons la manière dont les usagers perçoivent l'accessibilité à la vue extérieure. Nous abordons également la perception de la clarté de la vue extérieure, en analysant les caractéristiques de la fenêtre, y compris la fragmentation de la vue, le type de vitrage, et les dispositifs d'ombrage utilisés dans les bâtiments B1 et B2.

Enfin, nous étudions les préférences des usagers en ce qui concerne la vue extérieure, en examinant leurs préférences relatives au contenu du paysage, à l'accessibilité à la vue, et à la clarté de la vue à partir des scénarios virtuelle.

Ce chapitre synthétise les résultats de notre enquête sur la satisfaction des usagers à l'égard de leur vue extérieure, offrant ainsi une perspective globale de cette dimension cruciale du bien-être des usagers. Cette analyse contribue à éclairer la conception d'espaces futurs et à améliorer la qualité de vie des usagers.

### 1. Perception du contenu du paysage visible à travers la fenêtre

#### 1.1. Les éléments visibles et stratification horizontale

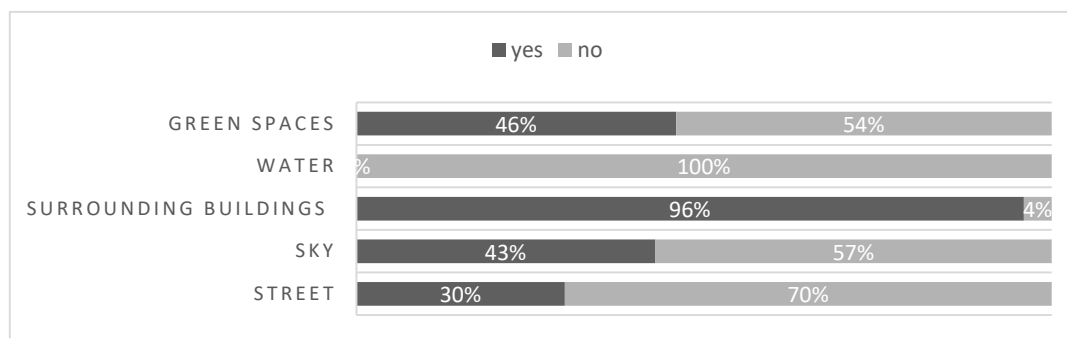
##### 1.1.1. Cas du bâtiment B1

Parmi les usagers du bâtiment B1, il existe une disparité quant à leur capacité à voir tous les éléments extérieurs à travers leur fenêtre. Seulement 30% d'entre eux peuvent voir le ciel, 43% peuvent voir la rue, tandis que la plupart peuvent voir les bâtiments environnants (96%) (Figure VIII.1). Cela est dû à wwr de 30% dans les bureaux, ce qui ne permet pas d'avoir une vue d'ensemble de tous les éléments extérieurs (moins de deux strates).

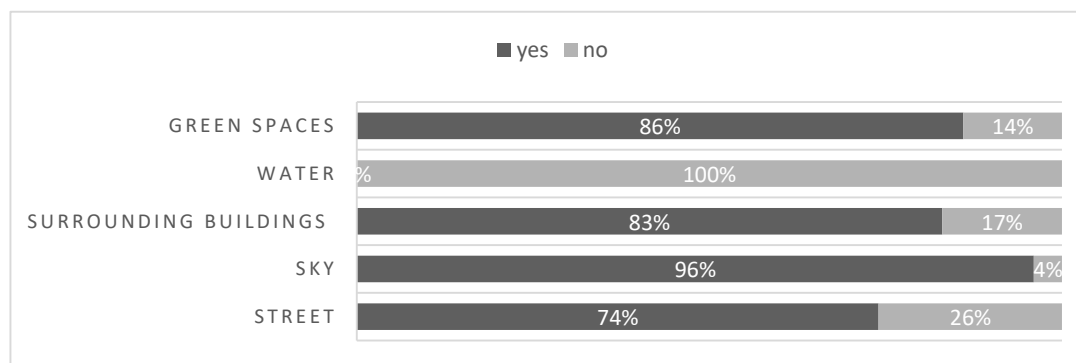
##### 1.1.2. Cas du bâtiment B2

Alors que la majorité des employés (96%) dans le bâtiment B2 peuvent voir le ciel et les bâtiments environnants depuis leur poste de travail à travers la fenêtre. Un nombre important (plus des trois quarts) peuvent également voir la rue et la verdure (figure VIII.2). Ce résultat est dû à la grande taille de la fenêtre qui permet une vue sur tous les éléments extérieurs et qui compte au moins deux strates car chaque strate fournit des informations sur l'environnement local qui peuvent favoriser la qualité de la vue (Markus, 1967).

En revanche, l'élément manquant dans les deux bâtiments sur le site lui-même est l'eau.



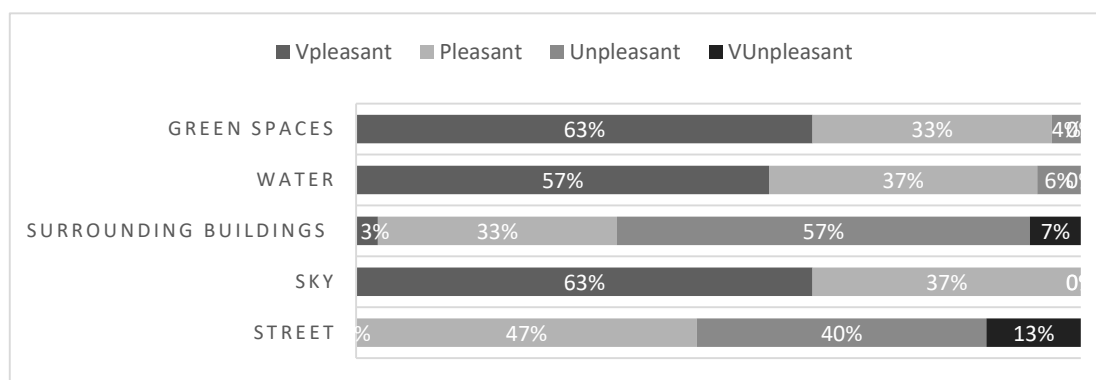
**Figure VIII.1.** Fréquences des éléments de la vue extérieure visibles à travers la fenêtre depuis les postes de travail en B1. (Source : Auteur)



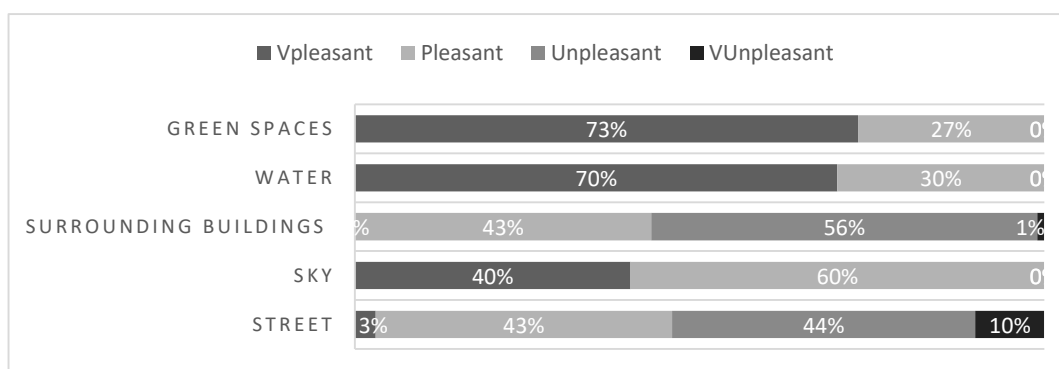
**Figure VIII.2.** Fréquences des éléments de la vue extérieure visibles à travers la fenêtre depuis les postes de travail en B2. (Source : Auteur)

## Chapitre VII : Satisfaction des usagers envers la vue vers l'extérieur

Pour les éléments qui ont pu être vus, les répondants ont été invités à évaluer le caractère d'agrément de ce qu'ils voient. Les réponses des employés des bâtiments B1 et B2 révèlent que : le ciel (pour 100%), les espaces verts (96% pour B1 et 100% pour B2) et l'eau (94% pour B1 et 100% pour B2) sont les éléments les plus agréables à très agréables (Figure VIII.3 ; Figure VIII.4). Les bâtiments et la rue sont les éléments les moins importants (tableau VIII.1) respectivement, avec 36% et 47% pour les employés de B1, et 43% et 46% pour les employés de B2. Ces résultats sont en accord avec plusieurs études (Markus, 1967 ; Grinde et Patil, 2009 ; Herzog, 1989 ; Kaplan, 1993), qui ont démontrées que les occupants ont une préférence pour les vues comportant des éléments naturels par rapport aux scènes urbaines prédominantes.



**Figure VIII.3.** Fréquences des degrés d'agrément des employés B1 à voir les éléments extérieurs à travers leurs fenêtres. (Source : Auteur)



**Figure VIII.4.** Fréquences des degrés d'agrément des employés B2 à voir les éléments extérieurs à travers leurs fenêtres. (Source : Auteur)



**Tableau VIII.1.** Agréabilité des éléments qui pourraient être vus par les usagers, moyennes et écarts-types (source : auteur)

Statistiques descriptives	Building 1			Building 2		
	N	Mean	Std.deviation	N	Mean	Std.deviation
Q39a_FloorVisiblImpres	30	2,2667	,69149	30	2,3000	,70221
Q39b_SkyVisibleElemntsImpres	30	1,3667	,49013	30	1,6000	,49827
Q39c_NeighBuildVisibleElemntsImpres	30	2,4333	,67891	30	2,6000	,56324
Q39d_WaterVisibleElemntsImpres	30	1,5000	,68229	30	1,4667	,57135
Q39e_GreensVisibleElemntsImpres	30	1,4000	,56324	30	1,3000	,46609
N valide (liste)	30			30		

D'autre part, Nous avons interrogé les usagers du bureau sur la possibilité de remplacer les éléments du contenu de la vue extérieure fournies par la fenêtre par des cadres accrochés aux murs ou de placer des plantes intérieurs « fenêtre artificielle » en cas d'absence d'une fenêtre dans leurs bureaux. Un manque d'une différence statistiquement significative dans les réponses des deux bâtiments ( $U= 405.0$  ;  $Sig= 0.394$  ;  $Sig<0.05$ ), ou l'écrasante majorité des usagers ont rejeté cette possibilité avec un pourcentage 90% pour les usagers du B1 et 93.3 % pour ceux du B2 (tableau VIII.2). La justification de ces résultats tient au fait qu'une fenêtre artificielle ne peut pas offrir les mêmes caractéristiques qu'une vraie fenêtre. Selon Markus (1967), les fenêtres artificielles sont considérées comme irréalistes et peuvent devenir insatisfaisantes au fil du temps, en raison de leur manque de profondeur, qui ne permet pas de distinguer clairement l'ouverture et la vue (Hellings, 2013).

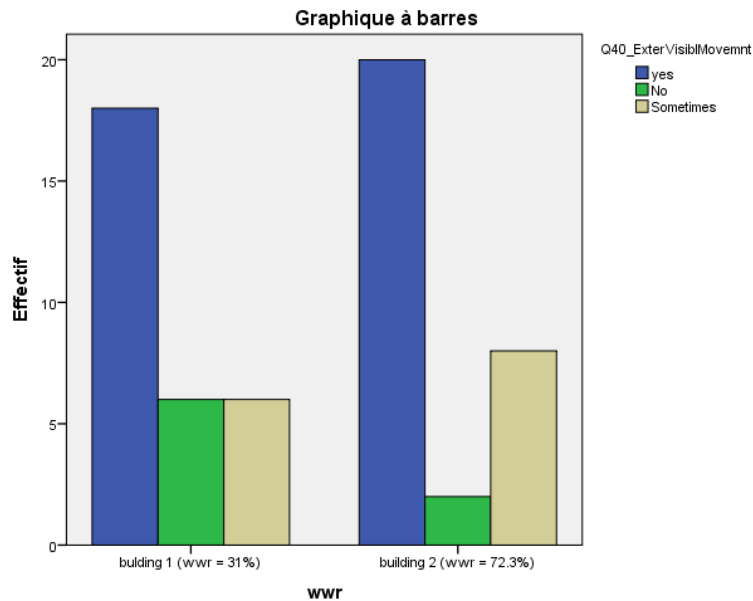
**Tableau VIII.2.** Possibilité de remplacer le contenu de la vue extérieur par une vue artificielle. (Source : auteur)

Q48_InterElmntsReplExtView	Table des correspondances		
	wwr		Marge active
	building 1 (wwr = 31%)	building 2 (wwr = 72.3%)	
<b>Yes, possible</b>	3 (10.0%)	2 (6.7%)	05
<b>No, impossible</b>	27 (90.0%)	28 (93.3%)	55
Marge active	30	30	60

### 1.2. Les éléments mobiles

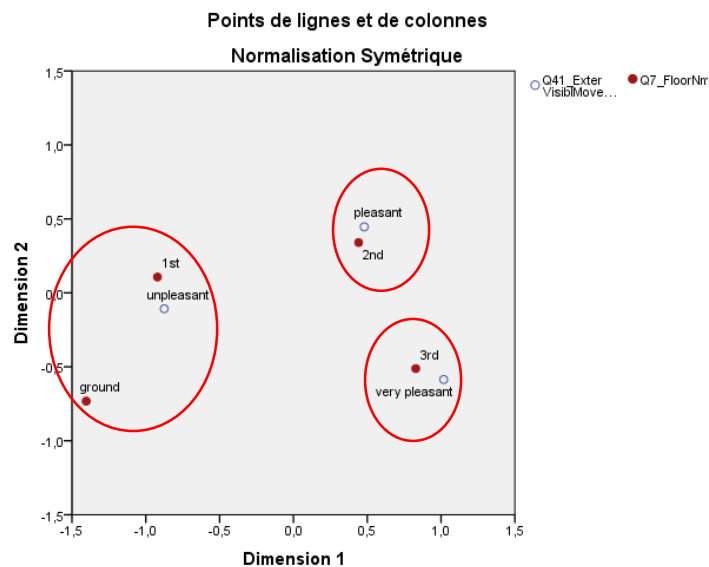
#### 1.2.1. Cas du bâtiment B1

Parmi les usagers du bâtiment B1, nous avons constaté que 60% d'entre eux (soit 18 sur 30) ont déclaré pouvoir observer des mouvements depuis leur lieu de travail (voir Figure VIII.5). Ces mouvements sont principalement liés au trafic dense sur la voie principale à proximité du bâtiment B1. (Voir : Chapitre V ; Section 2.2. Tableau V.3).



**Figure VIII.5.** Fréquences de présence des mouvements dynamiques dans les vues extérieures du B1 et B2. (Source : Auteur)

Une question a été posée pour évaluer la perception de l'agrément de ces mouvements en fonction de l'étage où se trouve le bureau. Les résultats montrent que les usagers ayant des bureaux au rez-de-chaussée ou au premier étage du bâtiment B1 considèrent ces mouvements comme "désagréables". Ils ont été perturbés par le bruit et les vibrations provenant de la voie principale à proximité. En revanche, les usagers ayant des bureaux situés au deuxième ou au troisième étage estiment que ces mouvements sont "agréables" en raison de la distance qui les sépare de la circulation (Figure VIII.6).

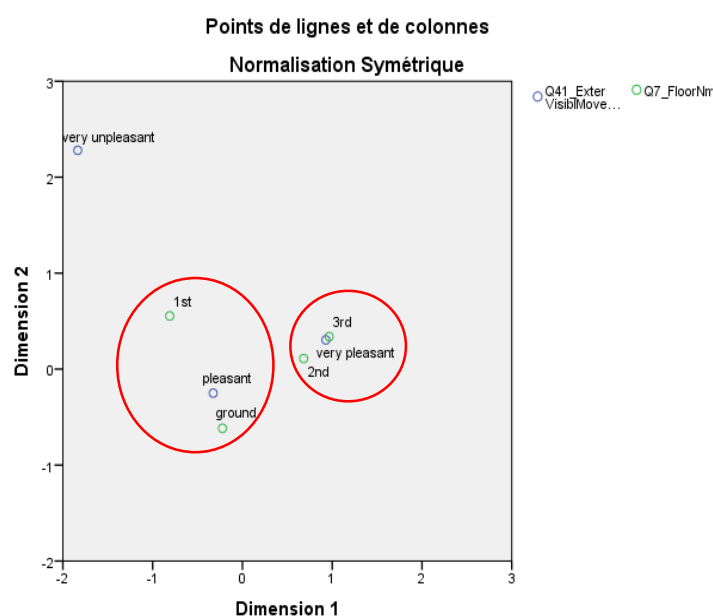


**Figure VIII.6.** Nuage de correspondance entre l'agrément des mouvements de la vue et la situation du bureau pour les usagers du B1. (Source : Auteur)

### 1.2.2. Cas du bâtiment B2

Dans le cas du bâtiment B2, 67% des usagers (soit 20 sur 30) ont déclaré pouvoir observer des mouvements depuis leur lieu de travail (Figure VIII.5). Ces mouvements incluent les mouvements des véhicules dans le parking, la présence de la végétation environnante, ainsi que les chants d'oiseaux.

Pour les usagers du bâtiment B2, quelle que soit l'étage où se trouve leur bureau, ces mouvements sont généralement perçus comme "agréables" à "très agréables". Cette perception favorable s'explique en grande partie par l'absence de mouvements perturbateurs à proximité du bâtiment, notamment grâce à la présence d'une voie secondaire (Figure VIII.7).



**Figure VIII.7.** Nuage de correspondance entre l'agréabilité des mouvements de la vue et la situation du bureau pour les usagers du B2. (Source : Auteur)

### 1.3. Distance du contenu

En se référant à l'analyse de l'environnement immédiat des deux bâtiments et à la distance entre le bâtiment lui-même et les éléments extérieurs constituant la vue (Voir : Chapitre V ; Section 2.2. Tableau V.3), nous examinons les jugements des usagers concernant cette distance.

#### 1.3.1. Cas du bâtiment B1

Plus de la moitié des usagers du B1 (60%) estiment la distance comprise entre 13,00 m et 35,50 m comme "une bonne distance". Les opinions restantes se répartissent entre les jugements "loin à très loin" (20%) et "proche à très proche" (20%) (Tableau VIII.3).

### 1.3.2. Cas du bâtiment B2

En ce qui concerne le bâtiment B2, bien que l'intervalle de distances soit plus grand que celui du B1, la moitié des usagers considèrent la distance (de 15,30 m à 45 m) comme "une bonne distance", et 33% d'entre eux la jugent "loin à très loin" (Tableau VIII.3).

Ces résultats sont en accord avec les études générales qui démontrent que les vues avec un contenu distant sont généralement préférées (entre 20 à 50 m pour une qualité moyenne à élevée Selon la Norme européenne EN 17037) (CEN/TC 169, 2018 ; Ko et al, 2022)

**Tableau VIII.3.** Jugements de la distance entre la fenêtre et le contenu extérieur. (Source : auteur)

Table des correspondances			
Q43f_ViewWindDistn	wwr		Marge active
	building 1 (wwr = 31%)	building 2 (wwr = 72.3%)	
<b>very close</b>	1	2	3
<b>close</b>	5	3	8
<b>at a good distance</b>	18	15	33
<b>far</b>	4	6	10
<b>too far</b>	2	4	6
Marge active	30	30	60

## 2. Perception d'accessibilité à la vue sur l'extérieur

Étant donné que l'accès à la vue dépend principalement des relations géométriques entre la fenêtre et l'occupant, qui sont déterminée par la taille de la fenêtre elle-même (WWR), la distance de visualisation et la direction (Ko et al., 2023). Des tests de corrélation ont été effectués afin de sortir les relations de : la distance entre le bureau et la fenêtre, la position du bureau par rapport à la fenêtre avec le niveau de satisfaction des usagers envers la vue vers l'extérieur pour chacun des bâtiments avec WWR différents.

Les premiers résultats indiquent qu'il y a une forte corrélation positive entre la satisfaction envers la vue sur l'extérieur et la taille de la fenêtre (Rho de Spearman =0.497 ; Sig = 0.000 ;  $p < 0.01$ ) (tableau VIII.4) et une différence statistiquement significative entre la satisfaction envers la vue extérieur des usagers du B1 et les usagers du B2 ( $U = 207.0$  ; Sig= 0.00 ; Sig< 0.05). Cela s'explique par le fait que plus WWR est importante plus la vue devient plus satisfaisante.

**Tableau VIII.4.** Résultats de corrélation entre WWR et la satisfaction envers la vue extérieure.

(Source : auteur)

Corrélations				
			wwr	exterior view
Rho de Spearman	wwr	Coefficient de corrélation	1,000	,497**
		Sig. (bilatéral)	.	,000
		N	60	60
	exterior view	Coefficient de corrélation	,497**	1,000
		Sig. (bilatéral)	,000	.
		N	60	60

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

En ce qui concerne l'étude de la relation entre la satisfaction envers la vue vers l'extérieur, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour chaque WWR, les résultats mettent en évidence les éléments suivants : pour le bâtiment B1 (WWR = 31%), on observe qu'une corrélation significative entre le niveau de satisfaction et la position du poste de travail par rapport à la fenêtre (parallèle ou perpendiculaire) (Rho de Spearman = 0,484 ; Sig = 0,036 ;  $p < 0,05$ ) (tableau VIII.5). Les mesures de discrimination ont aussi confirmés cette association (Figure VIII.8). En revanche, aucune corrélation n'est observée entre les variables dans le cas du bâtiment B2 (WWR = 72,3%) (Tableau VIII.6).

**Tableau VIII.5.** Résultats de corrélation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1. (Source : auteur)

Corrélations					
			exterior view	Q9_DistWinDesk	Q10_DeskWinOrien
Rho de Spearman	exterior view	Coefficient de corrélation	1,000	,193	,484*
		Sig. (bilatéral)	.	,062	,036
		N	30	30	30
	Q9_DistWinDesk	Coefficient de corrélation	,193	1,000	-,470**
		Sig. (bilatéral)	,062	.	,009
		N	30	30	30
	Q10_DeskWinOrien	Coefficient de corrélation	,484*	-,470**	1,000
		Sig. (bilatéral)	,036	,009	.
		N	30	30	30

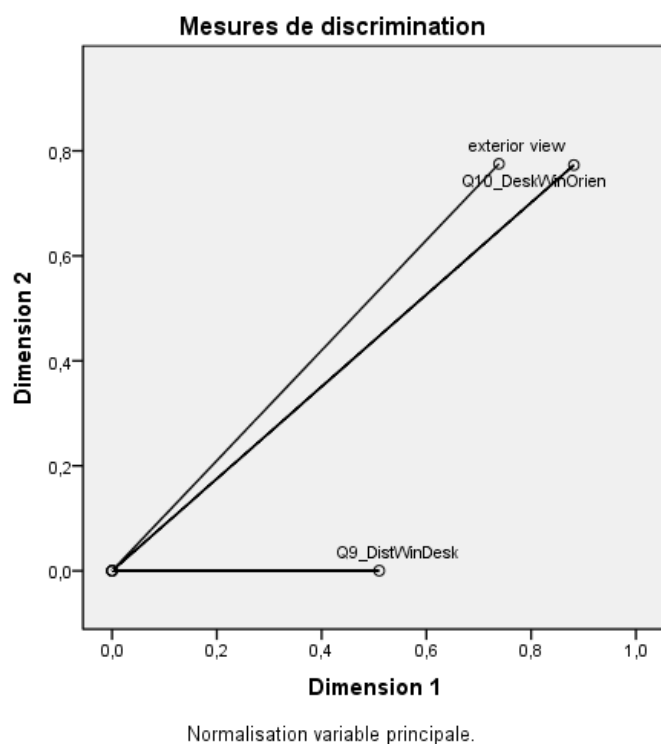
\*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).

\*\* . La corrélation est significative au niveau 0.01 (bilatéral).

**Tableau VIII.6.** Résultats de corrélation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B2. (Source : auteur)

		Corrélations			
		exterior view	Q9_DistWinDesk	Q10_DeskWinOrien	
Rho de Spearman	exterior view	Coefficient de corrélation	1,000	-,174	,024
		Sig. (bilatéral)	.	,359	,901
		N	30	30	30
Q9_DistWinDesk	Q9_DistWinDesk	Coefficient de corrélation	-,174	1,000	-,451*
		Sig. (bilatéral)	,359	.	,012
		N	30	30	30
Q10_DeskWinOrien	Q10_DeskWinOrien	Coefficient de corrélation	,024	-,451*	1,000
		Sig. (bilatéral)	,901	,012	.
		N	30	30	30

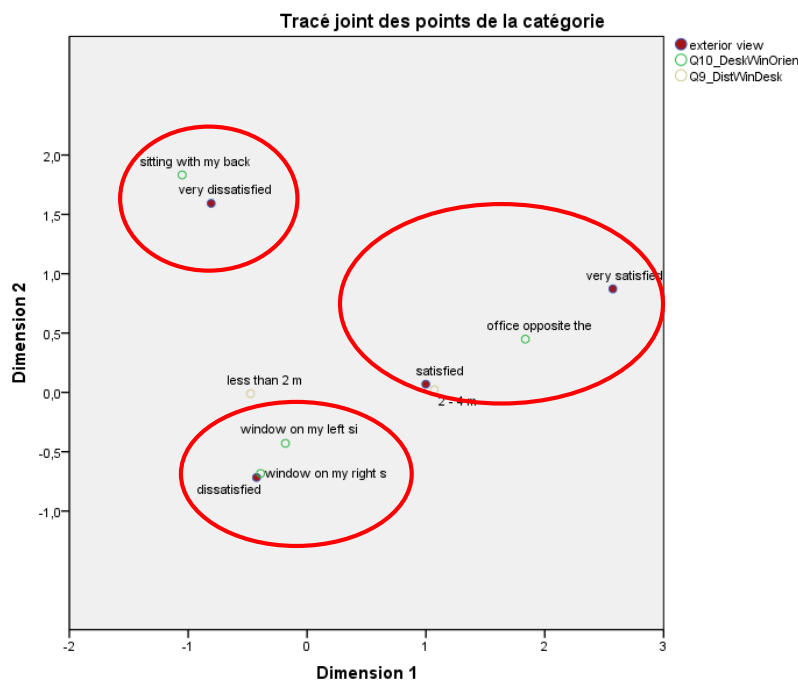
\*. La corrélation est significative au niveau 0.05 (bilatéral).



**Figure VIII.8.** Mesures de discrimination pour la relation entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1. (Source : Auteur)

Dans le but de confirmer cette corrélation indiquée par rapport au bâtiment B1 et de découvrir les associations existantes entre le niveau de satisfaction et la position par rapport à la fenêtre, une ACM a été effectuée. Les résultats de nuage révèlent trois associations très claires (figure VIII.9) :

- La position 'fenêtre derrière le bureau' est liée à un niveau de satisfaction envers la vue sur l'extérieure 'très insatisfaisant'.
- La position 'fenêtre sur le côté droit ou gauche du bureau' est liée à un niveau de satisfaction envers la vue sur l'extérieure 'insatisfaisant'.
- La position 'fenêtre en face le bureau' est liée à un niveau de satisfaction envers la vue sur l'extérieure 'satisfaisant a très satisfaisant'.



**Figure VIII.9.** Nuage de correspondance entre la satisfaction envers la vue extérieure, la position et l'orientation par rapport à la fenêtre pour B1. (Source : Auteur)

### 3. Perception du niveau de clarté de la vue vers l'extérieur

#### 3.1. Design de la fenêtre : Fragmentation de la vue

Dans le but de déterminer si la présence des meneaux de la fenêtre peut altérer la clarté du contenu visuel pour les usagers et provoquer un inconfort, une question a été posée pour évaluer leur perception de l'inconfort lié à la présence de ces éléments dans leur champ de vision.

### 3.1.1. Cas du bâtiment B1

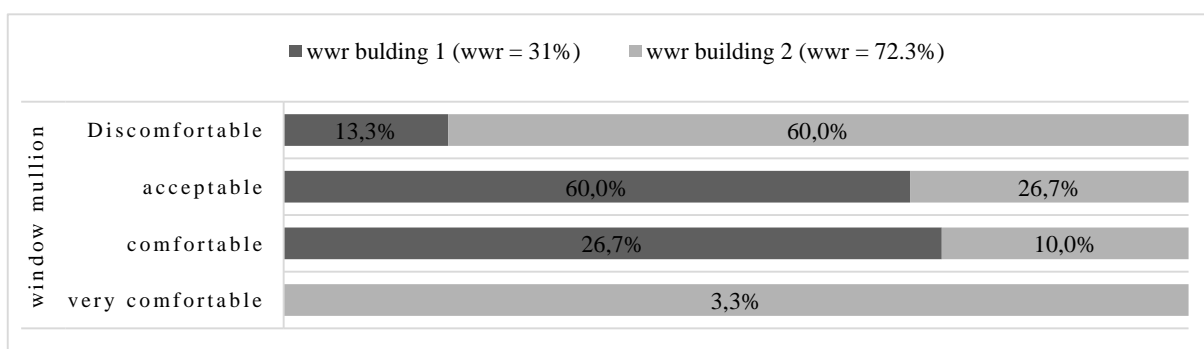
Pour le bâtiment B1, 60% des usagers considèrent que la présence des meneaux dans leur champ de vision vers l'extérieur est "acceptable". Parmi eux, 26,7% trouvent cette présence "confortable", tandis que seulement 13,3% la jugent "inconfortable" (Figure VIII.10).

Cette situation peut être expliquée par la position des meneaux de la fenêtre dans chaque bâtiment. Dans le cas des fenêtres du bâtiment 1 (B1), les meneaux sont placés le long de l'axe vertical de la fenêtre. Cela permet de préserver la clarté du contenu visuel. Malgré le contraste entre les couches horizontales et le meneau vertical, la vision stéréoscopique permet aux individus de voir le contenu de chaque côté du meneau (Ko et al., 2023).

### 3.1.2. Cas du bâtiment B2

En ce qui concerne le bâtiment 2, on constate une situation différente du bâtiment 1, car la majorité des usagers (60%) trouvent la présence des meneaux de la fenêtre "inconfortable". Le reste se partage entre ceux qui la considèrent "acceptable" (26,7%) et "confortable" (10%). (Figure VIII.10).

En revanche, dans le cas du bâtiment 2 (B2), qui présente des fenêtres de type mur-rideau, les meneaux sont placés le long des axes horizontal et vertical. Cela peut entraîner une déformation de la clarté du contenu visuel à certaines positions, car la limite du paysage et de la ligne d'horizon est obstruée (Markus, 1967). De plus, la satisfaction visuelle liée à la vue diminue à mesure que le nombre de meneaux augmente (Keighley, 1973).



**Figure VIII.10.** Fréquence de niveau de confort des usagers par rapport à la présence des meneaux de la fenêtre dans la vue vers l'extérieur : cas du B1 et B2. (Source : Auteur)



### 3.2. Type de vitrage

#### 3.2.1. Cas du bâtiment B1

En ce qui concerne la perception de la teinte du vitrage par rapport à la vue extérieure, la majorité des usagers du bâtiment B1 (56,7%) considèrent cette teinte comme "très appropriée", tandis que 43,3% la jugent "appropriée" (Figure VIII.11).

