

République algérienne démocratique et populaire
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique
Université Abderrahmane Mira – Bejaia



Faculté de Technologie
Département d'Architecture



Thème :

**Évaluation du confort thermique, visuel et de la qualité architecturale
dans les espaces de travail; Cas d'étude : Bloc des enseignants de
l'université de Bejaia « Compus Targa Ouzemmour ».**

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

Préparé par : **HACHIM Mounia.**

Pr. Flene ben flene	Grade	Département architecture de Bejaia	Président de jury
Dr. ATTAR SARAQUI SELMA.	MDC	Département architecture de Bejaia	Rapporteur
Pr. Flene ben flene		Département architecture de Bejaia	Examineur
Mr. Flene ben flene		..la fonction de l'invité ..	Invité

Année Universitaire 2022 – 2023.

Dédicace :

A mes très chers parents « FATIHA » et « ABD EL GHANI » ; la lumière qui a éclairé mon chemin, la source de mes efforts, je vous dit merci pour votre patience et votre assistance durant tout mon parcours éducatif, que dieu vous me garde ;

Ma très chère unique sœur « RAFIKA », pour ton aide et ton soutien tu m'as supporté et encouragé moralement et physiquement, sans toi je ne pourrai jamais arriver là, je t'aime ma source de bonheur ;

Mes chers frères « TARIK » et « TOUFIK », je vous dis merci pour tous ce que vous avez fait pour m'aider dans ma vie, et merci d'avoir partagé avec moi tous les moments de la réalisation de ce travail que se soient bons ou mauvais, vous étiez toujours à mes coté ;

A mes amies « YASMINE », « NASSIMA » et « HOUA », avec lesquelles J'ai partagé mes années d'étude ; et à qui je souhaite beaucoup de réussite ;

A ma famille, mes proches et toute personne qui m'aime et me donne de la vivacité ;

A tous ceux que j'aime je dédie ce modeste travail.

Mounia.

Remerciements

Avant tout, mes remerciements s'adressent au dieu le plus puissant pour la force, la santé, la volonté et la patience qu'il m'a donnée pour réaliser ce travail et le finir « dieu merci » ;

A toute ma famille, plus particulièrement mes parents, mes frères et ma sœur, qui ont vraiment présenté un grand soutien pour moi durant toute ma vie et qui m'ont encouragé pour faire réussir facilement mes années d'études en architecture ;

Tous mes remerciements à mon encadrante madame « SARAOUI ATTAR SELMA » d'avoir m'encadrer, supporter, conseillé et encouragé durant toute une année pour accomplir ce travail,

Je tiens à remercier le membre du département d'architecture de « Bejaia », et mes enseignants qui m'ont enseigné durant mes cinq années d'étude ;

Sans oublier le personnel de cas d'étude pour leur accueil et leurs participation importante dans ma recherche :

Mes sincères expression pour remercier toute personne contribué de loin ou de proche pour rendre ce travail réalisable.

Merci.

Résumé :

Les immeubles de bureaux en Algérie sont des infrastructures qui regroupent un nombre d'espaces dit « Bureaux », dans lesquels se déroulent différentes tâches faites par des employés de tout secteur, et nous dans notre recherche, nous avons pris un exemple d'une infrastructure universitaire à Bejaia qui s'agit d'un bloc des enseignants, ce choix est fait dans le but d'étudier le confort au sein des espaces de travail de ces enseignants, et de vérifier si la configuration spatiale choisie répond à leurs besoins, et les aide à travailler ou le contraire.

Pour pouvoir réussir notre travail, nous avons fait appel à une méthodologie de recherche basée sur deux approches différentes, la première empirique, fondée sur une prise de mesure in situ, en utilisant la caméra de notre téléphone portable pour prendre des photos des espaces visés pour faire notre évaluation de confort visuel puis les convertir ensuite en format « HDR » afin de les passer par un logiciel « Aftab Alpha » qui nous donne des images représentatives de l'ambiance lumineuse intérieure, et de faire une enquête pour savoir les différents matériaux de construction utilisés dans l'enveloppe extérieure de notre cas ; pour étudier la capacité d'isolation de ce dernier grâce à un site « Ubacus » par la création d'un compte et l'insertion des matériaux avec leurs caractéristiques pour avoir le résultat vis –vis l'isolation thermique. Et pour renforcer cette étude sur terrain, nous avons aussi utilisé une enquête, ou nous avons préparé un questionnaire, et le partagé par la suite avec les enseignants ayant des bureaux dans notre cas.

La deuxième approche dite numérique, par moyen des simulations avec des logiciels « Archiwizard », ou nous avons simulé notre bloc pour évaluer le confort thermique et visuel, « Space Syntax » pour juger la configuration spatiale de l'immeuble.

Les résultats trouvés ont permis de confirmer que dans un espace de travail, le niveau productivité des employés est lié au premier lieu à la qualité thermique et visuelle dans ces espaces qui est influencée par les matériaux de construction et les dispositifs architecturaux à utiliser, même à la qualité architecturale choisie par les concepteurs qui influence directement sur le bien être des usagers.

Mots clés :

Confort thermique, confort visuel, qualité architecturale, matériaux de construction, dispositifs architecturaux, espace de travail, bien-être.

Abstract:

Office buildings in Algeria are infrastructures that bring together a number of spaces called "Offices", in which various tasks carried out by employers from all sectors take place, and we in our research have taken an example of a university infrastructure in Bejaia. which is a block of teachers, this choice is made for the purpose of studying the comfort within the workspaces of these teachers, and to check whether the chosen spatial configuration meets their needs, and helps them to work or the opposite.

To be able to succeed in our work, we used a research methodology based on two different approaches, the first empirical, based on an institute measurement, using the camera of our mobile phone to take pictures of the spaces targeted to make our visual comfort assessment and then convert them into "HDR" format in order to pass them through "Aftab Alpha" software which gives us images representative of the interior light atmosphere, and to carry out a survey to find out the different construction materials used in the outer casing of our case; to study the insulation capacity of the latter thanks to a "Ubacus" site by creating an account and inserting the materials with their characteristics to have the result vis-vis the thermal insulation. And to reinforce this field study, we also used a survey, or we prepared a questionnaire, and shared it afterwards with the teachers having offices in our case.

The second so-called digital approach, by means of simulations with "Archiwizard" software, where we simulated our block to assess thermal and visual comfort, "Space Syntax" to judge the spatial configuration of the building.

The results found made it possible to confirm that in a work space, the productivity level of the employees is linked in the first place to the thermal and visual quality in these spaces which is influenced by the construction materials and the architectural devices to be used, even at the architectural quality chosen by the designers which directly influences the well-being of users.

Key words:

Thermal comfort, visual comfort, architectural quality, construction materials, workspace, well-being.

Table des matières :

RESUME :	I
ABSTRACT:	II
TABLE DES MATIERES :	III
LISTE DES FIGURES :	IV
LISTE DES TABLEAUX :	VII
NOMENCLATURE :	XIV

CHAPITRE INTRODUCTIF :

1. INTRODUCTION GENERALE :	01
2. PROBLEMATIQUE :	01
3. HYPOTHESES :	02
4. OBJECTIFS DE RECHERCHE :	03
5. DEMARCHE METHODOLOGIQUE :	03
6. STRUCTURE DU MEMOIRE :	04

PARTIE 01 : THEORIQUE :

CHAPITRE I : Notions de base sur le confort thermique et visuel :

Introduction :	6
I. LE CONFORT THERMIQUE ET LE CONFORT VISUEL :	6
I.1 LE CONFORT THERMIQUE :	7
I.1.1 Notion de confort thermique :	8
I.1.2 Les paramètres affectant le confort thermique :	9
I.1.2.1 Les paramètres du confort thermique liés à l'individu :	9
I.1.2.1.1 Le métabolisme :	9
I.1.2.1.2 L'habillement (la v�ture) :	7
I.1.2.2 Paramètres du confort thermique liés à l'environnement :	8
I.1.2.2.1 La température de l'air « Ta » :	8
I.1.2.2.2 La vitesse de l'air « Va » :	9
I.1.2.2.3 La température moyenne radiante des parois « TRM » :	10
I.1.2.2.4 L'humidité relative de l'air :	11
I.1.3 Les approches du confort thermique :	11
I.1.3.1 Approche statique du confort thermique :	11
I.1.3.1.1 Aspect physiologique du confort thermique :	12
I.1.3.1.2 L'aspect physique du confort thermique :	12
I.1.3.1.2.1 Les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement :	12
I.1.3.1.2.2 Les échanges cutanés (QSK) :	13
I.1.3.1.2.3 Les échanges respiratoires (QRes) :	14
I.1.3.1.3 L'aspect psychologique du confort thermique :	14
I.1.3.2 L'approche adaptative du confort thermique :	15
I.1.4 La plage du confort thermique :	16
I.2 LE CONFORT VISUEL :	17

I.2.1	Eléments du confort visuel :	17
I.2.1.1	Niveau d'éclairement lumineux :	18
I.2.1.2	Eclairement uniforme :	19
I.2.1.3	L'éblouissement :	20
I.2.1.3.1	Types d'éblouissement :	20
I.2.1.3.1.1	Eblouissement directe :	20
I.2.1.3.1.2	Eblouissement indirecte :	20
I.2.1.3.2	Sources d'éblouissement :	20
I.2.1.4	Gestion des ambres :	21
I.2.1.5	Rendu de couleur :	21
I.2.1.6	Teinte de la lumière :	21
I.2.2	Les critères qui influencent sur le confort visuel :	21
I.2.3	Les conditions d'obtention du confort visuel :	22
I.2.4	Grandeurs photométriques liés au confort visuel :	22
I.2.4.1	Le flux lumineux :	22
I.2.4.2	L'éclairement :	23
I.2.4.3	L'intensité lumineuse :	23
I.2.4.4	La luminance :	23
I.2.4.5	Le facteur de lumière de jour :	23
I.2.5	L'influence de types d'ouvertures et de leurs orientations sur le confort visuel :	24
I.2.5.1	Types d'ouvertures :	24
I.2.5.2	Orientation des espaces :	24
Conclusion :		25

CHAPIRE II : Les immeubles de bureau entre architecture et confort :

Introduction :	26
II. L'ESPACE ARCHITECTURAL :	27
II.1 LA CONFIGURATION SPATIALE D'UN ESPACE ARCHITECTURAL :	27
II.1.1 Théorie de « la Syntaxe spatiale » :	28
II.1.2 Comment représenter l'espace architectural pour la « Space Syntaxe » :	28
II.1.3 Les différentes mesures de la « Space Syntaxe » :	28
II.1.3.1 La connectivité :	29
II.1.3.2 L'intégration :	29
II.1.3.3 Le choix :	29
II.1.3.4 Le contrôle :	29
II.1.3.5 L'intelligibilité :	29
II.2 LES CARACTERISTIQUES D'UNE ENVELOPPE D'UN ESPACE ARCHITECTURAL :	30
II.2.1 Les matériaux de construction :	30
II.2.1.1 Les propriétés thermiques de certains matériaux de construction :	30
II.2.2 L'isolation thermique :	31
II.2.2.1 Les méthodes d'isolation thermique :	32
II.2.2.1.1 L'isolation externe :	32
II.2.2.1.2 L'isolation par l'intérieur :	32
II.2.2.2 Les isolants thermiques :	32
II.2.2.2.1 Les types de matériaux d'isolation thermique :	32
II.2.2.2.2 Les propriétés thermiques de quelques matériaux isolants :	33
II.2.3 Les dispositifs architecturaux :	34

II.2.3.1	Les façades :	34
II.2.3.1.1	Les principales fonctions de la façade :	34
II.2.3.1.2	Evolution de la fonction de la façade à travers le temps :	34
II.2.3.1.3	Les paramètres qui influencent sur le choix de type de façade :	35
II.2.3.1.4	Les types de façades :	35
II.2.3.1.4.1	Selon la forme :	36
II.2.3.1.4.2	Selon les matériaux utilisés :	36
II.2.3.1.4.3	Selon le principe de fonctionnement :	36
II.2.3.1.4.4	Selon le type de l'enveloppe :	36
II.2.3.2	Les protections solaires :	37
II.2.3.2.1	Les objectifs visés par l'emplacement des protections solaires :	37
II.2.3.2.2	Les types des protections solaires :	37
II.3	LES IMMEUBLES DE BUREAU :	39
II.3.1	Définition :	39
II.3.2	Une approche historique sur l'évaluation des immeubles de bureau :	40
II.3.2.1	Evolution de la conception architecturale des espaces de bureau :	41
II.3.2.2	Les types des bureaux :	43
II.3.2.2.1	Le bureau cloisonné :	43
II.3.2.2.2	Le bureau paysager :	44
II.3.2.2.3	Le bureau collectif :	44
II.3.2.2.4	Le bureau mixte :	45
II.3.2.3	La standardisation de l'espace de travail « du bureau au poste de travail » :	46
II.3.2.4	Les types d'organisation des espaces de travail :	47
II.3.2.4.1	La ruche :	47
II.3.2.4.2	La cellule :	47
II.3.2.4.3	La tanière :	47
II.3.2.4.4	Le club :	48
II.3.2.5	Les modes d'aménagement d'un espace de travail :	49
II.3.2.5.1	Le travail individuel :	49
II.3.2.5.2	Le travail collectif :	49
II.3.2.6	Cloisonnement et transparence :	49
II.3.2.7	La lumière et le confort visuel dans les immeubles de bureaux :	50
II.3.2.8	Proportion de la tâche visuelle :	50
II.3.2.9	Confort thermique première étape clé de bien être :	50
Conclusion :		51

PARTIE 02 : PRATIQUE :

CHAPITRE III : Présentation du cas d'étude et méthodologie générale de la recherche :

Introduction :	52
III.1	PRESENTATION DU CAS D'ETUDE :
III.1.1	Informations générales sur la ville de localisation « Bejaia » :
III.1.1.1	Situation :
III.1.1.2	Climat :
III.1.1.2.1	Ensoleillement :
III.1.1.2.2	Température :

III.1.1.2.3 Précipitations :	55
III.2 PRESENTATION DE CAS D'ETUDE :	56
III.2.1 Fiche technique :	57
III.2.2 Situation et accessibilité :	57
III.2.3 Description du projet :	58
III.2.4 Orientation et façades :	59
III.2.5 Analyse spatiale conceptuelle :	60
III.3 METHODOLOGIE GENERALE DE LA RECHERCHE :	62
III.3.1 Etude empirique :	62
III.3.1.1 Période de prise de mesure :	63
III.3.1.2 Protocole de prise de mesure :	63
III.3.1.2.1 Pour l'éclairage :	63
L'outil de prise de mesure :	64
III.3.1.2.2 Pour le confort thermique :	64
III.3.1.3 Critères de choix des espaces de mesure :	65
III.3.2 L'étude numérique par des simulations :	66
III.3.2.1 Définition :	66
III.3.2.2 La simulation « Space Syntax » :	66
III.3.2.3 La simulation thermique dynamique :	66
III.3.2.4 Choix de logiciel :	66
III.3.2.4.1 Pour la « Space Syntax » :	66
III.3.2.4.2 Logiciel de simulation thermique et d'éclairage « Archiwizard » :	67
III.3.2.4.3 Logiciel de dessin de poly ligne et de modélisation « Archicad » :	67
III.3.2.5 Les étapes de la simulation « Space Syntax » :	68
III.3.2.6 Les étapes de simulation thermique dynamique par « Archiwizard » :	71
➤ La modélisation du model à simuler :	71
➤ Importer le model 3D et faire les modifications nécessaires des différents paramètres :	72
➤ Les simulations :	74
III.3.2.6.1 La simulation d'éclairage :	74
III.3.2.6.2 La simulation thermique :	76
III.3.3 L'étude qualitative « L'enquête » :	77
III.3.3.1 Le questionnaire ; outil de l'étude qualitative :	77
III.3.3.1.1 Présentation du questionnaire :	77
III.3.3.1.2 La population visée :	78
III.3.3.1.3 La méthode suivie :	78
III.3.4 Résultats de l'étude empirique « prise de mesures » et interprétation :	78
III.3.4.1 Pour l'éclairage :	78
III.3.4.1.1 Scénario 01 : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec le même ratio d'ouvertures mais avec une différence d'orientation :	79
III.3.4.1.2 Scénario 02 : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec la même orientation mais le ratio d'ouvertures est différent :	82
III.3.4.1.3 Scénario 03 : deux bureau qui ont la même orientation et le même ratio mais ils se situent dans deux niveaux différents :	85
III.3.4.2 Pour le confort thermique :	89
III.3.4.2.1 La température de la rosée ou de saturation :	89
III.3.4.2.2 Limites de saturation et zones de condensations :	89
III.3.4.2.3 Temps de déphasage :	90
III.3.4.2.4 La température de la paroi :	91
Conclusion :	92

CHAPITRE IV : Présentation des résultats et interprétations :

Introduction :	93
IV. RESULTATS ET INTERPRETATIONS :	94
IV.1 RESULTATS DE LA SIMULATION « SPACE SYNTAX » :	94
IV.1.1 La connectivité :	94
IV.1.2 L'intégration visuelle :	94
IV.1.3 L'intelligibilité :	95
IV.2 RESULTATS DE LA SIMULATION D'ECLAIRAGE :	96
IV.2.1 - 1 ^{er} cas : Bureau « B1 » orienté Sud-Ouest avec un ratio d'ouverture de 30% :	96
IV.2.2 - 2eme Cas : Bureau « B2 » orienté Sud-Est et situé dans le 3eme étage avec deux simples fenêtres :	97
IV.2.3 - 3eme Cas : Bureau « B4 » orienté Sud-Est et situé dans le RDC avec deux fenêtres simples :	98
IV.3 RESULTATS DE LA SIMULATION THERMIQUE :	100
IV.3.1 Température intérieur influencé par la composition des parois :	101
IV.3.2 Les températures intérieures selon le taux d'occupation des espaces :	102
IV.3.3 Résultats de la consommation énergétique :	103
IV.4 LES RESULTATS DE NOTRE ENQUETE :	104
Conclusion :	111
Conclusion générale :	112
Recommandations spécifiques :	114
Recommandations générales :	117
Les limites de la recherche :	118
Les perspectives de la recherche :	119
V. ANNEXES :	120
V.1 ANNEXE –A- : LE QUESTIONNAIRE	120
V.2 ANNEXE –B- : LES ETAPES DETAILLEES DE LA SIMULATION THERMIQUE :	127

Liste des figures :