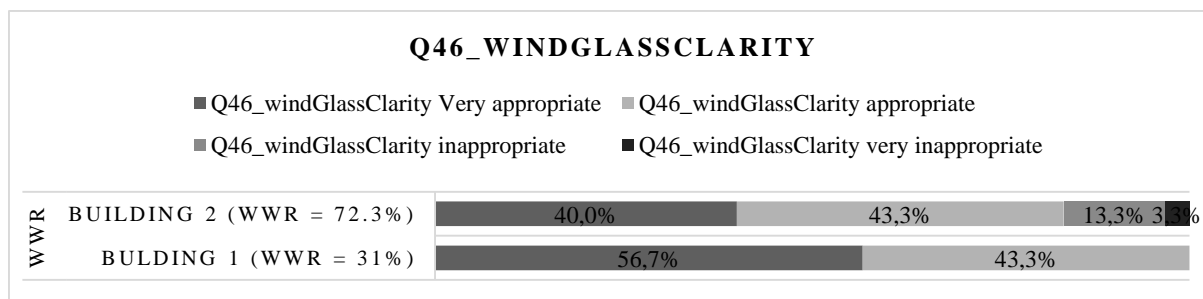
De plus, pour évaluer l'influence de la teinte du vitrage sur la vivacité des couleurs des éléments extérieurs, une question a été posée aux usagers. Les résultats indiquent que la teinte du vitrage n'affecte pas négativement la perception des couleurs extérieures. En effet, 50% des usagers du bâtiment B1 estiment que les couleurs sont "très vives", tandis que les 50% restants les trouvent "vives" (Figure VIII.12).

Ces résultats s'expliquent par le fait que les fenêtres du bâtiment B1 sont équipées de vitrage fumé transparent, ce qui n'affecte pas la perception des couleurs par les occupants, contrairement au vitrage teinté qui peut altérer la couleur de la vue extérieure.

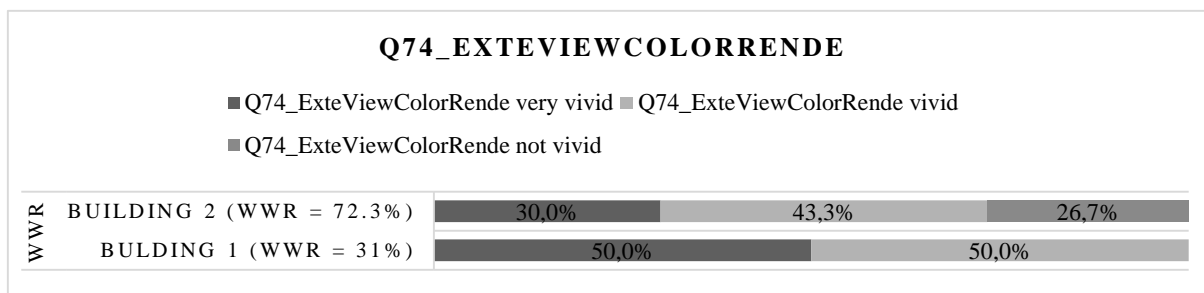
#### 3.2.2. Cas du bâtiment B2

Dans le cas du bâtiment B2, en ce qui concerne la perception de la teinte du vitrage par rapport à la vue extérieure, 40% des usagers la considèrent comme "très appropriée", et 43,3% la jugent "appropriée" (Figure VIII.11).

De même, pour évaluer l'impact de la teinte du vitrage sur la vivacité des couleurs extérieures, une question a été posée aux usagers. Les résultats indiquent que la teinte du vitrage n'a pas d'effet négatif sur la perception des couleurs extérieures. Environ 30% à 43,3% des usagers perçoivent les couleurs comme "très vives", tandis que 26,7% estiment que les couleurs ne sont pas vives (Figure VIII.12).



**Figure VIII.11.** Jugement de la teinte du vitrage en rapport avec la vue vers l'extérieur pour les usagers du B1 et B2. (Source : Auteur)



**Figure VIII.12.** Évaluation du rendu des couleurs des éléments extérieurs en fonction de la teinte du vitrage pour les usagers des bâtiments B1 et B2. (Source : Auteur)

### 3.3. Matières d'ombrage

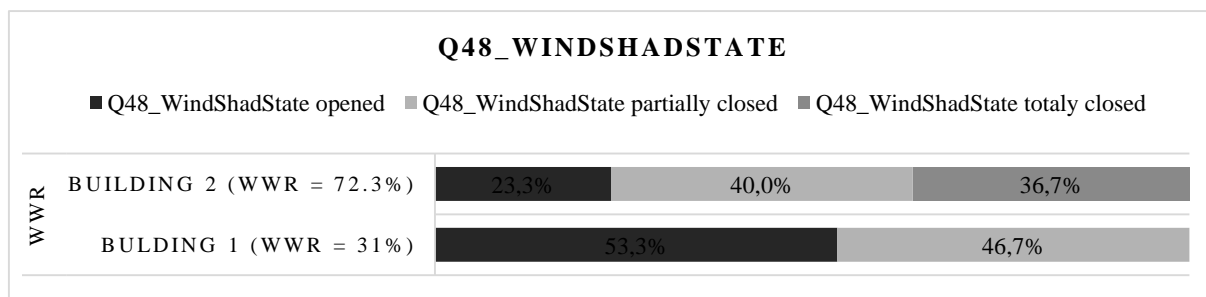
#### 3.3.1. Cas du bâtiment B1

En ce qui concerne l'utilisation des dispositifs de protection solaire (stores enroulables), 53,3% des usagers du bâtiment B1 indiquent ne jamais les fermer (toujours ouverts). Les autres les ferment partiellement de manière régulière. Lorsqu'on leur demande s'ils peuvent avoir une vue claire vers l'extérieur lorsque les stores sont partiellement ou totalement fermés, une corrélation se manifeste. L'utilisation de stores partiellement fermés est associée à une vue considérée comme "pas claire", tandis que lorsque les stores sont totalement fermés, la vue est perçue comme "pas claire du tout" (Figure VIII.13 et VIII.14). Cette corrélation est liée aux propriétés optiques des tissus des stores enroulables.

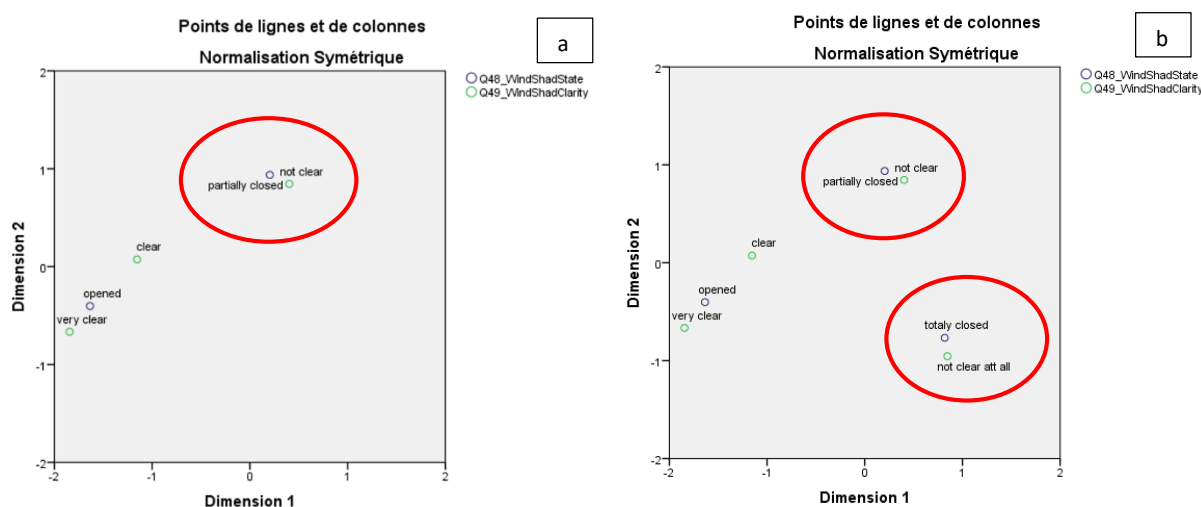
#### 3.3.2. Cas du bâtiment B2

Quant à l'utilisation des dispositifs de protection solaire (stores enroulables) dans le bâtiment B2, tous les usagers indiquent qu'ils les ferment partiellement (40%) ou totalement (36,7%). Les autres ont confirmé que ces dispositifs de protection étaient toujours ouverts (Figure VIII.13).

En ce qui concerne la vue claire vers l'extérieur lorsque les stores sont partiellement ou totalement fermés, les résultats sont similaires à ceux du bâtiment B1. Une corrélation est observée entre l'utilisation de stores partiellement fermés et une vue considérée comme "pas claire", tandis que lorsque les stores sont totalement fermés, la vue est perçue comme "pas claire du tout" (Figure VIII.14). Cette corrélation est attribuée aux propriétés optiques des tissus des stores enroulables, qui varient en couleur et en transmission visible.



**Figure VIII.13.** État d'utilisation de la protection solaire intégrée dans les bureaux des bâtiments B1 et B2. (Source : Auteur)



**Figure VIII.14.** Nuage des correspondances entre état des stores et le niveau de la clarté de la vue extérieure : a : cas du B1 ; b : cas du B2. (Source : Auteur)

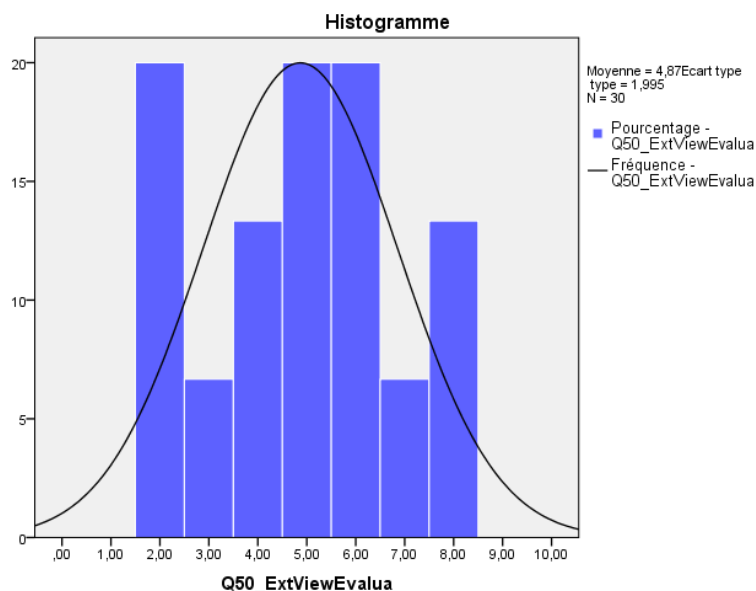
## 4. Evaluation de la qualité des vues existantes

L'évaluation des usagers relative à la qualité de la vue existante dans leurs bureaux était effectuée à l'aide d'une échelle de notation allant de 0 (qualité inférieure) à 10 (qualité supérieure). Cette mesure visait à quantifier la perception subjective des usagers quant à la qualité de la vue depuis leurs postes de travail.

### 4.1. Cas du bâtiment B1

Des résultats du tableau d'évaluation révèlent une distribution des perceptions des usagers quant à la qualité de la vue depuis leurs postes de travail. Une fréquence significative de 20 % attribuée à une évaluation de 2,00 indique une tendance vers des évaluations plus basses, suggérant une perception peu attrayante. Une minorité, représentant 6,7% des participants, attribue une évaluation de 3,00, indiquant une perception relativement mitigée. Les évaluations

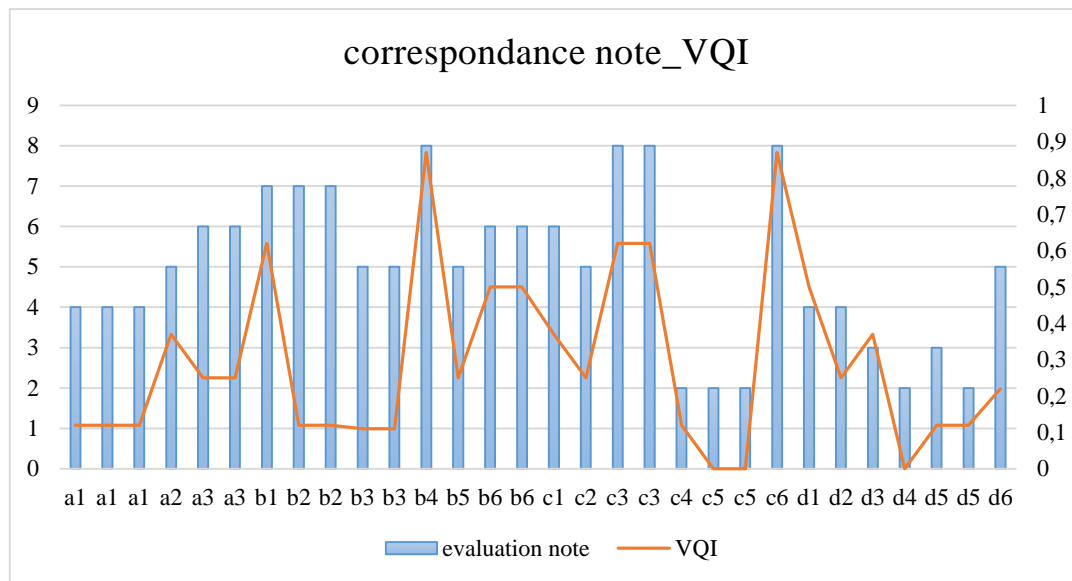
de 4,00 à 8,00 montrent une répartition équilibrée, reflétant une diversité d'opinions au sein de l'échantillon. Notamment, les évaluations les plus fréquentes, de 5,00 et 6,00, chacune représentant 20%, indiquent une tendance positive générale, suggérant une satisfaction majoritaire quant à la qualité de la vue. Toutefois, la présence d'évaluations plus basses et plus élevées met en évidence une variabilité d'opinions (Figure VIII.15).



**Figure VIII.15.** Évaluations par note des vues observées depuis les lieux de travail par les usagers du B1. (Source : Auteur)

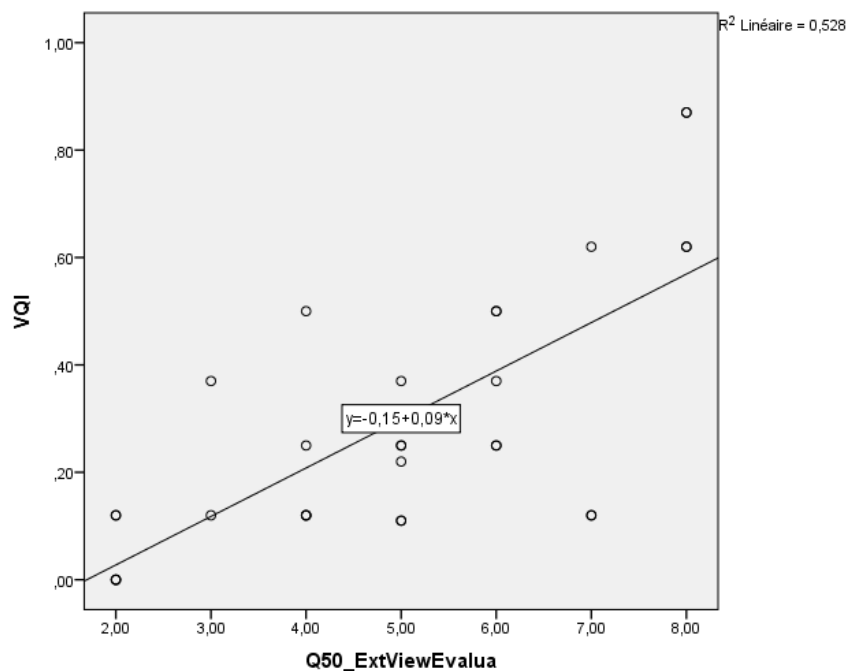
Afin d'approfondir la compréhension de la qualité des vues offertes par les fenêtres dans chaque bureau dans ce bâtiment B1, une analyse comparative entre les évaluations attribuées par les usagers à leurs bureaux (évaluation note) et les valeurs de l'Indice de Qualité de Vue (VQI) précédemment calculés (Annexe E) suggère une relation complexe, mettant en évidence des tendances générales de corrélation positive forte entre ces deux variables ((Rho de Spearman = 0,687 ; Sig = 0,00 ;  $P < 0,01$ ).

Globalement, une tendance se dessine, indiquant que les bureaux avec des évaluations note plus élevées, notamment 7 et 8, présentent généralement des valeurs de VQI supérieures. Cependant, des exceptions, telles que les bureaux "c4" et "c5," démontrent une divergence faible entre les évaluations note élevées et des valeurs de VQI relativement basses (de 0 à 1), indiquant l'influence de facteurs additionnels sur la perception de la qualité des vues (Figure VIII.16).



**Figure VIII.16.** Correspondance entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B1. (Source : Auteur)

L'analyse de régression linéaire confirme cette corrélation et mis en évidence une relation parfaitement linéaire positive entre ces deux variable ( $R^2$  linéaire = 0,528) (Figure VIII.17).



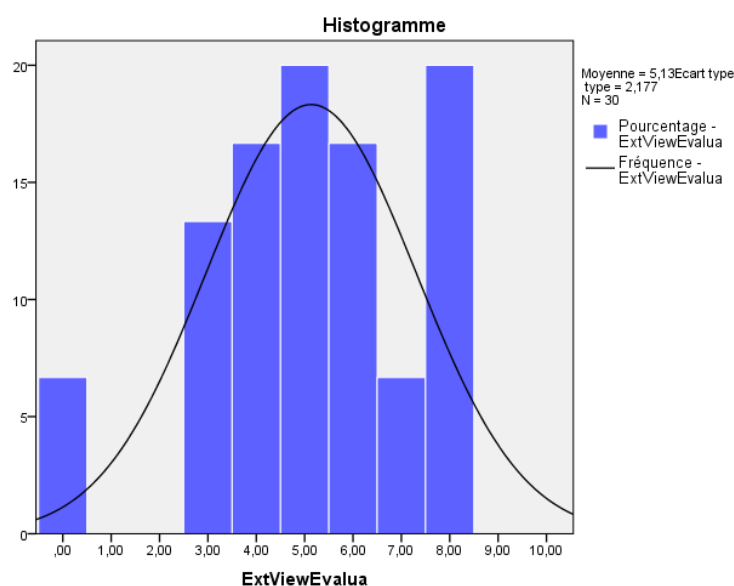
**Figure VIII.17.** Tracé de régression partielle entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B1. (Source : Auteur)

### 4.2.Cas du bâtiment B2

L'évaluation de la qualité des vues extérieures existantes par les usagers du bâtiment B2 révèle plusieurs tendances significatives. Les résultats indiquent une diversité d'opinions avec des notes variant de 3,00 à 8,00 sur une échelle potentielle.

Les pourcentages associés à chaque fréquence fournissent un aperçu de la distribution des évaluations. Les notes de 5,00 et 8,00 se distinguent en tant que catégories les plus fréquemment attribuées, chacune représentant 20,0% des évaluations. Cela suggère une tendance positive générale, avec une proportion notable des usagers accordant des notes élevées à la qualité des vues extérieures.

La répartition équilibrée des fréquences sur l'ensemble des notes indique une variabilité dans les évaluations, soulignant que les usagers ont des opinions divergentes. Bien que la tendance générale soit positive, des évaluations de 3,00, 4,00, 6,00 et 7,00 témoignent d'une diversité d'appréciations (Figure VIII.18).



**Figure VIII.18.** Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers du B2. (Source : Auteur)

La corrélation entre les notes d'évaluation et l'indice de VQI (voir annexe E) pour les bureaux du B2 révèle diverses relations entre ces deux variables (Figure VIII.19).

- *Des Corrélation Positive :*

Certains bureaux, tels que "a2," "c1," et "d1," présentent une corrélation positive. Cela signifie que des notes d'évaluation plus élevées sont associées à des indices de VQI plus élevés.

- *Des Corrélation Négative :*

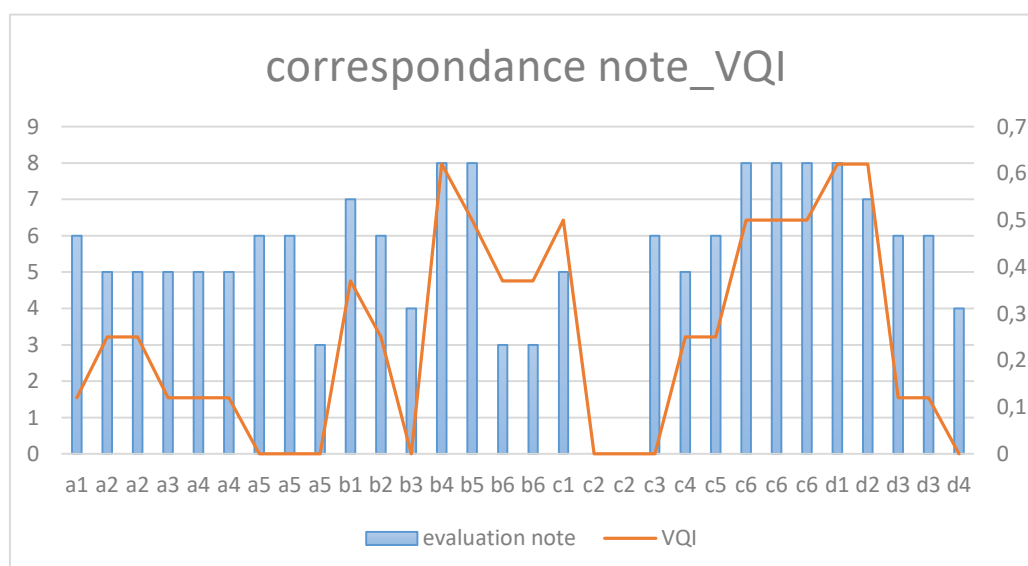
Le bureau "d4" présente une corrélation négative, indiquant que des notes d'évaluation plus basses sont associées à des indices de VQI plus bas. Cela pourrait signifier que les usagers perçoivent une qualité visuelle inférieure lorsque les évaluations sont moins favorables.

- *Des Corrélation Nulle ou Faible :*

Certains bureaux, comme "a5" et "c2," montrent une corrélation nulle ou faible. Les variations dans les notes d'évaluation ne semblent pas avoir une relation claire avec les variations dans l'indice de VQI. L'absence de corrélation significative peut indiquer que d'autres aspects non pris en compte dans les évaluations subjectives jouent un rôle important dans l'indice de VQI. Par exemple, des facteurs environnementaux, des éléments esthétiques non évalués ou des critères subjectifs spécifiques peuvent influencer l'indice de VQI indépendamment des notes d'évaluation.

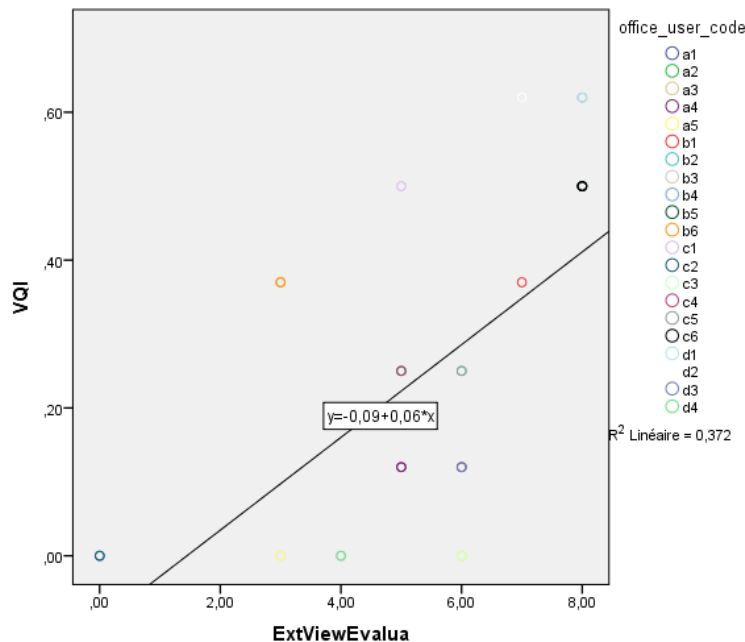
- *Des Corrélation Complexe :*

Le bureau "b6" illustre une corrélation complexe, où les évaluations varient de manière significative tout en maintenant des indices de VQI relativement constants. Cela peut résulter de multiples facteurs influant simultanément sur les évaluations et l'indice de VQI. Par exemple, un bureau peut avoir des caractéristiques esthétiques appréciées par certains usagers mais pas par d'autres, ce qui crée une variation dans les évaluations malgré des caractéristiques visuelles constantes.



**Figure VIII.19.** Correspondance entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B2. (Source : Auteur)

L'analyse de régression linéaire révèle une relation linéaire aussi positive mais non parfaitement significative en ces deux variables par rapport à celle du cas du B1 avec un  $R^2$  linéaire = 0,372 (Figure VIII.20).



**Figure VIII.20.** Tracé de régression partielle entre l'Évaluations par note des vues observés depuis les lieux de travail par les usagers et les valeurs du VQI du B2. (Source : Auteur)

### 5. Préférence des usagers envers la vue vers l'extérieur

Dans le but d'explorer les préférences des usagers en ce qui concerne les trois variables qui constituent la vue vers l'extérieur (le contenu, l'accessibilité et la clarté) et afin de comprendre leurs impact sur le niveau de satisfaction, nous avons examinés 28 scénarios (voir Chapitre V et Annexe D) en maintenant les mêmes WWR réels pour chaque bâtiment. Les résultats issus de cette expérience en réalité virtuelle révèlent les conclusions suivantes :

#### 5.1. Préférence relative au contenu

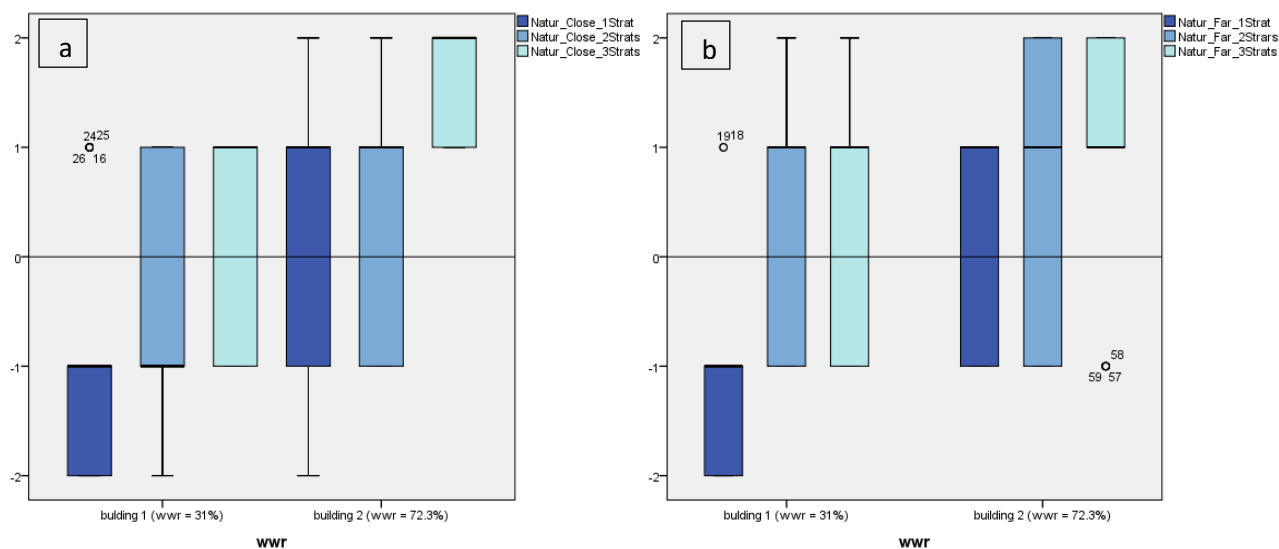
Nous avons examinés l'effet de la stratification horizontale, de la distance du contenu et le type des éléments visibles sur la satisfaction des usagers. Les interactions entre ces variables nous ont conduits à générer 18 scénarios.

- Pour les vues avec contenu naturel (06 scénarios) :

Le nombre de strates se révèle comme un facteur significatif dans la satisfaction. Une pluralité de strates visibles, en particulier entre 2 et 3 strates, est associée à une satisfaction



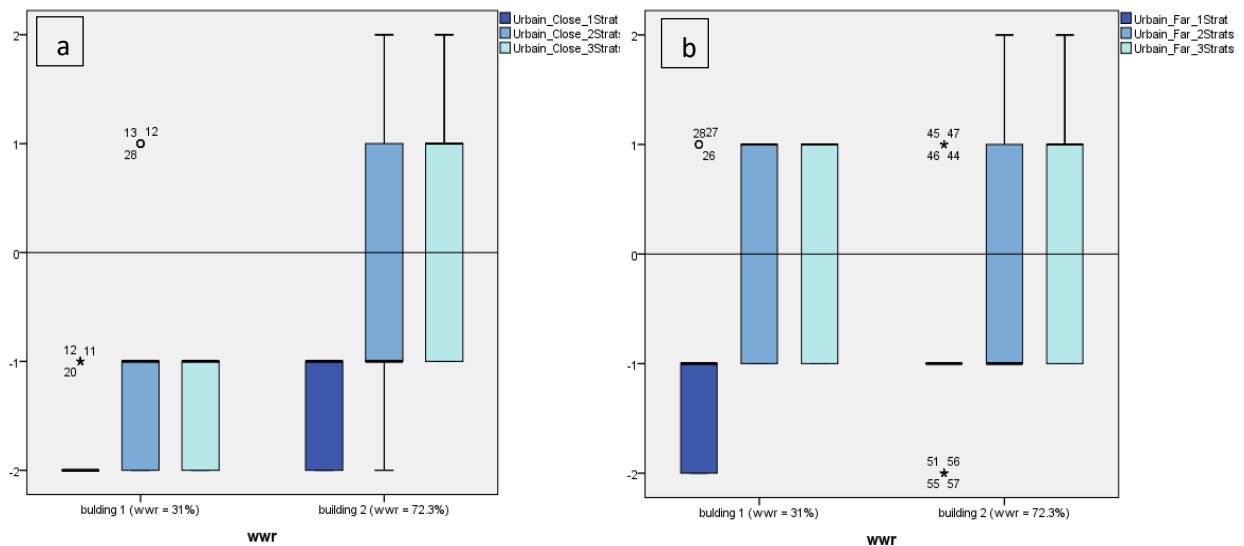
accrue. Il est toutefois à noter que cet effet ne parvient pas à annuler l'influence exercée par la distance vis-à-vis de ces éléments. Une observation à noter est que même en présence d'une unique strate, une augmentation substantielle du niveau de satisfaction est constatée à mesure que la distance augmente (correspondant à une vue plus éloignée). Cela est clairement observable pour chacune des WWR (bâtiments 1 et 2) (figure VIII.21).



**Figure VIII.21.** Effet des nombres des strates et la distance du contenu naturel sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et B2 : a : vue naturelle proche ; b : vue naturelle éloignée. (Source : Auteur)

- Pour les vues avec contenu **urbain** (06 scénarios) :

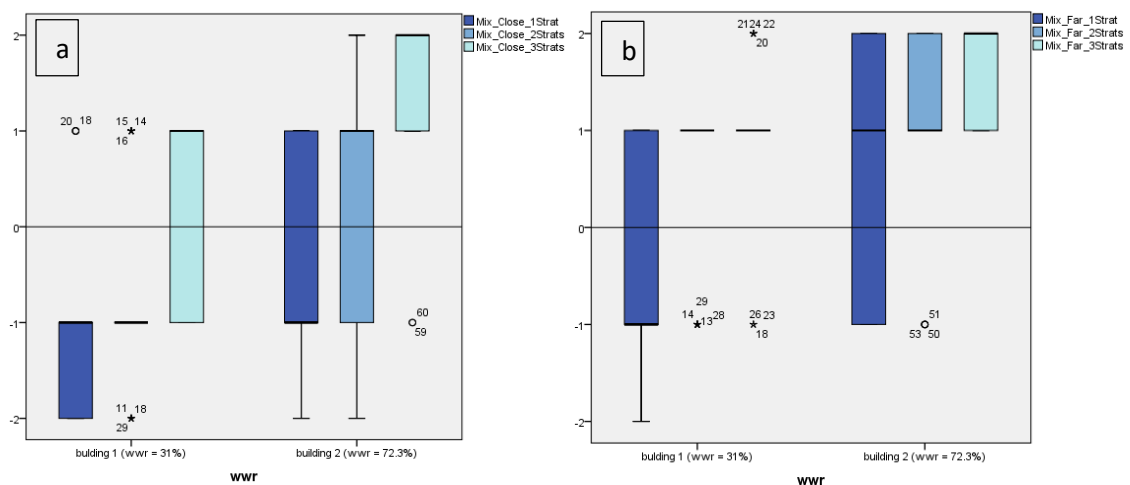
Lorsque le rapport fenêtre-sur-mur (WWR) est de 31% (comme dans le cas du bâtiment B1), le nombre de strates n'a aucun impact significatif sur l'augmentation de la satisfaction des utilisateurs. Cependant, l'augmentation de la distance par rapport à ce contenu a un léger effet, bien que la satisfaction reste généralement faible. En revanche, avec un WWR de 72,3%, la distance lointaine par rapport au contenu ainsi que le nombre de strates se révèlent avoir un impact notable sur l'augmentation du niveau de satisfaction, passant de l'insatisfaction à la satisfaction (figure VIII.22). Dans ce contexte, c'est la nature même du contenu qui contribue à une diminution du niveau de satisfaction par rapport au contenu naturel.



**Figure VIII.22.** Effet des nombres des strates et la distance du contenu urbain sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et B2 : a : vue urbaine proche ; b : vue urbaine éloignée. (Source : Auteur)

- Pour les vues avec contenu mixte (naturel et urbain) (06 scénarios) :

La distance a manifesté un effet modéré sur le niveau de satisfaction dans les cas B1 et B2, lorsqu'il s'agit de comparer les résultats entre la proximité et l'éloignement d'un contenu mixte. Il est à noter que les participants ont exprimé une satisfaction accrue lorsque le contenu était éloigné de la fenêtre par rapport à une proximité. De plus, l'impact significatif du nombre de couches horizontales de vue, notamment de 2 à 3 couches, a été remarqué, en particulier dans le cas du B2, où un WWR élevé offre une vue plus dégagée avec des éléments visuels plus étendus (figure VIII.23). En revanche, il convient de noter que le contenu mixte est préféré par rapport au contenu urbain, où le niveau de satisfaction est plus élevé quel que soit la distance et le nombre de la stratification horizontale.



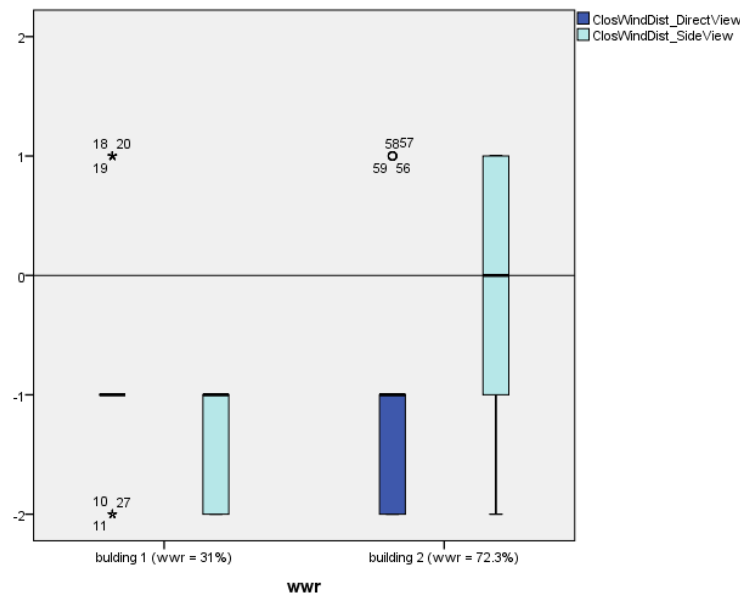
**Figure VIII.23.** Effet des nombres des strates et la distance du contenu mixte (urbain et naturel) sur le niveau de satisfaction concernant le contenu de la vue des usagers du B1 et du B2 : a : vue mixte proche ; b : vue mixte éloignée. (Source : Auteur)

**Synthèse :** ces résultats révèlent que le contenu de la vue le plus préféré par les usagers se caractérise par plusieurs facteurs clés. Il s'agit d'une vue avec un contenu mixte, comprenant à la fois des éléments naturels et urbains, qui offre un équilibre visuel attrayant. Dans cette configuration, la satisfaction des usagers est généralement plus élevée, indépendamment de la distance par rapport à la fenêtre et du nombre de couches horizontales de vue. Cependant, une distance légèrement éloignée est préférée à la proximité, et un WWR élevé, qui permet une vue plus dégagée et des éléments visuels plus étendus, contribue également à une satisfaction accrue. En somme, la vue la plus appréciée est celle qui offre une variété visuelle harmonieuse, une distance modérée et un WWR élevé, répondant ainsi aux préférences des usagers en matière de satisfaction visuelle.

### 5.2. Préférence relative à l'accessibilité à la vue

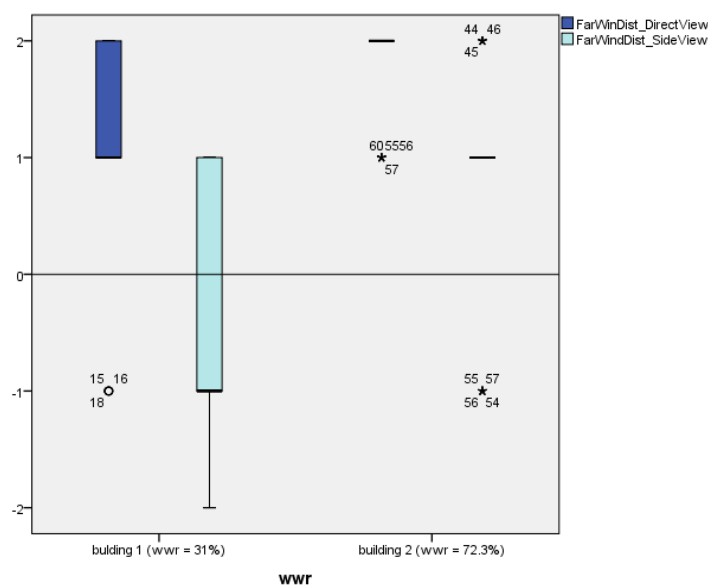
Nous avons étudié l'impact de la distance entre le bureau et la fenêtre, ainsi que la position du bureau par rapport à la fenêtre (parallèle ou perpendiculaire), sur la satisfaction des usagers pour souligner leurs préférences. Les interactions entre ces variables ont conduit à la création de 04 scénarios.

- position perpendiculaire (en face de la fenêtre) / distance proche : La majorité des occupants du bâtiment B1 ont évalué cette disposition comme étant "insatisfaisante", tandis que les occupants du bâtiment B2 ont attribué des évaluations allant de "insatisfaisant" à "très insatisfaisant" (figure VIII.24). Cette observation découle probablement de la présence accrue de l'éblouissement direct, un problème qui s'intensifie avec l'augmentation du WWR.
- position parallèle (à côté de la fenêtre) / distance proche : À l'exception de certains cas où elle est perçue comme "satisfaite", cette disposition est généralement évaluée comme "très insatisfaite" à "insatisfaite" par l'ensemble des occupants du bâtiment B1. Cette évaluation découle principalement de la réduction de l'angle de vue associée à cette position, ce qui affecte la quantité de vue disponible. En revanche, les occupants du bâtiment B2 expriment une satisfaction relativement plus élevée vis-à-vis de cette disposition par rapport à la position précédente, en grande partie en raison de la réduction du problème d'éblouissement direct, bien que la prudence demeure de mise en raison de la proximité de la fenêtre (figure VIII.24).



**Figure VIII.24.** Impact des positions parallèle et perpendiculaire, combinées à une distance rapprochée, sur le niveau de satisfaction concernant l'accessibilité à la vue des usagers du B1 et du B2. (Source : Auteur)

- Position perpendiculaire (en face de la fenêtre) / distance éloignée : Contrairement aux configurations antérieures, l'augmentation de la distance entre le bureau et la fenêtre s'est avérée être corrélée à une augmentation du niveau de satisfaction des usagers du B1. Les usagers du B2 ont également affiché une satisfaction particulièrement élevée dans cette configuration (figure VIII.25). Cette tendance découle de la réduction significative des problèmes d'éblouissement direct à mesure que la distance entre le bureau et la fenêtre s'accroît.
- position parallèle (à côté de la fenêtre) / distance éloignée : Cette disposition demeure constamment classée comme "non satisfaisante" pour les usagers du B1, indépendamment de la distance. Cette évaluation est attribuable à la limitation significative du champ visuel associée à cette position ainsi qu'au faible ratio d'ouverture. Concernant les usagers du B2, le niveau de satisfaction est également restreint, sans arriver au point d'insatisfaction (figure VIII.25). Cette réduction du niveau de satisfaction est due à la diminution de l'angle de vue par rapport à une disposition perpendiculaire, même si la distance accrue contribue à atténuer le problème d'éblouissement.



**Figure VIII.25.** Impact des positions parallèle et perpendiculaire, combinées à une distance éloignée, sur le niveau de satisfaction concernant l'accessibilité à la vue des usagers du B1 et du B2. (Source : Auteur)

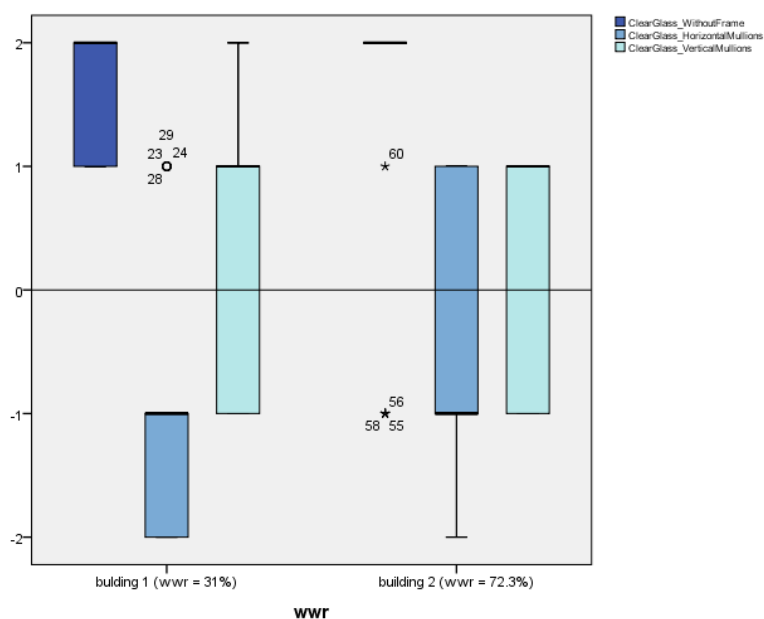
**Synthèse :** Les paramètres préférés en termes d'accessibilité à la vue, selon les résultats de notre étude, montrent que les usagers ont une nette préférence pour des dispositions de bureau à distance éloignée par rapport à la fenêtre que ce soit le WWR. Cette préférence s'explique par la réduction significative de l'éblouissement direct à mesure que la distance augmente, contribuant à une meilleure satisfaction. En revanche, les configurations de bureau en proximité, notamment celles en position parallèle à la fenêtre, sont généralement moins satisfaisantes en raison de la limitation de l'angle de vue. Ces conclusions mettent en évidence l'importance de l'équilibre entre l'accessibilité à la vue et la gestion de l'éblouissement direct pour répondre aux préférences des occupants en matière d'aménagement de l'espace de travail.

### 5.3. Préférence relative à la clarté de la vue

Nous avons analysé l'influence du type de vitrage (transparent ou teinté) ainsi que les différentes fragmentations de la fenêtre sur la satisfaction des usagers envers la clarté de la vue afin de mettre en lumière leurs préférences. Cette analyse des interactions entre ces variables nous a permis de concevoir 06 scénarios distincts.

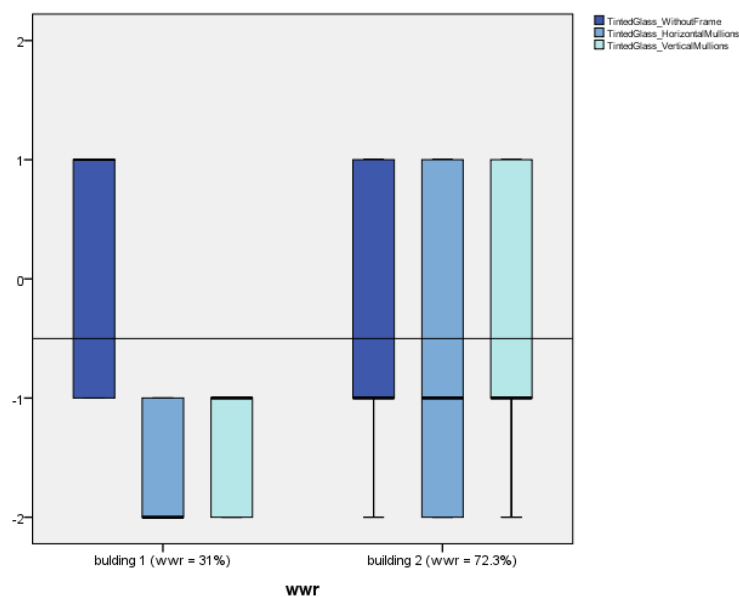
- Fenêtre sans cadre, avec meneau horizontale ou avec meneau vertical/ vitrage clair (03 scénarios) : Les résultats démontrent qu'une fenêtre sans cadre équipée d'un vitrage clair

engendre un niveau de satisfaction notable chez les usagers des bâtiments B1 et B2. Cependant, la présence d'un meneau horizontal diminue cette satisfaction, particulièrement dans le cas du B1, qui affiche un WWR plus restreint que le B2, impactant ainsi la quantité de vue disponible, la perception, et la clarté des éléments visuels extérieurs. En revanche, l'incorporation d'un meneau vertical conduit à un niveau de satisfaction nettement supérieur à celui d'horizontale. Cette préférence s'explique par la vision stéréoscopique qui permet aux occupants des deux bâtiments, B1 et B2, d'observer clairement le contenu de chaque côté du meneau (figure VIII.26).



**Figure VIII.26.** Impact des différentes fragmentations de la fenêtre, combinées à un vitrage clair, sur le niveau de satisfaction concernant la clarté à la vue pour les usagers du B1 et du B2.  
(Source : Auteur)

- Fenêtre sans cadre, avec meneau horizontale ou avec meneau vertical/ vitrage teinté (03 scénarios) : Le vitrage teinté s'avère être peu apprécié par les utilisateurs, et il est notable que même en l'absence de cadre, le niveau de satisfaction demeure faible pour les deux bâtiments. L'ajout du meneau horizontal accentue cette insatisfaction, en particulier chez les occupants du B1 (figure VIII.27). Cette insatisfaction découle de la réduction de la sensibilité au contraste et de la diminution de la perception des couleurs induites par ce type de vitrage.



**Figure VIII.27.** Impact des différentes fragmentations de la fenêtre, combinées à un vitrage teinté, sur le niveau de satisfaction concernant la clarté à la vue pour les usagers du B1 et du B2. (Source : Auteur)

**Synthèse :** Les préférences en termes de clarté de la vue se dégagent clairement de notre étude. Les utilisateurs apprécient grandement les fenêtres sans cadre avec un vitrage clair, car cela engendre un niveau de satisfaction élevé. Cependant, la présence d'un meneau horizontal diminue cette satisfaction, surtout lorsque le rapport fenêtre-sur-mur (WWR) est faible. En revanche, l'utilisation d'un meneau vertical améliore considérablement la satisfaction, car il permet une vision stéréoscopique plus claire. En contraste, les fenêtres sans cadre avec un vitrage teinté sont généralement moins appréciées, et la présence d'un meneau horizontal accentue cette insatisfaction. Cette insatisfaction est attribuée à la réduction de la sensibilité au contraste et à la diminution de la perception des couleurs associées au vitrage teinté. En résumé, les occupants préfèrent des fenêtres sans cadre avec un vitrage clair ou avec un meneau vertical pour une clarté de la vue optimale.

### 6. Etude d'interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur

Cette partie de l'étude se focalise sur l'interaction entre la lumière naturelle et la vue extérieure. L'objectif principal était d'explorer la corrélation entre les vues vers l'extérieur qui sont considérées comme les plus intéressantes dans les deux bâtiments d'étude (Figure VIII.28) et le niveau d'inconfort induit par l'éblouissement. Le Glare Response Vote (GRV) a été utilisé comme indicateur, avec une normalisation des valeurs du Glare Sensation Vote (GSV) pour permettre une comparaison avec l'indice d'éblouissement en lumière du jour (DGI) (voir chapitre V ; section 3.3).

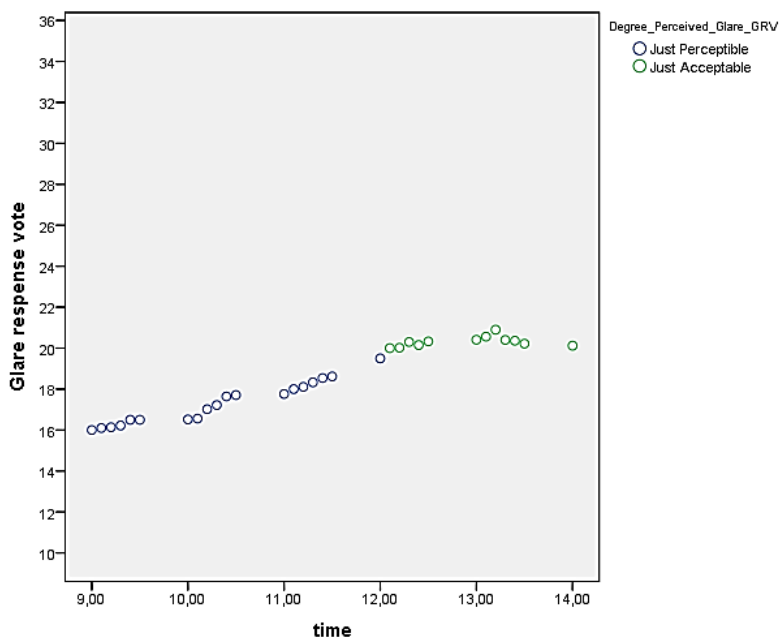


**Figure VIII.28.** Les vues vers l'extérieur les plus intéressantes dans les deux bâtiments d'étude selon la vote des usagers : a : bâtiment B1 ; b : bâtiment B2.

(Source : Auteur)

### 6.1. Cas du bâtiment B1

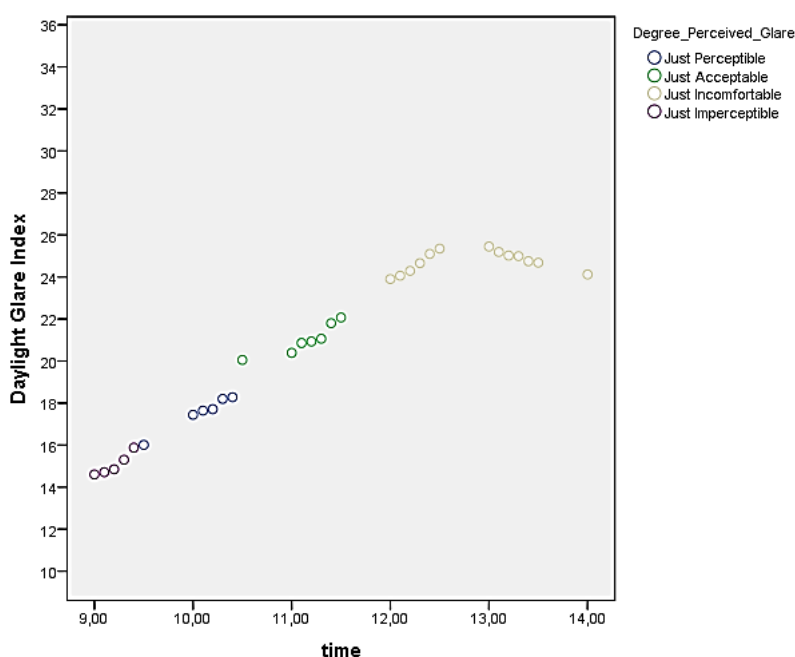
Au cours de la période de mesure s'étendant de 9h à 14h, les valeurs du Glare Response Vote (GRV) ont manifesté une évolution significative. Initialement comprises entre 16 et 19,5, ces valeurs étaient classées comme "Juste perceptibles". Au fil du temps, les valeurs du GRV ont progressivement augmenté pour atteindre un pic de 20,12 à 14.00h. Malgré cette évolution, il est important de noter que le GRV est demeuré dans la catégorie "Acceptable" tout au long de la période d'observation, restant ainsi en deçà du seuil d'inconfort (Figure VIII.29). Cette constance dans la catégorie "Acceptable" souligne la stabilité perçue de la réponse au reflet, préservant un niveau de confort ressenti par les usagers tout au long de la séquence temporelle étudiée.



**Figure VIII.29.** Les données du GRV et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B1. (Source : Auteur)



Dans l'autre côté, L'évolution temporelle du DGI, évaluée selon les valeurs de référence et les classifications établies, révèle une progression graduelle de 14,6 à 24,12 au fil des instants. Durant les phases initiales (de 9h à 10h), le DGI évolue de manière perceptible, atteignant une catégorie "Juste Perceptible". À partir de 11.00h, la croissance persiste, dépassant la limite entre "Juste Acceptable" et "Juste Inconfortable" à 22,07. Cette tendance s'accroît à 12.00h, où le DGI atteint 23,9, confirmant son classement dans la catégorie "Juste Inconfortable", maintenu jusqu'à 13,5. À 14.00h, le DGI demeure dans la catégorie "Juste Inconfortable" avec une mesure de 24,12 (Figure VIII.30). Ainsi, l'analyse révèle une transition du DGI de niveaux imperceptibles à perceptibles, puis vers des niveaux jugés inconfortables.



**Figure VIII.30.** Les données du DGI et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B1. (Source : Auteur)

La comparaison de l'évolution du Glare Response Vote (GRV) en tant qu'indicateur de l'éblouissement ressenti par les usagers par rapport au Daylight Glare Index (DGI) en tant qu'indice mesuré de l'éblouissement révèle des dynamiques distinctes. Pendant la plage horaire de 9h à 14h, malgré la progression continue du DGI, dépassant la limite entre "Juste Acceptable" et "Juste Inconfortable", le Glare Response Vote (GRV) a également montré une évolution graduelle ( $R^2$  linéaire = 0.969) mais est resté constant dans la catégorie "Acceptable" (Figure VIII.31). Ces divergences mettent en évidence des nuances dans la perception du confort entre l'évaluation subjective du GRV et la mesure objective du DGI, soulignant une corrélation entre l'intérêt pour la vue et la sensation d'éblouissement. Cette

observation confirme que lorsque les sujets ont regardé des vues intéressantes, ils ont ressenti moins d'inconfort lié à l'éblouissement, indépendamment des valeurs numériques mesurées.

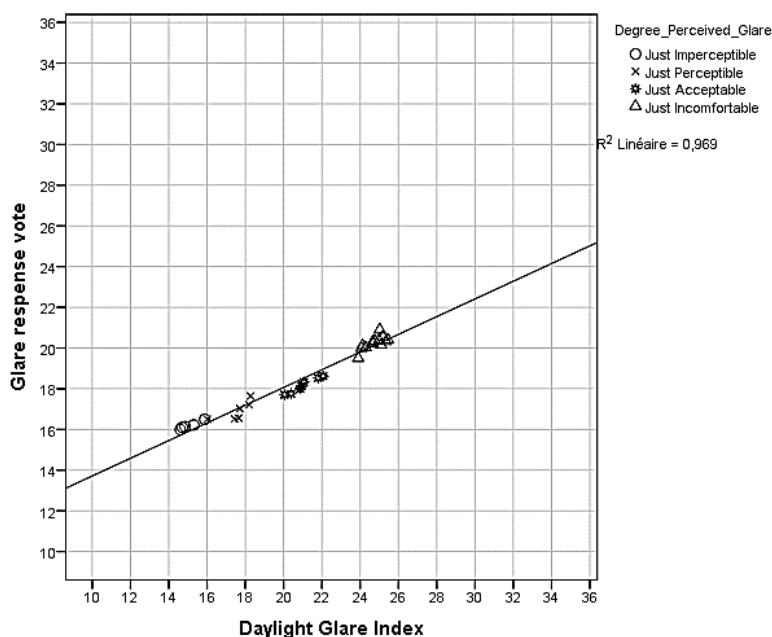
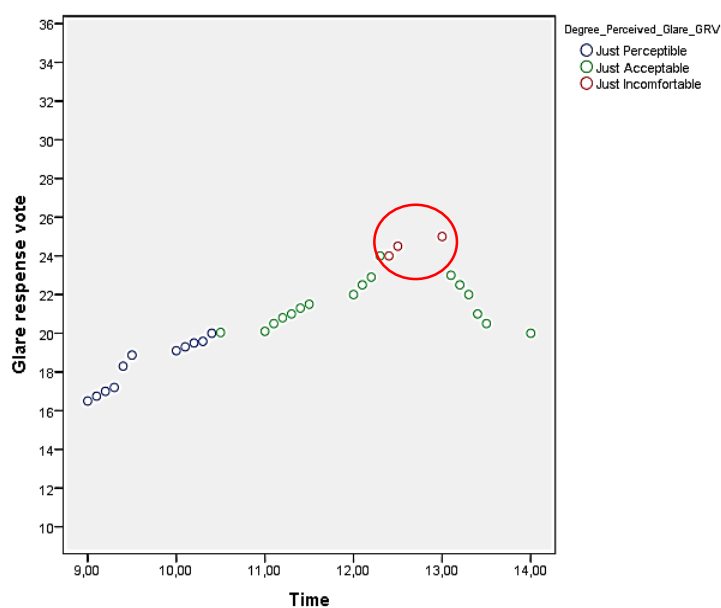


Figure VIII.31. GRV comparé à DGI calculé pour le cas du bâtiment B1. (Source : Auteur)

### 6.2. Cas du bâtiment B2

L'analyse de la dynamique temporelle du GRV au cours de la plage horaire de 9h à 14h révèle des transitions perceptuelles significatives face à l'éblouissement. Initialement classifiées comme "Just Perceptibles", les valeurs du GRV évoluent graduellement, atteignant un sommet de 20,04 à 10,4, indiquant une transition vers la catégorie "Just Acceptable".

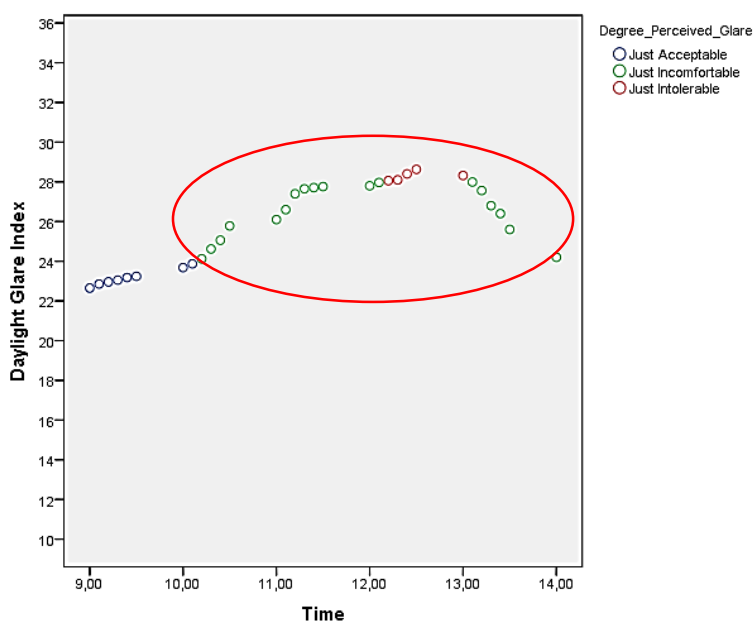
Notablement et contrairement aux résultats du B1, le degré de perception atteint la qualification de "Just Inconfortable" s'observe à partir de 12h40, lorsque les valeurs du GRV franchissent le seuil de 24 (Figure VIII.32). Cette phase spécifique indique une intensification notable de l'inconfort perçu, mettant en lumière une sensibilité accrue à l'éblouissement à ce moment précis de la journée. Malgré cette intensification, les valeurs du GRV demeurent constantes dans la catégorie " Acceptable " jusqu'à la fin de la période d'observation.



**Figure VIII.32.** Les données du GRV et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B2. (Source : Auteur)

L'évolution du DGI pendant la plage horaire observée révèle des variations significatives dans la perception de l'éblouissement. Initialement qualifiées comme "Just Acceptable" avec des valeurs allant de 22,65 à 23,24, les perceptions demeurent dans cette catégorie jusqu'à la période de 10h20. À ce point, une transition vers la catégorie "Just Inconfortable" est observée, signalant une augmentation de l'inconfort perçu.

Cette intensification se poursuit, passant à la catégorie "Just Intolérable" à partir de 12h20 et culminant avec une mesure de 28,63 à 12h50. L'observation entre 13h et 14h montre une légère diminution du DGI, revenant à la catégorie "Just Inconfortable" avec une mesure de 24,2 (Figure VIII.33). Cependant, il est important de noter que malgré cette diminution, le niveau d'inconfort reste perceptible.