FIGURE I-1 : ZONE DE CONFORT THERMIQUE (COURS M KHEBRAOUI).	8
FIGURE I-2 : LES 6 FACTEURS QUI INFLUENCENT LE CONFORT THERMIQUE (KHEBRAOUI, 2019).	9
FIGURE I-3: LA TEMPERATURE DE CONFORT EN FONCTION DU METABOLISME ET DES DIFFERENTES ACTIVITES (SOURCE : LIEBARD ET DE HERDE, 2005).	7
FIGURE I-4 : L'ISOLEMENT VESTIMENTAIRE (MAZARI, 2012).	8
FIGURE I-5: TAILLE DE NOYAUX CENTRAL DE TEMPERATURE (SOURCE : BOUTABA 2007).	8
FIGURE I-6 : TEMPERATURE CENTRALE ET CUTANEE EN FONCTION DE LA TEMPERATURE DE L' AIR (SOURCE : M. MILLANVOYE-2002-2003).	8
FIGURE I-7 : LA TEMPERATURE DE CONFORT EN FONCTION DE LA VITESSE DE L' AIR.	10
FIGURE I-8 : LA TEMPERATURE DE CONFORT SOUS L'INFLUENCE DE LA TEMPERATURE DE L' AIR ET DE CELLE DES PAROIS (SOURCE : LIEBARD ET DE HERDE, 2005).	10
FIGURE I-9 : LA PLAGE DE TAUX D' HUMIDITE AMBIANTE (SOURCE : WWW.ENERGIEPLUS-LESITE.BE, 2017).	11
FIGURE I-10: LES DIFFERENTS ECHANGES DE CHALEUR ENTRE LE CORPS ET SON ENVIRONNEMENT (BANZET, 2012)	13
FIGURE I-11: LA RELATION ENTRE LES PARAMETRES DU CONFORT THERMIQUE ET LES MODES DE CHALEUR.	14
FIGURE I-12 : GRAPHIQUE ADAPTATIF DU CONFORT THERMIQUE SELON LA NORME ASHRAE 55-2017	15
FIGURE I-13 : PLAGE DE CONFORT HYGROTHERMIQUE (SOURCE : WWW.HOME-EXPERT.FR, 2018)...	16
FIGURE I-14 : LE CONFORT VISUEL DANS UNE SALLE DE LECTURE DE LA BIBLIOTHEQUE VITRA (SOURCE : HTTP://LINE-OFFICE.CH/FILE/2015/11 :)	17
FIGURE I-15 : LES PARAMETRES DU CONFORT VISUEL (SOURCE : HTTP://WWW.MYSTI2D.NET).	18
FIGURE I-16 : L' ECLAIREMENT UNIFORME (SOURCE : ENERGIE+2004)	19
FIGURE I-17 : SOURCE LUMINEUSE DE HAUTE LUMINANCE (SOURCE : ENVIROBOITE, 2006).	35
FIGURE I-18: LA LUMIERE FROIDE ET LA LUMIERE CHAUDE (SOURCE : 5WWW.1001PILES.COM/AMPOULES/).	37
FIGURE I-19: LE DIAGRAMME DE KHRUITHOF (SOURCE : FAURE. DANIEL. CONFORT VISUEL. EDITION AMO QEB. FRANCE. 2006).	38
FIGURE I-20 : L' ECLAIREMENT D' UNE SURFACE (SOURCE : AGENCE CULTURELLE GRAND EST, 2011).	38
FIGURE I-21 : L' INTENSITE LUMINEUSE D' UNE SOURCE POUR ECLAIRER UNE SURFACE (SOURCE : AST74, 2012).	38
FIGURE I- 22: LA LUMINANCE D' UNE SOURCE POUR ECLAIRER UNE SURFACE (SOURCE : AGENCE CULTURELLE GRAND EST, 2011).	38
FIGURE I- 23: CALCULE DE FACTEUR DE LUMIERE DE JOUR (SITE ARCHITECTURE ET CLIMAT).	40
FIGURE I-24: TYPE D' OUVERTURE ET LE CONFORT VISUEL (SOURCE : HTTP://WWW.HQE.GUIDENR.FR)	40
FIGURE I- 25: TYPE D' OUVERTURE ET LE CONFORT VISUEL (SOURCE HTTPS://MONPROJETMESCHOIX.COM).	41
FIGURE II-1 : LES COMPOSANTES IMPORTANTE D' UN ESPACE ARCHITECTURAL (SOURCE : MOKRANI. Y, 2008).	27
FIGURE II-2: REPRESENTATION DE L' ESPACE ARCHITECTURAL EN « SPACE SYNTAXE » (SOURCE : HTTP://OTP.SPACESYNTAX.NET (2015)).	28
FIGURE II-3 : LES MESURES DE LA « SPACE SYNTAXE » (SOURCE : MAZOUZ, 2008).	29

FIGURE II-4 : ISOLATION PAR L'EXTERIEURE (SOURCE : WWW.ISOLATION-THERMIQUE.ORG).	32
FIGURE II-5: ISOLATION PAR L'INTERIEURE (SOURCE : WWW.ISOLATION-THERMIQUE.ORG).	32
FIGURE II-6: DEUX FAÇADES : CONTEMPORAINE ET ANCIENNE (SOURCE : GOOGLE IMAGE).	34
FIGURE II-7 : LES CRITERES DU CHOIX D'UNE FAÇADE (SOURCE : KHEDRAOUI, 2019)	35
FIGURE II-8: EXEMPLES DES TYPES DE FAÇADES SELON LA FORME (SOURCE : GOOGLE IMAGE).	36
FIGURE II-9 : EXEMPLES DES TYPES DE FAÇADES SELON LE TYPE DE L'ENVELOPPE (SOURCE : GOOGLE IMAGE).	37
FIGURE II-10 : TYPES DE PROTECTIONS SOLAIRES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	38
FIGURE II-11: LES CONDITIONS DE BIEN ETRE DANS LES ESPACES DE TRAVAIL DEMANDES PAR LES EMPLOYES EUX-MEMES (SOURCE : RAPPORT HUMAN SPACE, IMPACTE DE DESIGN BIOPHILIQUE DANS LES ESPACES DE TRAVAIL).	39
FIGURE II-12: DETAIL D'UNE COUPE ATTIQUE A FIGURES ROUGE DU PEINTRE DOURIS, GRECE, VERS 480 AV.J.C. (MUSEE DE BERLIN). UN MAITRE D'ECOLE ECRIT AVEC CALAME SUR DES TABLETTES. SON MATERIEL RESSEMBLE A S'Y MEPRENDRE A UN MICROORDINATEUR (SOURCE : ELESABEITH PELEGRIN GENEL, 25 ESPACES DE BUREAUX, P10).	40
FIGURE II-13: BANQUE DE FRANCE EN 1800 (SOURCE : GOOGLE IMAGE 2022).	40
FIGURE II-14: L'IMMEUBLE DE BUREAU « LES HORIZONS » A PARIS (SOURCE : HTTPS://CONSEILS.XPAIR.COM).	41
FIGURE II-15: LA CONCEPTION DES BUREAUX DANS LES ANNEES 1900 (SOURCE : GRATIA, DE HERDE, 2006).	42
FIGURE II-16: L'UTILISATION DES FAÇADES LARGEMENT VITREES EN 1960 (SOURCE : GRATIA, DE HERDE, 2006).	42
FIGURE II-17: LE RECOURS AUX EQUIPEMENTS TECHNIQUES POUR AVOIR PLUS DE CONFORT	43
FIGURE II-18: L'AMELIORATION DES ESPACES DE TRAVAIL PAR LA PRATIQUE DU DEVELOPPEMENT DURABLE	43
FIGURE II-19: BUREAU CLOISONNES OU CELLULE DE BUREAUX (SOURCE : NEUFERT 10EME ED)	44
FIGURE II-20: BUREAU PAYSAGER OU OFFICE LANDS CAPE (SOURCE : NEUFERT 10EME ED).	44
FIGURE II-21: BUREAUX COLLECTIFS (SOURCE : NEUFERT 10EME ED)	45
FIGURE II-22: BUREAUX MIXTES (SOURCE : NEUFERT 10EME ED).	45
FIGURE II-23: LE RATIO DE SURFACE EN M² PAR PERSONNE POUR UN ETAGE TYPE (SOURCE : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 ESPACES DE BUREAU, P.23).	46
FIGURE II-24: LA CELLULE (SOURCE : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 ESPACES DE BUREAU, P.26).	47
FIGURE II-25: LA TANIERE (SOURCE : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 ESPACES DE BUREAU, P.26).	48
FIGURE II-26: LE CLUB (SOURCE : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 ESPACES DE BUREAU, P.27).	48
FIGURE II-27: ESPACE DE TRAVAIL AVEC DES CLOISONS TRANSPARENTE ET MOBILES	49
FIGURE III-1 : SITUATION DE LA VILLE DE BEJAIA (SOURCE : INSTITUT NATIONAL DE LA CARTOGRAPHIE ET DE TELEDETECTION).	53
FIGURE III-2 : CARTE ILLUSTRANT LA LOCALISATION DE LA VILLE DE BEJAIA (SOURCE : GOOGLE EARTH).	53
FIGURE III-3 : DUREE D'ENSOLEILLEMENT (SOURCE : METRONOME, 2022).	54
FIGURE III-4: RAYONNEMENTS MENSUELS (SOURCE : METRONOME, 2022).	54
FIGURE III-5 : VALEURS DES TEMPERATURES MOYENNES MENSUELLES (SOURCE : INFOCLIMAT.FR)	55
FIGURE III-6: GRAPHE DE VALEURS DES PRECIPITATIONS ANNUELLES (SOURCE : METRONOME, SD)	56

FIGURE III-7: PLAN DE SITUATION DU BLOC DES ENSEIGNANTS (SOURCE : GOOGLE EARTH).....	57
FIGURE III-8 : PLAN D'ACCESSIBILITE AU PROJET (200BUREUX) UNIVERSITE BEJAIA (SOURCE : GOOGLE MAPS).....	58
FIGURE III-9: LA VOLUMETRIE DU BLOC DES ENSEIGNANTS (SOURCE : BET SEFACENE).....	58
FIGURE III-10 : LES DEFERENTES FAÇADES DE BLOC DES ENSEIGNANTS DE COMPUS TARGA OUZEMMOUR (SOURCE : AUTEUR, 2023).	59
FIGURE III-11 : LES TYPES D'OUVERTURES DANS L'IMMEUBLE DES ENSEIGNANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	60
FIGURE III-12: PLAN RDC DE L'IMMEUBLE (SOURCE : BET SEFACENE).....	60
FIGURE III-13 : COUPE –AA- ET LES DEUX SALLES DE REUNION PAR ETAGE DE BLOC DES ENSEIGNANTS DE TARGA OUZEMMOUR (SOURCE : BET SEFACENE).	61
FIGURE III-14 : L'ETANCHEITE DE LA TOITURE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	61
FIGURE III-15 : LOGICIEL AFTAB-ALPHA ET LE SITE CONVERTIO (SOURCE : HTTPS://CONVERTIO.CO/FR/) 	63
FIGURE III-16 : L'INSTRUMENT DE PRISE DE MESURE (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	64
FIGURE III-17 : COUPE SCHEMATIQUE DE LA COMPOSITION DES MURS EXTERIEURS DE BLOC DES ENSEIGNANTS 	64
FIGURE III-18 :LOGICIEL EMPLOYE DANS LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE « ARCHIWIZARD » 	67
FIGURE III-19 : PLAN REDESSINER AVEC LES POLY LIGNES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	68
FIGURE III-20 : ENREGISTRER LES POLY LIGNES OBTENU SOUS FORMAT « DXF » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	68
FIGURE III-21 : L'INTERFACE DE NOTRE LOGICIEL DE SIMULATION (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	69
FIGURE III-22 : PLAN A SIMULER IMPORTE A LA SURFACE DE TRAVAIL DE NOTRE LOGICIEL DE SIMULATION (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	69
FIGURE III-23 : LES ESPACES A SIMULER DANS NOTRE CAS D'ETUDE (SOURCE : AUTEUR,2023).	70
FIGURE III-24 : LANCER LES SIMULATIONS DE NOS PARAMETRES (SOURCE : AUTEUR,2023).....	70
FIGURE III-25 : MODIFICATION DES PARAMETRES POUR AVOIR LE RESULTAT DE L'INTEGRATION VISUELLE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	71
FIGURE III-26 : LA 3D DE CAS D'ETUDE MODELE PAR LE LOGICIEL DE MODELISATION « ARCHIWIZARD » (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	72
FIGURE III-27 : IMPORTATION DE NOTRE MODEL 3D A ARCHIWIZARD (SOURCE : AUTEUR, 2023)... 	72
FIGURE III-28 : INSERTION DU FICHIER CLIMATIQUE DE LA VILLE DE BEJAIA (SOURCE : AUTEUR, 2023).	73
FIGURE III-29 : CHOIX DE TYPE DE L'ESPACE SELON LA FONCTION DE NOTRE ESPACE CLE (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	73
FIGURE III-30 : INTERFACE DE NOTRE LOGICIEL DE SIMULATION « ARCHIWIZARD » (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	74
FIGURE III-31 : LES ESPACES CHOISIS POUR LA SIMULATION DANS LE CAS D'ETUDE SIMULE PAR LE LOGICIEL ARCHICAD (SOURCE : AUTEUR, 2023).	75
FIGURE III-32 : CREATION DES CARTES D'ECLAIRAGE AVEC DES HAUTEUR DE 0,8M (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	75
FIGURE III-33 : CREATION DE RAPPORT DES RESULTATS ENREGISTRE SOUS FORMATS PDF (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	76
FIGURE III-34 : COMPOSITION DE NOS PAROIS EXTERNES (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	76
FIGURE III-35: RESULTATS PRISES A 09H (SOURCE, AUTEUR,2023).....	79

FIGURE III-36: RESULTATS DE PRISE DE MESURES A 15H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	80
FIGURE III-37 : RESULTATS DE PRISES DE MESURE A 12H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	80
FIGURE III-38 : RESULTATS PRISES A 09H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	82
FIGURE III-39: RESULTATS PRISES A 12H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	83
FIGURE III-40: RESULTATS PRISES A 15H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	83
FIGURE III-41: RESULTATS DE PRISE DE MESURE A 09H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	85
FIGURE III-42: RESULTATS DE PRISE DE MESURES A 12H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	86
FIGURE III-43: RESULTATS DE PRISE DE MESURE A 15H (SOURCE : AUTEUR, 2023).	86
FIGURE III-44 : : COURSE DE LA TEMPERATURE ET DU POINT DE ROSEE DANS LA COMPOSITION DE LA PAROI.....	89
FIGURE III-45 : L'HUMIDITE RELATIVE DANS LA COMPOSITION (SOURCE : AUTEUR, 2023).	90
FIGURE III-46 : PROFIL DE TEMPERATURE DANS LA COMPOSITION A DIFFERENTS MOMENTS (SOURCE : AUTEUR,2023).	90
FIGURE III-47 : PROFIL DE TEMPERATURE DANS LA COMPOSITION A DIFFERENTS MOMENTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	91
FIGURE IV-1 : RESULTAT DE DEGRE DE CONNECTIVITE DES ESPACES QUI CONSTITUENT NOTRE PLAN (SOURCE : AUTEUR, 2023).	94
FIGURE IV-2 : L'INTEGRATION VISUELLE DANS LES DIFFERENTS ESPACES QUI COMPOSENT NOTRE PLAN (SOURCE : AUTEUR, 2023).	95
FIGURE IV-3 : GRAPH REPRESENTATIF DES RESULTATS D'INTELLIGIBILITE DE NOS ESPACES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	95
FIGURE IV-4 : FORME DE BUREAU « B1 » MODELE PAR LE LOGICIEL « ARCHICAD » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	96
FIGURE IV-5 : LES RESULTATS DE LA SIMULATION D'ECLAIRAGE FAITE POUR L'ESPACE « B1 » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	96
FIGURE IV-6 : L'ESPACE « B2 » MODELE PAR « ARCHICAD » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	97
FIGURE IV-7 : RESULTATS DE LA SIMULATION D'ECLAIRAGE FAITE POUR L'ESPACE « B2 » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	97
FIGURE IV-8 : LA FORME DE L'ESPACE « B4 » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	98
FIGURE IV-9 : RESULTATS DE LA SIMULATION D'ECLAIRAGE FAITE POUR NOTRE ESPACE « B4 » (SOURCE : AUTEUR, 2023).	98
FIGURE IV-10 : COMPARAISON DES RESULTATS D'ECLAIRAGE ENTRE L'ETUDE EMPIRIQUE ET LA SIMULATION (SOURCE : AUTEUR, 2023).	99
FIGURE IV-11 : DONNEES METEOROLOGIQUES DE TEMPERATURE POUR LA VILLE DE BEJAÏA (SOURCE :AUTEUR, 2023).	100
FIGURE IV-12 : GRAPHES DES TEMPERATURES EXTERIEURES ET AMBIANTES SIMULEES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	101
FIGURE IV-13 : LES TEMPERATURES SIMULEES EN FONCTION DES HEURES D'OCCUPATION DES BUREAUX DE TRAVAIL (SOURCE : AUTEUR, 2023).	102
FIGURE IV-14 : LES BESOINS ENERGETIQUES DANS NOTRE CAS D'ETUDE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	103
FIGURE IV-15 : INFORMATIONS D'ORDRES GENERALE SUR LES ENSEIGNANTS PARTICIPANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	104
FIGURE IV-16 : ORIENTATION ET NIVEAU D'INSTALLATION DES BUREAUX DES PARTICIPANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	104