**Figure VIII.33.** Les données du DGI et le degré de la perception de l'éblouissement pour les usagers du B2. (Source : Auteur)

La comparaison entre l'évolution du GRV et du DGI en tant qu'indicateurs mesurés de l'éblouissement révèle des observations distinctes. Au cours de la plage horaire de 9h à 14h, malgré la progression continue du DGI au-delà de la limite entre "Juste Acceptable" et "Juste Intolérable", le GRV a également présenté une évolution graduelle ( $R^2$  linéaire = 0.862), maintenant généralement constant dans la catégorie "Acceptable" tout en affichant une augmentation vers la catégorie "Just Inconfortable" pendant une période où le DGI était considéré comme "Intolérable" (Figure VIII.34).

Cette constatation confirme les résultats du bâtiment B1, où les vues intéressantes sont liées à une diminution de la sensation d'inconfort due à l'éblouissement, indépendamment des valeurs numériques mesurées. La seule distinction réside dans le fait que les niveaux de GRV dans le bâtiment B2 sont légèrement supérieurs à ceux du B1, ce phénomène pouvant être attribué à un WWR plus élevée, entraînant ainsi un niveau d'éblouissement plus prononcé.

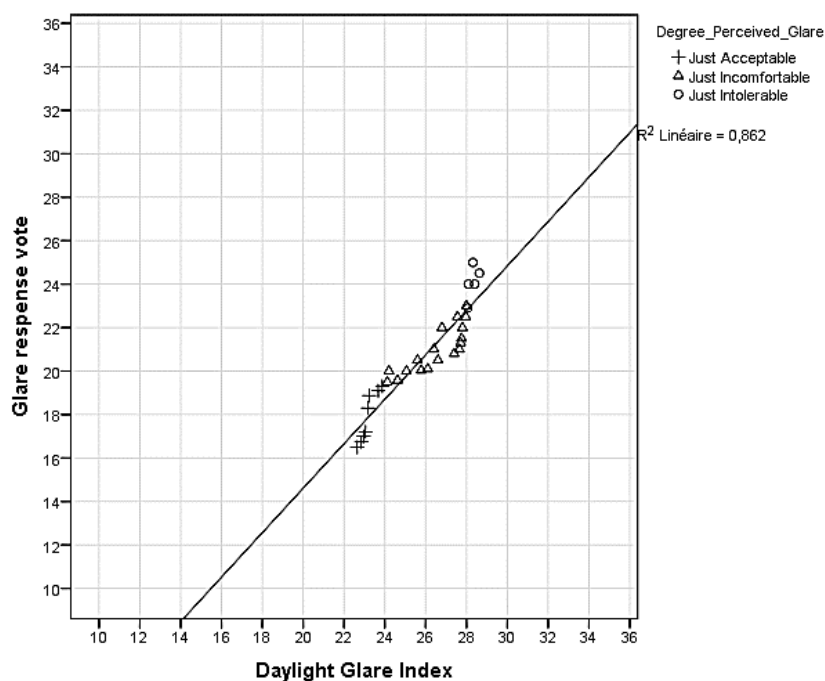


Figure VIII.33. GRV comparé à DGI calculé pour le cas du bâtiment B1. (Source : Auteur)

### 7. Synthèse des résultats de la Satisfaction envers la vue sur l'extérieur

Cette étude sur la satisfaction des usagers envers la vue extérieure dans les bâtiments B1 et B2 révèle plusieurs conclusions importantes :

- La perception du contenu du paysage visible à travers la fenêtre :
  - Dans le B1, seulement 30% des usagers peuvent voir le ciel, tandis que la plupart voient les bâtiments environnants. Dans le B2, la majorité (96%) peut voir le ciel, la rue, et les espaces verts. Les éléments extérieurs les plus agréables sont le ciel, les espaces verts et l'eau, tandis que les bâtiments et la rue sont moins appréciés.
  - La majorité des usagers des deux bâtiments préfère une vue naturelle réelle par rapport à des cadres ou des plantes en intérieur.
  - Les mouvements observés varient selon l'emplacement du bureau. Les mouvements du trafic routier dans le B1 et les mouvements naturels comme les oiseaux et les plantes dans le B2 sont notés. Les usagers du B1 considèrent les mouvements gênants à proximité du bâtiment, tandis que ceux du B2 trouvent les mouvements agréables, indépendamment de leur emplacement.
  - Les usagers préfèrent généralement des vues comportant des éléments distants, ce qui est en accord avec des études antérieures. Ils ont des opinions variées sur la distance idéale, mais une grande partie les considère comme une "bonne distance".
- Perception d'accessibilité à la vue sur l'extérieur :
  - Il existe une forte corrélation entre la satisfaction de la vue et la taille de la fenêtre (WWR). Plus la fenêtre est grande, plus la vue est satisfaisante.
  - Dans le B1, la position du poste de travail par rapport à la fenêtre est corrélée à la satisfaction de la vue, tandis que cette corrélation n'est pas observée dans le B2.
  - La position du bureau par rapport à la fenêtre influence la satisfaction, avec une vue en face du bureau étant la plus satisfaisante.
- Perception du niveau de clarté de la vue vers l'extérieur :
  - Les meneaux dans le champ de vision sont acceptables pour la plupart des usagers du B1, mais inconfortables pour la plupart des usagers du B2 en raison de leur placement.
  - La teinte du vitrage est généralement considérée comme appropriée dans les deux bâtiments et n'affecte pas négativement la perception des couleurs extérieures.
  - L'utilisation des stores enroulables affecte la clarté de la vue, avec une vue moins claire lorsque les stores sont partiellement fermés et très peu claire lorsque les stores sont totalement fermés.

- La qualité des vues existantes :

L'analyse des évaluations des vues existantes révèle des tendances générales de corrélation positive entre les évaluations attribuées par les usagers et les valeurs de l'Indice de Qualité de Vue (VQI) pour les deux bâtiments B1 et B2. Bien que des exceptions complexes soulignent l'impact de facteurs additionnels sur la perception de la qualité visuelle des espaces de travail tels que : la position des usagers par rapport la fenêtre pendant l'évaluation ou le changement des conditions liés a l'utilisation des protections solaires.

- les préférences des usagers : ils sont clairement mis en évidence, fournissant ainsi une indication quant au modèle optimal permettant d'atteindre un niveau de satisfaction vis-à-vis de la vue qui soit considéré comme satisfaisant. Ce modèle peut être décrit comme suit :

- Un contenu mixte avec des éléments naturels et urbains, a une distance éloignée avec la présence de 02 à 03 strates.
- Une position du poste du travail perpendiculaire (en face la fenêtre) et éloignée de la fenêtre.
- Une fenêtre avec un vitrage clair et sans cadre.

- La relation entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur :

Les résultats confirment une corrélation entre l'intérêt pour la vue et la sensation d'éblouissement, indiquant que les sujets ressentent moins d'inconfort lié à l'éblouissement lorsqu'ils regardent des vues intéressantes. La différence entre les bâtiments B1 et B2 peut être attribuée à un ratio (WWR) plus élevée dans le B2, provoquant un éblouissement plus prononcé.

### Conclusion

Ce chapitre résume les conclusions de notre étude sur l'impact de la taille des fenêtres sur la qualité visuelle et la satisfaction des usagers des bâtiments B1 et B2, en explorant les éléments extérieurs appréciés, et l'influence de la vue extérieure sur le bien-être.

En outre, la composition de la vue extérieure présente d'importantes distinctions entre les deux bâtiments. Les préférences des occupants s'orientent majoritairement vers le ciel, les espaces verts et l'eau, avec une moindre appréciation des bâtiments et de la voirie. La mobilité des éléments extérieurs exerce une influence sur la perception des usagers, engendrant des

différences entre les deux bâtiments. En ce qui concerne la distance optimale par rapport à la fenêtre, une légère rétraction est généralement privilégiée. En revanche, la plupart des usagers des deux bâtiments manifestent une préférence marquée pour une vue extérieure authentique par rapport à des éléments artificiels en intérieur, soulignant ainsi l'importance cruciale de la connexion visuelle avec l'environnement extérieur réel pour leur bien-être et leur satisfaction.

En somme, ces résultats revêtent une importance capitale pour la conception de la vue vers l'extérieur dans les bureaux visant à répondre aux besoins et aux préférences des occupants tout en favorisant leur bien-être dans l'environnement de travail.

### *Conclusion Générale*

L'interaction entre l'environnement bâti et le bien-être des individus au sein des espaces de travail est devenue un sujet d'une importance capitale dans notre société contemporaine. Au cœur de cette relation complexe se trouve un élément souvent sous-estimé, mais pourtant essentiel : la fenêtre.

Au sein de l'environnement de travail, la fenêtre joue un rôle majeur dans la création d'une atmosphère propice à la satisfaction des usagers. La lumière naturelle et la vue vers l'extérieur sont deux des fonctions de la fenêtre les plus convoitées, car elles sont étroitement liées à la qualité visuelle de l'espace, qui est un facteur essentiel pour accomplir efficacement les tâches professionnelles.

En outre, la fenêtre constitue un élément clé pour exprimer l'identité architecturale d'un bâtiment de bureaux. Elle incarne le modernisme, mais l'engouement pour les conceptions de façades transparentes a parfois négligé les préoccupations environnementales, contextuelles et de confort. En particulier, la ville de Biskra a adopté ces tendances architecturales sans tenir compte des spécificités climatiques et des besoins des usagers. Cette réalité pose un défi quant à la relation entre les paramètres de conception des fenêtres et le bien-être et la satisfaction des occupants.

Cette étude représente une contribution substantielle à l'exploration du comportement visuel des diverses configurations de fenêtres dans les environnements de bureau soumis à des conditions climatiques chaudes et arides. L'objectif principal de cette recherche est d'accroître les connaissances actuelles en ce qui concerne l'impact du ratio d'ouverture de la fenêtre (Window-to-Wall Ratio, WWR) sur la quantité de lumière naturelle et la qualité de la vue extérieure qu'elle offre. De plus, nous cherchons à évaluer comment ces paramètres influent sur la satisfaction des usagers des bâtiments de bureaux situés dans la ville de Biskra, où les conditions climatiques sont caractérisées par des températures élevées et un ensoleillement abondant.

Afin d'atteindre cet objectif, nous avons mis en œuvre une méthodologie de recherche exhaustive qui intègre à la fois des approches quantitatives et qualitatives. Dans la section suivante, nous synthétiserons les résultats clés de cette recherche, fournissant ainsi des éléments de réponse à notre problématique de recherche visant à éclairer la conception future des bâtiments de bureau dans des climats similaires, en mettant en évidence les meilleures pratiques



pour maximiser la qualité visuelle et le bien-être des usagers. De plus, nous identifierons les principaux axes de recherche à explorer pour approfondir nos conclusions. Toutefois, il est impératif de délimiter préalablement les limites qui ont encadré cette recherche.

### **Les limites de la recherche**

L'étude actuelle a généré des résultats précieux, cependant, il est essentiel de signaler certaines limitations, notamment :

- La sélection des cas d'étude s'est principalement concentrée sur la comparaison entre deux ratios d'ouverture spécifiques, bien que notre analyse typologique préalable ait identifié trois catégories distinctes. Cette décision a été prise dans le but de simplifier notre recherche en réduisant la complexité des facteurs variables, ce qui permettra une analyse plus précise de l'impact des variations des ratios d'ouverture de fenêtre sur les conditions de lumière naturelle et la vue vers l'extérieure.
- Les fenêtres observées au sein des bâtiments constituant notre échantillon d'étude ne manifestent pas systématiquement un ratio d'ouverture uniforme au sein des murs de la façade. Par conséquent, notre recherche a délibérément restreint son champ d'investigation aux espaces de bureau affichant des niveaux de WWR similaires. Cette décision méthodologique a été prise afin de minimiser les variables potentielles et de garantir une comparabilité appropriée des résultats, tout en permettant de mieux cibler l'impact spécifique de la variation des ratios d'ouverture de fenêtre sur les conditions de lumière naturelle et les perspectives visuelles au sein de ces espaces de bureau.
- La contrainte en question concerne la périodicité du questionnaire, laquelle a été entravée par des contraintes d'accessibilité aux édifices faisant l'objet de l'étude. En conséquence, cette situation a engendré une lacune dans la collecte des données, laquelle n'a pas englobé la totalité des périodes de l'année, présentant ainsi un risque de non-inclusion de variations significatives dans les réponses des participants en fonction des saisons. Cette limitation a le potentiel d'exercer une influence sur la capacité de l'étude à fournir une représentation exhaustive et précise de la dynamique tout au long de l'année.

### **Conclusions ponctuelles :**

L'analyse des immeubles à usage de bureaux situés dans la ville Biskra, soumis à deux configurations distinctes de ratio d'ouverture des fenêtres, a conduit à tirer les conclusions suivantes :

#### **1- Impact de la taille de la fenêtre sur la satisfaction relative aux paramètres associés :**

- *Taille de la fenêtre :*
  - Facteurs de satisfaction : La satisfaction est principalement due à la correspondance entre la perception de la taille de la fenêtre et la préférence des usagers. Ceux qui estiment que la taille est "exactement bien" préfèrent généralement maintenir la même taille de fenêtre.
  - Facteurs d'insatisfaction : L'insatisfaction découle souvent du décalage entre la taille perçue de la fenêtre et la préférence de l'usager. Par exemple, ceux qui trouvent la fenêtre "grande" peuvent préférer une taille plus petite ou vice à versa.
- *Distance entre fenêtre et bureau :*
  - Raisons de satisfaction : Les usagers préfèrent généralement s'éloigner (plus de 2 m) de la fenêtre s'ils sont insatisfaits des niveaux de lumière, de température et de bruit fournis par la fenêtre.
  - Raisons d'insatisfaction : L'insatisfaction survient lorsque les usagers doivent rester à proximité de la fenêtre en raison de la disposition du bureau (moins de 2m), ce qui peut entraîner des problèmes de luminosité excessive, de température inconfortable ou de bruit.
- *Position du bureau par rapport à la fenêtre :*
  - Raisons de satisfaction : Les usagers sont généralement satisfaits lorsque leur bureau est positionné "à côté de la fenêtre", ce qui leur offre probablement une vue sur l'extérieur tout en évitant la lumière directe. Dans certains cas, la position "en face de la fenêtre" est également satisfaisante, en particulier si le WWR= 30%.
  - Raisons d'insatisfaction : La position "fenêtre derrière le bureau" est systématiquement associée à une grande insatisfaction. Ainsi que la position "en face de la fenêtre" est insatisfaisante pour certains usagers en particulier si le WWR atteint un niveau de 70%.

- *Difficultés de lecture sur écran liées à la fenêtre :*
  - Raisons de satisfaction : La satisfaction est plus élevée lorsque les usagers n'ont pas de difficultés de lecture sur écran, ce qui est lié directement à la position de leur bureau.
  - Raisons d'insatisfaction : Les usagers qui rencontrent des difficultés permanentes de lecture sur écran sont souvent ceux qui occupent des postes de travail très proches de la fenêtre et qui s'assoient soit à côté, soit en adossant la fenêtre. Cette proximité à la fenêtre peut entraîner des problèmes de reflets ou d'éblouissement sur les écrans.

### **2- Impact de la fenêtre sur la Satisfaction envers l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement**

- *Fenêtre avec un WWR= 30% :*
  - Niveau de lumière naturelle : Satisfaction élevée en raison du niveau modéré de lumière naturelle.
  - Position par rapport à la fenêtre : Satisfait à 2-4 mètres de la fenêtre en face ou à côté.
  - Période de l'année : Satisfaction en été en raison des niveaux de lumière plus élevés.
  - Éclairage artificiel : Souvent activé en raison d'un ratio d'ouverture des fenêtres inférieur à 40%.
  - Sensation d'éblouissement : Insatisfaction causée par la lumière naturelle en face de la fenêtre à moins de 2 mètres.
  - Contrôle de l'éclairage naturel : Satisfaction élevée en raison de la possibilité de contrôle manuel des stores.
  - Motifs d'abaissement des stores : Réduction de l'éblouissement direct et indirect causant une gêne.
- *Fenêtre avec un WWR= 70%) :*
  - Niveau de lumière naturelle : Satisfaction modérée en raison de la grande disponibilité de lumière naturelle.
  - Position par rapport à la fenêtre : Satisfait à 2-4 mètres de la fenêtre en face ou à côté.
  - Période de l'année : Satisfaction en hiver en raison de problèmes de surchauffe en été.
  - Éclairage artificiel : Rarement activé car la lumière naturelle est suffisante pour les besoins.

## **Conclusion Générale**

- Sensation d'éblouissement : Insatisfaction plus élevée due à une plus grande exposition à la lumière naturelle.
- Contrôle de l'éclairage naturel : Satisfaction modérée en raison de la possibilité de contrôle manuel des stores.
- Motifs d'abaissement des stores : Réduction de l'éblouissement et problèmes thermiques en été.

En résumé, un ratio de 30% semble obtenir généralement de meilleurs résultats en termes de satisfaction l'environnement lumineux et sensation d'éblouissement.

### **3- Impact de la fenêtre sur la Satisfaction envers la vue vers l'extérieur**

#### ○ *Raisons de Satisfaction :*

- Éléments Naturels Agréables : Les usagers des deux bâtiments sont majoritairement satisfaits de la présence d'éléments naturels tels que le ciel, les espaces verts dans leur vue depuis les fenêtres. Ces éléments sont perçus comme agréables à très agréables.
- Distance de Contenu : Les usagers préfèrent une distance relativement éloignée entre le bâtiment et les éléments extérieurs qu'ils peuvent voir. Une vue avec un contenu distant est généralement préférée et est associée à une plus grande satisfaction.
- Taille de la Fenêtre (WWR) : Une forte corrélation positive a été établie entre la satisfaction envers la vue sur l'extérieur et la taille de la fenêtre. Une fenêtre plus grande permet une vue plus satisfaisante.
- Position du Bureau : Dans le bâtiment B1, la position du bureau par rapport à la fenêtre a une corrélation significative avec la satisfaction des occupants. Les bureaux situés en face de la fenêtre sont associés à une plus grande satisfaction.
- Absence de Meneaux : Dans le bâtiment B1, où les meneaux de fenêtre sont placés verticalement, la clarté du contenu visuel est préservée, et les occupants trouvent cela confortable.

#### ○ *Raisons d'Insatisfaction :*

- Absence d'Éléments Naturels : Les usagers sont moins satisfaits de la vue sur les bâtiments et la rue par rapport aux éléments naturels tels que le ciel, l'eau et les espaces verts. Les vues urbaines sont moins préférées.

## **Conclusion Générale**

- Distance de Mouvement : La proximité des mouvements, tels que le trafic routier bruyant à proximité, peut entraîner une insatisfaction parmi les occupants, en particulier pour ceux dont les bureaux sont situés au rez-de-chaussée ou au 1er étage.
  - Présence de Meneaux : Dans le bâtiment B2, où les meneaux sont placés horizontalement et verticalement (mur rideau), la clarté du contenu visuel peut être altérée à certaines positions, entraînant une insatisfaction parmi les occupants.
  - Utilisation de Stores : Lorsque les stores sont partiellement fermés, la vue est perçue comme moins claire, ce qui peut entraîner une insatisfaction. Les stores totalement fermés rendent la vue très peu claire.
  - Absence de Vraie Fenêtre : Les occupants sont réticents à l'idée de remplacer la vue par de simples cadres accrochés aux murs ou de placer des plantes intérieures en l'absence de vraies fenêtres. Les fenêtres artificielles ne sont pas considérées comme satisfaisantes.
- *Interaction entre la lumière naturelle et la vue vers l'extérieur :*

Les vues attrayantes sont étroitement liées à une diminution significative de l'inconfort provoqué par l'éblouissement, indépendamment des données numériques mesurées. L'observation antérieure confirmée dans le bâtiment B1 est ainsi validée, soulignant que les occupants ressentent moins d'inconfort lié à l'éblouissement lorsqu'ils bénéficient de vues stimulantes. Il est à noter toutefois que la sensation d'inconfort liée à l'éblouissement dans le bâtiment B2 est légèrement supérieure à ceux du B1, probablement attribuables à une plus grande surface vitrée, entraînant ainsi un éblouissement plus prononcé.

En résumé, ces résultats abordent de manière complète la question de recherche initiale posée dans cette thèse et atteignent pleinement l'objectif fondamental de cette étude.

### **Recommandations**

En se basant sur les conclusions tirées de cette étude, plusieurs recommandations essentielles émergent, dans le but d'orienter les actions futures. Les recommandations suivantes sont formulées :

- Taille de la fenêtre : envisagez de réduire la taille de la fenêtre à moins de 70%
- Distance entre la fenêtre et le poste de travail : envisagez d'augmenter la distance de plus de 4 mètres pour éviter l'insatisfaction liée à la lumière naturelle, à la température et au bruit.

## **Conclusion Générale**

- Position du poste de travail par rapport à la fenêtre : Évitez de placer le bureau avec la fenêtre derrière, car cela entraîne une forte insatisfaction. Optez plutôt pour des configurations où le bureau est placé à côté de la fenêtre.
- Éclairage artificiel : Assurez-vous que l'éclairage artificiel est facilement accessible et bien distribué, en particulier dans les bâtiments qui représentent des grands ratios où l'utilisation de l'éclairage artificiel est moins fréquente
- Sensation d'éblouissement : Pour réduire l'éblouissement direct, envisagez d'utiliser des stores intérieurs qui peuvent être abaissés manuellement pour contrôler la lumière.
  
- Vue sur l'extérieur :
  - Si possible, augmentez la taille de la fenêtre pour améliorer la satisfaction de la vue.
  - Considérez la position du poste de travail par rapport à la fenêtre pour optimiser la vue.
  - Optez pour des fenêtres sans meneaux ou avec des meneaux bien positionnés verticalement pour éviter tout inconfort visuel.
  - Assurez-vous que la teinte du vitrage est appropriée et n'affecte pas négativement la perception des couleurs extérieures.
  - Évitez l'utilisation excessive de stores enroulables qui peuvent obscurcir la vue.
  - Privilégiez une vue mixte avec des éléments naturels et urbains à une distance éloignée avec la présence de 2 à 3 strates.
  - Optez pour une position du poste de travail perpendiculaire (en face de la fenêtre) et éloignée de la fenêtre.
  - Choisissez des fenêtres avec un vitrage clair et sans cadre pour une expérience visuelle optimale.
  - il est préconisé d'accorder une attention particulière à la disposition des fenêtres et à la création d'espaces qui maximisent les opportunités de vues attrayantes et intéressantes. Cette approche peut contribuer à améliorer la qualité de l'expérience visuelle des occupants, en créant des environnements où la perception subjective du confort, est alignée avec les indicateurs objectifs.

### **Les perspectives de la recherche**

En se basant sur les conclusions obtenues au cours de cette recherche, il est évident que des domaines de recherche prioritaires pour l'avenir se dessinent :

Comparaison interrégionale : Comparer les résultats de recherche sur l'impact de la fenêtre sur la qualité visuelle dans différentes régions géographiques, en tenant compte des variations climatiques, culturelles et architecturales.

- **Impact de la qualité visuelle sur la productivité** : Approfondir la compréhension des liens entre la qualité visuelle et la productivité des employés en utilisant des métriques objectives de performance au travail.
- **L'effet de l'urbanisme sur la qualité visuelle** : Examiner comment l'urbanisme et la planification urbaine peuvent favoriser la création d'environnements de bureau favorables à la lumière naturelle et Examiner comment la vue extérieure des bureaux peut être améliorée en intégrant la biodiversité urbaine, et évaluer son impact sur la qualité visuelle.
- **Conception biophilique** : Explorer comment la conception biophilique, qui intègre des éléments de la nature dans les espaces de bureau, peut améliorer la qualité visuelle et le bien-être des occupants.
- **Identification des facteurs de risque du Sick Building Syndrome** : Examiner comment la qualité visuelle, y compris la lumière naturelle et la vue extérieure, peut être un facteur de risque potentiel pour le SBS, en analysant les corrélations entre la conception des fenêtres et les symptômes rapportés par les occupants.

- aan het Rot, M., Moskowitz, D. S., & Young, S. N. (2008). Exposure to bright light is associated with positive social interaction and good mood over short time periods: A naturalistic study in mildly seasonal people. *Journal of psychiatric research*, 42(4), 311-319.
- Abbaszadeh, S., Zagreus, L., Lehrer, D. and Huizenga, C. (2006). Occupant satisfaction with indoor environmental quality in green buildings', in E. de Oliveira Fernandes et al (eds), *Healthy Buildings: Creating a Healthy Environment for People, Proceedings of HB2006 International Conference, Lisbon*, vol III, pp365–370
- Abd-Alhamid, F., Kent, M., Calautit, J., & Wu, Y. (2020). Evaluating the impact of viewing location on view perception using a virtual environment. *Building and Environment*, 180, 106932.
- Abdou, O.A. (1997). Effects of Luminous Environment on Worker Productivity in Building Spaces. *Journal of Architectural Engineering*, 3 (3), 124-132.
- Acosta, I., Campano, M. Á., & Molina, J. F. (2016). Window design in architecture: Analysis of energy savings for lighting and visual comfort in residential spaces. *Applied energy*, 168, 493-506.
- Aflaki, A., Mahyuddin, N., Awad, Z. A. C. M., & Baharum, M. R. (2014). Relevant indoor ventilation by windows and apertures in tropical climate: a review study. In *E3S Web of Conferences* (Vol. 3, p. 01025). EDP Sciences.
- Aldawoud, A. (2017). Windows design for maximum cross-ventilation in buildings. *Advances in building energy research*, 11(1), 67-86.
- Alghoul, S. K., Rijabo, H. G., & Mashena, M. E. (2017). Energy consumption in buildings: A correlation for the influence of window to wall ratio and window orientation in Tripoli, Libya. *Journal of Building Engineering*, 11, 82-86.
- Alhagla, K., Mansour, A., & Elbassuoni, R. (2019). Optimizing windows for enhancing daylighting performance and energy saving. *Alexandria Engineering Journal*, 58(1), 283-290.
- Alibaba, H. (2016). Determination of optimum window to external wall ratio for offices in a hot and humid climate. *Sustainability*, 8(2), 187.
- Alimoglu, M. K., & Donmez, L. (2005). Daylight exposure and the other predictors of burnout among nurses in a University Hospital. *International journal of nursing studies*, 42(5), 549-555.
- Allocca, C., Chen, Q., & Glicksman, L. R. (2003). Design analysis of single-sided natural ventilation. *Energy and buildings*, 35(8), 785-795.
- Al-Masrani, S. M., Al-Obaidi, K. M., Zalin, N. A., & Isma, M. A. (2018). Design optimisation of solar shading systems for tropical office buildings: Challenges and future trends. *Solar Energy*, 170, 849-872.
- Alrubaih M. Effect of toplighting systems of UKM academic hall on daylighting quality and energy savings [Ph.D. thesis]. Universiti Kebangsaan, Malaysia.
- Alrubaiha, M.S., Zaina, M.F.M., Alghoulb, N.L.N. Ibrahima, S.M.A., & Elayebb, O. (2013). Research and development on aspects of daylighting fundamentals. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 21, 494–505.
- Al-Tamimi, N. A. M., Fadzil, S. F. S., & Harun, W. M. W. (2011). The effects of orientation, ventilation, and varied WWR on the thermal performance of residential rooms in the tropics. *Journal of Sustainable development*, 4(2), 142.
- Alwetaishi, M. (2019). Impact of glazing to wall ratio in various climatic regions: A case study. *Journal of King Saud University-Engineering Sciences*, 31(1), 6-18.



- Alwin, D. F. (1992). Information transmission in the survey interview: Number of response categories and the reliability of attitude measurement. *Sociological methodology*, 83-118.
- Andersen, R. V., Olesen, B., & Toftum, J. (2007 July). Simulation of the effects of occupant behaviour on indoor climate and energy consumption. In *Proceedings of Clima* (Vol. 2007, p. 9th).
- Andersen, M., Gagne, J. M., & Kleindienst, S. (2013). Interactive expert support for early stage full-year daylighting design: A user's perspective on Lightsolve. *Automation in Construction*, 35, 338-352.
- Arasteh, D. (1995). Advances in window technology. Advances in solar energy, an annual review of research and development. *Colorado: American Solar Energy Society*, 150.
- Aries, M. B., Aarts, M. P., & van Hoof, J. (2015). Daylight and health: A review of the evidence and consequences for the built environment. *Lighting Research & Technology*, 47(1), 6-27.
- Aries, M. B., Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (2010). Windows, view, and office characteristics predict physical and psychological discomfort. *Journal of environmental psychology*, 30(4), 533-541.
- Aries, M. B. C. (2005). Human lighting demands: healthy lighting in an office environment.
- Armaroli, N., & Balzani, V. (2011). Towards an electricity-powered world. *Energy & Environmental Science*, 4(9), 3193-3222.
- Ashmore, J., & Richens, P. (2001). Computer simulation in daylight design: a comparison. *Architectural Science Review*, 44(1), 33-44.
- ASHRAE. ASHRAE handbook-fundamentals. Chapter 15: fenestration. Atlanta, USA: American Society of Heating, Refrigeration and Air-Conditioning Engineers; 2013.
- Attia, S., Hensen, J. L., Beltrán, L., & De Herde, A. (2012). Selection criteria for building performance simulation tools: contrasting architects' and engineers' needs. *Journal of Building Performance Simulation*, 5(3), 155-169.
- Atzeri, A., Cappelletti, F., & Gasparella, A. (2014). Internal versus external shading devices performance in office buildings. *Energy Procedia*, 45, 463-472.
- Babu, S., Zhou, J., Wan, M. P., Lamano, A. S., Sarvaiya, J. N., Zhang, Z., ... & Seoh, A. (2019). Investigation of an integrated automated blinds and dimmable lighting system for tropical climate in a rotatable testbed facility. *Energy and Buildings*, 183, 356-376.
- Baker, Nick and Steemers, Koen. Daylight Design of Buildings. *James & James Ltd. ISBN 1-873936-88-5*, 2002
- Baker, N., Fanchiotti, A., & Steemers, K. (1993). Daylighting in Architecture: a European reference book. Commission of the European Communities, DG XII for Science, Research and Development, James and James, Brussels, 1993.
- Bano, F., & Sehgal, V. (2018). Evaluation of energy-efficient design strategies: Comparison of the thermal performance of energy-efficient office buildings in composite climate, India. *Solar Energy*, 176, 506-519.
- Baranzini, A. and Schaerer, C. (2011). "A sight for sore eyes: Assessing the value of view and land use in the housing market", *Journal of Housing Economics*, Vol. 20 No. 3, pp. 191–199.
- Baş, H., & Kazanasmaz, T. (2020). Hybrid-Model Simulations to Equilibrate Energy Demand and Daylight Autonomy as a Function of Window-to-Wall Ratio and Orientation For a Perimeter Office in Izmir/İzmir'de Tek Hacimli Bir Ofisin Enerji Yüğü ve Gün Işığı Otonomisini Dengelemek İçin

- Pencere-Duvar Oranı ve Yönelimine Bağlı Olarak Gerçekleştirilen Hibrit-Model Simülasyonları. *Megaron*, 15(4), 537.
- Bayram, G. (2015). A proposal for a retrofitting model for educational buildings in terms of energy efficient lighting criteria.
- Begemann, S. H. A., Van den Beld, G. J., & Tenner, A. D. (1997). Daylight, artificial light and people in an office environment, overview of visual and biological responses. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 20(3), 231-239.
- BELAKEHAL, A. (2006). Etude des aspects qualitatifs de l'éclairage naturel dans les espaces architecturaux: Cas des milieux arides à climat chaud et sec.
- Bell, J.A.M. (1973). "Development and practice in the daylighting of buildings", *Lighting Research & Technology*, SAGE Publications, Vol. 5 No. 4, pp. 173–185.
- Bellia, H., Youcef, R., & Fatima, M. (2014). A detailed modeling of photovoltaic module using MATLAB. *NRIAG Journal of Astronomy and Geophysics*, 3(1), 53-61.
- Bellia, L., De Falco, F., & Minichiello, F. (2013). Effects of solar shading devices on energy requirements of standalone office buildings for Italian climates. *Applied Thermal Engineering*, 54(1), 190-201.
- Bellia, L., Bisegna, F., & Spada, G. (2011). Lighting in indoor environments: Visual and non-visual effects of light sources with different spectral power distributions. *Building and environment*, 46(10), 1984-1992.
- Benradouane11, N., & Benyoucef, B. (2008). La fenêtre et son rôle dans la conception des maisons bioclimatiques.
- Berardi, U., & Anaraki, H. K. (2018). The benefits of light shelves over the daylight illuminance in office buildings in Toronto. *Indoor and Built Environment*, 27(2), 244-262.
- Berson, D. M., Dunn, F. A., & Takao, M. (2002). Phototransduction by retinal ganglion cells that set the circadian clock. *Science*, 295(5557), 1070-1073.
- Bian, Y., Luo, J., Hu, J., Liu, L., & Pang, Y. (2021). Visual discomfort assessment in an open-plan space with skylights: A case study with POE survey and retrofit design. *Energy and Buildings*, 248, 111215.
- Bina, M., & Zabi, Z. (2021). Optimization of office building window lighting in Ahvaz. *Journal of Solar Energy Research*, 6(1), 634-647.
- Biner, P. M., Butler, D. L., & Winsted III, D. E. (1991). Inside windows: An alternative to conventional windows in offices and other settings. *Environment and behavior*, 23(3), 359-382.
- Bodart, M., & De Herde, A. (2002). Global energy savings in offices buildings by the use of daylighting. *Energy and buildings*, 34(5), 421-429.
- Bodart, M., & Deneyer, A. (2004). Analyse of the survey on the office workers' interest in windows. *Subtask A, Working Document*.
- Bordass B and Leaman A, (2005). edited by Presier W and Vischer J, *Assessing Building Performance. Elsevier Butterworth Heinemann, Oxford*, p. 72-78
- Boubekri, M., & Lee, J. (2017). A comparison of four daylighting metrics in assessing the daylighting performance of three shading systems. *Journal of Green Building*, 12(3), 39-53.

- Bouchahm, G., & Bourebia, F. (2010). L'impact de l'orientation des parois transparentes sur le confort thermique dans une salle de classe à Constantine. *Sciences & Technologie. D, Sciences de la terre*, 71-80.
- Boyce, P. R. (2014). *Human factors in lighting*. Crc press.
- Boyce, P. R., Veitch, J. A., Newsham, G. R., Jones, C., Heerwagen, J., Myer, M., & Hunter, C. (2006). Occupant use of switching and dimming controls in offices. *Lighting Research & Technology*, 38(4), 358-376
- Boyce, P., Hunter, C., & Howlett, O. (2003). The benefits of daylight through windows. *Troy, New York: Rensselaer Polytechnic Institute*.
- Boyce. (2003). Lighting for the elderly. *Technology and Disability*, 15(3), 165-180.
- Brainard, G. C., Hanifin, J. P., Greeson, J. M., Byrne, B., Glickman, G., Gerner, E., & d Rollag, M. D. (2001). Action spectrum for melatonin regulation in humans: evidence for a novel circadian photoreceptor. *Journal of Neuroscience*, 21(16).
- BRE Global Limited. (2015). BREEAM International New Construction 2016. Non-Domestic Buildings, BRE Global Limited, Hertfordshire, UK, available at: [www.bre.co.uk](http://www.bre.co.uk).
- Bringslimark, T., Hartig, T., & Grindal Patil, G. (2008). Adaptation to windowlessness: do office workers compensate and does it work?.
- Brooks, A.M., Ottley, K.M., Arbuthnott, K.D. and Sevigny, P. (2017). "Nature-related mood effects: Season and type of nature contact", *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 54, pp. 91–102.
- Brotas, L., & Wilson, M. (2008). The average total daylight factor. *Light & Engineering*, 16(2), 52-57.
- Bustamante, W., Uribe, D., Vera, S., & Molina, G. (2017). An integrated thermal and lighting simulation tool to support the design process of complex fenestration systems for office buildings. *Applied energy*, 198, 36-48.
- Butler, D. L., & Steuerwald, B. L. (1991). Effects of view and room size on window size preferences made in models. *Environment and Behavior*, 23(3), 334-358.
- Cajochen, C., Munch, M., Kobiacka, S., Krauchi, K., Steiner, R., Oelhafen, P., . . . Wirz-Justice, A. (2005). High sensitivity of human melatonin, alertness, thermoregulation, and heart rate to short wavelength light. *The journal of clinical endocrinology & metabolism*, 90(3), 1311- 1316.
- Cambridge University Press. (2020). "View", Cambridge Dictionary, available at: <https://dictionary.cambridge.org/us/dictionary/english/view> (accessed 25 July 2023)
- CEN/TC 169. (2018). European Standard EN 17037: Daylight in Buildings, European Committee for Standardization, Hørsholm, Denmark
- Chabane, I. (2006). Evaluation de la qualité vécue des environnements hermétiques en mur-rideau de verres à étude: immeuble de bureaux à Alger. *Mémoire de Magistère, EPAU, Alger, Algérie*.
- Chakali, M. (2019). L'impact de la fenêtre sur le comportement thermique et respiratoire dans les constructions à forte inertie dans les zones chaudes et arides. Université Mohamed Khider Biskra.
- Chamilothori K, Wienold J, Andersen M (2019). Adequacy of immersive virtual reality for the perception of daylighted spaces: comparison of real and virtual environments. *Leukos*, 15: 203–226.

- Chandrashekar, D. (2010). *Air flow through louvered openings: effect of louver slats on air movement inside a space* (Doctoral dissertation, University of Southern California).
- Chang, C. Y. (2021). *Window view quality: investigation of measurement method and proposed view attributes* (Doctoral dissertation, University of Sheffield).
- Chauvel, P., Collins, J., Dogniaux, R., & Longmore, J. (1982). Glare from windows: current views of the problem. *Lighting Research and Technology*, 14(1), 31-46.
- Chraïbi, S., Crommentuijn, L., van Loenen, E., & Rosemann, A. (2017). Influence of wall luminance and uniformity on preferred task illuminance. *Building and Environment*, 117, 24-35.
- Christoffersen, J., Johnsen, K., Peterson, E., Hygge, S., Post-occupancy evaluation of Danish office buildings, Proceedings of the 24th Session of the Commission Internationale de l'Eclairage, Warsaw, Poland, Vienna, Austria: CIE Central Bureau, 1999, p. 333-337.
- Christoffersen, J., Johnsen, K., Petersen, E., & Hygge, S. (1999). Post-occupancy evaluation of Danish office buildings. *PUBLICATIONS-COMMISSION INTERNATIONALE DE L ECLAIRAGE CIE*, 133(1), 333-337.
- Christoffersen, J., and K. Johnsen. (2000). "Daylighting and Window Design. Post Occupancy Studies in Environments." *Light & Lighting* 19: 31-33
- CIBSE. (2008). CIBSE Concise Handbook. Chartered Institute of Building.
- CIBSE, L. (2014). SLL Lighting Guide 10: Daylighting—A Guide for Designers: Lighting for the Built Environment. The Society of Light and Lighting (part of CIBSE), Page Bros.(Norwich).
- CIE 135/5:1999 Visual Adaptation to Complex Luminance (1999). International commission on illumination (CIE), vienna. Austria: CIE.
- CIE Publication n.17.4, CEI Publication 50(845) "Vocabulaire international de l'éclairage", Geneve, Suisse 1987
- Clarke, R. J., Zhang, H., & Gamlin, P. D. (2003). Primate pupillary light reflex: receptive field characteristics of pretectal luminance neurons. *Journal of neurophysiology*, 89(6), 3168-3178.
- Collins, B.L. (1976). "Review of the psychological reaction to windows", *Lighting Research & Technology*, Vol. 8 No. 2, pp. 80-88.
- Corbusier, L. (1926). *Kommende Baukunst*. Deutsche Verlags-Anstalt.
- Corbusier, L. (1948). L'habitation moderne. *Population (french edition)*, 3(3), 417-440.
- Council, F. F., & National Research Council. (2002). *Learning from our buildings: A state-of-the-practice summary of post-occupancy evaluation* (Vol. 145). National Academies Press.
- Daich, S. (2019). Modélisation Du Système Anidolique Pour Un Environnement Lumineux Intérieur Intégré. Université Mohamed Khider Biskra
- Daich, S. (2011). Simulation et optimisation du système light shelf sous des conditions climatiques spécifiques, Cas de la ville de Biskra. Université Mohamed Khider Biskra.
- Davara, Y., Meir, I. A. and Schwartz, M. (2006) 'Architectural design and IEQ in an office complex', in E. de Oliveira Fernandes et al (eds), *Healthy Buildings: Creating a Healthy Environment for People*, Proceedings of Healthy Building 2006 International Conference, Lisbon, III, pp77-81

- David, L. D., Kevin, W. H., Richard, G. M., et al. (2011). *The lighting handbook*. 10th Edition. New York, NY: Illuminating Engineering Society. IES HB-10-11.
- Denissen, J. J., Butalid, L., Penke, L., & Van Aken, M. A. (2008). The effects of weather on daily mood: a multilevel approach. *Emotion*, 8(5), 662.
- DIN. (2011). DIN 5034: Daylight in Interiors, Deutsches Institut für Normung E.V. (DIN), Berlin, Germany, available at: <https://www.din.de/en/getting-involved/standardscommittees/fnl/standards/wdc-beuth:din21:141642928/toc-1815279/download>.
- Dogrusoy, I. T. (2001). Functional and Aesthetics of Natural Lighting Dimensions, *Building*, no: 235. Istanbul
- Dogrusoy, I. T., & Tureyen, M. (2007). A field study on determination of preferences for windows in office environments. *Building and Environment*, 42(10), 3660-3668.
- Dubois, M. C. (2003). Shading devices and daylight quality: an evaluation based on simple performance indicators. *Lighting Research & Technology*, 35(1), 61-74.
- Dubois, M. C. (2001). Impact of Shading Devices on Daylight Quality in Offices Simulations with Radiance.
- Dussault, J. M., Gosselin, L., & Galstian, T. (2012). Integration of smart windows into building design for reduction of yearly overall energy consumption and peak loads. *Solar Energy*, 86(11), 3405-3416.
- Eble-Hankins, M. L., & Waters, C. E. (2005). VCP and UGR glare evaluation systems: a look back and a way forward. *Leukos*, 1(2), 7-38.
- Edwards, L., & Torcellini, P. (2002). Literature review of the effects of natural light on building occupants.
- Einhorn, H. (1969). A new method for the assessment of discomfort glare. *Lighting Research & Technology*, 1(4), 235-247.
- Electriciens, A. S. (1989). Association Suisse des Electriciens, Swiss Norm SN 418911.
- Elghamry, R., & Hassan, H. (2020). Impact of window parameters on the building envelope on the thermal comfort, energy consumption and cost and environment. *International Journal of Ventilation*, 19(4), 233-259.
- Escuyer, S., & Fontoynt, M. (2001, June). Testing in situ of automatic ambient lighting plus manually controlled task lighting: office occupants reactions. In *Proceedings of the 9th European Lighting Conference (Lux Europa), Reykjavik, Iceland* (pp. 70-75).
- European Committee for Standardization, NEN-en 12464-1. (2009). Light and Lighting - Lighting of Work Places - Part 1: Indoor Work Places.
- Evola, G., & Popov, V. (2006). Computational analysis of wind driven natural ventilation in buildings. *Energy and buildings*, 38(5), 491-501.
- Evola, G., Gullo, F., & Marletta, L. (2017). The role of shading devices to improve thermal and visual comfort in existing glazed buildings. *Energy Procedia*, 134, 346-355.
- Fakra, A. H., Miranville, F., Boyer, H., & Guichard, S. (2011). Development of a new model to predict indoor daylighting: Integration in CODYRUN software and validation. *Energy Conversion and Management*, 52(7), 2724-2734.

- Fan, D., Painter, B., & Mardaljevic, J. (2009, June). A data collection method for long-term field studies of visual comfort in real-world daylit office environments. In *Proc. of PLEA* (pp. 251-256).
- Farley, K. M., & Veitch, J. A. (2001). A room with a view: A review of the effects of windows on work and well-being.
- Fernandes, L. L., Lee, E. S., & Ward, G. (2013). Lighting energy savings potential of split-pane electrochromic windows controlled for daylighting with visual comfort. *Energy and Buildings*, 61, 8-20.
- Ficher, G-N. ; Vischer, J. (1997). « L'évaluation des environnements de travail – La méthode diagnostique ». Coll. Management. Ed. De Boeck université, Montréal.
- Figueiro, M. G. (2017). Disruption of circadian rhythms by light during day and night. *Current sleep medicine reports*, 3, 76-84.
- Fischer, G-N. (1997). " L'évaluation des environnements de travail : approche théorique et méthodes ", in revue de « *Psychologie française* », n°42-2, France : pp. 139-147.
- Fisher, A. V., Godwin, K. E., & Seltman, H. (2014). Visual environment, attention allocation, and learning in young children: When too much of a good thing may be bad. *Psychological science*, 25(7), 1362-1370.
- Florides, G. A., Kalogirou, S. A., Tassou, S. A., & Wrobel, L. C. (2000). Modeling of the modern houses of Cyprus and energy consumption analysis. *Energy*, 25(10), 915-937.
- Frontczak, M. J., Schiavon, S., Goins, J., Arens, E., Zhang, H., & Wargocki, P. (2011). Quantitative relationships between occupant satisfaction and aspects of indoor environmental quality and building design. In *12th International Conference on Indoor Air Quality and Climate*.
- Frontczak, M., Schiavon, S., Goins, J., Arens, E., Zhang, H., & Wargocki, P. (2012). Quantitative relationships between occupant satisfaction and satisfaction aspects of indoor environmental quality and building design. *Indoor air*, 22(2), 119-131.
- Gagne, J. M., Andersen, M., & Norford, L. K. (2011). An interactive expert system for daylighting design exploration. *Building and Environment*, 46(11), 2351-2364.
- Galasiu, A. D., & Veitch, J. A. (2006). Occupant preferences and satisfaction with the luminous environment and control systems in daylit offices: a literature review. *Energy and buildings*, 38(7), 728-742.
- Galasiu, A.D. and Atif, M.R., (1998). Applicability of Daylighting Computer Modeling in Real Case Studies: Comparison between Measured and Simulated Daylight Availability and Lighting Consumption.
- Ganji Kheybari, A., & Hoffmann, S. (2018). Exploring the potential of the dynamic facade: Simulating daylight and energy performance of complex fenestration systems. *Proceedings of BauSIM*, 286-294.
- Gasparella, A., Pernigotto, G., Cappelletti, F., Romagnoni, P., & Baggio, P. (2011). Analysis and modelling of window and glazing systems energy performance for a well insulated residential building. *Energy and Buildings*, 43(4), 1030-1037.
- Gibson, J. J. (1971). The information available in pictures. *Leonardo*, 4(1), 27-35.
- Giezendanner, F.-D. (2012). «Enquêtes : principaux biais dans la formulation des questions», <http://icp.ge.ch/sem/cms-spip/spip.php?article1765>. Consulté le : 02-10-2013.

- Givoni, B. (1994). Building design principles for hot humid regions. *Renewable Energy*, 5(5-8), 908-916.
- Goia, F. (2016). Search for the optimal window-to-wall ratio in office buildings in different European climates and the implications on total energy saving potential. *Solar Energy*, 132, 467-492.
- Goia, F., Haase, M., & Perino, M. (2013). Optimizing the configuration of a façade module for office buildings by means of integrated thermal and lighting simulations in a total energy perspective. *Applied energy*, 108, 515-527.
- Gómez-Tone, H. C., Bustamante Escapa, J., Bustamante Escapa, P., & Martin-Gutierrez, J. (2021). The drawing and perception of architectural spaces through immersive virtual reality. *Sustainability*, 13(11), 6223.
- Goulding, J. R., Lewis, O., & Steemers, T. C. (1994). Energy in Architecture. The European Passive Solar Handbook, B.T. Batsford Limited for the Commission of the European Communities, London.
- Grinde, B. and Patil, G.G. (2009). “Biophilia: Does Visual Contact with Nature Impact on Health and Well-Being?”, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, Vol. 6 No. 9, pp. 2332–2343.
- Grynning, S., Gustavsen, A., Time, B., & Jelle, B. P. (2013). Windows in the buildings of tomorrow: Energy losers or energy gainers. *Energy and buildings*, 61, 185-192.
- Grynning, S., Time, B., & Matusiak, B. (2014). Solar shading control strategies in cold climates—Heating, cooling demand and daylight availability in office spaces. *Solar energy*, 107, 182-194.
- Guth, S. K. (1963). A method for the evaluation of discomfort glare. *Illuminating Engineering*, 58(5), 351-364.
- Hall, C. A., & Chilcott, R. P. (2018). Eyeing up the future of the pupillary light reflex in neurodiagnostics. *Diagnostics*, 8(1), 19.
- Halonen, L., & Lehtovaara, J. (1995). Need of individual control to improve daylight utilization and user's satisfaction in integrated lighting systems. In 23rd session of the CIE, New Delhi, India, 1.-8.11. 1995 (pp. 200-203). CIE International Commission on Illumination.
- Hannaford B. The Society of Light and Lighting 2002. Code for Lighting. *Lighting Research and Technology* 2002;34:348–9.
- Hassanain, M. A., & Mahroos, M. S. (2023). A preliminary post-occupancy evaluation of the built-environment in office buildings: a case study from Saudi Arabia. *Property Management*.
- Hathaway, W. E. (1992). A Study into the Effects of Light on Children of Elementary School-Age--A Case of Daylight Robbery.
- Hayman, S., Ruck, N., Johnsen, K., Selkowitz, S., Lee, E., Jakobiak, R., Scartezzini, J.L., & Kaase, H. (2000). Concept paper for IEA SHC Task 31: Daylighting buildings in the 21st Century. Integrating Sustainable Energy Savings with Human Needs. Brisbane. International Energy Agency. Solar Heating and Cooling Programme.
- Hee, W. J., Alghoul, M. A., Bakhtyar, B., Elayeb, O., Shameri, M. A., Alrubaih, M. S., & Sopian, K. (2015). The role of window glazing on daylighting and energy saving in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 42, 323-343.
- Heerwagen, J. H., & Orians, G. H. (1986). Adaptations to windowlessness: A study of the use of visual decor in windowed and windowless offices. *Environment and behavior*, 18(5), 623-639.
- Hellinga, H. I. (2013). Daylight and view: the influence of windows on the visual quality of indoor spaces.

- Hellinga, H., & Hordijk, T. (2014). The D&V analysis method: A method for the analysis of daylight access and view quality. *Building and Environment*, 79, 101-114.
- Herzog, T. R., & Gale, T. A. (1996). Preference for urban buildings as a function of age and nature context. *Environment and Behavior*, 28(1), 44-72.
- Herzog, T. R., & Shier, R. L. (2000). Complexity, age, and building preference. *Environment and Behavior*, 32(4), 557-575.
- Herzog, T.R. (1989). "A cognitive analysis of preference for urban nature", *Journal of Environmental Psychology*, Vol. 9 No. 1, pp. 27-43
- Heschong Mahone Group. (2003). *Windows and Offices: A Study of Office Worker Performance and the Indoor Environment*, CEC, Fair Oaks, California, available at: [http://h-m-g.com/downloads/Daylighting/A-9\\_Windows\\_Offices\\_2.6.10.pdf](http://h-m-g.com/downloads/Daylighting/A-9_Windows_Offices_2.6.10.pdf) (accessed 16 April 2018).
- Heschong, L., Wymelenberg, K. V. D., Ashmore, M. A. J., Beltran, L., Bos, J., Brentrup, D., . . . Glaser, D. (2012). Approved Method: IES Spatial Daylight Autonomy (sDA) and Annual Sunlight Exposure (ASE): Illuminating Engineering Society of North America.
- Heydarian A, Carneiro JP, Gerber D, et al. (2015). Immersive virtual environments versus physical built environments: a benchmarking study for building design and user-built environment explorations. *Automation in Construction*, 54: 116-126.
- Heydarian A, Pantazis E, Wang A, et al. (2017). Towards user centered building design: Identifying end-user lighting preferences via immersive virtual environments. *Automation in Construction*, 81: 56-66.
- Hirning, M. B., Isoardi, G. L., Coyne, S., Hansen, V. G., & Cowling, I. (2013). Post occupancy evaluations relating to discomfort glare: A study of green buildings in Brisbane. *Building and Environment*, 59, 349-357.
- Hirning, M. B., Isoardi, G. L., & Cowling, I. (2014). Discomfort glare in open plan green buildings. *Energy and Buildings*, 70, 427-440.
- Hoffmann, S., Lee, E. S., McNeil, A., Fernandes, L., Vidanovic, D., & Thanachareonkit, A. (2016). Balancing daylight, glare, and energy-efficiency goals: An evaluation of exterior coplanar shading systems using complex fenestration modeling tools. *Energy and Buildings*, 112, 279-298.
- Hu, S. T., Li, L. J., Liu, G. D., & Zhang, L. (2016). Exploration on an optimal Wall-window ratio in public buildings based on building energy consumption in Qingdao area. *Building Science*, 32(06), 85-89.
- Hughes, P.C. (1983). An Examination of the Beneficial Action of Natural Light on the Psychobiological System of Man. In: CIE 20th Session. International Commission on Illumination CIE. pp. D603.
- Huizenga, C., Zhang, H., Mattelaer, P., Yu, T., Arens, E. A., & Lyons, P. (2006). Window performance for human thermal comfort.
- Hung, George K., and Ciuffreda, Kenneth J. (2002). *Model of visual system[M]*. New York, USA: Kluwer Academic/Plenum Publishers, 125-127.
- IESNA. (2010). *IESNA lighting handbook*. 10th Edition. New York, NY: Illumination Engineering Society of North America;
- Inanici, M. N. (2006). Evaluation of high dynamic range photography as a luminance data acquisition system. *Lighting Research & Technology*, 38(2), 123-134.



- Inkarojrit, V. (2005). *Balancing comfort: occupants' control of window blinds in private offices*. University of California, Berkeley.
- Ito, H., Yuming, W., Watanabe, S. and Tanabe, S. (2008). 'Field survey of visual comfort and energy efficiency in various office buildings utilizing daylight', in *Proceedings of Indoor Air 2008 Conference, Copenhagen, Denmark, 17–22 August*, Paper ID: 309.
- Iturra, E. E. M. (2011). *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique*. Université Laval.
- IWBS. (2020). WELL Building Standard V2, available at: <https://a.storyblok.com/f/52232/x/36d47d3797/well-certification-guidebook-with-q2-addenda.pdf> (accessed 1 October 2020).
- Jacobs, A. (2007). High dynamic range imaging and its application in building research. *Advances in building energy research*, 1(1), 177-202.
- Jacquier, F., Antipas, M., & Veuillet, C. (2012). *La fenêtre, un patrimoine en danger. le canton de Vaud, SIPAL, Section monuments et sites*
- Jakubiec, J. A., Van Den Wymelenberg, K., Inanici, M., & Mahic, A. (2016, March). Accurate measurement of daylight interior scenes using high dynamic range photography. In *Proceedings of the CIE 2016 Lighting Quality and Energy Efficiency Conference*.
- Jarvis, D., & Donn, M. (1997, September). Comparison of computer and model simulations of a daylight interior with reality. In *Proc. of Fifth International IBPSA Conference/Building Simulation* (Vol. 97, pp. 8-10).
- Jin S, Fan M, Kadir A (2021). Immersive spring morning in the Han palace: learning traditional Chinese art via virtual reality and multi-touch tabletop. *International Journal of Human-Computer Interaction*, <https://doi.org/10.1080/10447318.2021.1930389>.
- Joyce, D. S. (2016). *Temporal, spatial and adaptation characteristics of melanopsin inputs to the human pupil light reflex* (Doctoral dissertation, Queensland University of Technology).
- Judith Heerwagen & Dean Heerwagen. (1986). "Lighting and Psychological Comfort". *Environment and Behavior*, 19(6), 695–721.
- Kaba, I. (2012). *Enseignement de la lumière naturelle en architecture (Cas du système LMD)*. Université Mohamed Khider-Biskra
- Kaida, K., Takahashi, M., Haratani, T., Otsuka, Y., Fukasawa, K., & Nakata, A. (2006). Indoor exposure to natural bright light prevents afternoon sleepiness. *Sleep*, 29(4), 462-469.
- Kangazian, A., & Razavi, S. Z. E. (2023). Multi-criteria evaluation of daylight control systems of office buildings considering daylighting, glare and energy consumption. *Solar Energy*, 263, 111928.
- Kaplan, R. (1993). The role of nature in the context of the workplace. *Landscape and urban planning*, 26(1-4), 193-201.
- Kaplan, S. (1987). Aesthetics, affect, and cognition: Environmental preference from an evolutionary perspective. *Environment and behavior*, 19(1), 3-32.
- Karlsen, L., Heiselberg, P., & Bryn, I. (2015). Occupant satisfaction with two blind control strategies: Slats closed and slats in cut-off position. *Solar energy*, 115, 166-179.

- Katsifaraki, A., Bueno, B., & Kuhn, T. E. (2017). A daylight optimized simulation-based shading controller for venetian blinds. *Building and Environment*, 126, 207-220.
- Keighley, E.C. (1973). "Visual requirements and reduced fenestration in offices — a study of multiple apertures and window area", *Building Science*, Vol. 8 No. 4, pp. 321–331.
- Kent, M. and Schiavon, S. (2020). "Evaluation of the effect of landscape distance seen in window views on visual satisfaction", *Building and Environment*, Vol. 183, p. 107160.
- KFIR, I. Z., MUNEMOTO, J., SACKO, O., & KAWASAKI, Y. (2002). EVALUATION OF THE VIEW FROM THE DWELLING UNITS ON MAN MADE ISLANDS IN OSAKA BAY: Multiple regression analysis based on residents' evaluation and image processing of photographs taken from the living room. *Journal of Architecture and Planning (Transactions of AIJ)*, 67(554), 357-364.
- Kilic, D. K., & Hasirci, D. (2011). Daylighting concepts for university libraries and their influences on users' satisfaction. *The Journal of Academic Librarianship*, 37(6), 471-479.
- Kim G., Lim H. S., Lim T. S., Shaefer L. & Kim T. J. (2012). Comparative advantage of an exterior shading device in thermal performance for residential buildings, *Energy and buildings*, 46.
- Kim, J. J., & Wineman, J. (2005). Are windows and views really better? A quantitative analysis of the economic and psychological value of views. *Report, University of Michigan*.
- Kim, S., Zadeh, P. A., Staub-French, S., Froese, T., & Cavka, B. T. (2016). Assessment of the impact of window size, position and orientation on building energy load using BIM. *Procedia Engineering*, 145, 1424-1431.
- Kim, Y. K., Abdou, Y., Abdou, A., & Altan, H. (2022). Indoor environmental quality assessment and occupant satisfaction: A post-occupancy evaluation of a UAE University Office Building. *Buildings*, 12(7), 986.
- Ko, W. H., Brager, G., Schiavon, S., & Selkowitz, S. (2017). Building envelope impact on human performance and well-being: experimental study on view clarity.
- Ko, W.H., Brager, G., Schiavon, S. and Selkowitz, S. (2017). "Building envelope impact on human performance and well-being: experimental study on view clarity", available at: <https://escholarship.org/uc/item/0gj8h384>.
- Ko, W. H., Kent, M. G., Schiavon, S., Levitt, B., & Betti, G. (2021). A window view quality assessment framework. *Leukos*, 18(3), 268-293.
- Ko, W. H., Schiavon, S., Altomonte, S., Andersen, M., Batool, A., Browning, W., ... & Wienold, J. (2022). Window view quality: why it matters and what we should do. *Leukos*, 18(3), 259-267.
- Ko, W. H., Schiavon, S., Santos, L., Kent, M. G., Kim, H., & Keshavarzi, M. (2023). View Access Index: The effects of geometric variables of window views on occupants' satisfaction. *Building and Environment*, 234, 110132.
- Konstantoglou, M., Kontadakis, A., & Tsangrassoulis, A. (2013). Counterbalancing daylighting, glare and view out: the role of an external shading system control strategy. *In Clima* (pp. 16-19).
- Konstantzos, I., Chan, Y. C., Seibold, J. C., Tzempelikos, A., Proctor, R. W., & Protzman, J. B. (2015). View clarity index: A new metric to evaluate clarity of view through window shades. *Building and Environment*, 90, 206-214.
- Kööts, L., Realo, A., & Allik, J. (2011). The influence of the weather on affective experience. *Journal of individual differences*.