FIGURE IV-17 : LA SENSATION THERMIQUE DES ENSEIGNANTS DANS LEUR BUREAUX AVEC LES CONDITIONS NATURELLES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	105
FIGURE IV-18 : LA SATISFACTION DES ENSEIGNANTS DANS LES CONDITIONS THERMIQUES NATURELLES (SOURCE ; AUTEUR :2023).	105
FIGURE IV-19 : LE TEMPS ET LA FREQUENCE D'UTILISATION DES EQUIPEMENTS DE CHAUFFAGE ET DE CLIMATISATION (SOURCE : AUTEUR, 2022).	106
FIGURE IV-20 : LES MEILLEURS HEURES DE TRAVAIL PAR RAPPORT AU CONFORT THERMIQUE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	106
FIGURE IV-21 : LA SATISFACTION DES ENSEIGNANTS VIS-A-VIS LES CONDITIONS D'ECLAIRAGE NATUREL (SOURCE : AUTEUR, 2023).	106
FIGURE IV-22 : NIVEAU D'ECLAIREMENT DANS LES BUREAUX DES PARTICIPANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	107
FIGURE IV-23 : LA SATISFACTION DES ENSEIGNANTS VIS-A-VIS LES CONDITIONS D'ECLAIRAGE NATUREL (SOURCE : AUTEUR, 2023).	107
FIGURE IV-24 : L'EBLOUISSEMENT A L'INTERIEUR DES BUREAUX DES ENSEIGNANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	108
FIGURE IV-25 : LES MEILLEURS HEURES ET SAISONS DE TRAVAIL VIS-A-VIS LES CONDITIONS D'ECLAIRAGE NATUREL (SOURCE : AUTEUR, 2023).	108
FIGURE IV-26 : LA SATISFACTION DES ENSEIGNANTS PAR RAPPORT A LA QUALITE ARCHITECTURALE DE LEURS BUREAUX (SOURCE ; AUTEUR, 2023).	108
FIGURE IV-27 : L'INTEGRATION ES ENSEIGNANTS DANS LES QUALITES ARCHITECTURALES DE LEURS BUREAUX (SOURCE : AUTEUR, 2023).	109
FIGURE IV-28 : CAUSES D'INSATISFACTION DES ENSEIGNANTS DANS LEURS QUALITES ARCHITECTURALES INTERIEURES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	109
FIGURE IV-29 : LE DEGRE DE RENTABILITE DE TRAVAIL DANS LES BUREAUX DES ENSEIGNANTS (SOURCE : AUTEUR, 2023).	109
FIGURE V-1 : LA NOUVELLE COMPOSITION DE NOTRE ENVELOPPE EXTERIEUR APRES L'AJOUT D'UN ISOLANT (SOURCE : AUTEUR, 2023).	114
FIGURE V-2 : RESULTATS DE LA SIMULATION THERMIQUE AVEC L'UTILISATION D'UN ISOLANT (SOURCE : AUTEUR, 2023).	115
FIGURE V-3 : EMBLACEMENT DES PROTECTIONS SOLAIRES HORIZONTALES MOBILES AU NIVEAU DE NOTRE ESPACE A SIMULER (SOURCE : AUTEUR, 2023).	116
FIGURE V-4 : RESULTATS DE LA SIMULATION D'ECLAIRAGE DE NOTRE ESPACE LE PLUS DEFAVORABLE APRES CORRECTION (SOURCE : AUTEUR, 2023).	117
FIGURE VI-1 : LE MODELE 3D A SIMULER, ET LA SURFACE DE TRAVAIL DE NOTRE LOGICIEL DE SIMULATION (SOURCE : AUTEUR, 2023).	128
FIGURE VI-2 : LA CONFIGURATION DES PAROIS DE L'ENVELOPPE DE NOTRE CAS D'ETUDE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	128
FIGURE VI-3 : LA FIXATION DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION AVEC LEURS CARACTERISTIQUES (SOURCE : AUTEUR, 2023).	129
FIGURE VI-4 : DETERMINATION DES SEUILS DE TEMPERATURES AINSI A TEMPERATURE DU CONFORT (SOURCE : AUTEUR, 2023).	129
FIGURE VI-5 : LANCER LA SIMULATION THERMIQUE DYNAMIQUE POUR NOTRE MODELE (SOURCE : AUTEUR, 2023).	130

Liste des tableaux :

TABEAU I-1 : VALEURS DU METABOLISME SUIVANT L'ACTIVITE (SOURCE : BOUTABA, 2007).....	7
TABEAU I-2: VALEURS DE REFERENCE DE TEMPERATURE DE L'AIR (RGPT. (LA REGLEMENTATION GENERALE DE LA PROTECTION DU TRAVAIL) CITE IN. BODART M,2002 Op, CITE.P.110).	8
TABEAU I- 0-1 : L'ECLAIREMENT MOYEN REQUIS EN FONCTION DE L'ACTIVITE (SOURCE : DE HERDE, S.D.).....	18
TABEAU I- 0-2: QUELQUE NORME D'ECLAIREMENT DANS CERTAINS ESPACES (SOURCE : CAMPION, 1999-2015).....	18
TABEAU 0-1 : L'ECLAIREMENT RECOMMANDE SELON LA NORME NBN L13-006 (SOURCE : DENEYER, S.D.).....	18
TABEAU I- 0-1: L'EVALUATION DES DEGRES DU FLUX DE LA LUMIERE DU JOUR DANS L'ESPACE INTERIEUR.....	23
TABEAU II-1 : LES PROPRIETES THERMIQUES DE CERTAINS MATERIAUX DE CONSTRUCTION (SOURCE : IZARD ET LELONG, 2006).....	30
TABEAU II-2 : LES CARACTERISTIQUES THERMIQUES DE CERTAINS ISOLANTS THERMIQUES (SOURCE : IZARD ET LELONG, 2006).....	33
TABEAU II-3: LES VALEURS D'ECLAIREMENT MINIMALES DANS QUELQUES ESPACES (SOURCE : FLORU, 2016).....	50
TABEAU II-4: QUELQUES VALEURS D'ECLAIREMENT INTERIEURS RECOMMANDEES (SOURCE : SAADI, 2017).....	50
TABEAU III-1 : HEURS D'ENSOLEILLEMENT PAR MOIS (SOURCE : HTTPS://WWW.CLIMATSETVOYAGES.COM)	55
TABEAU III-2: LES MATERIAUX DE CONSTRUCTION UTILISES DANS L'IMMEUBLE DES ENSEIGNANTS « COMPUS TARGA OUZEMMOUR » (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	65
TABEAU III-3 : LES PROPRIETES THERMIQUES DES MATERIAUX DE CONSTRUCTION (SOURCE : DOCUMENT TECHNIQUE REGLEMENTAIRE- FASCICULE 1, MINISTERE DE L'HABITAT ALGERIE).	65
TABEAU III-4 : LES CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX EMPLOYES (SOURCE : AUTEUR, 2023).....	77
TABEAU III-5 : LES RESULTATS DE PRISE DE MESURE POUR LE 1ER SCENARIO (SOURCE: AUTEUR, 2023).....	79
TABEAU III-6: RESULTATS DE PRISE DE MESURE DE 2EME SCENARIO (SOURCE: AUTEUR, 2023).	82
TABEAU III-7 : RESULTATS DE PRISE DE MESURE DE 3EME SCENARIO (SOURCE : AUTEUR, 2023)... ..	85
TABEAU V-1 : CARACTERISTIQUES DES MATERIAUX EMPLOYES DANS NOTRE COMPOSITION DES PAROIS AVEC L'ISOLANT (SOURCE : AUTEUR, 2023).	115

Nomenclature :

Abréviations et symboles :

- **CIE** : La Commission Internationale de l'Éclairage
- **IRC** : L'indice de rendu de couleurs
- **λ** : Conductivité thermique (W/m.°C).
- **ρ** : Chaleur spécifique (Wh/kg.°C).
- **ρ_c** : Chaleur volumique (Wh/m³. °C).
- **ϕ** : Quantité de chaleur transférées en J
- **Δt** : Unité de temps en S.
- **Φ** : Flux lumineux
- **I** : Intensité lumineuse
- **Ω** : L'angle solide dans lequel le flux lumineux est émis
- **S** : Surface découpé sur une surface sphérique
- **E** : Éclairement
- **A** : Surface sur laquelle le flux lumineux tombe
- **L** : Luminance
- **FLJ** : Facteur de lumière du jour
- **T_c** : La température de la couleur
- **M** : Le métabolisme (w/m²).
- **R** : La résistance thermique (m². K /w).
- **T_a** : La température ambiante de l'air (°C).
- **T_p** : La température des parois (°C).
- **T_{ext}** : Température extérieure (°C).
- **T_{op}** : Température opérative °C.
- **HR** : L'humidité relative de l'air (%).
- **C** : Chaleur spécifique (Kj/kg. K).

CHAPITRE
INTRODUCTIF

Chapitre introductif :

Introduction générale :

L'architecture est une science qui s'intéresse à l'être humain dans tous les domaines, elle vise à atteindre un état de satisfaction pour les occupants des constructions. Elle est un art qui a été développée à travers le temps et qui avait commencé comme un simple besoin de se loger sans se concentrer sur les autres besoins, mais la naissance de la réflexion autour de la question de l'environnement avait poussé les concepteurs à réfléchir sur des méthodes qui leur permettent d'éviter l'utilisation des énergies fossiles pour rectifier les fautes faites dès la première phase de conception et qui auront après des mauvaises conséquences sur l'environnement et les constructions même les occupants.

L'être humain est considéré comme paramètre important qui nous rapproche de l'espace architectural, grâce à ses capacités de s'intégrer dans des différents milieux avec des propriétés déférentes, de ce fait, cet instrument humain conduit au développement architectural, et son contact avec l'environnement influence directement sur son vécu, son bien-être, ses comportements et son confort en générale (*ANTHESE,2009*).

Donc la conception architecturale doit mettre en considération l'homme, car la centralisation de ce dernier lors des conceptions aide à trouver des solutions pour les problèmes posés par l'inconfort, les conditions environnementales climatiques et les émotions des occupants. Cette architecture vise à atteindre un état de satisfaction en matière de confort (*Damas,2020*).

La définition du confort au sein d'un espace est complexe, car elle dépend de plusieurs circonstances et des différents seuils de tolérance à l'inconfort. De plus, le confort englobe une pluralité de paramètres, qu'ils soient physiques, physiologiques ou même psychologiques. Il est important de noter que la perception du confort varie également d'un individu à l'autre, en fonction de sa sensibilité sensorielle. Ainsi, un environnement peut être considéré comme confortable s'il parvient à fournir des conditions appropriées en termes de confort thermique, de confort visuel et de qualité de l'air.

Les normes actuelles du travail de bureau imposent des restrictions quant à la conception des immeubles de bureaux, même si ces espaces peuvent être aménagés dans divers types de bâtiments. Parmi les contraintes de conception de ce type de bâtiment figure l'éclairage, qui doit être adéquat et soigneusement planifié afin de garantir le confort physique et psychologique des utilisateurs de cet espace (*Berson, 2002*).

Les bureaux peuvent être de nature individuelle, cependant, la tendance actuelle est d'adopter des espaces de travail flexibles et fluides qui s'adaptent à diverses configurations, tels que les open space. Chacune de ces organisations présente des avantages et des inconvénients (*Chesneau, 2018*). Les conditions offertes à l'intérieur de ces derniers et qui englobent à la fois la qualité de la lumière, la température ambiante et aussi la qualité architecturale, ont une influence directe sur la capacité d'apprentissage et l'efficacité du travail des individus en réduisant la fatigue, en les assurant une bonne concentration et en les rendant productifs (*Mahrez, Djoul, 2015*).

En effet, l'un des plus importants espaces « les espaces de travail » devait être visée par les concepteurs qui doivent penser avant de concevoir aux besoins de l'utilisateur de cet espace et quelle est l'organisation spatiale recherchée, comme ils doivent aussi respecter les normes et les réglementations concernant la lumière naturelle et même les degrés de températures qui vont être offerts pour les occupants lors de l'utilisation de leurs espaces.

Problématique :

Le rendement d'un travail dans n'importe quel secteur dépend au premier lieu de la psychologie, la mentalité même le bien être des travailleurs qui le pratique, car il sera le résultat des conditions dans lesquelles le praticien de ce travail avait vécu durant cette période.

Le secteur d'éducation et d'enseignement supérieur est considéré comme un important secteur qui nécessite un bon rendement, car c'est là où elles seront formées les nouvelles générations qui seront les responsables qui vont s'occuper des autres secteurs dans le future, alors les praticiens de cette attache d'enseignement qui sont les enseignants doivent être concéder comme une catégorie qui nécessite une étude en tant que un sujet de recherche par les concepteurs qui doivent les assurer des infrastructures qui répondent à leurs besoins et qui assurent leurs confort.

Dans les grandes infrastructures d'enseignement supérieures, ils existent plusieurs types d'espaces de travail : des administrations, des départements, des bibliothèques, des rectorats, comme Ya aussi un immeuble totalement réservé aux profs qui est le bloc des enseignants. Ce dernier généralement dans la plupart des universités est constitué d'un ensemble de bureaux et une salle de réunion ; veut dire cet immeuble n'offre que la possibilité de travailler séparément.

Et si on se focalise sur les trois campus de l'Université de Bejaia, nous pouvons remarquer que dans ces trois derniers il existe le même modèle de bloc d'enseignant, un immeuble des fois intégré dans un autre bâtiment (comme le cas de campus Aboudaw, il est intégré dans un centre de santé), des fois il constitue une unité indépendante mais isolée sans espaces qui permet un rencontre ou aussi repos

en dehors des heures de travail(le cas de campus el kseur, un grand bloc avec beaucoup de bureaux et que des bureaux)...

Le confort thermique et visuel sont très importants dans ce type d'équipements, car ces deux paramètres influencent directement sur la psychologie des enseignants d'abord et sur la qualité de travail ensuite, parce que la fonction pratiquée au sein de ces espaces nécessite une bonne évaluation de ces deux concepts. Mais non seulement le confort avec ces types cités, nous avons aussi un autre paramètre qui est très lié à la rentabilité des fonctionnaires et la cadence du travail, c'est la **qualité architecturale**, elle est classée au premier lieu en matière d'influence, car elle est l'environnement dans lequel l'occupant passe tout son temps de travail, alors cette dernière nécessite une évaluation réussie afin de détecter la meilleure organisation spatiale au sein de nos espaces clés.

C'est pour cela que nous pouvons faire ressortir notre question de recherche qui est : **comment évaluer et améliorer le confort thermique, visuel et la qualité architecturale au sein des espaces de travail ?**

Hypothèses :

Afin qu'on puisse lancer notre recherche et avancer dans notre méthodologie, nous pouvons proposer cette série composée de deux hypothèses :

- Une bonne orientation de notre bâtiment peut nous assurer une évaluation et optimisation des deux confort au sein des espaces.
- Le bon dimensionnement des ouvertures ainsi leurs emplacement et choix de leurs matériaux de construction peuvent aider à contrôler le confort thermique et visuel.
- Le bon choix des matériaux de notre enveloppe extérieure peut créer un bon environnement thermique intérieur.
- La bonne décision prête avec la présence des occupants d'un espace concernant une organisation spatiale aide à avoir vers la fin une bonne qualité architectural qui s'intègre avec les besoins des occupants.

Objectifs de recherche :

Notre recherche est basée sur le confort thermique et visuel dans les espaces de travail des enseignants dont nous avons étudié le cas de bloc des enseignants de l'université de Bejaia « campus de Targua Ouzemmour », car ce type d'espaces est réservé à la pratique d'une fonction assez

importante qui nécessite une bonne qualité vis-à-vis les deux paramètres cités par avant. Concernant les objectifs visés par notre recherche :

- Optimisation de la lumière dans ce type d'espace.
- Atteindre un état de confort physique et psychologique des enseignants.
- Optimisation de confort visuel et thermique dans ce type de bâtiments.
- Réussir la conception des immeubles de bureaux qui ne doivent pas être énergivores par la minimisation de la consommation énergétique.
- Déterminer le rapport entre ouverture avec ses caractéristiques et le confort thermique et visuel.
- Arriver à trouver le bon de matériaux selon le projet à construire et la ville où il sera localisé.
- Comment isoler l'intérieur d'un immeuble de son extérieur afin de garder son confort.
- Savoir quelle est l'environnement spatial ou un enseignant sera bien intégré et capable de produire.

Démarche méthodologique :

Dans le but de s'adapter à la variété de concept de notre recherche, et afin de répondre à notre problématique, la méthodologie choisie est basée sur deux méthodes, une dite empirique ; y compris l'étude quantitative ou on a pris des mesures in situ à l'aide d'un thermomètre pour le calculer effectuer sur le confort thermique, et d'une application (Lux mètre) pour le visuel, et l'étude qualitative à partir d'un questionnaire exposé à un échantillon d'enseignants afin de comprendre quels sont leurs états de bien être vis-à-vis ces deux concepts.

Et l'autre méthode numérique vient compléter et confirmer les mesures de la première étape faite sur terrain ou nous avons raté quelques périodes dans lesquelles nous n'avons pas pu effectuer des mesures, donc pour les ajouter nous avons effectué une simulation thermique dynamique par le moyen d'un logiciel qui s'appelle « Archiwizard » accompagné par un autre logiciel de modélisation « Archicad ».

Enfin et après avoir récolter toutes les données des deux étapes, nous avons visé une série de recommandations qui seront dégagées à partir de la discussion et l'interprétation des résultats trouvés.

La structure du mémoire :

Dans le but de compléter notre travail et pouvoir réussir notre recherche à travers laquelle nous visons des objectifs à réaliser et des recommandations à faire ressortir, nous avons fait appel à ce travail de mémoire qui est structuré par deux grandes parties (théorique et autre pratique), et devisé en quatre chapitres, dont le travail est introduit par un autre chapitre qui s'appelle le chapitre introductif, dans le quelle nous trouvons une vision initiale sur le travail et les taches demandées à faire, aussi ce chapitre porte notre problématique ainsi les hypothèse de la recherche, et le tout se finira par une conclusion générale.

Partie théorique : Dans cette partie, nous allons essayer de déterminer toute le notions de base lié à cette recherche, et faire classifier les déférents concepts afin de les étudier, ceci est fait en faisant référence aux recherches bibliographiques et documentaires déjà faites en relation avec notre thème.

Chapitre I : Dans un premier chapitre, nous allons défini toute notion ou paramètre lié au confort thermique et visuel dans un espace, comme nous allons déterminer pour chacun ses indicateurs aussi ses symboles qui vont nous servir dans notre étude faite dans les deux derniers chapitres.

Chapitre II : Le deuxième chapitre abordera une recherche sur un type d'espace très important, qui sont les bureaux, ou à vrai dire les espaces de travail, donc nous allons dans ce chapitre définir l'espace en architecture avec sa configuration spatial, pour pouvoir évaluer nos espaces clés après les faires définir et connaitre leurs évolutions en architecture, et connaitre ou se situe le sucré d'une bonne conception de ces espaces qui s'adaptent avec les travailleurs, et qui laissent produire plus.

Partie pratique : Structurée en deux chapitre, dont les deux consistent l'élaboration de nos études que ce soit empirique ou numérique, à partir lesquelles nous allons évaluer nos paramètres influençant sur le confort thermique et visuel, même ceux qui influencent sur la qualité architecturale des espaces de travail à travers des tests numériques ainsi des prises de mesures sur terrain.

Chapitre III : Il porte sur une étude empirique faite sur un cas réel « Bloc des enseignants de l'université de Bejaia », dont il commencera par une présentation du cas et la méthodologie générale de la recherche puis nous allons citer notre etude empirique qui contient à la fois le protocole de prise de mesure ainsi la méthode, et vers la fin nous allons nos résultats suivis par des interprétations qui nous permettent de faire ressortir des synthèses.

Chapitre IV : Dans ce dernier chapitre, nous allons vérifier les résultats de l'étude empirique, à l'aide des simulations numériques, qui vont permettre de valider ou annuler l'études empirique.

Conclusion générale : A la fin des quatre chapitres, nous allons se retrouver dans une situation où nous sommes capables de faire lister des éléments importants et liés aux paramètres visés et cités dans le chapitre introductif, donc ce chapitre va conclure notre recherche par nos résultats trouvés et par nos recommandations tirées par les différentes études et analyses qui vont nous servir dans notre projet afin de réussir une conception qui réponds aux exigences techniques, architecturales et même les exigences liées au confort thermique et visuel.

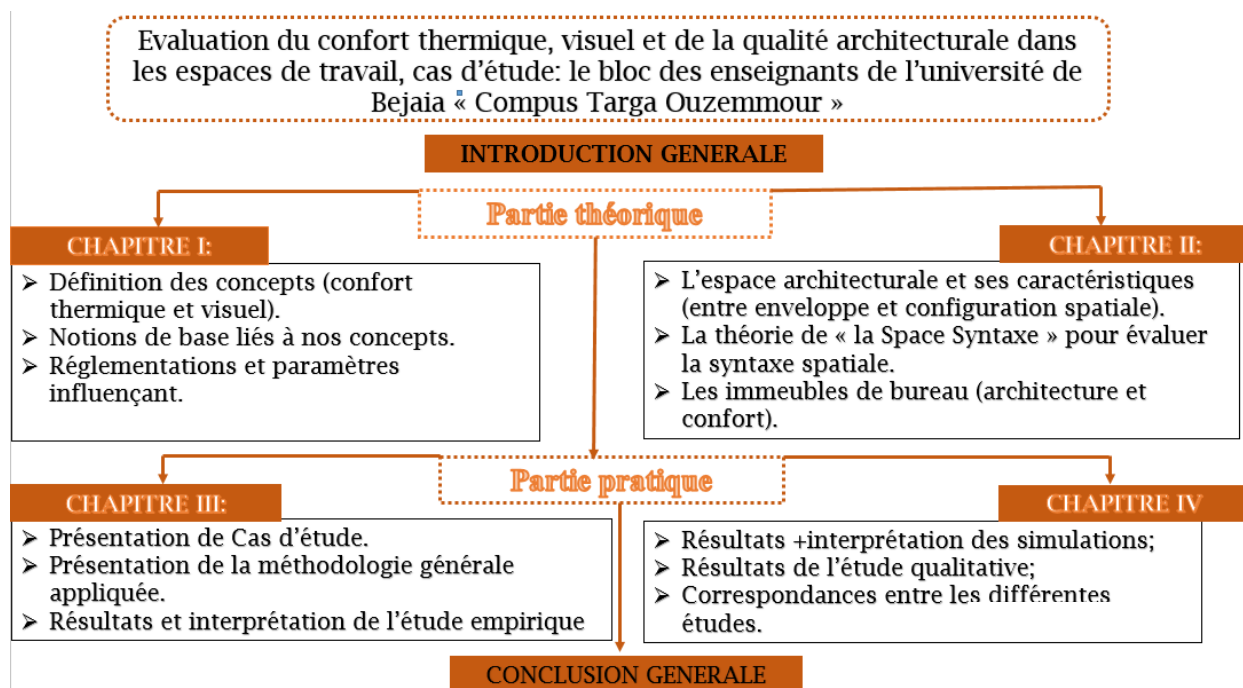


Figure 01 : Structure du mémoire (source : auteur, 2023).

PARTIE THÉORIQUE :

CHAPITRE I :

Le confort thermique et visuel.

I. Le confort thermique et le confort visuel :

Introduction :

Le confort est une notion très complexe à définir, vu qu'elle est subjective et liée à la sensation de l'être humain. Il peut être défini comme le degrés de désagrément ou de bien être produit par les caractéristiques de l'environnement dans lequel se déroule notre vie. Cette notion a été évoluée à travers le temps ; elle avait commencé par un simple besoin cherché par des personnes de l'époque, ils concédèrent le confort comme étant le simple endroit couvert qui les permet juste de loger, mais avec le temps, de nouvelles dimensions ont entré dans le jeu et rendent par la suite cette notion plus vaste, est ne s'arrête pas que dans les conditions physiques qui déterminent un confort olfactif, sonore ou aussi hygrothermique (température et humidité), mais plus loin que ça, la notion de confort continue et atteint ensuite les paramètres hystériques et psychologiques (qualité de lumière, espace vert, sécurité...). Cette évolution a donné naissance à plusieurs types de confort connus dans le domaine de l'architecture, dont nous distinguons deux grandes catégories ; physique et psychologique (**Belakehal, 2012**) :

Le confort physiologique : qui traitent des exigences :

- Thermique : assurer une température ambiante et une ambiance intérieur conviviale.
- De lumière : l'espace doit être doté d'un éclairage optimale et homogène.
- Sonore : viser une absence des nuisances sonores qui influencent sur les usagers d'un espace.
- Olfactives...

Le confort psychologique : lequel lié aux conditions :

- Visuelles : elles concernent la capacité de percevoir l'espace, d'être lié avec l'extérieur...
- Non visuelles : liés au déroulement des activités, à l'intimité...

Et nous dans ce premier chapitre, nous avons choisi deux types de confort (thermique et visuel), lesquels nous allons détailler chacun afin de connaître les paramètres de bases et les éléments influençant sur ses deux aspects, et aussi pour comprendre comment ils peuvent être évaluer et amélioré dans un espace architectural, et savoir dans quelle étape de création de l'espace (conception), nous devons mettre en valeur ces deux confort.

I.1 Le confort thermique :

Le confort thermique est une notion très complexe pour définir, vu qu'il est lié directement à la sensation de l'homme et son état de satisfaction vis-à-vis l'environnement thermique, ce qui le donne



son caractère subjectif. En effet il est déterminé par l'équilibre dynamique établie par échange thermique entre le corps et son environnement. (*Liébard et De Herde, 2005*).

Figure I-1 : zone de confort thermique (cours M Khedraoui).

Le confort thermique est assuré quand la personne sentie qu'elle est dans une zone d'équilibre entre le chaud et le froid, veut dire elle ne doit pas avoir ni trop chaud ni trop froid et ne dispose aucun courant d'air gênant (*Cour 2eme année LMD Université Tlemcen : confort et Habitat –Mme Salmi. S*).

I.1.1 Notion de confort thermique :

La notion du confort thermique désigne le degré de désagrément ou de bien être selon les caractéristiques de l'espace intérieur qui entoure l'être humain, elle signifie un ensemble d'échanges et d'interaction entre l'individu et son environnement ou il est censé être l'élément du confort thermique (*Cantin, R et Al « complexité du confort thermique dans le bâtiment »2005*).

Pour le définir le confort thermique, nous pouvons lui faire associé à plusieurs paramètres (*K. Parson. « Human thermal environnement ». London : 2nd édition 2003*) :

- **Le paramètre physique :** l'homme à partir de ses activités exercées dans un espace intérieur, il fait appel à des interactions avec l'environnement en terme d'échanges de chaleur.
- **Le paramètre psychologique :** il est lié au sentiment de satisfaction d'un individu dans un espace donné vis-à-vis les ambiances internes.

Le confort thermique dans sa globalité doit rassembler tous ces paramètres dans sa définition, mais de nombreuses définitions font apparaitre et ne consiste qu'à l'étude et le mise sous lumière d'un seul de ces paramètres, par exemple :

- **Aspect physiologique** : « les conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont un niveau d'activité minimum ». (Givoni B « L'homme, l'architecture et le climat » Editions du Moniteur, France. 1978.p39).
- **Aspect sensorial** : « Etat d'esprit exprimant la satisfaction de son environnement, l'individu ne peut pas dire s'il veut avoir plus froid ou plus chaud ». (ISO 7730.AFNOR, Paris.1994).
- **Aspect psychologique et sensorial** : « sensation de bien-être physique et mental total ». (L'European Passive Solar Handbook. Cite in).

I.1.2 Les paramètres affectant le confort thermique :

Dans n'importe quel espace, le confort thermique de la personne qui l'occupe est assuré autour de six paramètres, les quels se divisent en deux catégories : ceux liés à l'individu lui-même et autres à l'environnement (Azizpour et al.2013).

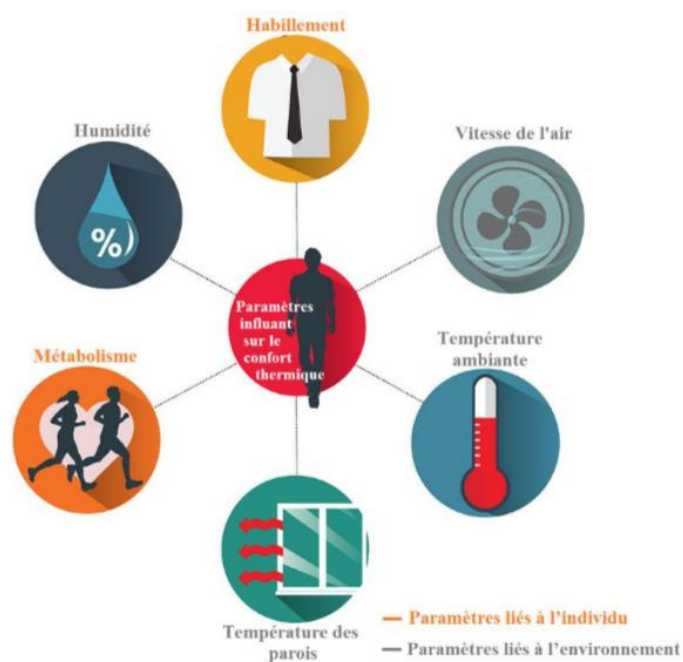


Figure I-2 : Les 6 facteurs qui influencent le confort thermique (Khedraoui, 2019).

I.1.2.1 Les paramètres du confort thermique liés à l'individu :

I.1.2.1.1 Le métabolisme :

Le métabolisme représente la réaction du corps humain vis-à-vis la température ambiante qui lui permet de maintenir une température autour de $36,7^{\circ}\text{C}$ à travers un ensemble d'activités de natures chimiques qui varient avec l'âge, la taille et l'activité entreprise par l'individu (Boutaba, 2007).



Figure I-3: La température de confort en fonction du métabolisme et des différentes activités
(Source : Liébard et De Herde, 2005)

Le métabolisme est exprimé en unité « met », sachant que $1\text{met} = 58,15 \text{ W/m}^2$ (la quantité de chaleur rapportée à l'unité de la surface de la peau). Quelques valeurs du métabolisme en fonction de l'activité exercée sont représentées dans le tableau ci-dessous :

Tableau I-1 : Valeurs du métabolisme suivant l'activité (Source : Boutaba, 2007).

Activité	Taux métabolique [M]	
S'asseoir se détendre	58 W/m ²	1.0 Met
être debout décontracté	70 W/m ²	1.2 Met
Conduite de voiture	80 W/m ²	1.4 Met
Marche plane, 2 km/h	110 W/m ²	1.9 Met
Marche plane, 5 km/h	200 W/m ²	3.4 Met
Sports : courir , 15 km/h	550 W/m ²	9.5 Met

I.1.2.1.2 L'habillement (la v ture) :

Signifie le comportement vestimentaire d'une personne à travers lequel la surface de la peau sera protégée du milieu extérieur, elle sert comme un obstacle contre les échanges de chaleurs convectives et radiatives entre le corps humain et l'environnement. Comme elle aide le corps à ne pas sentir les variations de température et même la vitesse de l'air (Givoni, 1978).

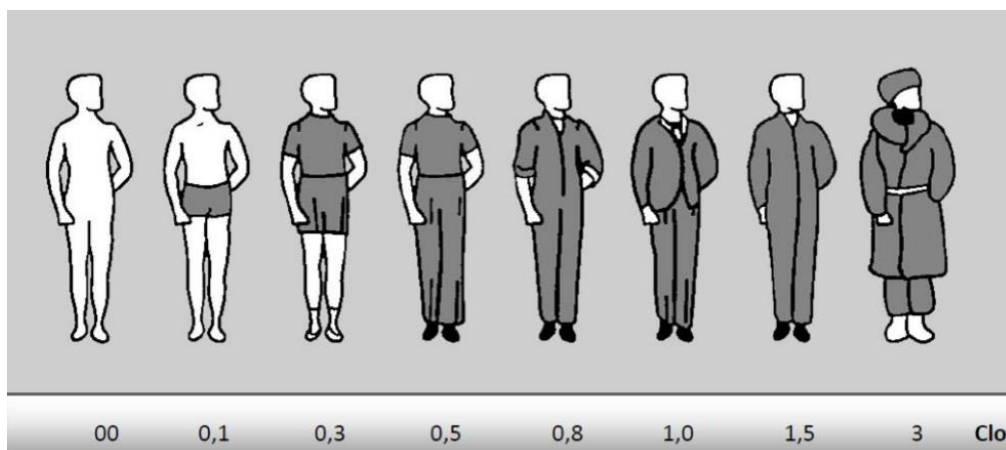


Figure I-4 : L'isolement vestimentaire (Mazari, 2012).

Cet isolement est exprimé en clo, sachant que $1\text{clo} = 0,155\text{m}^2 \cdot \text{K/W}$, et ses valeurs varient entre 0 (Personne nue), et 3 et des fois 4 quand la personne est lourdement habillée (Taleghani et al., 2013).

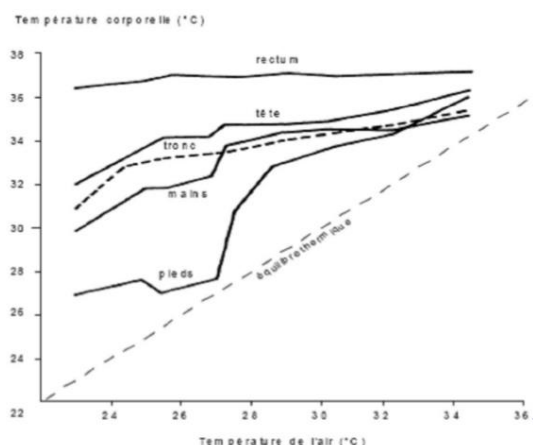


Figure I-6 : Température centrale et cutanée en fonction de la température de l'air (Source : M. Millanvoye-2002-2003).

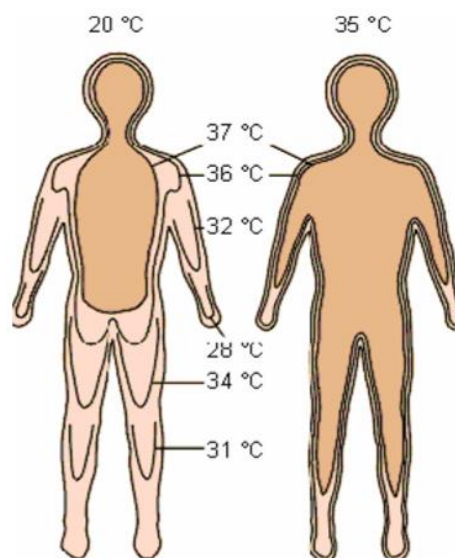


Figure I-5: Taille de noyaux central de température (Source : Boutaba 2007).

I.1.2.2 Paramètres du confort thermique liés à l'environnement :

I.1.2.2.1 La température de l'air « Ta » :

La température de l'air ambiant est appelée aussi la température ambiante « Ta » ou opérative ou encore température sèche résultante. Elle est considérée comme l'un des plus importants paramètres du confort thermique, car elle présente l'un des éléments qui interviennent dans l'évaluation du bilan thermique de l'individu par rapport à ses échanges convectifs, conductifs et respiratoires. Cette dernière est caractérisée par des valeurs non uniformes dans un même local, sachant que des différences de température se présentent en plan près des surfaces froides et des corps de chauffe (NEUF : « Climat intérieur/ confort, santé, confort visuel » *Revue européenne d'architecture* N°17, Novembre-Décembre 1978.p 12).

Cette température est résultante de la moyenne de la température ambiante(T_a) et la température des parois(T_p), la réglementation générale de la protection du travail a imposé quelques valeurs de références pour ces températures, données par le tableau ci-dessous :

Tableau I-2: Valeurs de référence de température de l'air (RGPT. (La Réglementation Générale de la Protection du Travail) cite in. Bodart M,2002 Op, cite.p.110).

Type de local	Température de l'air
Locaux ou des gens habillés normalement sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple : bureaux, salles de cours, salles d'attente, salles de réunion ou de conférence.	21°C
Locaux ou des gens peu ou pas habillés sont au repos ou exercent une activité physique très légère. Par exemple salles d'examens ou soins médicaux, vestiaires.	23 à 25°C
Locaux ou des gens habillés normalement exercent une activité physique très légère. Par exemple ateliers, laboratoires, cuisines.	17°C
Locaux ou des gens peu habillés exercent une grande activité physique Par exemple salles de gymnastique, salle de sport.	17°C
Locaux qui ne servent que de passage pour les gens habillés normalement. Par exemple corridors, cages d'escalier, vestiaires, sanitaire.	17°C
Locaux uniquement gardés à l'abri du gel. Par exemple garages, archives.	5°C

I.1.2.2.2 La vitesse de l'air « V_a » :

Pour avoir des échanges thermiques (convectifs et évaporatoires) entre le corps humain et son environnement, la vitesse de l'air (V_a) est un élément indispensable, car elle présente un indice important qui intervient par sa valeur supérieure à 0,2m/s à la sensation de confort thermique par l'occupant (Liébard, A.et De Herde, A. « *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique* ». Ed. Le Moniteur. Paris 2005p. 30a).

La vitesse de l'air aide le corps humain à atteindre sa température du confort en été (participe à la diminution de cette dernière), mais également sa valeur ne doit pas dépasser 0,2 m/s pour ne pas devenir une source de gêne en hiver.

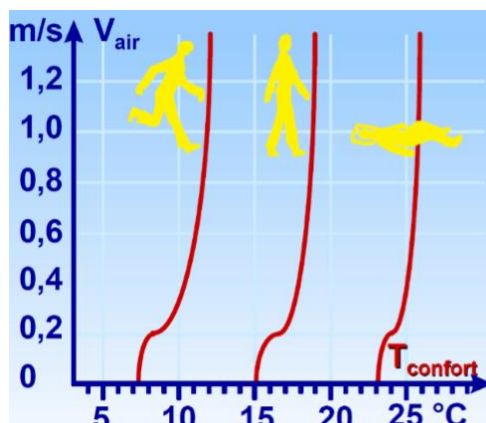


Figure I-7 : la température de confort en fonction de la vitesse de l'air

(Source : Liébard et De Herde, 2005)

I.1.2.2.3 La température moyenne radiante des parois « TRM » :

Chaque espace architectural est délimité par six parois, et chacune de ces derniers à sa propre température, la moyenne de ces températures nous donne la valeur de la température radiante des parois (T_p) (Beckey, 1992). Comme elle peut être définie comme étant : « la température uniforme d'une boîte noire imaginaire dans laquelle un occupant échangerait la même quantité de chaleur radiante que dans un espace réel non uniforme » (ASHRAE, 2010).

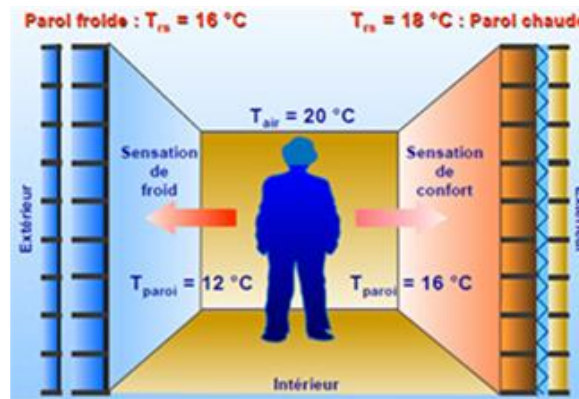


Figure I-8 : la température de confort sous l'influence de la température de l'air et de celle des parois (Source : Liébard et De Herde, 2005).