- Kosonen, R., Kajaala, M. and Takki, T. (2008). 'Perceived IEQ conditions: Why the actual percentage of dissatisfied persons is higher than standards indicate?', in Proceedings of Indoor Air 2008 Conference, *Copenhagen, Denmark*, 17–22 August, Paper ID: 861
- Köster, H. (2020). Daylighting Controls, Performance, and Global Impacts. *Sustainable Built Environments*, 383-429.
- Kota, S., Haberl, J. S., Clayton, M. J., & Yan, W. (2014). Building Information Modeling (BIM)-based daylighting simulation and analysis. *Energy and buildings*, 81, 391-403.
- Kubota, T., & Ahmad, S. (2006). Wind environment evaluation of neighborhood areas in major towns of Malaysia. *Journal of Asian Architecture and Building Engineering*, 5(1), 199-206.
- LAKHDARI, K. (2021). *Impact du ratio d'ouverture des murs de façade sur la performance lumineuse, thermique et énergétique d'un bâtiment. Cas des régions chaudes et arides* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider–Biskra).
- Lam, W. M., & Ripman, C. H. (1977). *Perception and lighting as formgivers for architecture* (pp. 10-12). New York: McGraw-Hill.
- Lancashire, D. S., & Fox, A. E. (1996). Lighting: the way to building efficiency. *Consulting-specifying engineer*, 34-6.
- Langston, C., Song, Y. and Purdy, B. (2008). 'Perceived conditions of workers in different organizational settings', *Facilities*, vol 26, no 1/2, pp54–67
- Lansdowne, A. T., & Provost, S. C. (1998). Vitamin D3 enhances mood in healthy subjects during winter. *Psychopharmacology*, 135, 319-323.
- Laurentin, C., Berrutto, V., Fontoynt, M., & Girault, P. (1998). Manual control of artificial lighting in a daylight space: Proceedings of the 3rd International Conference of Indoor Air Quality, Ventilation and Energy Conservation in Buildings.
- Leaman, A. and Bordass, B. (1999). 'Productivity in buildings: The "killer" variables', *Building Research and Information*, vol 27, no 1, pp4–19
- Leather, P., Pyrgas, M., Beale, D., & Lawrence, C. (1998). Windows in the workplace: Sunlight, view, and occupational stress. *Environment and behavior*, 30(6), 739-762.
- Lee, J. W., Jung, H. J., Park, J. Y., Lee, J. B., & Yoon, Y. (2013). Optimization of building window system in Asian regions by analyzing solar heat gain and daylighting elements. *Renewable energy*, 50, 522-531.
- Leslie, R.P. (1994). What Makes Daylighting Successful? CADDET Energy Efficiency Newsletter, Vol. 4.
- Li, P., Froese, T. M., & Brager, G. (2018). Post-occupancy evaluation: State-of-the-art analysis and state-of-the-practice review. *Building and Environment*, 133, 187-202.
- Lieberman, J. (1991). *Light-Medicine of the Future: How we can Use it to Heal Ourselves Now*. Bear and Co. Publ., Santa Fe, USA, 1991
- Lim, Y. W., Kandar, M. Z., Ahmad, M. H., Ossen, D. R., & Abdullah, A. M. (2012). Building façade design for daylighting quality in typical government office building. *Building and Environment*, 57, 194-204.

- Lottrup, L.; Stigsdotter, U.K.; Meilby, H. & Claudi, A.G. (2015). The Workplace Window View: A Determinant of Office Workers' Work Ability and Job Satisfaction. *Landscape Research*, 2015 Vol. 40, No. 1, 57–75
- Lucas, R. M., & Ponsonby, A. (2002). Ultraviolet radiation and health: Friend and Foe. *The Medical Journal of Australia*, 177, 594-598.
- Luckiesh, M. a. (1944). Reading as a visual task. D. Van Nostrand
- Ludlow, A. M. (1976). The functions of windows in buildings. *Lighting Research & Technology*, Vol. 8, No. 2, 1976: 57 – 68.
- Mahdavi, A., Kabir, E., Mohammadi, A. and Lambeva, L. (2008). 'Occupants' evaluation of indoor climate and environmental control systems in office buildings', in Proceedings of Indoor Air 2008 Conference, Copenhagen, Denmark, 17–22 August
- Mardaljevic, J.(1995). Validation of a lighting simulation program under real sky conditions. *International Journal of Lighting Research and Technology*, 27(4), pp.181– 188.
- Mardaljevic, J., Andersen, M., Roy, N., & Christoffersen, J. (2012). Daylighting metrics: is there a relation between useful daylight illuminance and daylight glare probability?. In *Proceedings of the building simulation and optimization conference BSO12* (No. CONF).
- Mardaljevic, J. (2012). Daylight, indoor illumination and human behavior.
- Markus, T. A. (1967). The function of windows—A reappraisal. *Building Science*, 2(2), 97-121
- Marzouk, M., ElSharkawy, M., & Mahmoud, A. (2022, September). Analysing user daylight preferences in heritage buildings using virtual reality. In *Building Simulation* (Vol. 15, No. 9, pp. 1561-1576). Beijing: Tsinghua University Press.
- Matsuoka, R. H., & Kaplan, R. (2008). People needs in the urban landscape: analysis of landscape and urban planning contributions. *Landscape and urban planning*, 84(1), 7-19.
- Matusiak, B. S., & Klöckner, C. A. (2016). How we evaluate the view out through the window. *Architectural Science Review*, 59(3), 203-211.
- Meerdink, G., Rozendaal, E.C., Witteveen, C.J.E., Daglicht en uitzicht in kantoorgebouwen, DGMR, ISBP, 1988
- Meesters, Y., & Waslander, M. (2010). Burnout and light treatment. *Stress and Health: Journal of the International Society for the Investigation of Stress*, 26(1), 13-20.
- Menzies, G. F. and Wherrette, J. R. (2005). 'Windows in the workplace: Examining issues of environmental sustainability and occupant comfort in the selection of multi-glazed windows', *Energy and Buildings*, vol 37, no 11, pp623–630
- Mercier, C., & Jeronimo, S. (2009). LA TEMPÉRATURE AGRÉABLE. Manipulation des fenêtres et dynamique du confort environnemental dans une salle de classe climatisée naturellement.
- MEZERDI, T. (2018). La transparence entre le vouloir des architectes et le vécu sensoriel des usagés. Cas des bâtiments de bureaux à Biskra (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider de Biskra, Département d'Architecte).
- Milosavljevic, M., Navalpakkam, V., Koch, C. and Rangel, A. (2012). "Relative visual saliency differences induce sizable bias in consumer choice", *Journal of Consumer Psychology*, Vol. 22 No. 1, pp. 67–74.

- Mochizuki, E., Watanabe, S., Kobayashi, K., Wei, Y., Tanabe, S., Takai, H. and Shiratori, Y. (2006). 'Field measurement on visual environment in office building daylight from light-well in Japan', in E. de Oliveira Fernandes et al (eds), *Healthy Buildings: Creating a Healthy Environment for People*, Proceedings of HB2006 International Conference, *Lisbon*, vol II, pp201–206
- Mohelnikova, J. I. T. K. A., & Altan, H. A. Ş. I. M. (2009). Evaluation of optical and thermal properties of window glazing. *Wseas Transactions on Environment and Development*, 86-93.
- Mokhtari, R., Dehghan, N., & Maleki, A. (2023). Analysis of The Impact of Window Properties On the Main Living Space with The Aim of Daylight Efficiency and Energy Saving in The Hot and Dry Climate of Isfahan. *Journal of Solar Energy Research*, 8(1), 1235-1249.
- MONTENEGRO ITURRA. E-E, (2011). Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique, Thèse de doctorat, Université Laval, Québec.
- Motuziene, V., & Juodis, E. S. (2010). Simulation based complex energy assessment of office building fenestration. *Journal of civil Engineering and management*, 16(3), 345-351.
- Muhs, J. D. (2000). Design and Analysis of Hybrid Solar Lighting and Full-Spectrum solar energy systems. Proceedings of American Solar Energy Society "Solar2000 Conference", Madison, Wisconsin.
- Musselwhite, C. (2018), "The importance of a room with a view for older people with limited mobility", *Quality in Ageing and Older Adults*, Emerald Publishing Limited, Vol. 19 No. 4, pp. 273–285.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2005). Useful daylight illuminance: a new paradigm for assessing daylight in buildings. *Lighting Research & Technology*, 37(1), 41-57.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and buildings*, 38(7), 905-913.
- Nabil, A., & Mardaljevic, J. (2006). Useful daylight illuminances: A replacement for daylight factors. *Energy and buildings*, 38(7), 905-913.
- Naboni, E. (2013). Environmental simulation tools in architectural practice. In *PLEA*.
- Nagy, E., Yasunaga, S., & Kose, S. (1995). Japanese office employees' psychological reactions to their underground and above-ground offices. *Journal of environmental psychology*, 15(2), 123-134.
- Ne'eman E., Hopkinson, R.G., Critical minimum acceptable window size: a study of window design and provision of a view, *International Journal of Lighting Research and Technology*, Vol. 2, No. 17, 1970, p. 17-26
- Ne'Eman, E., & Hopkinson, R. G. (1970). Critical minimum acceptable window size: a study of window design and provision of a view. *Lighting Research & Technology*, 2(1), 17-27.
- Neumann, L., & Neumann, Y. (1981). Comparison of six lengths of rating scales: students' attitudes toward instruction. *Psychological Reports*, 48(2), 399-404.
- Newsham, G. R., Veitch, J. A., & Charles, K. E. (2008). Risk factors for dissatisfaction with the indoor environment in open-plan offices: an analysis of COPE field study data. *Indoor Air*, 18(4), 271-282.
- Nielsen, M. V., Svendsen, S., & Jensen, L. B. (2011). Quantifying the potential of automated dynamic solar shading in office buildings through integrated simulations of energy and daylight. *Solar Energy*, 85(5), 757-768.
- Obrecht, T. P., Premrov, M., & Leskovar, V. Ž. (2019). Influence of the orientation on the optimal glazing size for passive houses in different European climates (for non-cardinal directions). *Solar Energy*, 189, 15-25.

- Ochoa, C. E., Aries, M. B., & Hensen, J. L. (2012). State of the art in lighting simulation for building science: a literature review. *Journal of Building Performance Simulation*, 5(4), 209-233.
- Olbina, S., & Hu, J. (2012). Daylighting and thermal performance of automated split-controlled blinds. *Building and Environment*, 56, 127-138.
- Orquin, J. L., & Loose, S. M. (2013). Attention and choice: A review on eye movements in decision making. *Acta psychologica*, 144(1), 190-206.
- Osterhaus, W. K. (2005). Discomfort glare assessment and prevention for daylight applications in office environments. *Solar Energy*, 79(2), 140-158
- Ott Biolight Systems, Inc. (October 1997a). "Ergo Biolight Report." California: Ott Biolight Systems, Inc
- Ozdemir, A. (2010). "The effect of window views openness and naturalness on the perception of rooms spaciousness and brightness: A visual preference study", *Scientific Research and Essays*, Vol. 5 No. 16, pp. 2275–2287
- Ozorhon, I. F., & Uraz, T. U. (2014). Natural light as a determinant of the identity of architectural space. *Journal of Architecture and Urbanism*, 38(2), 107-119.
- Parsaee, M., Demers, C. M., Potvin, A., Hébert, M., & Lalonde, J. F. (2021). Window View Access in Architecture: Spatial Visualization and Probability Evaluations Based on Human Vision Fields and Biophilia. *Buildings*, 11(12), 627.
- Peretti, C., & Schiavon, S. (2011). Indoor environmental quality surveys. A brief literature review.
- Phillips, D. (2004). *Daylighting: natural light in architecture*: Routledge.
- Piderit Moreno, M. B. (2011). Daylighting design strategies for visual comfort in classrooms. UCL- Université Catholique de Louvain.
- Pierson, C., Cauwerts, C., Bodart, M., & Wienold, J. (2021). Tutorial: luminance maps for daylighting studies from high dynamic range photography. *Leukos*, 17(2), 140-169.
- Plummer, H. 2012. *The Architecture of Natural Light*. London: Thames and Hudson
- Poirazis, H., Blomsterberg, Å., & Wall, M. (2008). Energy simulations for glazed office buildings in Sweden. *Energy and buildings*, 40(7), 1161-1170.
- Poot, L. (2000). Light adaptation and early processing in the human visual system.
- Rashid, M., Malik, A., & Ahmad, T. (2016). Effect of window wall ratio (WWR) on heat gain in commercial buildings in the climate of lahore. *International Journal of Research in Chemical, Metallurgical and Civil Engineering*, 3(1), 122-125.
- Rea, M. S., & Jeffrey, I. (1990). A new luminance and image analysis system for lighting and vision I. Equipment and calibration. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 19(1), 64-72.
- Rea, M. S., & Ouellette, M. J. (1991). Relative visual performance: A basis for application. *Lighting Research & Technology*, 135-144.
- Rea, M. S., & Ouellette, M. J. (1991). Relative visual performance: A basis for application. *Lighting Research & Technology*, 135-144.
- Rea, M. S. (2000). *The IESNA lighting handbook: reference & application*. (No Title).

- Reinhard, E., & Devlin, K. (2005). Dynamic range reduction inspired by photoreceptor physiology. *IEEE transactions on visualization and computer graphics*, 11(1), 13-24.
- Reinhard, C. F., & Walkenhorst, O. (2001). Validation of dynamic RADIANCE-based daylight simulations for a test office with external blinds. *Energy and buildings*, 33(7), 683-697.
- Reinhard, C. F., Mardaljevic, J., & Rogers, Z. (2006). Dynamic daylight performance metrics for sustainable building design. *Leukos*, 3(1), 7-31.
- Reinhard, C., & Fitz, A. (2006). Findings from a survey on the current use of daylight simulations in building design. *Energy and buildings*, 38(7), 824-835.
- Reiter, S., & De Herde, A. (2004). *L'éclairage naturel des bâtiments* : Presses univ. De Louvain
- Roche, L., Dewey, E., & Littlefair, P. (2000). Occupant reactions to daylight in offices. *International Journal of Lighting Research and Technology*, 32(3), 119-126.
- Roche, L., Dewey, E., & Littlefair, P. (2000). Occupant reactions to daylight in offices. *International Journal of Lighting Research and Technology*, 32(3), 119-126.
- Rodriguez, F., Garcia-Hansen, V., Allan, A., & Isoardi, G. (2021). Subjective responses toward daylight changes in window views: Assessing dynamic environmental attributes in an immersive experiment. *Building and Environment*, 195, 107720.
- Roessler, G. (1980). "The psychological function of windows for the visual communication between the interior of rooms with permanent supplementary artificial lighting and the exterior", *Lighting Research & Technology*, SAGE Publications, Vol. 12 No. 3, pp. 160–168.
- Ruck, N., Aschehoug, Ø., & Aydinli, S. (2000). *Daylight buildings. A source book on daylighting systems and components.*
- Ryckaert, W. R., Lootens, C., Geldof, J., & Hanselaer, P. (2010). Criteria for energy efficient lighting in buildings. *Energy and buildings*, 42(3), 341-347.
- Saadi, M. Y. (2019). *Paramètres physiques Des ambiances lumineuses : Un modèle numérique pour l'évaluation des ambiances lumineuses* (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider-Biskra).
- Saridar, S., & Elkadi, H. (2002). The impact of applying recent façade technology on daylighting performance in buildings in eastern Mediterranean. *Building and Environment*, 37(11), 1205-1212.
- Sawyer, K. (2014). *Windows and Building Envelope Research and Development: Roadmap for Emerging Technologies*. US Department of Energy: Washington, DC, USA.
- Scartezzini, J. L. e. a. (1994). *Office Lighting. Publication of RAVEL Swiss action programme*. EDMZ, Bern, Switzerland
- Seguí, M. del M., Cabrero-García, J., Crespo, A., Verdú, J. and Ronda, E. (2015). "A reliable and valid questionnaire was developed to measure computer vision syndrome at the workplace", *Journal of Clinical Epidemiology*, Vol. 68 No. 6, pp. 662–673.
- Seksaf, M. E. (2006). *Impact de la conception des fenêtres en milieu aride sur la perception et le comportement des usagers des espaces de bureau vis-a-vis de l'éclairage* (Doctoral dissertation, Biskra, Mohamed Khider. Faculté des Sciences et des Sciences de l'Ingénieur).
- Semahi, S., Zemmouri, N., Singh, M. K., & Attia, S. (2019). Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria. *Building and Environment*, 161, 106271.

- Shafer Jr, E. L., & Brush, R. O. (1977). How to measure preferences for photographs of natural landscapes. *Landscape planning*, 4, 237-256.
- Shapley, R., & Enroth-Cugell, C. (1984). Visual adaptation and retinal gain controls. *Progress in retinal research*, 3, 263-346.
- Sharp, F., Lindsey, D., Dols, J., & Coker, J. (2014). The use and environmental impact of daylighting. *Journal of Cleaner Production*, 85, 462-471.
- Shemiranib, F. M. S. M. M., & Tahbazc, M. (2020). Evaluation and Analysis of the Efficiency of Dynamic Metrics Evaluating Daylight Performance (Daylight Autonomy and Useful Daylight Illuminance) through Sensitivity Analysis; Case Study: Elementary Classroom in Tehran.
- Shin, J. Y., Yun, G. Y., & Kim, J. T. (2012). View types and luminance effects on discomfort glare assessment from windows. *Energy and Buildings*, 46, 139-145.
- Shirzadnia, Z., Goharian, A., & Mahdavejad, M. (2023). Designerly approach to skylight configuration based on daylight performance; Toward a novel optimization process. *Energy and Buildings*, 286, 112970.
- Shishegar, N., & Boubekri, M. (2016, April). Natural light and productivity: Analyzing the impacts of daylighting on students' and workers' health and alertness. In *Proceedings of the International Conference on "health, Biological and life science" (HBLS-16), Istanbul, Turkey* (pp. 18-19).
- Singh, R., Lazarus, I. J., & Kishore, V. V. N. (2016). Uncertainty and sensitivity analyses of energy and visual performances of office building with external venetian blind shading in hot-dry climate. *Applied energy*, 184, 155-170.
- Siret, D. (2002, June). L'illusion du brise-soleil par Le Corbusier. In *Colloque langages scientifiques et pensée critique: modélisation, environnement, décision publique*.
- SLL. (2014). Lighting Guide 10: Daylighting - A Guide for Designers, Chartered Institution of Building Services Engineers (CIBSE), London, United Kingdom.
- Smolders, K. C., De Kort, Y. A., & Cluitmans, P. J. M. (2012). A higher illuminance induces alertness even during office hours: findings on subjective measures, task performance and heart rate measures. *Physiology & behavior*, 107(1), 7-16.
- Soleimani, K., Abdollahzadeh, N., & Zomorodian, Z. S. (2021). Improving Daylight Availability in Heritage Buildings: A Case Study of Below-grade Classrooms in Tehran. *Journal of Daylighting*, 8(1), 120-133.
- Sop Shin, W. (2007). The influence of forest view through a window on job satisfaction and job stress. *Scandinavian journal of forest research*, 22(3), 248-253.
- Sorensen, K. (1987). A modern glare index method. *Proc. CIE Venice Vols. I, II*, 108-111.
- Stein, B., Reynolds, J., & McGuinness, W. J. (1992). Mechanical and electrical equipment for buildings. (*No Title*).
- Suk, J. Y. (2014). Absolute Glare and Relative Glare Factors: Predicting and Quantifying Levels of Interior Glare and Exterior Glare Caused by Sunlight and Daylight. University of Southern California.
- Sundstrom, E., & Sundstrom, M. G. (1986). *Work places: The psychology of the physical environment in offices and factories*. CUP Archive.



- Susorova, I., Tabibzadeh, M., Rahman, A., Clack, H. L., & Elnimeiri, M. (2013). The effect of geometry factors on fenestration energy performance and energy savings in office buildings. *Energy and Buildings*, 57, 6-13.
- Tabadkani, A., Roetzel, A., Li, H. X., & Tsangrassoulis, A. (2020). A review of automatic control strategies based on simulations for adaptive facades. *Building and Environment*, 175, 106801.
- Tabet-Aoul, K. (1991). « The interaction of view, window design and shadow devices ». Ph.D., School of architectural studies, Sheffield University, London
- Tahmasebi, M. M., Banihashemi, S., & Hassanabadi, M. S. (2011). Assessment of the variation impacts of window on energy consumption and carbon footprint. *Procedia engineering*, 21, 820-828.
- Terman, M.; Fairhurst, S.; Perlman, B.; Levitt, J.; McCluney, R. (1986). "Daylight Deprivation and Replenishment: A Psychobiological Problem with a Naturalistic Solution." 1986 International Daylighting Conference Proceedings II. November 4-7, 1986; Long Beach, CA; pp. 438-443.
- Thayanithy, D., & Perera, N. (2023). Daylight and window view quality for visual comfort: the case of an office building in Jaffna. *Built-Environment Sri Lanka*, 13(2).
- Tregenza, P., & Wilson, M. (2013). *Daylighting: architecture and lighting design*. Routledge.
- Tuaycharoen, N. (2006). *The reduction of discomfort glare from windows by interesting views* (Doctoral dissertation, University of Sheffield).
- Tuaycharoen, N., & Tregenza, P. R. (2005). Discomfort glare from interesting images. *Lighting Research & Technology*, 37(4), 329-338.
- Tzempelikos, A., & Athienitis, A. K. (2007). The impact of shading design and control on building cooling and lighting demand. *Solar energy*, 81(3), 369-382.
- Ulrich, R. S. (1984). View through a window may influence recovery from surgery. *science*, 224(4647), 420-421.
- USGBC. (2020), "EQ CREDIT: QUALITY VIEWS", p. 144
- Van der Linden, K., Boerstra, A. C., Raue, A. K., & Kurvers, S. R. (2002). Thermal indoor climate building performance characterized by human comfort response. *Energy and Buildings*, 34(7), 737-744.
- Veitch, J. A., & Gifford, R. (1996). Assessing beliefs about lighting effects on health, performance, mood, and social behavior. *Environment and Behavior*, 28(4), 446-470.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1996). Determinants of Lighting Quality II: Research and Recommendations.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (1998). Lighting quality and energy-efficiency effects on task performance, mood, health, satisfaction, and comfort. *Journal of the Illuminating Engineering Society*, 27(1), 107-129.
- Veitch, J. A., & Newsham, G. R. (2000). Preferred luminous conditions in open-plan offices: Research and practice recommendations. *International Journal of Lighting Research and Technology*, 32(4), 199-212.
- Veitch, J. A. (2002, November). Principles of healthy lighting. In Final Report. The Fifth International LRO Lighting Research Symposium, *Light and Human Health*.

- Veitch, J. A., Charles, K. E., Farley, K. M. J., & Newsham, G. R. (2007). A model of satisfaction with open-plan office conditions: COPE field findings. *Journal of Environmental Psychology, 27*(3), 177-189.
- Veitch, J. A., & Galasiu, A. D. (2012). The physiological and psychological effects of windows, daylight, and view at home: review and research agenda. *PsycEXTRA Dataset*.
- Venkiteswaran, V. K., Liman, J., & Alkaff, S. A. (2017). Comparative study of passive methods for reducing cooling load. *Energy Procedia, 142*, 2689-2697.
- Velarde, M.D., Fry, G. and Tveit, M. (2007). "Health effects of viewing landscapes – Landscape types in environmental psychology", *Urban Forestry & Urban Greening*, Vol. 6 No. 4, pp. 199–212.
- Vilatte, J.C. (2007). « Méthodologie de l'enquête par questionnaire », formation offerte à Grisolles, le 2 février. [En ligne]. [http://www.lmac-mp.fr/telecharger.php?id\\_doc=46](http://www.lmac-mp.fr/telecharger.php?id_doc=46). Page consultée le 12 décembre 2017
- Vischer, J.C. (2001). Post-Occupancy Evaluation: A Multi-faceted Tool For Building Improvement. In *Learning from our Buildings: A State-of-the-Practice Summary of PostOccupancy evaluation* (Federal Facilities Council). National Academy Press.
- Vishwanath, D., Girshick, A. R., & Banks, M. S. (2005). Why pictures look right when viewed from the wrong place. *Nature neuroscience, 8*(10), 1401-1410.
- Waczynska, M., Sokol, N., & Martyniuk-Peczek, J. (2021). Computational and experimental evaluation of view out according to European Standard EN17037. *Building and Environment, 188*, 107414.
- Wang, S., & Zhao, J. (2022). New prospectives on light adaptation of visual system research with the emerging knowledge on non-image-forming effect. *Frontiers in Built Environment, 8*, 1019460.
- Wang, Y., Wang, R., Li, G., & Peng, C. (2020). An investigation of optimal window-to-wall ratio based on changes in building orientations for traditional dwellings. *Solar Energy, 195*, 64-81.
- White, M., Smith, A., Humphryes, K., Pahl, S., Snelling, D., & Depledge, M. (2010). Blue space: The importance of water for preference, affect, and restorativeness ratings of natural and built scenes. *Journal of environmental psychology, 30*(4), 482-493.
- Wienold, J. (2007). Dynamic simulation of blind control strategies for visual comfort and energy balance analysis.
- Wienold, J., & Christoffersen, J. (2006). Evaluation methods and development of a new glare prediction model for daylight environments with the use of CCD cameras. *Energy and buildings, 38*(7), 743-757.
- Wilson, M. P. (2005). Comment 2 on 'Discomfort glare from interesting images' by N Tuaycharoen and P Tregenza. *Lighting Research & Technology, 37*(4), 339-340.
- Wong, L. (2017). A review of daylighting design and implementation in buildings. *Renewable and Sustainable Energy Reviews, 74*, 959-968.
- Wotton, E., & B, Barkow. (1983). An Investigation of the Effects of Windows and Lighting in Offices. In: *Int. Daylighting Conf. Phoenix*.
- Xue, P., Mak, C., & Cheung, H. (2014). The effects of daylighting and human behavior on luminous comfort in residential buildings: A questionnaire survey. *Building and Environment, 81*, 51-59
- Yin J, Yuan J, Arfaei N, et al. (2020). Effects of biophilic indoor environment on stress and anxiety recovery: A between-subjects experiment in virtual reality. *Environment International, 136*: 105427.

- Yu, X., & Su, Y. (2015). Daylight availability assessment and its potential energy saving estimation—A literature review. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 52, 494-503.
- Zimring, C. M., & Reizenstein, J. E. (1980). Post-occupancy evaluation: An overview. *Environment and behavior*, 12(4), 429-450.

# ANNEXE A

Université Mohamed KHIDER Biskra  
Faculté des Sciences et technologie  
Département d'architecture

## Recherche doctorale (Questionnaire Version Test)

Bienvenu(e) et merci pour votre participation.

Dans le cadre de cette recherche doctorale portant sur l'impact de la fenêtre sur la qualité visuelle (lumière naturelle et vue sur l'extérieure) pour les usagers des espaces des bureaux dans la ville de Biskra, nous aimerions que vous répondiez, s'il vous plait, aux questions énoncées dans ce formulaire de questions. Les questions concernent la satisfaction des employés dans les immeubles de bureaux ; l'objectif est de connaître votre opinion personnelle sur ce thème. Essayez, s'il vous plait, de répondre à toutes les questions selon votre point de vue. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses ; seules vos opinions nous sont importantes.

Toutes vos réponses resteront strictement confidentielles. Il y a trois façons de répondre aux questions :

- Les questions qui contiennent plusieurs réponses, s'il vous plaît marquez par X la réponse que vous choisirez,
- Les questions qui nécessitent votre opinion exigeraient que vous donniez des explications s'il vous plait,
- Les questions qui nécessitent une évaluation numérique pour lesquelles vous donnerez un chiffre s'il vous plait.

## Renseignements personnels sur l'utilisateur de l'espace de travail

1. Quelle est votre sexe ?

<input type="checkbox"/>	Homme	<input type="checkbox"/>	Femme
--------------------------	-------	--------------------------	-------

2. Quelle est votre âge ?

.....

3. Depuis quelle période avez-vous occupé ce poste de travail dans ce bâtiment ?

.....

4. Portez-vous des lunettes ou des lentilles de contact durant la période de travail ?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

5. êtes-vous sensible à la lumière intense ?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

6. Combien de temps passez – vous dans votre bureau de travail devant votre ordinateur sans changer d' endroit ?

<input type="checkbox"/>	Moins de 2 h	<input type="checkbox"/>	2-4 heures	<input type="checkbox"/>	Plus de 4 heures
--------------------------	--------------	--------------------------	------------	--------------------------	------------------

## Questions sur la satisfaction envers l'espace de travail

1. A quel étage est situé votre bureau ?

.....

2. Y- a – il une fenêtre dans votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

3. Quelle est la distance la plus proche entre votre position assise au bureau et la fenêtre la plus proche ?

<input type="checkbox"/>	Moins de 2 mètres
<input type="checkbox"/>	Entre 2 à 4 mètres
<input type="checkbox"/>	Plus de 4 mètres

4. Quelle est l'orientation de votre poste de travail (bureau) par rapport à la fenêtre ?  
(Si dans votre bureau plusieurs murs ont une fenêtre, diverses réponses sont possibles)

<input type="checkbox"/>	Mon bureau est en face la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La fenêtre est située à ma coté droite
<input type="checkbox"/>	La fenêtre est située à ma coté gauche
<input type="checkbox"/>	Je suis assis avec mon dos à la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Autres (veuillez préciser)

5. Que pensez-vous de la taille de la fenêtre dans votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Beaucoup trop grande
<input type="checkbox"/>	Légèrement trop grande
<input type="checkbox"/>	Exactement bien
<input type="checkbox"/>	Un peu trop petite
<input type="checkbox"/>	Trop petite

6. Quelle est votre préférence par rapport a la taille de la fenêtre dans l'espace de travail ?

<input type="checkbox"/>	Je préfère que la taille de la fenêtre soit plus grande
<input type="checkbox"/>	Je préfère que la taille de la fenêtre soit plus petite
<input type="checkbox"/>	La taille de la fenêtre existante est le préférable

7. Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail (bureau) et la fenêtre ?

<input type="checkbox"/>	Je préfère que la distance soit plus proche de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Je préfère que la distance soit plus éloignée de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	je suis assis à bonne distance de la fenêtre

8. Par rapport a votre position par rapport la fenêtre, Avez-vous des difficultés avec la lecture de l'écran de votre ordinateur ?

<input type="checkbox"/>	Oui, toujours.
<input type="checkbox"/>	Oui, parfois.
<input type="checkbox"/>	Non .

9. Quel est les type de protections solaire intégrées dans la fenêtre présent dans votre lieu de travail ?

.....  
 .....

10. En général, quelle est la raison pour laquelle vous utilisez ces protections intégrées dans la fenêtre de votre bureau ?

.....  
 .....