Pour calculer les valeurs de « TMR », nous faisons appel à deux équations :

$$TRM = \frac{\sum_j S_j T_{sj}}{\sum_j S_j}$$

- **TMR** : Température moyenne radiante en °C.
- **Sj** : La surface de chaque paroi en m².
- **Tsj** : Température de chaque paroi en °C.

$$Top = \alpha Ta + (1 - \alpha) TMR$$

- **Top** : Température opérative en °C.
- **Ta** : Température ambiante de l'air en °C.
- **TMR** : Température moyenne radiante en °C.
- **α** : Coefficient dépendant de la vitesse de l'air ($\alpha = 0.5 + 0.25 \cdot Va$)

I.1.2.2.4 L'humidité relative de l'air :

L'humidité relative de l'air « RH » est une valeur résultante d'un rapport entre deux pressions dans une même température de l'air : la quantité d'eau contenue dans l'air et la quantité maximale d'eau contenue (McIntyre 1973).

Selon Liébard A., la sensation du confort thermique dans un espace donné est influencée par cette humidité relative quand ses valeurs varient entre 30% et 70% (Liébard A. et De Herde, A. « *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques* ». Ed. Le Moniteur. Paris 2005 p. 30a). Quand cette humidité augmente, l'évaporation à la surface de la peau ne se fait pas, ce qui détruit la thermorégulation de l'organisme et augmente par la suite la transpiration (Salomon, T et Bedel, S., « *la maison des « méga » watts, le guide malin de l'énergie chez soi* ». Ed. Terre vivante. Mens 2004.p 25).

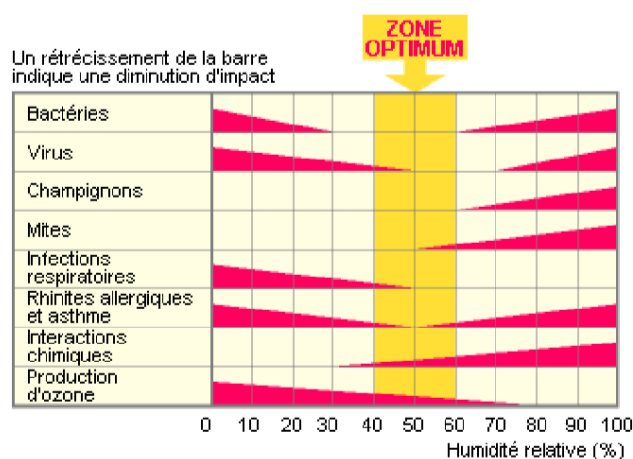


Figure I-9 : la plage de taux d'humidité ambiante (source : www.energieplus-lesite.be, 2017).

I.1.3 Les approches du confort thermique :

I.1.3.1 Approche statique du confort thermique :

Cette approche se repose sur les deux aspects physique et physiologique, elle se focalise autour de calcul de bilan thermique du corps humain aussi des échanges de ce dernier avec l'environnement thermique entourant. Des recherches (à base d'une étude de deux aspects), faites par Fanger sur un nombre de personnes en chambre climatique ont encouragé et renforcé cette démarche qui permet de définir en fonction des facteurs physiques liés aux paramètres du corps humain le confort des personnes (Khedraoui, 2019).

I.1.3.1.1 Aspect physiologique du confort thermique :

L'individu en temps qu'homéotherme, dispose d'un système qui lui permet grâce aux échanges de chaleur internes et externes de son corps de conserver sa température, tout en assurant un équilibre

entre la thermogénèse(processus e production de chaleur) et la thermolyse(processus de perte de chaleur) (*Parson, 2003 ; Berkouk, 2017*).En effet, la température du corps humain doit être comprise entre 36,8°C et 37,5°C quand il s'agit d'un corps en état de repos, et comprise entre 37°C et 37,5°C pour un corps en état d'action (*Galeou M,givel F, Candas V. « le confort thermique : aspects physiologique et psycho-sensoriel », étude bibliographique. Strasbourg : CNRS, 1989. p. 113.*). Si cette température dépasse les 37,5°C ou si elle est au-dessous de 36,5°C, le corps est considéré comme étant dans une situation d'inconfort généralisé (*Galeou M, givel F, Candas V. (1989). Op cit. p. 113*).

Afin de contrôler cette température et la conserver autour les 37°C, l'ensemble des paramètres qui font intervenir peuvent être réunis sous une appellation de la « thermorégulation » (cahiers du CSTB, « Le confort thermique : motivation et comportement des habitants ». Vol 266 cahier n°2054. 1986. P23). Cette dernière se dévise en deux types (*Moudjalled, 2007*) :

- Thermorégulation chimique : par la production interne de la chaleur.
- Thermorégulation physique : par des gestes et des comportements.

I.1.3.1.2 L'aspect physique du confort thermique :

Dans un corps humain, déférents échanges thermique se produisent entre son premier élément récepteur de la chaleur qui est « la peau » et l'environnement, afin de maintenir une température ambiante (si la chaleur produite dans le corps dépasse celle perdue à l'environnement, le corps se réchauffe et dans le cas inverse il se refroidit avec un abaissement de sa température interne) (*Berkouk, 2017*).

I.1.3.1.2.1 Les échanges thermiques entre le corps humain et son environnement :

Les échanges thermiques sont engendrés par l'interaction permanente qui se présente entre le corps humain comme étant un système ouvert et son environnement extérieur, et ce via deux modes d'échange à savoir la peau : des échanges cutanés QSK, et les voies respiratoires QRes, la production de chaleur métabolique produite dans le corps est faite par une élévation de la température interne ou être dissipée à l'extérieur (*Bartiére, 2016*).

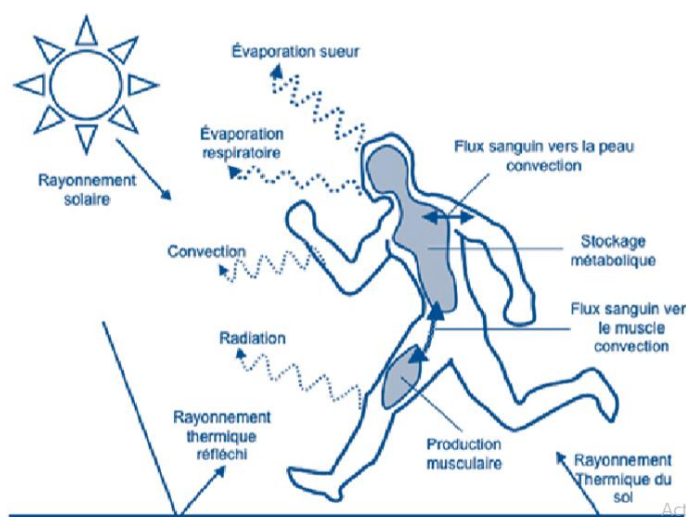


Figure I-10: Les différents échanges de chaleur entre le corps et son environnement (**Banzet, 2012**)

➤ **Les échanges cutanés (QSK) :**

Ce sont les échanges de chaleurs qui se font selon des modes de transfert suivants : conduction, convection, rayonnement et évaporation de la sueur (**Bartiére, 2016**).

Il représente une valeur quantifiable, possible d'être mesurée grâce à la formule :

$$QSK = C + R + K + ESK$$

- QSK : le flux de chaleur échangé à la surface de la peau (W/m²).
- C : L'échangé de chaleur par convection (W/m²).
- R : L'échange de chaleur par rayonnement (W/m²).
- K : L'échangé de chaleur par conduction (W/m²).
- ESK : L'échange de chaleur par évaporation de la sueur (W/m²).

Par convection : Elle se présente lors d'un contact entre la peau avec l'air ambiant ou celui retenu sous-vêtements, elle dépend de la température de l'air et celle de la surface exposée ; peau ou vêtements (**Bartiére, 2016**).

Par rayonnement : mode d'échange de chaleur à distance, il est lié à une différence de température entre un corps humain, la surface d'une pièce et la distance qui les sépare. Comme il s'agit d'une capacité d'absorption ou d'émission des rayonnements électromagnétiques (**Bartiére, 2016**).

Par conduction : la conduction est un mode de transfert de chaleur par un contact direct entre la certaine partie du corps et une surface à une température différente, Il est déterminé par la température moyenne entre les deux et également par le coefficient d'échange par conduction (**Bartiére, 2016**).

➤ **Les échanges respiratoires (QRes) :**

Elle consiste aux échanges effectués grâce à deux modes : ceux par convection (CRes) et par évaporation (ERes), aussi il est possible de les calculer :

$$QRes = CRes + ERes$$

- QRes : le flux de chaleur échangé par respiration
- CRes : l'échange thermique par la convection respiratoire
- ERes : l'échange thermique par l'évaporation respiratoire

Convention respiratoire : cet échange est influencé par le taux de ventilation ainsi la différence de température entre l'air inspiré et celui expiré (Bartière, 2016).

Évaporation respiratoire : la différence de pression entre la vapeur de l'eau dans l'air inspiré et l'air expiré et le taux de ventilation engendrent un échange thermique au moyen d'une évaporation respiratoire (Bartière, 2016).

I.1.3.1.2.2 La relation entre les paramètres du confort thermique et les modes de transfert de chaleur :

Elles existent des relations entre les paramètres du confort thermique et les modes d'échanges de chaleur, ces dernières sont montrées dans la figure I-11 :



Figure I-11: La relation entre les paramètres du confort thermique et les modes de chaleur.

Pour atteindre la satisfaction d'un occupant vis-à-vis le confort, plusieurs paramètres intrinsèques font intervenir, tels que l'âge, le sexe, l'état de la santé, le poids auxquels s'ajoutent les facteurs socioculturels (Courgey, S et Oliva, J.P., « la conception bioclimatique, des maisons confortables et économes », Edition terre vivante, 2010, p 31).

La perception du confort peut aussi être influencée par d'autres paramètres liés à l'ambiance générale dans le milieu où se trouve l'individu, comme la couleur (Cordier, N ; « Développement et évaluation de stratégie de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions », Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon. 2007).

« L'aspect psychologique se penche sur les phénomènes psychologiques et peut se servir des études empiriques afin de déterminer les relations entre les grandeurs physiques et physiologiques (par exemple température d'air, température cutanée) et leurs résultats sensoriels et hédonique chez l'individu. » (*Moujalled, 2007*).

I.1.3.2 L'approche adaptative du confort thermique :

Cette approche considère les personnes comme étant capable de jouer un rôle actif dans la maintenance et l'ajustement de leur confort thermique en agissant sur son environnement en fonction de ses besoins et de sa perception du climat (*Hugues, Boivin., « la ventilation naturelle développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale », 2007, p103*).

Elle est résultante de la capacité de s'intégrer dans un environnement thermique en faisant référence à un contexte, des réflexes comportementaux des usagers et aussi leurs aspirations (*Djongyang, Njomo 2010*).

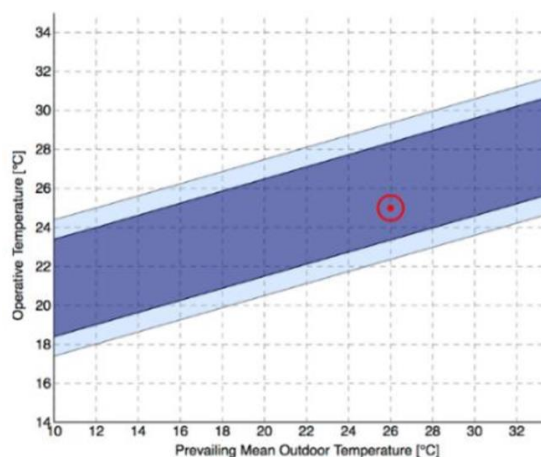


Figure I-12 : Graphique adaptatif du confort thermique selon la norme ASHRAE 55-2017

(Source : www.comfort.cbe.berkeley.edu).

Selon Nicol et Humphreys, l'ensemble des actions déterminent la base d'adaptation ; l'occupant peut s'adapter et ressentir du confort si le bâtiment est bien équipé de moyens d'adaptation (*Nicol F., Humphreys M., « Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standard cite » cite in Grignon-Masse, L 2010, op cit. 57*).

I.1.4 La plage du confort thermique :

Fauconnier en 1992 a établi un schéma avec lequel il est possible de définir une plage de confort en faisant rassembler la température avec l'humidité, ce qui pourrait être nommé « le confort hygrothermique ».

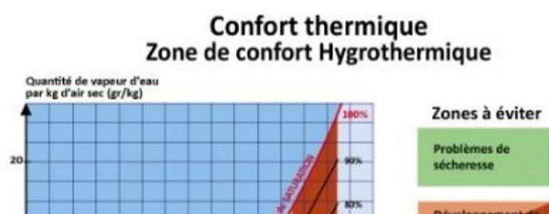


Figure I-13 : Plage de confort hygrothermique (Source : www.home-expert.fr, 2018).

Le diagramme au-dessus représente l'évaluation de deux indicateurs qui sont la température sur l'axe des abscisses et la qualité d'eau par Kg sur l'axe des ordonnées. Ce diagramme est devisé en quatre zones déférentes avec des couleurs représentant chacune un phénomène défini.

- 1 : Zone à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
- 2 : Zones à éviter vis-à-vis des développements de bactéries et de microchampignons.
- 3 : Zone à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
- 4 : Polygone de confort hygrothermique.

Afin d'assurer un confort hygrothermique, la température ambiante doit être conservée autour de 22°C, et l'humidité relative entre 40 et 60°C.

I.2 Le confort visuel :

Le confort visuel selon la Syndicat de l'éclairage de France est fortement lié et influencé par des conditions d'éclairage qui permettent à l'œil de percevoir sans entrainer aucune source de gêne (**SDL : Syndicat de l'éclairage, s.d**).

Il est aussi défini selon L. MUDRI « L'absence de gêne qui pourrait provoquer une difficulté, une peine et une tension psychologique, quel que soit le degré de cette tension » (**L. MUDRI, 2002**).

Le confort visuel est une sensation subjective qui existe pas en elle-même, mais elle est influencée par plusieurs paramètres liés à l'individu (l'âge, la lecture mentale du cerveau, la culture, le vécu de l'individu...) et d'autre liés à l'objet perçu tel que la couleur, la taille et la texture. (**Nemmour et al., 2019**).



Figure I-0-14 : le confort visuel dans une salle de lecture de la bibliothèque vitra (source : <http://line-office.ch/file/2015/11> :)

I.2.1 Eléments du confort visuel :

Selon l'association H.Q.E, les principes qui nous conduisent à des espaces intérieurs confortable en matière d'éclairage et nous assurent un confort visuel sont les suivants (*Hetzel, 2003*) :

- Assurer un bon éclairage pour les zones d'occupation qui se situent loin des ouvertures ;
- Eviter tous types d'éblouissement que ce soit directe ou indirect ;
- Opter pour des teintes claires dans la décoration ;
- Faire appel à des spécialistes lors de choix des parois vitrées afin d'assurer un confort visuel en faisant attention à leurs positionnements, dimensionnements et aussi en adaptant des protections solaires si nécessaire ;
- Rechercher un équilibre des luminances de l'environnement lumineux extérieur ;
- Protéger l'intimité de certains locaux ;
- Accéder à des vues dégagées et agréables depuis les zones d'occupation des locaux.

Pour les espaces de travail ou d'étude ou la lecture et l'écriture sont les deux tâches visuelles principales, six éléments du confort visuel sont très importants et indispensables (*Benecicte, 2011*) :

- Un rendu de couleur suffisant ;
- Un éclairage suffisant ;
- Un éclairage uniforme ;
- Une absence d'éblouissement ;
- Une absence d'ombre ;
- Une absence de réflexion.



Figure I-0-15 : les paramètres du confort visuel (source : <http://www.mysti2d.net>).

I.2.1.1 Niveau d'éclairement lumineux :

Dans un espace, le niveau d'éclairement est lié directement à la fonction pratiquée dans ce dernier, car on a des activités qui nécessitent un niveau très élevée et d'autres non. Le plus important c'est de permettre une vision claire sans fatigue.

Tableau I- 0-1 : l'éclairement moyen requis en fonction de l'activité (source : De Herde, s.d.2005)

Eclairage nécessaire pour les différentes activités	Eclairement (lux)
Lecture, travail d'écolier	325
Couture	425 à 625
Préparation culinaire et bricolage	425

Tableau I- 0-2: quelque norme d'éclairement dans certains espaces (source : Campion, 1999-2015).

L'espace	La norme
Paysage sous la pleine Lune	E = 0,2
Eclairement pour une lecture confortable	E = 100 à 200 lux
Eclairement pour une vision finie des couleurs (exemple : salle de dessin)	E = quelques 102 lux
Eclairement en extérieur sous un ciel gris	E = 1000 lux
Eclairement sous scialytique (salle d'opération)	E = 3000 lux
Paysage sous le Soleil d'été au max	E = 10000 lux
Eclairements en intérieurs	E = 100000 lux

Tableau 0-1 : L'éclairement recommandé selon la norme NBN L13-006 (source : Deneyer, s.d.).

Pièce et activité	Eclairage moyen (lux)
Hall d'entrée, escalier, couloir, toilette	50-100
Sanitaire	200-300
Cuisine	200-500
Séjour	100-300
Salle à manger	100-200
Chambre	100-200
Buanderie, cave, débarras	50-100

I.2.1.2 Eclairage uniforme :

La lumière naturelle peut être distribuée de manière uniforme, localisée ou mixte. Lorsqu'elle est distribuée de manière localisée, récompensée des zones de lumière et d'ombre contiguës, cela peut engendrer un certain inconfort. En effet, l'adaptation perpétuelle de l'œil à ces variations peut entraîner de la fatigue.



Figure I-0-16 : L'éclairage uniforme (source : Energie+2004)

I.2.1.3 L'éblouissement :

L'éblouissement est un phénomène provoqué par plusieurs paramètres liés beaucoup plus à l'éclairage naturel, tel que la vue directe du soleil, la luminance excessive du ciel pénétrée par les fenêtres ou par des parois très réfléchissantes de rayonnement solaire et qui provoquent des contrastes trop élevés par rapport aux surfaces voisines.

« Il est important de citer que la grande ouverture à la lumière naturelle engendre moins d'éblouissement par rapport à une autre ouverture petite, car cette dernière bénéficie l'adaptation des yeux et diminue le contraste de luminance. En éclairage artificiel, ce type de phénomène est provoqué par la vue directe d'une lampe ou par sa réflexion sur les parois polies des luminaires, sur les surfaces de local ou aussi sur les objets » (DAICH, 2011).

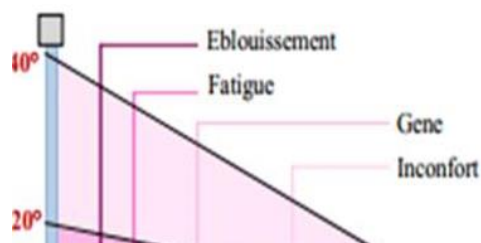


Figure I-17 : Source lumineuse de haute luminance (source : Enviroboite, 2006).

I.2.1.3.1 Types d'éblouissement :

Selon Moor, l'éblouissement peut être directe ou indirecte selon la source qui provoque ce dernier :

I.2.1.3.1.1 Eblouissement directe :

Il est causé par une source qui se trouve sur la même direction ou dans une direction proche de l'objet regardé (*Moor, 1985*).

I.2.1.3.1.2 Eblouissement indirecte :

Aussi appelé éblouissement réfléchi, provoqué par les réflexions de sources lumineuses sur les surfaces brillantes qui peuvent être un écran, un tableau, un plan de travail...(*Belakehal,2007*).

I.2.1.3.2 Sources d'éblouissement :

En éclairage naturel, les sources principales sont (*Bodart,2002*) :

- La vision directe du soleil au du ciel au travers des fenêtres.
- La réflexion du soleil sur les bâtiments qui se situent à côté.
- Contraste de luminance excessif entre une fenêtre et un mur ou elle est placée cette dernière.
- Contraste de luminance excessif entre une fenêtre et son châssis.
- Une surface avec une luminance trop élevée par rapport aux surfaces voisines.

I.2.1.4 Gestion des ambres :

L'ombre est un élément trop gênant quand il se présente lors de la pratique d'une activité, surtout quand il est mis dans me mauvais côté, pour la lecture, l'écriture ou toute tache de précision (*Louis,2013*).

I.2.1.5 Rendu de couleur :

La présence d'une source lumineuse que ce soit naturelle ou artificielle, engendre un spectre lumineux qui lui appartient, quand on aura un mélange de diverses radiations qui constituent ce spectre, elle fait apparaître la lumière blanche qui permet à l'œil d'apprécier les objets avec une haute exactitude, et la couleur des surfaces sont plus délicates de leurs nuances (*De Hard, s.d.*).

I.2.1.6 Teinte de la lumière :

La couleur de la lumière provoque une sensation du confort visuel, elle est un élément important qui agit sur la perception de la vraie couleur des objets, et ces couleurs ou aussi autrement dit les radiations colorées émises par les objets peuvent créer des effets psycho-physique sur le système nerveux (*Energie+*).



Figure I-18 : La lumière froide et la lumière chaude (source : 5www.1001piles.com/ampoules/).

I.2.2 Les critères qui influencent sur le confort visuel :

Dans un espace, on appelle confort visuel l'état ou la perception des objets, la bonne exécution des tâches sans fatigue et l'ambiance lumineuse agréable sont assurées. Il est une notion qui est fortement liée à la quantité, la distribution et à la qualité de la lumière disponible. Ce dernier est mesuré par en faisant référence à ses critères qui doivent être bien étudiés dans le but d'atteindre le seuil de confort (*Karaoui, 2017*) :

- Le site avec ses contraintes (l'ensoleillement, les masques et les reliefs, la nature des surfaces ainsi que l'éclairage extérieur) ;
- Le nombre d'ouvertures en tenant compte de leurs tailles, orientations et la quantité et qualité de la lumière naturelle pénétrée ;
- L'éclairage électrique : sa qualité en terme de confort et des besoins énergétiques est caractérisée par l'indice de rendu de couleur « IRC » et la température des couleurs ;
- La relation visuelle avec l'extérieur (*Miller, s.d, 1987*).

I.2.3 Les conditions d'obtention du confort visuel :

Les conditions de confort visuel selon le diagramme de Kruithof dépendent de différentes combinaisons d'éclairement et de la température de couleur, et aussi liées à la nature de l'ambiance : d'après le diagramme, dans une ambiance peu éclairée (zone A), le confort est associé à une lumière chaude (couleur chaude qui favorise la relaxation), alors que dans une ambiance trop éclairée (zone C), le confort est associé à une lumière froide (pour rehausser la concentration lors des diverses tâches), et à l'intermédiaire elle se situe la zone de confort (*Kruithof, 1909*).

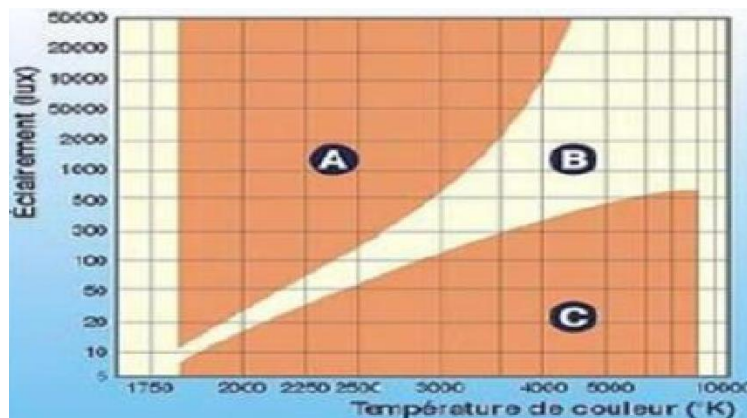


Figure I-19 : Le diagramme de KHRUITHOF (source : FAURE. Daniel. Confort visuel. Edition AMO QEB. France. 2006).

I.2.4 Grandeurs photométriques liés au confort visuel :

I.2.4.1 Le flux lumineux :

Le flux lumineux d'une source représente la puissance lumineuse émise par une source dans toutes les directions, et l'évaluation selon la sensibilité de l'œil, de la qualité de lumière rayonnée. Il s'exprime en LUMEN « Lm » (*Colorimetrie*).

I.2.4.2 L'éclairement :

L'éclairement « Lux » est utilisé pour exprimer la quantité de lumière reçue par une surface.

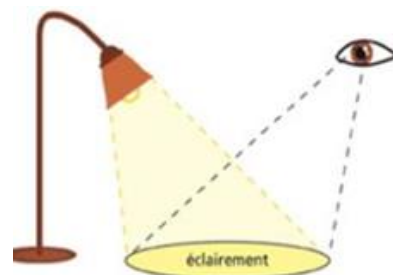


Figure I-20 : l'éclairement d'une surface (source : Agence Culturelle Grand Est, 2011).

I.2.4.3 L'intensité lumineuse :

Représente le flux lumineux (en candela) dans une direction précise, une source n'émet pas forcément de la lumière de la même façon dans n'importe quelle direction, donc c'est important de connaître le flux dans chaque direction (*Agence culturelle alsace, s.d*).

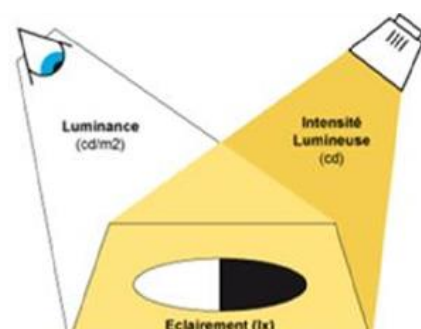


Figure I-21 : L'intensité lumineuse d'une source pour éclairer une surface (source : Ast74, 2012).

I.2.4.4 La luminance :

Elle correspond aux nombres de candela par m² de surface apparente, caractérise dans une direction précise l'aspect lumineux d'une surface éclairée ou d'une source, exprimée en candela par m² (Cd/m²).

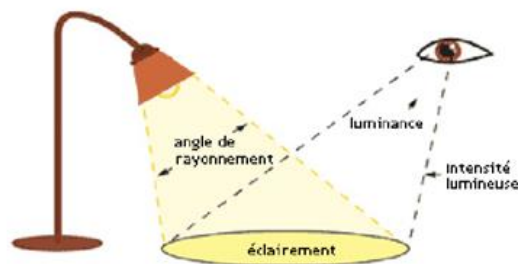


Figure I- 22 : La luminance d'une source pour éclairer une surface (source : Agence Culturelle Grand Est, 2011).

I.2.4.5 Le facteur de lumière de jour :

Le facteur de lumière de jour représente le rapport entre l'éclairement naturel intérieur reçu sur un point d'un plan de référence et l'éclairement extérieur reçu sur une surface horizontale en site à ciel couvert. Ses valeurs sont données en pourcentage (%), et elles sont influencées par plusieurs paramètres, comme l'orientation des ouvertures, la période et les saisons, et surtout ce facteur « FLJ » est lié à la taille ainsi la position de nos fenêtres. Et afin d'évaluer l'éclairage naturel intérieur, nous pouvons faire comparer les valeurs de « FLJ » obtenues avec celles minimum de référence (Iturra, 2011).

Tableau I- 0-1: L'évaluation des degrés du flux de la lumière du jour dans l'espace intérieur

(Source : Iturra, 2011)

FLJ	-de 1 %	1 à 2 %	2 à 4 %	4 à 7 %	7 à 12 %	+ de 12 %
	Très faible	Faible	Modéré	Moyen	Elevé	Très élevé
Zone considérée	Zone éloigné des fenêtres (distance environ 3 à 4 fois la hauteur de la fenêtre)			A proximité des fenêtres ou sous des lanterneaux		
Impression de clarté	Sombre à peu éclairé		Peu éclairé à clair		Clair à très clair	
Impression visuelle du local	Cette zone.....semble être séparée.....de cette zone					
Ambiance	Le local semble être refermé sur lui-même			Le local s'ouvre vers l'extérieur		

Nous avons quelques valeurs de référence de « FLJ » dans certains locaux (*Helpendoc, s.d*) :

- Usines : 5% ;
- Bureau : 2% ;
- Salles de cours : 2% ;
- Salle d'hôpital : 1%.

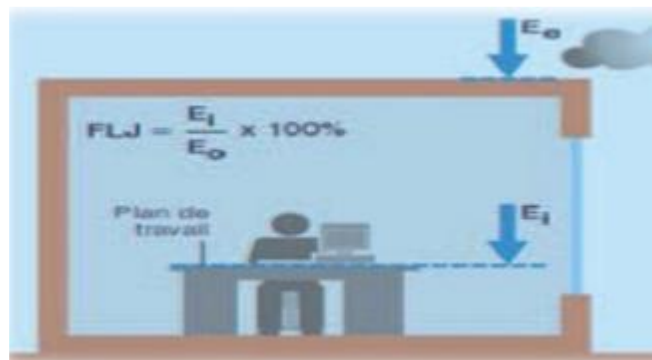


Figure I- 23 : calcul de facteur de lumière de jour (*Site architecture et climat*).

I.2.5 L'influence de types d'ouvertures et de leurs orientations sur le confort visuel :

I.2.5.1 Types d'ouvertures :

La qualité et la quantité de la lumière naturel intérieur est influencé principalement par les fenêtres (leurs tailles, orientations, matériaux ainsi dimensions), ces dernières sont placées dans les parois d'un espace en fonction de l'ambiance lumineuse voulue avoir et aussi par rapport à la profondeur et le volume de cette pièce ; Pour les locaux à faible hauteurs le choix sont les baies en façade ou fenêtre qui éclaire de façon acceptable sur une profondeur de l'ordre de deux fois la hauteur du linteau, par contre dans les espaces profonds, pour avoir un confort visuel intérieur nous pouvons faire appel à l'éclairage zénithale (*Meddour, 2008*).

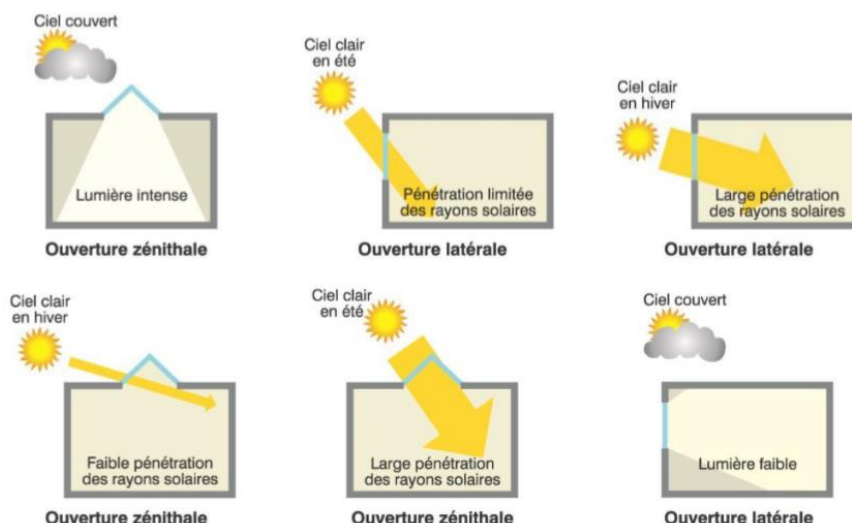


Figure I- 24 : Type d'ouverture et le confort visuel (Source : <http://www.hqe.guidenr.fr>)

I.2.5.2 Orientation des espaces :

Dans un local doté des ouvertures, la qualité de confort visuel est liée à l'orientation de ces ouvertures, qui en fonction des de la hauteur de soleil et sa position, créent une intensité d'éclairage naturel intérieur (Meddour, 2008).



Figure I- 25 : Type d'ouverture et le confort visuel (Source <https://monprojetmeschoix.com>).

Conclusion :

Dans ce chapitre, nous avons traité une des plus importante notion, qui est le confort, et plus exactement le confort thermique et visuel, ou nous avons fait une clarification de tous les aspects et paramètres liés à chacun, sachant que le confort thermique est lié beaucoup plus à l'isolation thermique de l'espace, au matériaux, la qualité de la ventilation ... alors que visuel il est indépendant de la lumière naturelle intérieur qui varie en fonction des caractéristiques des ouvertures, ainsi l'orientation. Et à partir de cette clarification, nous pouvons dire que dans un espace architectural, la qualité intérieure offerte dépend principalement des premières décisions prêtes lors de la conception architecturale, ou le concepteur doit faire importance au paramètres de chaque confort qui influencent sur le bien-être et

sur la qualité de notre ambiance intérieure, laquelle encourage les occupants à vivre dans un espace convivial.

Et à partir de cette synthèse bibliographique, nous pouvons conclure que ; créer un espace confortable avec des températures ambiantes et un éclairage optimal qui permet à l'être humain de vivre avec une sensation de bien-être et en persuadant son environnement sans aucune fatigue, tous les critères qui influencent sur la qualité thermique et visuelle cités dans notre chapitre doivent être mettes en valeurs, et aussi doivent s'inscrire comme une étape importante dans la démarche conceptuelle faite par l'architecte. Car le fait de sentir un état de satisfaction par les usagers d'un espace dans des conditions naturelles, aide à ne pas faire appel aux équipements énergivores, soit de chauffage ou de climatisation, et ceci nous conduit à une protection de notre environnement même de notre énergie, sans oublier vivre avec la nature dans des ambiances naturelles, nous garantit notre santé.

CHAPITRE II :

Les espaces de travail ; entre « Architecture et confort ».

Introduction :

Les immeubles de bureaux sont des espaces réservés à une catégorie de personnes qui cherchent un degré de bien être très haut, car au sein de ces espaces, ils sont entrain de faire différentes fonctions et activités qui nécessitent de la performance, veut dire ces espaces de travail doivent s'adapter aux besoins des sociétés afin d'améliorer la productivité et l'efficacité de travail.

Plusieurs paramètres et gestes rentrent en jeu dans l'évaluation de la qualité des espaces réservés au travail, par exemple, le type d'aménagement choisi dans un bureau ne doit pas être sélectionné que pour des raisons d'hystériques, mais on le réalise dans le but d'avoir un résultat qui s'adapte avec les conditions qui influencent sur la productivité et qui encourage les travailleurs à faire

leurs tâches avec une forte motivation et ceci on les créant un confort par moyen d'un bon choix d'emplacement des mobiliers et dispositifs d'aménagement.

Donc dans notre chapitre nous allons parler sur ces espaces, leurs évolutions à travers le temps, leurs exigences techniques ainsi conceptuelles, comme nous allons évaluer les conditions et les points importants qui bénéficient le bien-être dans le cadre de travail et qui influencent sur le confort thermique et visuel dans ces derniers.

Pour favoriser un espace de travail confortable et satisfaisant, nous devons créer un environnement agréable, par la prise de bonnes décisions architecturales (concernant le choix des matériaux, de façades, de types d'ouvertures ainsi leurs caractéristiques et aussi choix de l'orientation), et par la bonne sélection d'une bonne configuration spatiale.

Avec l'apparition des technologies innovantes, les bureaux sont plus considérés comme espace de travail seul, mais aussi comme un espace de vie et de détente car les salariés passent la plupart de leurs temps dans leurs bureaux.

A travers ce chapitre, nous allons mettre l'accent sur les importantes évolutions historiques qui marquent les espaces de travail, comme nous allons évaluer la qualité thermique et visuelle recommandées par les travailleurs à l'intérieur de leurs bureaux, et chercher les sources qui influencent sur ces qualités.

II. L'espace architectural :

L'espace en architecture peut être défini comme étant une surface délimitée par une enveloppe qui la sépare de l'extérieur ou des autres espaces, sachant que ce dernier a ses propres caractéristiques (selon sa composition et sa manière de construction) qui le rend isolant et qui l'aide à protéger l'environnement intérieur afin de garder ou de créer une sensation du confort. Cette surface aussi doit être conçue d'une manière maîtrisable afin qu'elle puisse satisfaire l'occupant vis-à-vis les différentes ambiances intérieures telle que la qualité architecturale, visuelle et thermique. Donc la définition de l'espace architectural ne s'arrête pas dans sa dimension physique, elle est plus loin qu'être considérée comme un nombre des mètres carrés clôturés par une enveloppe, mais il est un concept très complexe

qui représente une altération entre plusieurs paramètres architecturales, physiques, structurelles et même psychiques lié aux êtres humain et leur degrés d'intégration et de leurs bien être qui influencent directement sur leurs comportements (*Cousin 1980 ; Van mess, 2012*).

Figure II-1 : Les composantes importante d'un espace architectural (source : Mokrani.Y, 2008).

II.1 La configuration spatiale d'un espace architectural :

L'espace est depuis toujours vu comme un élément dépendant de comportement pratiqué dedans, ce dernier doit être étudié, décrire et modélisé, et c'est là que fait intervenir la notion de configuration spatiale, elle est un indicateur qui nous décrire le comportement dans un espace, elle concerne les différentes relations existante au sein d'un espace, que ce soit celles qui relient notre espace avec l'occupant ou entre la partie architecturale et celle comportementale, ou aussi toutes relations simultanées qui nous créent la totalité d'un espace (*Hillier et Vaughan, 2006*). Comme notre notion peut être aussi défini par l'ensemble des liens configuration el qui constituent un système spatial relationnel (*Hillier, 1996 ; Hillier et Vaughan, 2006*).