11. Quelle est votre impression sur l'ambiance générale de votre bureau ?

		Très	Un peu		Un peu	Très	
a	Confortable						Non confortable
b	Lumineux						Sombre
c	Uniformément éclairé						Non uniformément éclairé
d	Calme						Bruyant
e	Spacieux						Gênant
f	Agréable						Non agréable

12. Dans quelle mesure êtes-vous satisfait par rapport aux aspects suivants dans votre bureau?

	Très satisfait	Satisfait	Ni l'un ni l'autre	insatisfait	Très insatisfait
L' éclairage naturel					
L' éclairage artificiel					
La vue vers l' extérieure					
La température					
La ventilation					
Le bruit					
La privacité					

13. Dans votre bureau, quel est votre degré de satisfaction pour les critères suivants ?

		Très satisfait	Satisfait	Ni l'un ni l'autre	insatisfait	Très insatisfait
a	Le lieu de travail où vous êtes assis maintenant					
b	L'ouverture et la transparence de l'environnement de travail					
c	L'ambiance et l'aspect de l'intérieur					
d	La possibilité de se concentrer sur le travail					
e	La possibilité de communiquer et de s'intégrer socialement					

## Questions sur la satisfaction envers l'environnement lumineux intérieur

1. seriez-vous capable de réaliser vos taches du travail sans lumière artificielle donc uniquement avec la lumière du jour disponible ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

2. A quelle échelle êtes-vous dérangé par la quantité de lumière du jour garantie par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

3. Avez-vous la possibilité de contrôler la quantité de lumière naturelle dans votre bureau ?

	Oui
	Non

4. Quelle est le type 'éclairage artificiel existant dans votre lieu de travail ?

	Lampes à incandescence classique
	Lampes halogènes, tubes et lampes fluorescentes
	Spots LED
	Autres (veuillez préciser)

5. A quelle échelle la lumière artificielle est-elle allumée pendant votre période de travail ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

6. Dans quelle mesure êtes-vous satisfait des possibilités de contrôler l'accès à la lumière du jour depuis la fenêtre ?

	Très satisfait
	Satisfait
	Ni l' un ni l' autre



<input type="checkbox"/>	Insatisfait
<input type="checkbox"/>	Très insatisfait

7. Avez-vous eu l'expérience de nuisances dans votre poste de travail en raison des paramètres suivant ?

		Toujours	Souvent	Régulièrement	Parfois	Jamais
a	Lumière du jour qu' éblouie dans vos yeux					
b	Lumière du jour réfléchie sur l'écran de votre ordinateur					
c	Lumière artificielle qu' éblouie vos yeux					
d	Lumière artificielle réfléchie sur l'écran de votre ordinateur					
e	D'autres réflexions ennuyeuses					

8. Comment comportez-vous dans la situation où la lumière naturelle est gênante pour l' exécution de vos tâches du travail dans votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Je change de la place
<input type="checkbox"/>	J' utilise les stores de protection pour une fermeture partielle de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	J' utilise les stores de protection pour une fermeture totale de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Autres (veuillez préciser)

9. Quel est l'état de la protection solaire intérieure (stores enroulables) dans la plupart des temps ?

<input type="checkbox"/>	Ouverte
<input type="checkbox"/>	Partiellement fermée
<input type="checkbox"/>	Totalement fermée

10. Comment jugez-vous la teinte du verre de votre fenêtre envers la clarté de votre vue vers l'extérieur ?

<input type="checkbox"/>	Très appropriée
<input type="checkbox"/>	appropriée
<input type="checkbox"/>	Ni l'un ni l'autre
<input type="checkbox"/>	désappropriée
<input type="checkbox"/>	Très désappropriée

11. Comment évaluez-vous le rendu des couleurs que la teinte du verre de la fenêtre donne aux éléments composant la vue extérieure ?

	Très vif
	vif
	Ni l'un ni l'autre
	Pas vif
	Pas du tout vif

12. Quelle est votre degré de satisfaction vis-à-vis a l' ambiance chromatique dominante dans votre bureau ?

		Très satisfait	Satisfait	Ni l' un ni l' autre	Insatisfait	Très insatisfait
a	La couleur de l'éclairage artificiel					
b	La couleur de la lumière du jour					
c	La couleur de l'intérieur (ameublement, murs, plafond, plancher)					

13. Quelle est votre préférence vis-à-vis à la quantité de la lumière qui vous permet de réaliser vos taches du travail confortablement ?

	Très faible
	Faible
	Modéré
	Fort
	Très fort

14. Comment jugez-vous la quantité de la lumière naturelle garantie par la fenêtre existante dans les zones surfacique de votre bureau ?

		Très fort	Fort	moyenne	Faible	Très faible
a	zone proche de la fenêtre					
b	Au milieu de l' espace					
c	Zone loin de la fenêtre (Au profond de l' espace)					

15. Comment jugez-vous la distribution de la lumière naturelle garantie par la fenêtre existante dans la surface de votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Très bien répartie
<input type="checkbox"/>	Bien répartie
<input type="checkbox"/>	Homogène
<input type="checkbox"/>	Mal répartie
<input type="checkbox"/>	Très mal répartie

16. Comment trouvez-vous l' éclairage naturel pour les activités suivantes :

		Agréable	Confortable	Approprié	Nette	floue	Non approprié	Eblouissant	Désagréable
a	Activité lecture des textes sur plan de travail								
b	Activité lecture des textes sur ordinateur								
c	Activité écriture des textes sur plan de travail								
d	Activité écriture des textes sur ordinateur								

17. Selon vous, quelle sont les raisons d' inconfort visuel dans votre bureau ?

(Classez par ordre d'influence les paramètres suivants du plus influant [1] au moins influant [8])

<input type="checkbox"/>	La taille de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La position de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Type ou couleur du verre
<input type="checkbox"/>	La position du bureau par rapport à la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La distance entre le bureau et la fenêtre
<input type="checkbox"/>	L' orientation du bureau
<input type="checkbox"/>	L' absence des systèmes du contrôle de la lumière (répartition et distribution)
<input type="checkbox"/>	La position des moyens d' éclairage artificiel

### Questions sur la satisfaction envers la vue sur l'extérieure

1. Pouvez-vous regarder à l'extérieur à partir votre lieu de travail ?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

2. Que voulez-vous voir par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?

	Le climat
	Le temps
	Ce qui s'est passé dehors
	une vision diversifiée de l'environnement
	Autres (spécifier)

3. Considérez-vous qu'il soit agréable de voir à l'extérieur depuis la fenêtre de votre lieu de travail ?

	Très agréable
	agréable
	Ni l' un ni l' autre
	Désagréable
	Très désagréable

4. Quelle est votre impression générale de la vue extérieure depuis votre fenêtre ?

		Très	Un peu		Un peu	Très	
a	Diverse						monotone
b	finie						Infinie
c	Distrayante						Non distrayante
d	Calme						Animée
e	ouverte						Fermée
f	Agréable						Non agréable

5. Les sujets suivants sont-ils visibles à travers la fenêtre depuis votre lieu de travail ?

		Oui	Non
a	le sol (niveau de la rue)		
b	Le ciel		
c	Bâtiment voisins		
d	L' eau		
e	Les Verdures		

6. Vous considérez agréable de voir ces éléments suivants du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?

		Très Agréable	Agréable	Ni l' un ni l' autre	désagréable	Très désagréable
a	le sol (niveau de la rue)					
b	Le ciel					
c	Bâtiment voisins					

d	L' eau					
e	Les Verdures					

7. Y a-t-il a partir votre vue extérieure que vous avez de votre lieu de travail des mouvements visibles (circulation ou passage de personnes) ?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non
<input type="checkbox"/>	Parfois

8. Si Oui, vous considérez agréable de voir ces mouvement du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?

<input type="checkbox"/>	Très agréable
<input type="checkbox"/>	agréable
<input type="checkbox"/>	Ni l' un ni l' autre
<input type="checkbox"/>	Désagréable
<input type="checkbox"/>	Très désagréable

9. Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail et la vue extérieure que la fenêtre vous offre?

<input type="checkbox"/>	Très proche
<input type="checkbox"/>	Proche
<input type="checkbox"/>	A bonne distance
<input type="checkbox"/>	Loin
<input type="checkbox"/>	Trop loin

10. Que pensez-vous de la distance entre les éléments de la vue extérieure et la fenêtre ?

		Très proche	Proche	A bonne distance	Loin	Trop loin
a	le sol (niveau de la rue)					
b	Le ciel					
c	Bâtiment voisins					
d	L' eau					
e	Les Verdures					
f	Le trafic					

11. A votre avis, Vous considérez inconfortable de voir les éléments suivants occupent la vue extérieur à partir votre fenêtre ?

		Très confortable	confortable	acceptable	inconfortable	Très inconfortable
a	Les éléments décoratifs					
b	Les stores extérieurs					
c	Les stores extérieurs					

d	Rideaux					
e	Verre teinté					

12. A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la qualité de la vue sur l' extérieure garantie par votre fenêtre votre période de travail ?

	Très influent
	influent
	Ni l' un ni l' autre
	Non influent
	Très non influent

13. A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la quantité de la vue sur l' extérieure garantie par votre fenêtre votre période de travail ?

	Très influent
	influent
	Ni l' un ni l' autre
	Non influent
	Très non influent

14. À votre avis, pensez-vous qu'il est possible de remplacer la vue extérieure fournie par la fenêtre par des cadres accrochés aux murs ou de placer des plantes intérieures en l'absence d' une fenêtre dans le bureau ?

	Oui, possible
	Non, pas possible

15. Pensez- vous que la présence d' une vue vers l' extérieure affecte la réduction du stress et du confort psychologique pendant les heures du travail ?

	Oui , positivement
	Oui, négativement
	Non

16. Comment évaluez-vous votre propre vue dans votre bureau. Donnez une note

.....

# ANNEXE B

Université Mohamed KHIDER Biskra  
Faculté des Sciences et technologie  
Département d'architecture

## Recherche doctorale (Questionnaire Version Finale)

Bienvenu(e) et merci pour votre participation.

Dans le cadre de cette recherche doctorale portant sur l'impact de la fenêtre sur la qualité visuelle (lumière naturelle et vue sur l'extérieure) pour les usagers des espaces des bureaux dans la ville de Biskra, nous aimerions que vous répondiez, s'il vous plait, aux questions énoncées dans ce formulaire de questions. Les questions concernent la satisfaction des employés dans les immeubles de bureaux ; l'objectif est de connaître votre opinion personnelle sur ce thème. Essayez, s'il vous plait, de répondre à toutes les questions selon votre point de vue. Il n'y a pas de bonnes ou de mauvaises réponses ; seules vos opinions nous sont importantes.

Toutes vos réponses resteront strictement confidentielles. Il y a trois façons de répondre aux questions :

- Les questions qui contiennent plusieurs réponses, s'il vous plaît marquez par X la réponse que vous choisirez,
- Les questions qui nécessitent votre opinion exigeraient que vous donniez des explications s'il vous plait,
- Les questions qui nécessitent une évaluation numérique pour lesquelles vous donnerez un chiffre s'il vous plait.

## Renseignements personnels sur l'utilisateur de l'espace de travail

1. Quelle est votre sexe ?

<input type="checkbox"/>	Homme	<input type="checkbox"/>	Femme
--------------------------	-------	--------------------------	-------

2. Quelle est votre âge ?

<input type="checkbox"/>	18-29	<input type="checkbox"/>	30-39	<input type="checkbox"/>	40-49	<input type="checkbox"/>	50-59	<input type="checkbox"/>	60-69
--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	-------	--------------------------	-------

3. Depuis quelle période avez-vous occupé ce poste de travail dans ce bâtiment?

<input type="checkbox"/>	Moins de 1 an	<input type="checkbox"/>	1-2 ans	<input type="checkbox"/>	2-3 ans	<input type="checkbox"/>	3-5 ans	<input type="checkbox"/>	Plus de 5 ans
--------------------------	---------------	--------------------------	---------	--------------------------	---------	--------------------------	---------	--------------------------	---------------

4. Portez-vous des lunettes ou des lentilles de contact durant la période de travail?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

5. êtes-vous sensible à la lumière intense?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

6. Combien de temps passez – vous dans votre bureau de travail devant votre ordinateur sans changer d' endroit ?

<input type="checkbox"/>	Moins de 2 h	<input type="checkbox"/>	2-4 heures	<input type="checkbox"/>	Plus de 4 heures
--------------------------	--------------	--------------------------	------------	--------------------------	------------------

## Questions sur la satisfaction envers l'espace de travail

1. A quel étage est situé votre bureau ?

.....

2. Y- a – il une fenêtre dans votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Oui	<input type="checkbox"/>	Non
--------------------------	-----	--------------------------	-----

3. Quelle est la distance la plus proche entre votre position assise au bureau et la fenêtre la plus proche ?

<input type="checkbox"/>	Moins de 2 mètres
<input type="checkbox"/>	Entre 2 à 4 mètres
<input type="checkbox"/>	Plus de 4 mètres



4. Quelle est l'orientation de votre poste de travail (bureau) par rapport à la fenêtre ?  
(Si dans votre bureau plusieurs murs ont une fenêtre, diverses réponses sont possibles)

<input type="checkbox"/>	Mon bureau est en face la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La fenêtre est située à ma coté droite
<input type="checkbox"/>	La fenêtre est située à ma coté gauche
<input type="checkbox"/>	Je suis assis avec mon dos à la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Autres (veuillez préciser)

5. Que pensez-vous de la taille de la fenêtre dans votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Beaucoup trop grande
<input type="checkbox"/>	Légèrement trop grande
<input type="checkbox"/>	Exactement bien
<input type="checkbox"/>	Un peu trop petite
<input type="checkbox"/>	Trop petite

6. Quelle est votre préférence par rapport a la taille de la fenêtre dans l'espace de travail ?

<input type="checkbox"/>	Je préfère que la taille de la fenêtre soit plus grande
<input type="checkbox"/>	Je préfère que la taille de la fenêtre soit plus petite
<input type="checkbox"/>	La taille de la fenêtre existante est le préférable

7. Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail (bureau) et la fenêtre ?

<input type="checkbox"/>	Je préfère que la distance soit plus proche de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Je préfère que la distance soit plus éloignée de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	je suis assis à bonne distance de la fenêtre

8. Par rapport a votre position par rapport la fenêtre, Avez-vous des difficultés avec la lecture de l'écran de votre ordinateur ?

<input type="checkbox"/>	Oui, toujours.
<input type="checkbox"/>	Oui, parfois.
<input type="checkbox"/>	Non .

9. Quel est les type de protections solaire intégrées dans la fenêtre présent dans votre lieu de travail ?

<input type="checkbox"/>	Brise soleil fixe dans la façade
<input type="checkbox"/>	des verres teintés
<input type="checkbox"/>	Des stores enroulables
<input type="checkbox"/>	Des persiennes
<input type="checkbox"/>	Rideaux en tissu
<input type="checkbox"/>	Autres (veuillez préciser)
<input type="checkbox"/>	Pas des protections intégrées dans la fenêtre

10. En général, quelle est la raison pour laquelle vous utilisez ces protections intégrées dans la fenêtre de votre bureau ?

	Pour bloquer la chaleur du rayonnement solaire
	Pour prévenir la lumière brillante gênante dans mes yeux
	Pour prévenir la réflexion gênante de la lumière naturelle dans l' écran de l' ordinateur
	Pour avoir une certaine intimité a l' intérieur
	Autres (veuillez préciser)

11. Quelle est votre impression sur l' ambiance générale de votre bureau ?

		Très	Un peu		Un peu	Très	
a	Confortable						Non confortable
b	Lumineux						Sombre
c	Uniformément éclairé						Non uniformément éclairé
d	Calme						Bruyant
e	Spacieux						Gênant
f	Agréable						Non agréable

12. Dans quelle mesure êtes-vous satisfait par rapport aux aspects suivants dans votre bureau?

	Très satisfait	Satisfait	Ni l'un ni l'autre	insatisfait	Très insatisfait
L' éclairage naturel					
L' éclairage artificiel					
La vue vers l' extérieure					
La température					
La ventilation					
Le bruit					
La privacité					

13. Dans votre bureau, quel est votre degré de satisfaction pour les critères suivants ?

		Très satisfait	Satisfait	Ni l'un ni l'autre	insatisfait	Très insatisfait
a	Le lieu de travail où vous êtes assis maintenant					
b	L'ouverture et la transparence de l'environnement de travail					
c	L'ambiance et l'aspect de l'intérieur					

d	La possibilité de se concentrer sur le travail					
e	La possibilité de communiquer et de s'intégrer socialement					

### Questions sur la satisfaction envers l'environnement lumineux intérieur

1. seriez-vous capable de réaliser vos taches du travail sans lumière artificielle donc uniquement avec la lumière du jour disponible ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

2. A quelle échelle êtes-vous dérangé par la quantité de lumière du jour garantie par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

3. Avez-vous la possibilité de contrôler la quantité de lumière naturelle dans votre bureau ?

	Oui
	Non

4. Quelle est le type 'éclairage artificiel existant dans votre lieu de travail ?

	Lampes à incandescence classique
	Lampes halogènes, tubes et lampes fluorescentes
	Spots LED
	Autres (veuillez préciser)

5. A quelle échelle la lumière artificielle est-elle allumée pendant votre période de travail ?

	Toujours
	Souvent
	Régulièrement
	Parfois
	Jamais

6. Dans quelle mesure êtes-vous satisfait des possibilités de contrôler l'accès à la lumière du jour depuis la fenêtre ?

	Très satisfait
	Satisfait
	Ni l' un ni l' autre
	Insatisfait
	Très insatisfait

7. Avez-vous eu l'expérience de nuisances dans votre poste de travail en raison des paramètres suivant ?

		Toujours	Souvent	Régulièrement	Parfois	Jamais
a	Lumière du jour qu' éblouie dans vos yeux					
b	Lumière du jour réfléchie sur l'écran de votre ordinateur					
c	Lumière artificielle qu' éblouie vos yeux					
d	Lumière artificielle réfléchie sur l'écran de votre ordinateur					
e	D'autres réflexions ennuyeuses					

8. Comment comportez-vous dans la situation où la lumière naturelle est gênante pour l' exécution de vos tâches du travail dans votre bureau ?

	Je change de la place
	J' utilise les stores de protection pour une fermeture partielle de la fenêtre
	J' utilise les stores de protection pour une fermeture totale de la fenêtre
	Autres (veuillez préciser)

9. Quel est l'état de la protection solaire intérieure (stores enroulables) dans la plupart des temps ?

	Ouverte
	Partiellement fermée
	Totalement fermée

10. Comment jugez-vous la teinte du verre de votre fenêtre envers la clarté de votre vue vers l'extérieur ?

	Très appropriée
	appropriée
	Ni l'un ni l'autre
	désappropriée
	Très désappropriée

11. Comment évaluez-vous le rendu des couleurs que la teinte du verre de la fenêtre donne aux éléments composant la vue extérieure ?

	Très vif
	vif
	Ni l'un ni l'autre
	Pas vif
	Pas du tout vif

12. Quelle est votre degré de satisfaction vis-à-vis de l'ambiance chromatique dominante dans votre bureau ?

		Très satisfait	Satisfait	Ni l'un ni l'autre	Insatisfait	Très insatisfait
a	La couleur de l'éclairage artificiel					
b	La couleur de la lumière du jour					
c	La couleur de l'intérieur (ameublement, murs, plafond, plancher)					

13. Quelle est votre préférence vis-à-vis de la quantité de la lumière qui vous permet de réaliser vos tâches du travail confortablement ?

	Très faible
	Faible
	Modéré
	Fort
	Très fort

14. Comment jugez-vous la quantité de la lumière naturelle garantie par la fenêtre existante dans les zones surfacique de votre bureau ?

		Très fort	Fort	moyenne	Faible	Très faible
a	zone proche de la fenêtre					
b	Au milieu de l'espace					
c	Zone loin de la fenêtre (Au profond de l'espace)					

15. Comment jugez-vous la distribution de la lumière naturelle garantie par la fenêtre existante dans la surface de votre bureau ?

<input type="checkbox"/>	Très bien répartie
<input type="checkbox"/>	Bien répartie
<input type="checkbox"/>	Homogène
<input type="checkbox"/>	Mal répartie
<input type="checkbox"/>	Très mal répartie

16. Comment trouvez-vous l' éclairage naturel pour les activités suivantes :

		Agréable	Confortable	Approprié	Nette	floue	Non approprié	Eblouissant	Désagréable
a	Activité de lecture des textes sur plan de travail								
b	Activité de lecture des textes sur ordinateur								
c	Activité d'écriture des textes sur plan de travail								
d	Activité d'écriture des textes sur ordinateur								

17. Selon vous, quelles sont les raisons d' inconfort visuel dans votre bureau ?

(Classez par ordre d'influence les paramètres suivants du plus influant [1] au moins influant [8])

<input type="checkbox"/>	La taille de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La position de la fenêtre
<input type="checkbox"/>	Type ou couleur du verre
<input type="checkbox"/>	La position du bureau par rapport à la fenêtre
<input type="checkbox"/>	La distance entre le bureau et la fenêtre
<input type="checkbox"/>	L' orientation du bureau
<input type="checkbox"/>	L' absence des systèmes de contrôle de la lumière (répartition et distribution)
<input type="checkbox"/>	La position des moyens d' éclairage artificiel

### Questions sur la satisfaction envers la vue sur l'extérieure

1. Pouvez-vous regarder à l'extérieur à partir de votre lieu de travail ?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

2. Si non, Allez-vous parfois à la fenêtre pour regarder à l'extérieur ?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non

3. Que voulez-vous voir par la fenêtre existant dans votre lieu de travail ?

<input type="checkbox"/>	Le climat
<input type="checkbox"/>	Le temps
<input type="checkbox"/>	Ce qui s'est passé dehors
<input type="checkbox"/>	une vision diversifiée de l'environnement
<input type="checkbox"/>	Autres (spécifier)

4. Considérez-vous qu'il soit agréable de voir à l'extérieur depuis la fenêtre de votre lieu de travail ?

<input type="checkbox"/>	Très agréable
<input type="checkbox"/>	agréable
<input type="checkbox"/>	Ni l' un ni l' autre
<input type="checkbox"/>	Désagréable
<input type="checkbox"/>	Très désagréable

5. Quelle est votre impression générale de la vue extérieure depuis votre fenêtre ?

		Très	Un peu		Un peu	Très	
a	Diverse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	monotone
b	finie	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Infinie
c	Distrayante	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non distrayante
d	Calme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Animée
e	ouverte	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Fermée
f	Agréable	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>		<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	Non agréable

6. Les sujets suivants sont-ils visibles à travers la fenêtre depuis votre lieu de travail ?

		Oui	Non
a	le sol (niveau de la rue)	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
b	Le ciel	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
c	Bâtiment voisins	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
d	L' eau	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
e	Les Verdures	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

7. Vous considérez agréable de voir ces éléments suivants du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?

		Très Agréable	Agréable	Ni l' un ni l' autre	désagréable	Très désagréable
a	le sol (niveau de la rue)					
b	Le ciel					
c	Bâtiment voisins					
d	L' eau					
e	Les Verdures					

8. Y a-t-il à partir de votre vue extérieure que vous avez de votre lieu de travail des mouvements visibles (circulation ou passage de personnes) ?

<input type="checkbox"/>	Oui
<input type="checkbox"/>	Non
<input type="checkbox"/>	Parfois

9. Si Oui, vous considérez agréable de voir ces mouvements du paysage à travers la fenêtre depuis votre poste de travail ?

<input type="checkbox"/>	Très agréable
<input type="checkbox"/>	agréable
<input type="checkbox"/>	Ni l' un ni l' autre
<input type="checkbox"/>	Désagréable
<input type="checkbox"/>	Très désagréable

10. Que pensez-vous de la distance entre votre lieu de travail et la vue extérieure que la fenêtre vous offre ?

<input type="checkbox"/>	Très proche
<input type="checkbox"/>	Proche
<input type="checkbox"/>	A bonne distance
<input type="checkbox"/>	Loin
<input type="checkbox"/>	Trop loin

11. Que pensez-vous de la distance entre les éléments de la vue extérieure et la fenêtre ?

		Très proche	Proche	A bonne distance	Loin	Trop loin
a	le sol (niveau de la rue)					
b	Le ciel					
c	Bâtiment voisins					
d	L' eau					
e	Les Verdures					
f	Le trafic					



12. A votre avis, Vous considérez inconfortable de voir les éléments suivants occupent la vue extérieur à partir votre fenêtre ?

		Très confortable	confortable	acceptable	inconfortable	Très inconfortable
a	Les éléments décoratifs					
b	Les stores extérieurs					
c	Les stores extérieurs					
d	Rideaux					
e	Verre teinté					

13. A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la qualité de la vue sur l' extérieure garantie par votre fenêtre votre période de travail ?

	Très influent
	influent
	Ni l' un ni l' autre
	Non influent
	Très non influent

14. A quelle échelle le confort visuel est-il effectué par la quantité de la vue sur l' extérieure garantie par votre fenêtre votre période de travail ?

	Très influent
	influent
	Ni l' un ni l' autre
	Non influent
	Très non influent

15. Ci-dessous quelques images sont affichées. Maintenant, imaginez que ces images seraient le contenu de la vue depuis votre bureau. Comment évaluez-vous ces contenus? Donnez aux photos une note de 0 (très moche vue) et 10 (très belle vue)



.....

.....

.....



.....

.....

.....

16. À votre avis, pensez-vous qu'il est possible de remplacer la vue extérieure fournie par la fenêtre par des cadres accrochés aux murs ou de placer des plantes intérieures en l'absence d' une fenêtre dans le bureau?

<input type="checkbox"/>	Oui, possible
<input type="checkbox"/>	Non, pas possible

17. Pensez- vous que la présence d' une vue vers l' extérieure affecte la réduction du stress et du confort psychologique pendant les heures du travail ?

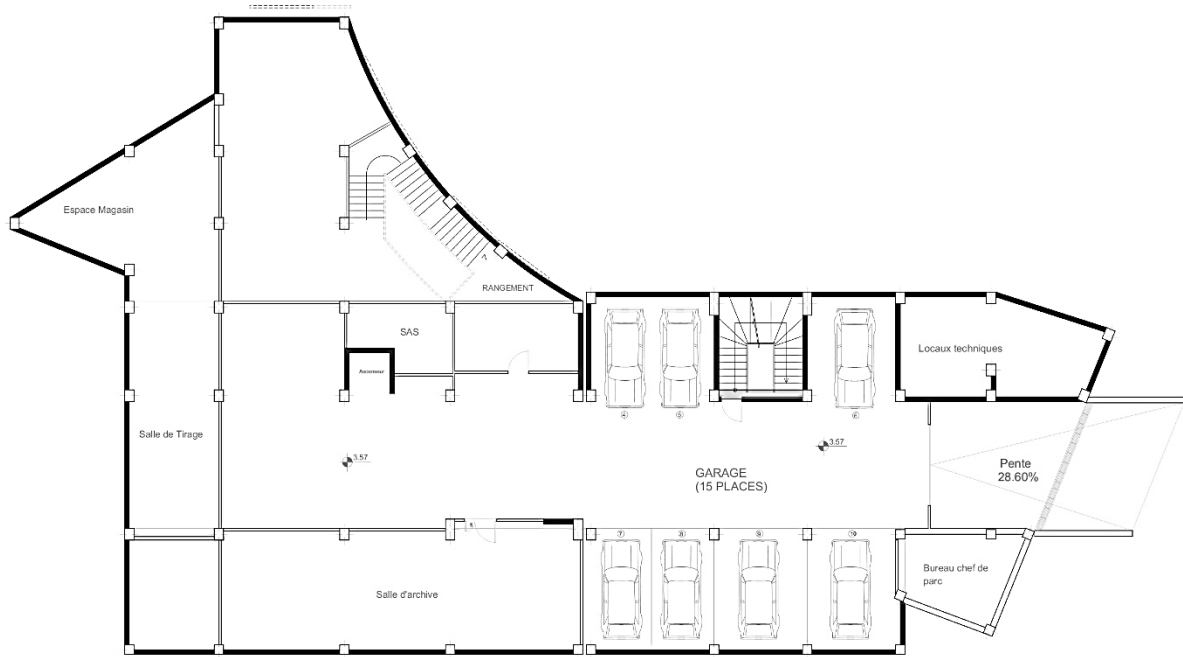
<input type="checkbox"/>	Oui , positivement
<input type="checkbox"/>	Oui, négativement
<input type="checkbox"/>	Non

18. Comment évaluez-vous votre propre vue dans votre bureau. Donnez une note de 0 (très moche vue) et 10 (très belle vue).

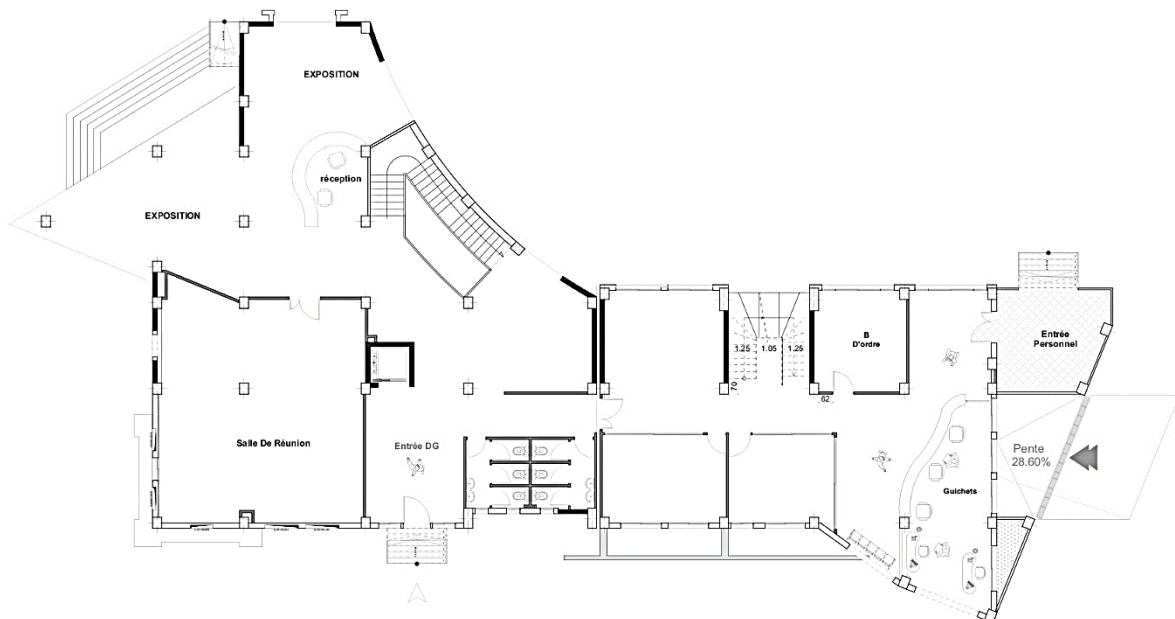
.....