II.1.1 Théorie de « la Syntaxe spatiale » :

La syntaxe spatiale est une méthode constituée par plusieurs techniques qui aident à étudier un espace en apport avec selon des représentations et des qualifications des modèles spatiaux, qui doivent être lié à un aspect qui signifie la présence de l'être humain dans un espace (*spacesyntax.org, 2007*).

Cette notion a été évaluée à travers le temps, elle avait commencé comme une approche morphologique crée pour réagir face à l'évolution urbaine, sociale et contemporaine en Bretagne, puis elle a été développée pour élaborer un ensemble d'outils et théories qui vont permettre d'étudier et d'interpréter les différents phénomènes sociaux-spatiaux liés à l'occupant d'un espace (*Hillier, 2007*).

II.1.2 Exemples d'analyse spatiale en utilisant la « Space Syntax » :

A titre d'exemple, nous pouvons citer l'analyse faite sur le musée qui se trouve dans la ville de Bejaia « EL MOUDJAHID », qui est à notre ère le seul musée qui offre un genre particulier pour les visiteurs, sachant qu'il est réservé par l'histoire pour Moudjahid, mais malheureusement cette

infrastructure riche historiquement avec sa configuration spatiale, souffre par une baisse remarquable de nombre de visiteur vu qu'il offre une visite qui est qualifiée désagréable par son dysfonctionnement spatial, et pour faire face à ce problème et rendre la visite dans ce dernier confortable, une analyse syntaxique a été faite grâce à la technique « Space Syntax », où ils ont pu faire ressortir les sources de ce dysfonctionnement, qui résident dans l'organisation et la configuration spatiale, comme ils ont par la suite proposé des solutions pour améliorer l'état de ce musée et le rendre plus attirant et accueillant plus de visiteurs (S. Saraoui et Al.2022).

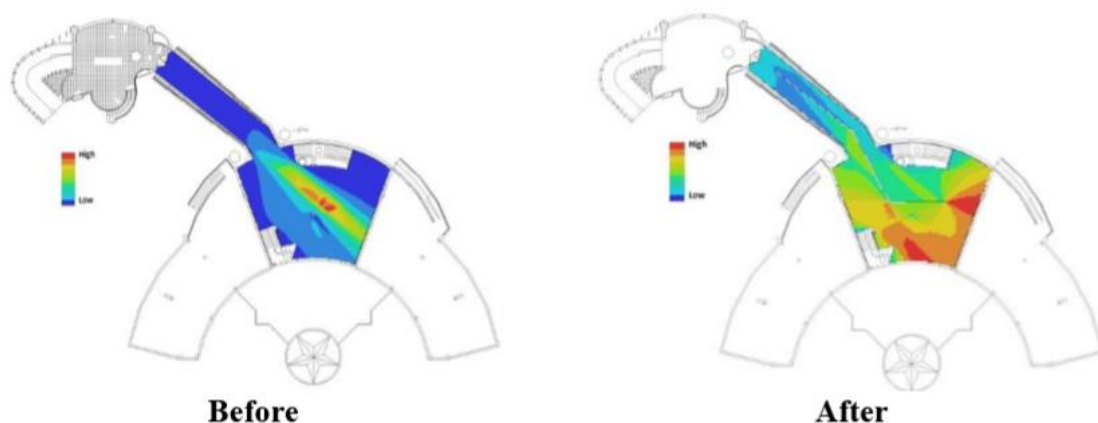


Figure II-2 : l'intégration visuelle représentée sur un plan d'un niveau de musée (source : S. Saraoui et Al.2022).

La figure ci-dessus représente un plan d'un niveau de notre musée « El Moudjahid », avec deux représentations : une après simulation à son état existant, et l'autre après la proposition d'une solution spatiale extraite à travers d'une analyse, et à partir d'une comparaison de ces deux plans, nous pouvons dire que l'analyse faite pour le musée est très efficace, car la solution proposée par (Mme Saraoui et al) a donné un résultat fiable concernant l'intégration visuelle, ceci est montré à travers le changement de couleurs obtenu après la simulation du plan par « space Syntax ».

II.1.3 Comment représenter l'espace architectural pour la « Space Syntax » :

La représentation de l'espace visé par une analyse spatiale est faite selon des étapes, qui doivent avoir comme un résultats un plan type qui regroupent des espaces qui doivent être placés par ordre selon la profondeur de chacun et aussi selon leurs profondeurs par rapport à un espace de référence (cet espace peut être une entrée ou autre) :

- Représenter le plan type : donc la première représentation d'un espace est son plan qui montre la position des différents espaces.

- La représentation convexe : elle est le même plan type, mais cette fois ci avec une démonstration initiale des profondeurs des différents espaces qui constituent notre plan.
- Représentation en Graph : s'agit de transformer le plan en un graph qui résume et qui met en ordre les espace selon leurs profondeurs.
- Représentation prête à être interprétée par la « Space Syntax » : à cette étape, nous aurons tous les espaces avec leurs positions et degrés de profondeurs par rapport à un espace de référence.

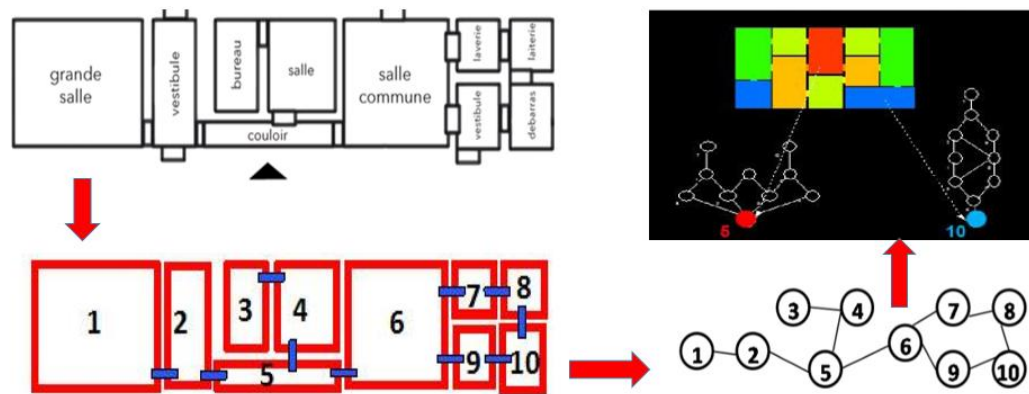


Figure II-3: Représentation de l'espace architectural en « Space Syntax » (source : <http://otp.spacesyntax.net> (2015)).

II.1.4 Les différentes mesures de la « Space Syntax » :

Cette technique nous permet d'avoir des résultats fiables en ce qui concerne plusieurs paramètres liés à notre espace à mesurer, ces derniers sont répartis en deux catégories (**cours 02-03 analyse morphologique 2eme année master, M. Mokrani.Y, université de Blida, 2008**) :

- Des mesures de premier ordre : qui sont l'intégration, la connectivité, contrôle et le choix.
- Des mesures de second ordre : sont l'intelligibilité et l'interface.

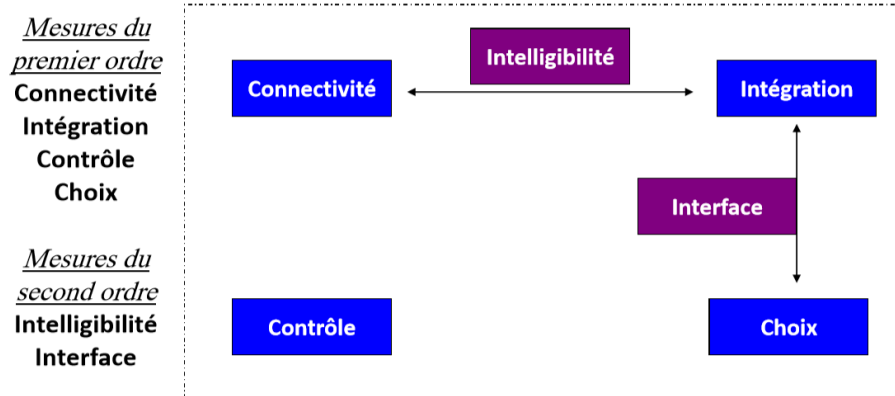


Figure II-4 : Les mesures de la « Space Syntax » (source : Mazouz, 2008).

II.1.4.1 La connectivité :

Mesure qui permet de démontrer les différentes connexions d'un espace donné par rapport aux autres espaces qui se situent dans son environnement entourant. Elle est classée comme mesure locale.

II.1.4.2 L'intégration :

Cette mesure qualifiée « globale », permet de mesurer la complexité ou la facilité d'atteindre un espace selon sa profondeur moyenne par rapport aux autres espaces. Sachant que ces espaces sont classées de « plus intégré » au « plus ségrégué ».

II.1.4.3 Le choix :

Mesure globale qui repose sur le calcul des chemins les plus courants, et aussi sur le choix des espaces qui semblent être les plus parcourus. Cette dernière représente un justificatif de choix d'un espace par rapport à ces voisins.

II.1.4.4 Le contrôle :

Cette mesure permet de déterminer à quel degrés un espace est accessible vers d'autres espaces environnants (*Jiang et al, 2000*).

II.1.4.5 L'intelligibilité :

Elle représente la corrélation entre l'intégration et la connectivité d'un espace, elle décrit en fonction des profondeurs des espaces le nombre de connections directes de ce dernier. Un coefficient de corrélation R^2 va être calculé ensuite, et qui va permettre de déterminer si l'espace est intelligible ou pas en le comparant à 0,5.

II.2 Les caractéristiques d'une enveloppe d'un espace architectural :

II.2.1 Les matériaux de construction :

Dans n'importe quel bâtiment, des échanges thermiques se font entre l'intérieur de ce dernier et son environnement par moyen de l'enveloppe extérieure qui a un rôle principal dans la protection des occupants contre les intempéries, mais aussi cette enveloppe assure un équilibre thermique dans les espaces internes de la construction. Cette dernière est divisée en deux types en terme de matériaux : celle dite opaque (surfaces sans ouvertures comme les murs, toits,) et transparente (surfaces vitrées). De ce fait, plusieurs paramètres liés à la performance énergétique et la capacité thermique ainsi le taux d'absorption de la chaleur transitant de l'extérieur ou aussi produite à l'intérieur, sont influencés par

les types et les caractéristiques des matériaux qui composent notre enveloppe (**Benyamine et Larbi, 2003**),

A cet égard, même un bâtiment est bien équipé de systèmes pour atteindre un certain confort, mais les matériaux restent toujours avec leurs propriétés thermiques, comme influenceurs directe sur le bilan énergétique et économique des bâtiments (**Fezzioui et Droui, 2003**).

II.2.1.1 Les propriétés thermiques de certains matériaux de construction :

Dans le tableau qui suit, nous trouvons les caractéristiques thermiques de quelques matériaux de construction, ceux les plus utilisés dans notre pays « L'Algérie » :

Tableau II-1 : Les propriétés thermiques de certains matériaux de construction (source : Izard et Lelong, 2006).

Matériaux de construction		λ	C	ρ	ρC	a	b	vt
Bois	Bois léger	0.15	500	0.3	165	0.0009	4.8	2.2
	Bois lourd	0.2	650	0.7	436	0.0009	10.0	1.7
	Bois très léger	0.1	350	0.8	266	0.0005	5.6	1.5
Mortiers et Plâtre	Mortier	1.15	1950	0.23	449	0.0026	22.7	3.7
	Enduit à la chaux	0.7	1400	0.28	392	0.0018	16.6	3.1
	Enduit extérieur	1.15	1700	0.28	476	0.0024	23.4	3.6
	Enduit plâtre	0.35	1500	0.28	420	0.0008	12.1	2.1

	Plâtre gypse	0.42	1200	0.23	276	0.0015	10.8	2.8
Béton et Brique	Béton	1.51	2350	0.2	470	0.0032	26.6	4.1
	Béton cellulaire	0.16	400	0.24	96	0.0017	3.9	3
	Béton chanvre	0.13	350	0.2	70	0.0019	3	3.1
	Brique 10 cm	0.95	2000	0.2	400	0.0024	19.5	3.5
	Brique pleine	0.34	1000	0.2	200	0.0017	8.2	3
Métaux	Acier	52	7870	0.13	1023	0.0508	230.7	16.3
	Aluminium	230	2700	0.25	675	0.3407	394	42.3
	Cuivre	380	8930	0.11	982	0.3868	611.0	45.1
	Métal	150	8900	0.12	1068	0.1404	400.2	27.2
	Zinc	112	7130	0.11	784	0.1428	296.4	27.4

- λ : Conductivité thermique (W/m. °C)
- C : Masse volumique (Kg/m³) ;
- ρ : Chaleur spécifique (Wh/kg. °C) ;
- b : Effusivité thermique (J·s^{-1/2}·m⁻²·K⁻¹) ;
- ρc : Chaleur volumique (Wh/m³. °C) ;
- a : Diffusivité thermique (m²/s).

Les caractéristiques citées ci-dessus peuvent être divisées en deux parties en deux grandes catégories :

- **Les caractéristiques statiques** : Ce sont la conductivité et la capacité thermique, elles font caractériser la manière avec laquelle un matériau réagit à un flux de chaleur indépendamment de temps de sa réaction (*Mansouri, 2003*).
- **Les caractéristiques dynamiques** : Sont la diffusivité et l'effusivité qui représentent la rapidité d'un matériau à maîtriser le flux de chaleur (*Mansouri, 2003*).

II.2.2 L'isolation thermique :

L'enveloppe d'un bâtiment ne joue pas que le rôle de séparer l'intérieur de l'extérieur ou d'esthétique, mais c'est loin que ça, il sert à isoler l'espace vécu tout en limitant les échanges de chaleurs entre ce dernier et un autre espace externe afin d'assurer un confort thermique et optimiser la consommation énergétique (*Jedidi et Benjeddou, 2016*).

II.2.2.1 Les méthodes d'isolation thermique :

Elles existent deux méthodes d'isolation thermique :

II.2.2.1.1 L'isolation externe :

Elle est liée à la surface externe du bâtiment, consiste à fixation d'un isolant sur cette dernière. Elle est très efficace pour le confort d'été et même celui d'hiver même si elle présente le moyen le plus chère, vu qu'elle limite aussi les déperdition thermiques (*Jedidi et Benjeddou, 2016*).

II.2.2.1.2 L'isolation par l'intérieur :

Cette méthode est à la fois efficace mais aussi insuffisante, elle est très utilisée car elle est très facile à réaliser et permet d'isoler le bâtiment par son intérieur, néanmoins elle ne met pas fin aux déperditions thermiques comme elle annule l'inertie thermique d'un mur isolé (*Jedidi et Benjeddou, 2016*).

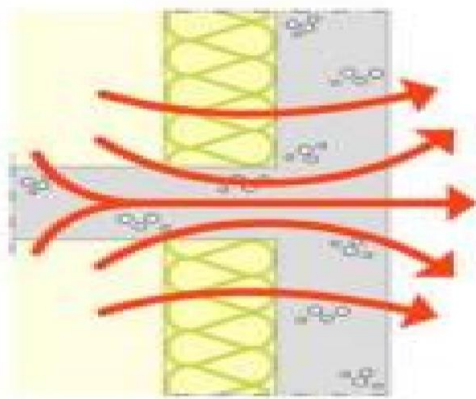


Figure II-6: Isolation par l'intérieure (Source : www.isolation-thermique.org).

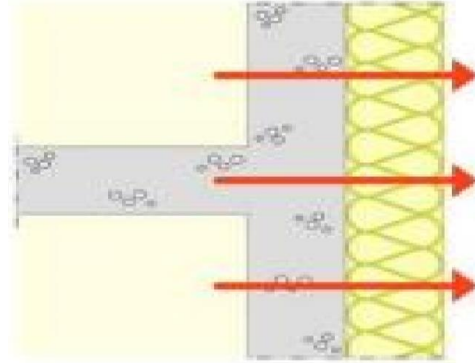


Figure II-5 : Isolation par l'extérieure (Source : www.isolation-thermique.org).

II.2.2.2 Les isolants thermiques :

Dans le cas des déperditions thermiques et pour but d'isoler l'intérieur de l'extérieur, des matériaux innovants de conception technique sont utilisés comme isolants afin de compléter la structure des parois et améliorer son comportement vis-à-vis des transferts thermiques d'un bâtiment (*Theirry & David, 2009*).

II.2.2.2.1 Les types de matériaux d'isolation thermique :

- ✓ **Les isolants minéraux** : Caractérisés par une forte résistance au feu et sa durée de vie, sont fabriqués à partir des matériaux réutilisables ou aussi ceux naturels abondants (comme le verre recyclé, les roches volcaniques, etc.) (*INSA4, 2016*).
- ✓ **Les isolants synthétiques** : Ce type d'isolant représente des inconvénients en matière de l'énergie nécessaire pour sa fabrication, car ils sont fabriqués à travers de la chimie du chlore et du pétrole à base des matériaux non renouvelables (*INSA4, 2016*).

- ✓ **Les isolants naturels** : Cette catégorie représente des avantages, car ces isolants sont fabriqués avec des matériaux bio-renouvelables (animaux et végétaux), qui sont prêts à être utilisés, et nécessitent une faible consommation d'énergie (INSA, 2016).

II.2.2.2 Les propriétés thermiques de quelques matériaux isolants :

Dans le tableau ci-dessous, nous trouvons quelques types d'isolants thermiques avec leurs caractéristiques thermiques :

Tableau II-2 : les caractéristiques thermiques de certains isolants thermiques (source : Izard et Lelong, 2006).

Les isolants		λ	C	ρ	ρC	a	b	vt
Minérales	Laine de roche	0.04	25	0.26	7	0.0063	0.5	5.8
	Laine de verre	0.04	12	0.23	3	0.0149	0.3	8.8
	Verre cellulaire	0.05	130	0.23	30	0.0017	1.2	3
Naturels	Laine de chanvre	0.04	25	0.39	10	0.0040	0.6	4.6
	Laine de mouton	0.04	20	0.33	7	0.0061	0.5	5.6
	Panneau de liège	0.04	120	0.39	47	0.0009	1.4	1.2
Synthétique	Polystyrène expansé	0.04	25	0.38	10	0.0041	0.6	4.6
	Polystyrène extrudé	0.03	35	0.33	12	0.0025	0.6	3.6
	Polyuréthane	0.03	35	0.23	8	0.037	0.5	4.4

- ✓ λ : Conductivité thermique (W/m. °C)
- ✓ ρC : Chaleur volumique (Wh/m³. °C) ;
- ✓ C : Masse volumique (Kg/m³) ;
- ✓ a : Diffusivité thermique (m²/s) ;
- ✓ ρ : Chaleur spécifique (Wh/kg. °C) ;
- ✓ VT : Vitesse de transfert thermique (cm/h).

II.2.3 Les dispositifs architecturaux :

II.2.3.1 Les façades :

L'espace intérieur d'un bâtiment est clôturé par un enveloppe architectural qui constitue une défense pour ce dernier, et cet élément architecturale a d'autre fonctions, il sépare l'intérieur de l'extérieur mais en assurant une relation entre ces deux environnements en tant qu'espace de transition (Herant, 2004).