# ANNEXE C

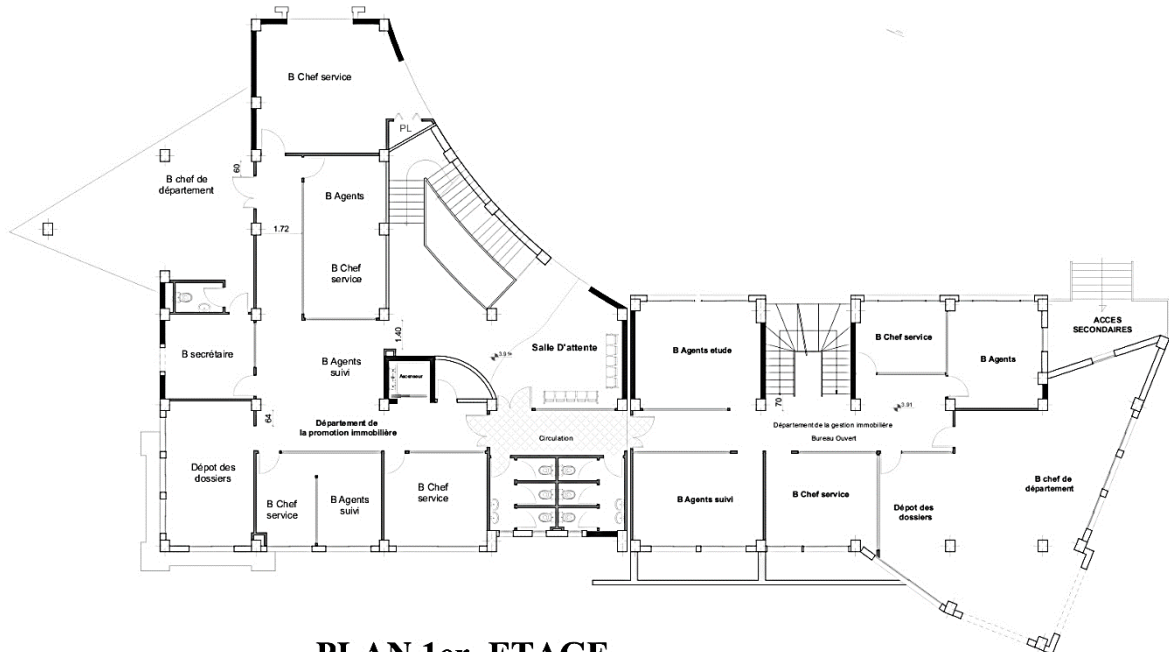
## Documents graphique du bâtiment cas d'étude B1



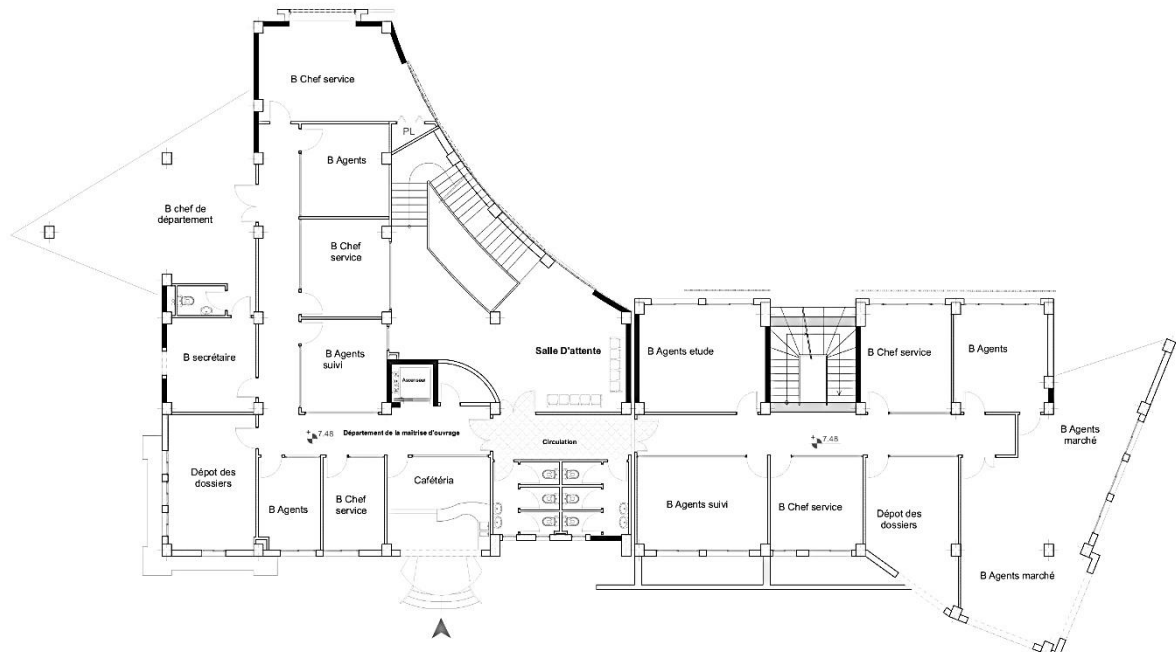
**PLAN DE SOUS-SOL**



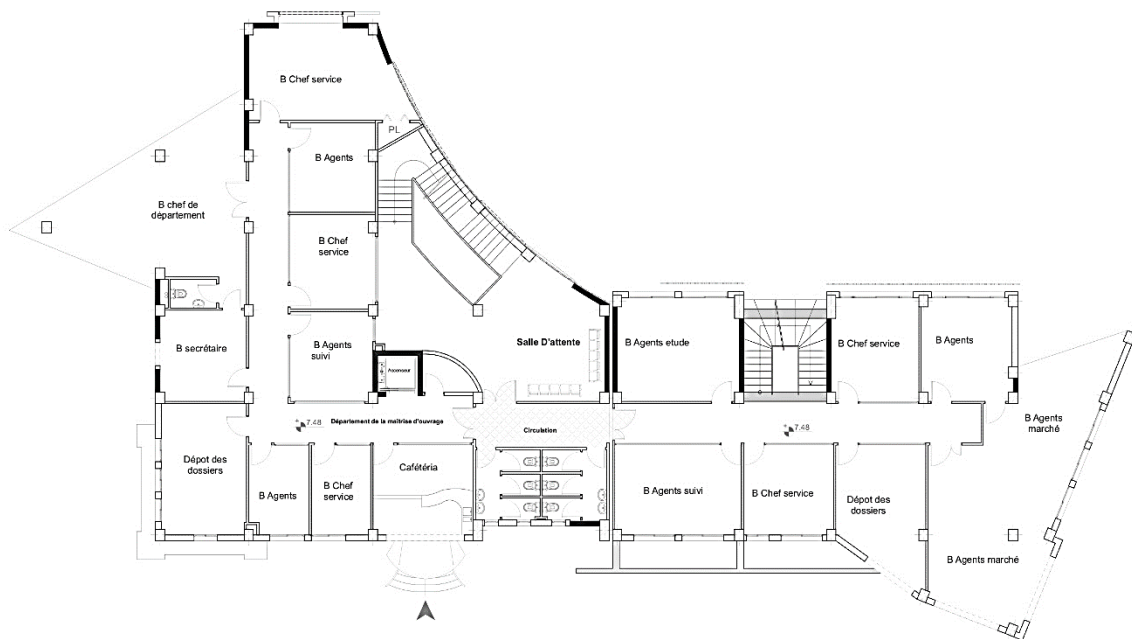
**PLAN RDC**



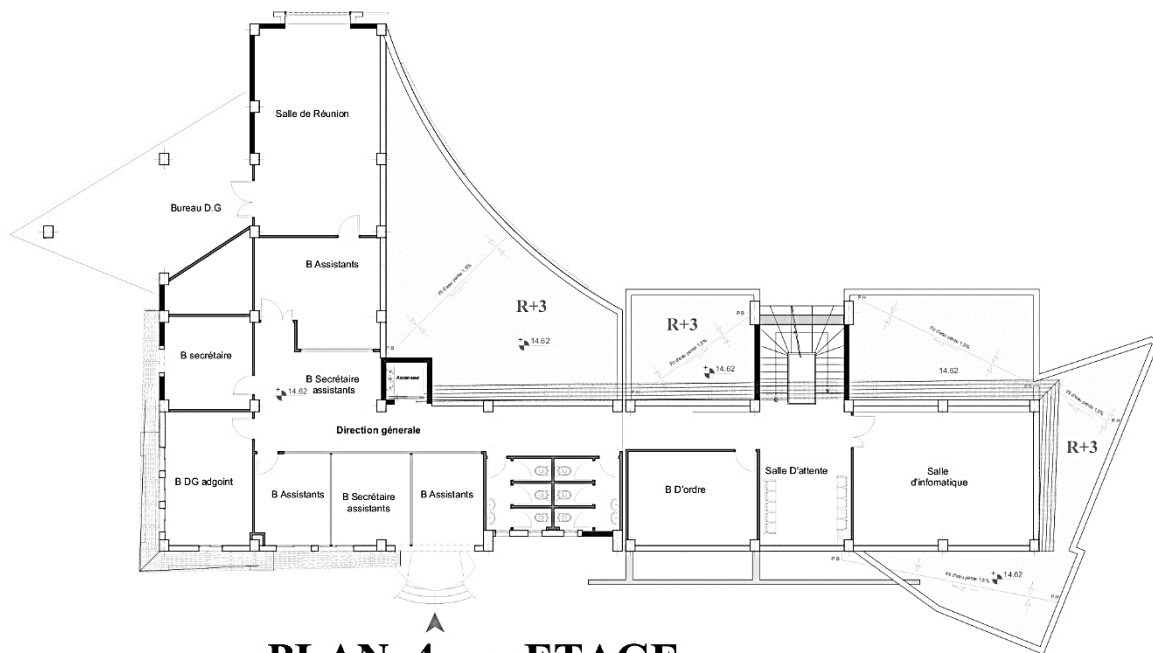
**PLAN 1er ETAGE**



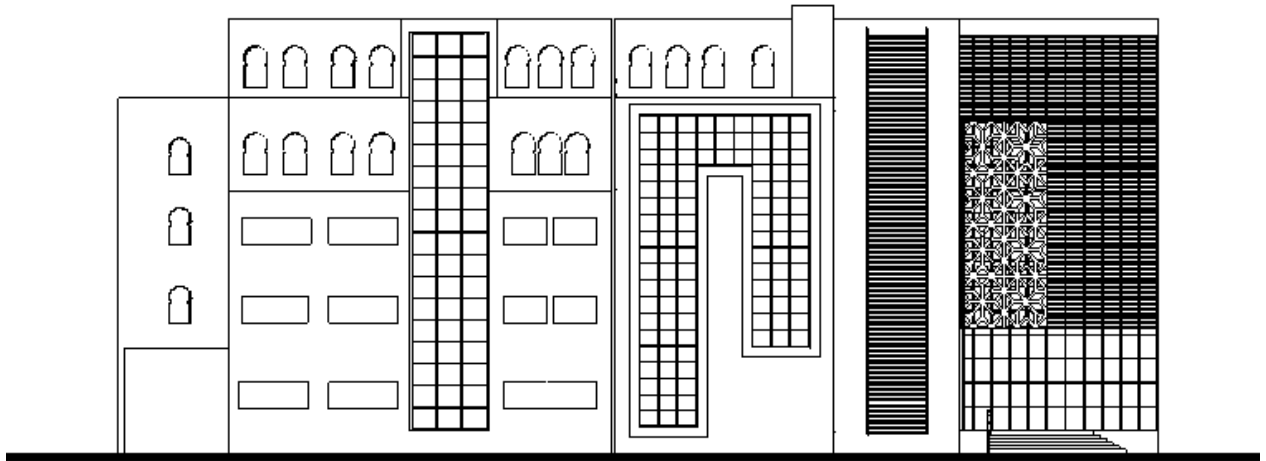
**PLAN 2eme ETAGE**



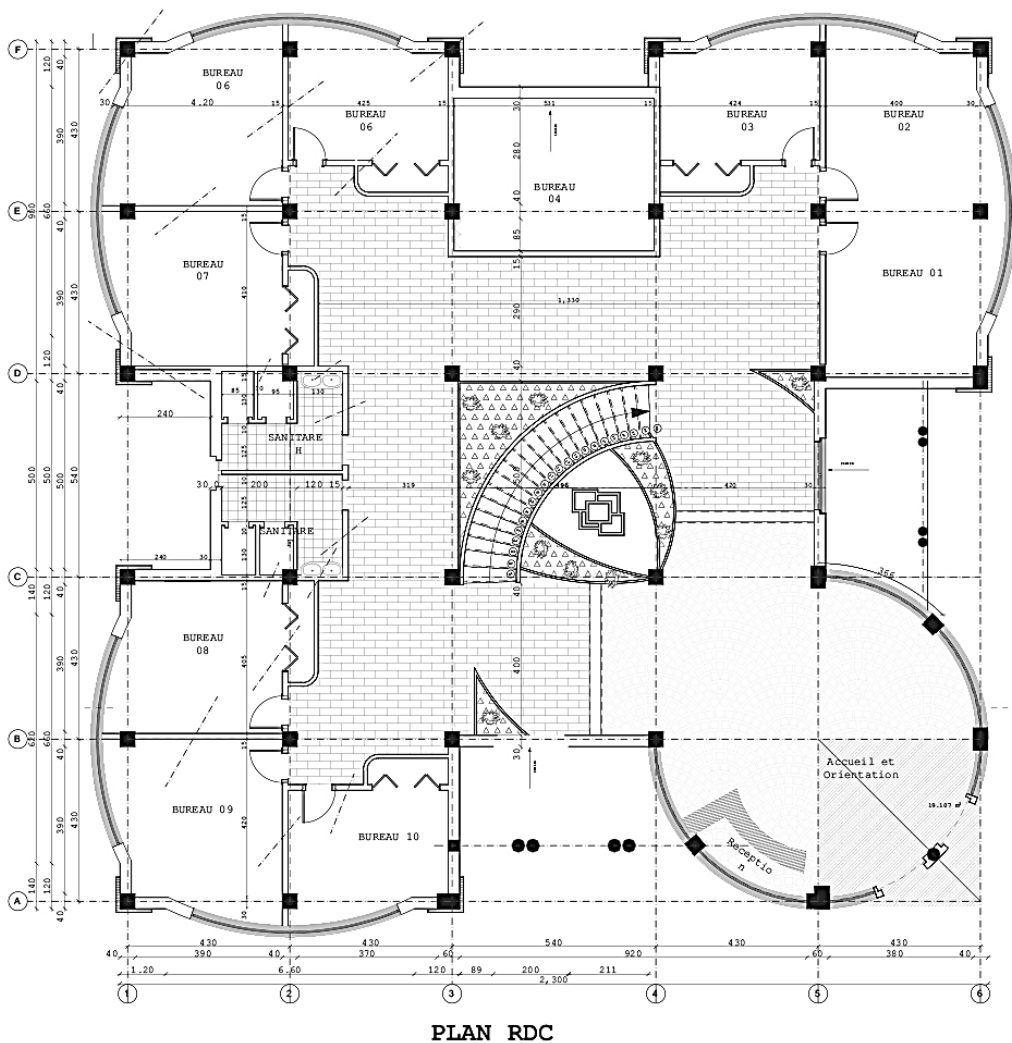
**PLAN 3eme ETAGE**



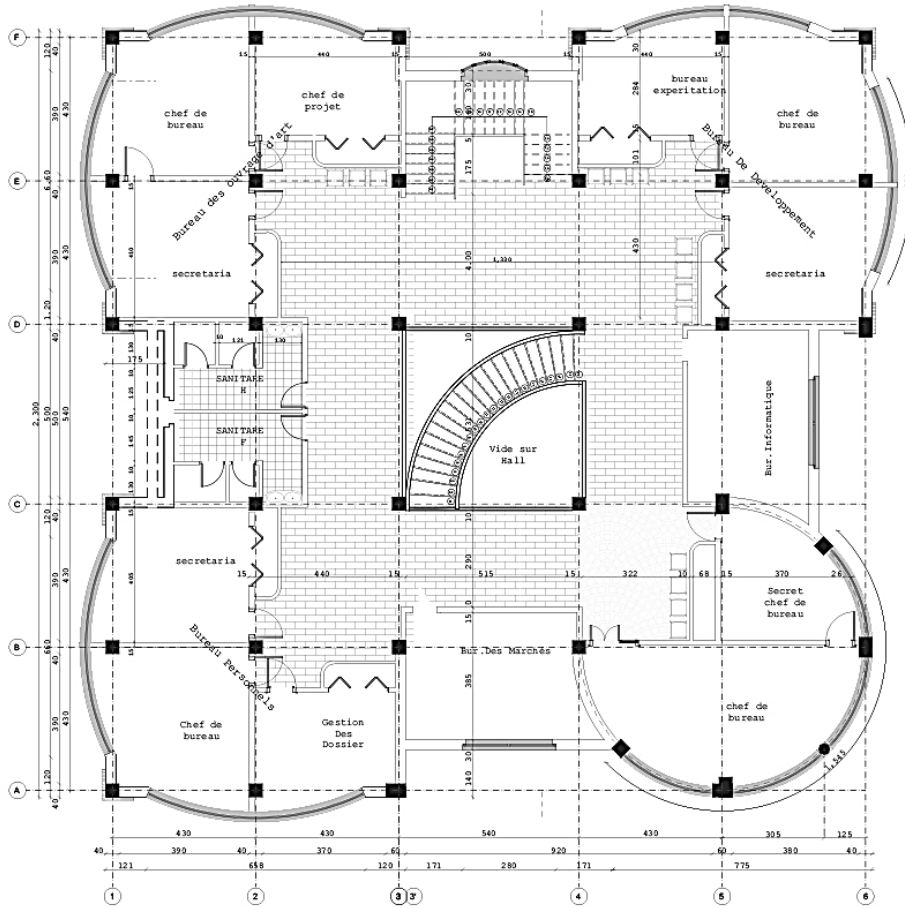
**PLAN 4eme ETAGE**



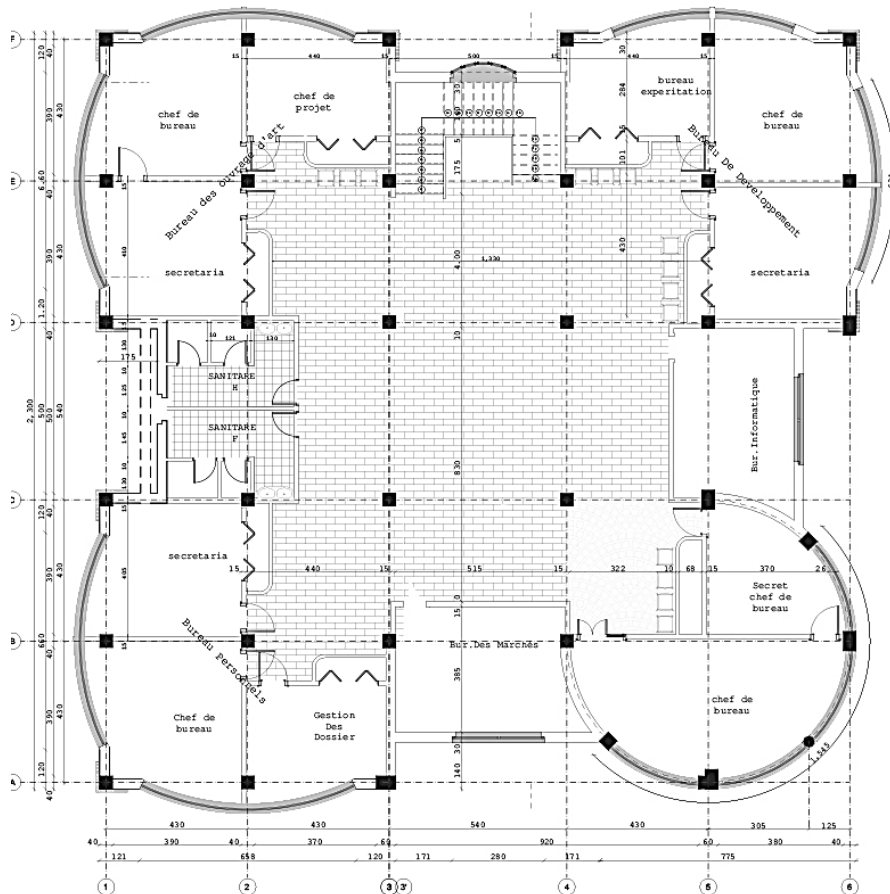
## Documents graphique du bâtiment cas d'étude B2



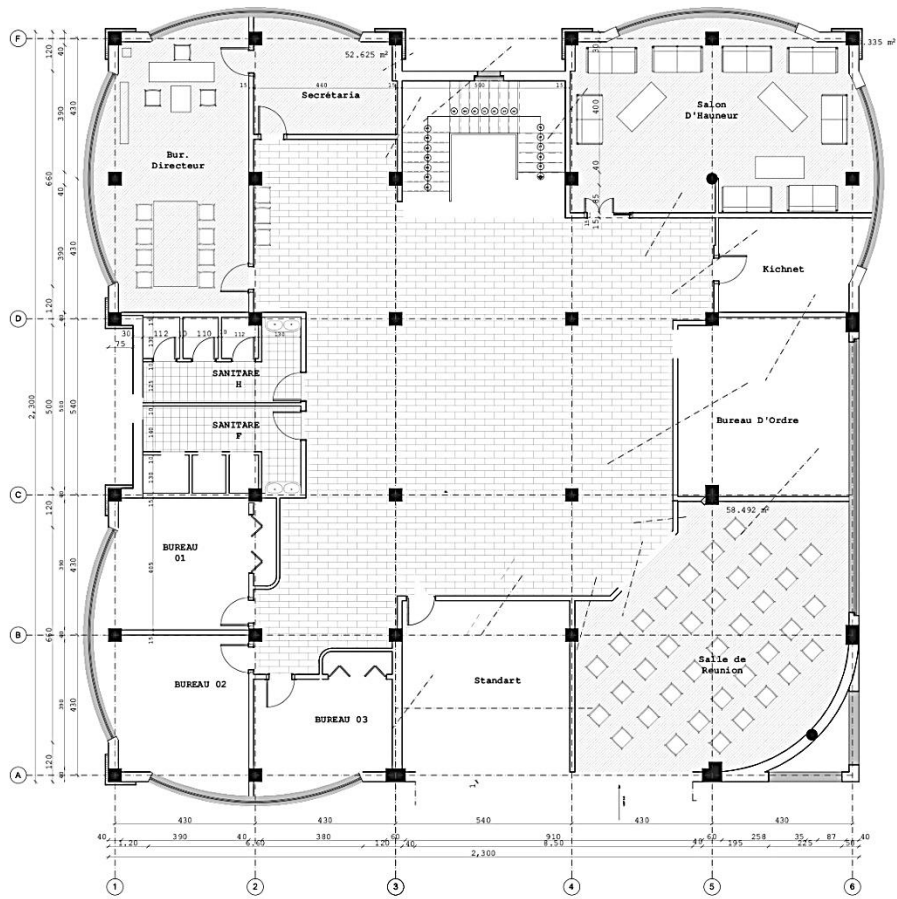




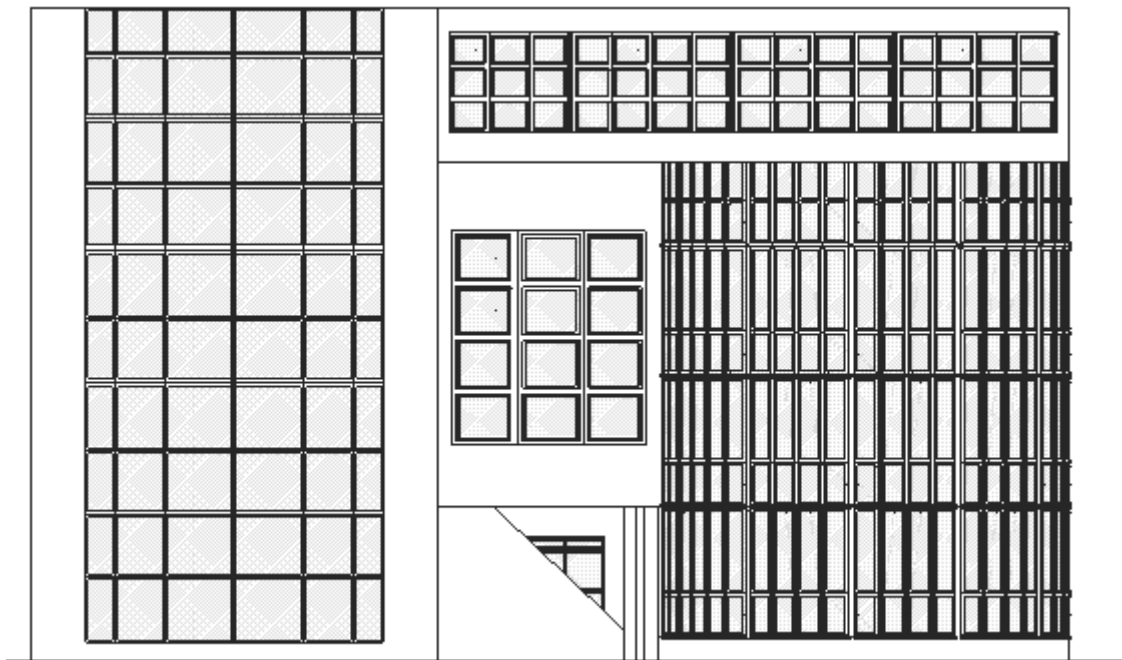
PLAN 1er ETAGE



PLAN 2eme ETAGE




PLAN 3em ETAGE





# ANNEXE D

## 1. L'indice de la qualité de la vue (VQI) pour les vues des bureaux du B1.

Code Bureau	La vue vers l'extérieur	Valeur de VQI	Etiquette
a1		0.125	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
		0.0625	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
a2		0.375	<b>Vue de qualité Bonne</b>
a3		0.255	<b>Vue de qualité Suffisante</b>





b1		0.625	<b>Vue de qualité Bonne</b>
b2		0.125	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
b3		0.111	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
b4		0.875	<b>Vue de qualité Excellente</b>
b5		0.255	<b>Vue de qualité Suffisante</b>

<p>b6</p>		<p>0.5</p>	<p><b>Vue de qualité Bonne</b></p>
<p>c1</p>		<p>0.375</p>	<p><b>Vue de qualité Bonne</b></p>
<p>c2</p>		<p>0.25</p>	<p><b>Vue de qualité Suffisante</b></p>
<p>c3</p>		<p>0.625</p>	<p><b>Vue de qualité Bonne</b></p>
<p>c4</p>		<p>0.125</p>	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>


c5		0	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
c6		0.875	<b>Vue de qualité Excellente</b>
d1		0.5	<b>Vue de qualité Bonne</b>
d2		0.255	<b>Vue de qualité Suffisante</b>
d3		0.375	<b>Vue de qualité Suffisante</b>





d4		0	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
d5		0.125	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
d6		0.225	<b>Vue de qualité Suffisante</b>

**2. L'indice de la qualité de la vue (VQI) pour les vues des bureaux du B2.**

Code Bureau	La vue vers l'extérieur	Valeur de VQI	Etiquette
a1		0.125	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>
a2		0.25	<p><b>Vue de qualité Suffisante</b></p>
a3		0.125	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>
a4		0.125	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>



a5		0	<b>Vue de qualité insuffisante</b>
b1		0.375	<b>Vue de qualité Suffisante</b>
b2		0.255	<b>Vue de qualité Suffisante</b>
b3		0	<b>Vue de qualité insuffisante</b>

b4		0.625	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>
b5		0.5	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>
b6		0.375	<b>Vue de qualité</b> <b>Suffisante</b>
c1		0.5	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>












<p>c2</p>		<p>0</p>	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>
<p>c3</p>		<p>0</p>	<p><b>Vue de qualité insuffisante</b></p>
<p>c4</p>		<p>0.25</p>	<p><b>Vue de qualité Suffisante</b></p>
<p>c5</p>		<p>0.25</p>	<p><b>Vue de qualité Suffisante</b></p>

c6		0.5	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>
d1		0.625	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>
d2		0.625	<b>Vue de qualité</b> <b>Bonne</b>
d3		0.125	<b>Vue de qualité</b> <b>insuffisante</b>
d4		0	<b>Vue de qualité</b> <b>insuffisante</b>

# ANNEXE E

Les scénarios réalisés pour l'expérience de la réalité virtuelle pour chaque variable constituant la vue vers l'extérieur pour le cas du B1 et B2.

Variable 01 : le contenu de la vue			
Un contenu naturel			
Nombre des strates	Cas du bâtiment B1	Cas du bâtiment B2	Distance du contenu
01 strate			Proche
02 strates			

<p><b>03 strates</b></p>	 A small, narrow window with a white frame, showing a view of green trees and foliage.	 A large, multi-paned window with a white frame, showing a view of green trees and foliage.	
<p><b>01 strate</b></p>	 A small, narrow window with a white frame, showing a view of a green grassy field.	 A large, multi-paned window with a white frame, showing a view of a green grassy field.	<p><b>Loin</b></p>
<p><b>02 strates</b></p>	 A small, narrow window with a white frame, showing a view of a blue sky with clouds and a sun.	 A large, multi-paned window with a white frame, showing a view of a blue sky with clouds and a sun.	

**03 strates**








**Un contenu urbain**

**01 strate**











<p><b>02 strates</b></p>			<p><b>Proche</b></p>
<p><b>03 strates</b></p>			
<p><b>01 strate</b></p>			

<p><b>02 strates</b></p>			<p><b>Loin</b></p>
<p><b>03 strates</b></p>			
<p><b>Un contenu mix</b></p>			

<p><b>01 strate</b></p>	 A small, narrow window in a white room looking out onto a courtyard with a path, trees, and a building.	 A large, wide window in a white room looking out onto a courtyard with a path, trees, and a building.	
<p><b>02 strates</b></p>	 A small, narrow window in a white room looking out onto a building with trees in the foreground.	 A large, wide window in a white room looking out onto a building with trees in the foreground.	<p><b>Proche</b></p>
<p><b>03 strates</b></p>	 A small, narrow window in a white room looking out onto a building with trees in the foreground.	 A large, wide window in a white room looking out onto a courtyard with a path, trees, and a building.	



<p><b>01 strate</b></p>	 A small, square window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a city skyline with several tall buildings and some greenery in the foreground.	 A large, multi-paned window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a city skyline with several tall buildings and some greenery in the foreground. The room has a light-colored floor and a ceiling with a grid pattern.	<p><b>Loin</b></p>
<p><b>02 strates</b></p>	 A small, square window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a city skyline with several tall buildings and some greenery in the foreground.	 A large, multi-paned window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a city skyline with several tall buildings and some greenery in the foreground. The room has a light-colored floor and a ceiling with a grid pattern.	
<p><b>03 strates</b></p>	 A small, square window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a large green park with a few people walking and a city skyline in the background.	 A large, multi-paned window with a white frame is centered on a plain, light-colored wall. The window shows a view of a large green park with a few people walking and a city skyline in the background. The room has a light-colored floor and a ceiling with a grid pattern.	

**Variable 02 : l'accessibilité à la vue**

<b>Position du bureau par rapport à la fenêtre</b>	<b>Cas du bâtiment B1</b>	<b>Cas du bâtiment B2</b>	<b>Distance entre le bureau et la fenêtre</b>
<b>Perpendiculaire</b>			<b>Proche</b>
			<b>Loin</b>

**Parallèle**













**Proche**



**Loin**

**Variable 03 : la clarté de la vue**

<b>Fragmentation</b>	<b>Cas du bâtiment B1</b>	<b>Cas du bâtiment B2</b>	<b>Type de vitrage</b>	
<b>Sans cadre</b>			<b>Clair</b>	
<b>Meneaux horizontales</b>				
<b>Meneaux verticales</b>				

<p><b>Sans cadre</b></p>			<p><b>Teinté</b></p>
<p><b>Meneaux horizontales</b></p>			
<p><b>Meneaux verticales</b></p>	