II.2.3.1.1 Les principales fonctions de la façade :

Cet élément essentiel a beaucoup de fonctions (*Chabi, 2012*), parmi ces fonctions nous citons :

- Fonction de protection.
- Fonction de structure.
- Fonction de transmission.
- Fonction visuelle.

II.2.3.1.2 Evolution de la fonction de la façade à travers le temps :

Avec l'évolution de la technologie dans le monde, les conceptions architecturales ont subi des modifications globales dans toutes ces étapes, et ces changements touchent les éléments qui constituent un bâtiment, parmi les « les façades », qui ont été touchées au plus, car elle se développent avec les siècles et elles suivent les générations et reflètent les différentes civilisations.

Ci-dessous, nous trouvons deux photos qui montrent une façade à l'époque « F1 » et une autre contemporaine « F2 ».



Figure II-7: Deux façades : contemporaine et ancienne (Source : Google image).

II.2.3.1.3 Les paramètres qui influencent sur le choix de type de façade :

Pour choisir ou faire définir un type de notre enveloppe architecturale, plusieurs critères font intervenir :

Aspect climatique : lors e choix de types de façades, il faut prendre en confédération les données climatiques de lieu de projet, car ils ont une influence sur notre façade en ce qui concerne le fonctionnement thermique.

L'aspect architectural : La façade doit être choisie pour avoir un résultat qui caractérise son projet et le fait différencier des autres ; esthétiquement parlant.

Aspect urbain : elle doit s'intégrer avec son contexte urbain (par rapport à la hauteur, orientation, etc...), celui-ci pour ne pas influencer négativement sur le paysage urbain.

L'aspect technique : la façade avec son rôle esthétique, elle peut aussi contribuer à atteindre le confort intérieur des occupants.

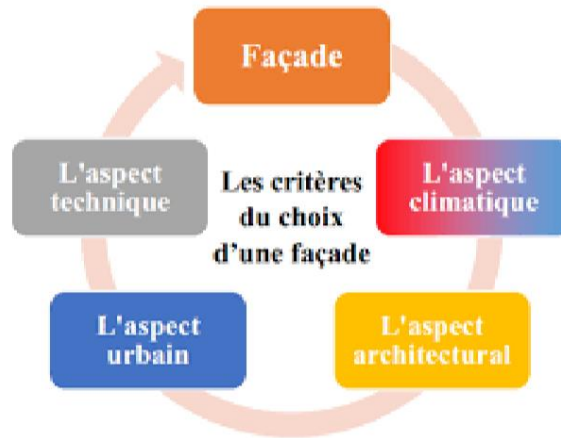


Figure II-8 : Les critères du choix d'une façade (Source : Khedraoui, 2019)

II.2.3.1.4 Les types de façades :

La classification des façades est basée sur plusieurs paramètres qui déterminent le type de cette dernière, donc pour faire distinguer une façade d'une autre, nous pouvons faire référence à ces critères suivant (**Broto, 2011**) :

- La forme ;
- Les matériaux utilisés ;
- Type d'enveloppe ;
- Principe de fonctionnement.

II.2.3.1.4.1 Selon la forme :



facade inclinée



facade organique



facade géométrique
droite



facade mixte

Figure II-9: Exemples des types de façades selon la forme (Source : Google image).

Donc nous distinguons quatre types de façades selon la forme : façade inclinée, organique, géométrique droite et façade mixte (*Broto, 2011*).

II.2.3.1.4.2 Selon les matériaux utilisés :

Selon le matériau de construction utilisé dans la façade, cette dernière aura une propre appellation qui la distingue des autres, exemple façade en pierre, en verre...

II.2.3.1.4.3 Selon le principe de fonctionnement :

De nouvelles techniques ont été utilisées lors de la conception des façades et les laissent jouer un rôle important avec son rôle principal qui est de protéger l'intérieur et de servir comme étant une enveloppe.

II.2.3.1.4.4 Selon le type de l'enveloppe :

Ils existent deux types de façades selon la technique suivie dans le traitement, donc nous distinguons :

- La façade monocouche à simple peau ;
- La façade multicouche à deux peaux : celle-ci est plus utile et elle plus d'avantages tels que la protection de l'environnement, améliorer l'esprit esthétique de la façade...



Façade multicouche double peaux



Façade monocouche à simple peau.

Figure II-10 : Exemples des types de façades selon le type de l'enveloppe (Source : Google image).

II.2.3.2 Les protections solaires :

Les protections solaires sont des dispositifs placés sur les façades, ou aussi elles peuvent être intégrées dans le toit, elles jouent des rôles important en ce qui concerne le confort intérieur vis-à-vis le confort thermique aussi visuel, car elles contribuent à la maîtrise des échauffements causés par les rayons solaires apportés sur les surfaces vitrées ou même opaques, et elles permettent d'éviter l'inconfort visuel due à l'éblouissement (*Liébard et De Herde, 2005*).

II.2.3.2.1 Les objectifs visés par l'emplacement des protections solaires :

Selon Liébard et De Herde (2005), les principales fonctions des protections solaires sont liées à leurs caractéristiques ainsi leurs emplacements, donc dispositifs ont comme rôle :

- Eviter l'éblouissement ;
- Lutter contre l'effet de surchauffe causé par les rayonnements solaires directes ;
- Améliorer l'isolation par l'amélioration de l'isolation des fenêtres ;
- Contrôler la température ambiante intérieure ;
- Eviter la décoloration de certains matériaux ;
- Jouer avec l'esthétique des façades en les ajoutant un nouvel élément marquant ;
- Assurer un confort visuel optimal à l'intérieur des espaces.

II.2.3.2.2 Les types des protections solaires :

Les protections solaires peuvent être réparties en deux parties, et cette répartition revient au degré de mobilité :

- Protection solaires fixe.

- Protection solaire mobile.

Comme elle revient au positionnement par rapport à l'élément à protéger :

- Protection solaire intérieure/ extérieur
- Protection solaire verticale/horizontale.

Protection solaire verticale « A »



Protection solaire horizontale « B »



Protection solaire mobile « C »



Protection solaire fixe « D »



- « A » : Source : <https://www.csgroup.fr>
- « B » : Source : <https://covermetal.fr>
- « C » : Source : Reiter & De Herde, 2003
- « D » : Source : <https://www.alurennais.fr>

Figure II-11 : Types de protections solaires (Source : auteur, 2023).

II.3 Les immeubles de bureau :

II.3.1 Définition :

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

Le bureau a évolué à travers le temps, il n'est pas connu dès le début comme étant l'espace d'aujourd'hui. « Le mot « bureau » vient certainement de « bure », grosse toile de laine qui, placée sur les tables à écrire, permettait par son épaisseur et sa matière d'isoler le parchemin sur lequel on écrivait, évitant ainsi de le détériorer » (ANNE MONJARET ; *Etre bien dans son bureau ; centre d'Ethnologie française, Paris*).

Pour un bon rendement de travail, d'une part ces espaces de bureaux doivent être dotés d'un éclairage uniforme qui permet à l'œil de percevoir sans fatigue vue que la plupart des tâches effectuées dans cet espace sont basées sur la perception visuelle qui dépend de l'ambiance lumineuse et aussi de la tâche visuelle les quels constituent des facteurs qui influencent directement sur santé et la sécurité (Floru, 1996). D'autre part ils doivent assurer à l'occupant un état de satisfaction et une sensation de bien-être psychique sans souffrir par des effets de surchauffe ou aussi d'éblouissement ou tous autre paramètre d'inconfort thermique.



Figure II-12: Les conditions de bien être dans les espaces de travail demandés par les employés eux-mêmes (source : rapport Human space, impacte de design biophilique dans les espaces de travail).

II.3.2 Une approche historique sur l'évaluation des immeubles de bureau :

Depuis plus de cinq mille ans, deux grands fondateurs « Scribe » et « Moine » ont fondé cet espace important, le premier fait des grands trajets avec ses instruments et son ordinateur sous son bras afin de déplacer aux clients, et c'est là que sont apparus les moyens technologiques (téléphone et ordinateur portable) comme outils de travail, pour le deuxième, il a aussi un considérable rôle vu que c'est lui qui a créé les heures de travail, aussi il a accordé au travail tertiaire son nom de baptême (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau**).



Figure II-13: Détail d'une coupe attique à figures rouges du peintre Douris, Grèce, vers 480 av.J.C. (musée de Berlin). Un maître d'école écrit avec calame sur des tablettes. Son matériel ressemble à s'y méprendre à un microordinateur (source : **ELESABEITH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureaux, p10**).

✓ 2 siècles après :

Vu la croissance rapide des activités tertiaires connue par le monde et causée par les banques célèbres comme celle de France 1800, la bourse 1826, les palis de l'argent au 19ème siècle, des grattes ciels ont été créés par l'école de Chicago en 1871 pour en faire face à ce développement (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau**).



Figure II-14: Banque de France en 1800 (Source : Google image 2022).

✓ En 1976 :

A cette époque, il existe plus un immeuble de bureau avec ses vraies caractéristiques, car il ne se distingue pas des celui d'habitation (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau*).

✓ Jusqu'à la fin de 19^{ème} siècle :

La naissance des premiers espaces tertiaires, avec leur première typologie, où il commence à s'installer le bureau dans ses murs. Mais cette apparence était retrouvée face à des contraintes dans cette époque, vu l'absence de flexibilité, le problème de la structure aussi de modernisation de câblage et même à cette période, l'indifférenciation entre les espaces de travail et les habitations a augmenté, ce qui a donné naissance aux immeubles haussmanniens (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau*).



Figure II-15: l'immeuble de bureau « les horizons » à Paris (Source : <https://conseils.xpair.com>).

✓ Le 20^{ème} siècle :

Ce siècle est caractérisé par ces tours de bureau et les grattes ciel riches en matière d'architecture, sachant que aux états unis, les premiers immeubles de bureau ont été conçus en influençant sur l'architecture moderne par leur hauteur qui s'étalent jusqu'à 79m, par contre en Europe (Paris, Barcelone, Londres...), ils s'intéressent beaucoup plus à la modernité et comment construire de plus modeste en respectant l'environnement par la baie de développement durable. Cette tendance est faite développer dans les autres pays par le baie de la haute qualité environnementale (HQE) (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau*).

II.3.2.1 Evolution de la conception architecturale des espaces de bureau :

✓ Jusqu'à 1900 :

Au début, le confort thermique et visuel n'a pas été assuré que grâce à la ventilation et l'éclairage naturel parce que les bureaux sont conçus avec une faible profondeur, mais avec l'agrandissement de ces derniers, l'électricien est devenue le responsable qui s'occupe de l'amélioration de la ventilation et de l'éclairage (*source : Gratia & De Herde, 2006*).

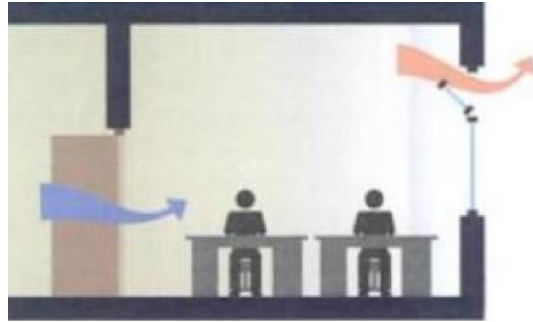


Figure II-16: La conception des bureaux dans les années 1900 (*Source : Gratia, De herde, 2006*).

✓ Jusqu'à 1960 :

Le système d'ouvrir à l'extérieur par des larges baies vitrées, et le choix d'une orientation sud-ouest pour dans la conception de ces immeubles a causé un effet de surchauffe, ce qui a fait appeler à une augmentation de la climatisation, et aussi ça a influencé sur les types des espaces intérieurs et leurs relations avec l'extérieur, car ils ont perdu leurs vus vers la nature (*source : Gratia & De Herde, 2006*).

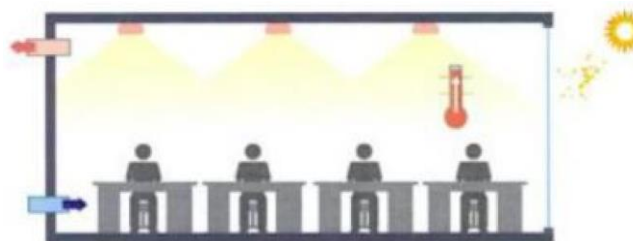


Figure II-17: L'utilisation des façades largement vitrées en 1960 (*Source : Gratia, De herde, 2006*).

✓ A partir 1980 :

Dans cette période, la surchauffe est créée par le grand recours aux équipements et matériels informatique et aux dispositifs nouveaux (faux plafonds, planchers, cloisons légères...), qui encouragent l'effet de serre et la consommation confédérale de l'énergie (*source : Gratia & De Herde, 2006*).

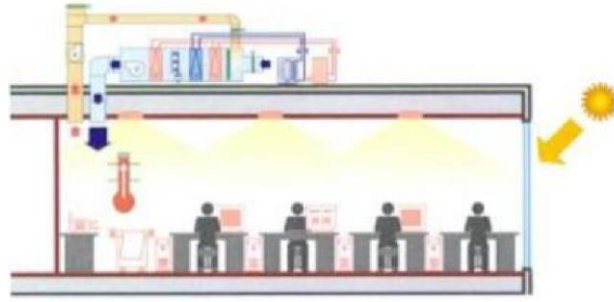


Figure II-18: Le recours aux équipements techniques pour avoir plus de confort

(Source : Gratia, De herde, 2006).

✓ A notre jour :

Avec le sujet d'actualité « le développement durable », l'objectif visé par les concepteurs est de créer des immeubles confortables avec un minimum de consommation de l'énergie, et cela en faisant appel à la ventilation naturelle ainsi que l'éclairage naturel (Gratia, De herde, 2006).

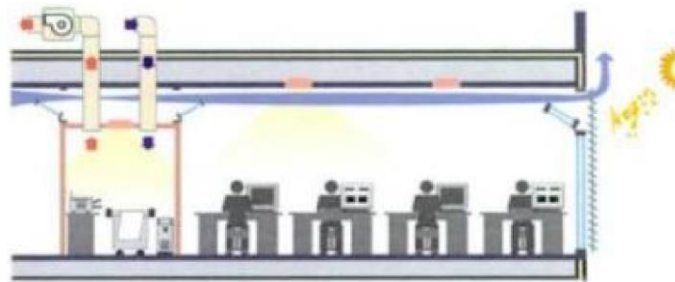


Figure II-19: L'amélioration des espaces de travail par la pratique du développement durable

(Source : Gratia, De herde, 2006).

II.3.2.2 Les types des bureaux :

On distingue 4 types de bureaux :

II.3.2.2.1 Le bureau cloisonné :

Sont les premiers types d'espaces de travail qui se rassemblent à des salles de classe fermées par des parois opaques, ou la conversation n'est pas facile entre les travailleurs, cela est renforcé par l'organisation de bureau qui isole chaque occupant de l'autre afin de lui permettre une bonne concentration pour effectuer ses tâches (ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.16).

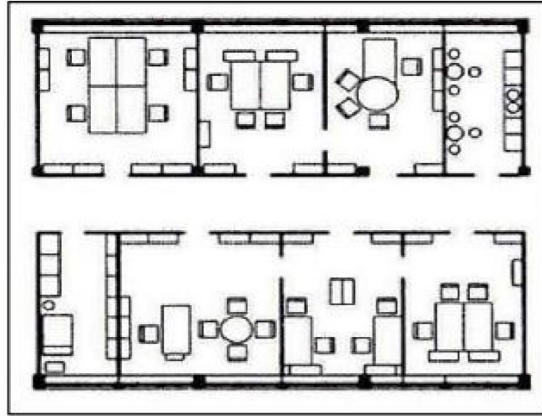


Figure II-20: Bureau cloisonnés ou cellule de bureaux (Source : Neufert 10eme éd)

II.3.2.2.2 Le bureau paysager :

Inventé en 1958 par les frères Schenelle qui ont créé le premier bureau paysager à Mannheim en Allemagne pour la société Borhinger, cette initiative est venue comme réaction contre les bureaux cloisonnés, donc ce type d'espace offre sont délimités par un aménagement de mobilier et des plantes vertes, ce qui donne la possibilité de communiquer entre les travailleurs, et les permet de s'implanter chacun selon l'activité qu'il exerce et selon la nécessité de travailler avec ses voisins en gardant la visibilité entre eux. Le but dans la manière d'organiser ce bureau est de créer un espace où la transparence, la flexibilité, la visibilité et même la circulation entre les travailleurs doivent être respectées (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.17*).

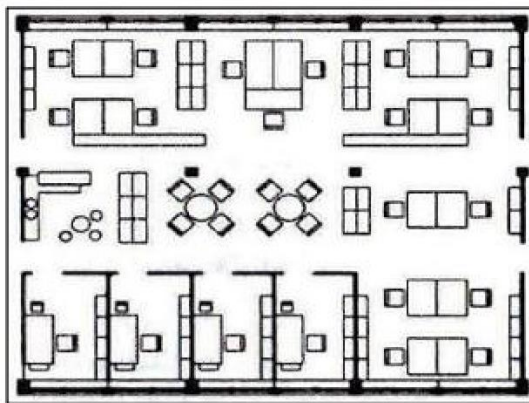


Figure II-21: Bureau paysager ou Office landscape (Source : Neufert 10eme éd).

II.3.2.2.3 Le bureau collectif :

Après avoir perdu les vrais principes du bureau paysager à travers le temps, d'importants changements ont été marqués sur les espaces de travail, qui sont devenus plus accueillants pour les personnes.

avec une toute petite surface, les arbres qui existent avant dans le bureau paysager sont remplacées par des armoires... Cette évolution a donné naissance à un nouveau type de bureau qui est « le bureau collectif », ce dernier est une salle collective, partagées entre un nombre de personnes (entre 04 à 15 postes), et elle est demandée pour exercer quelques activités qui nécessitent une coordination entre les travailleurs comme la création, la mise en forme, la coordination et les activités de développement (ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.17).

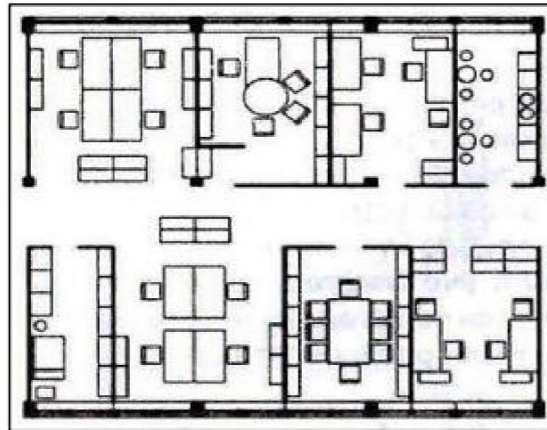


Figure II-22: Bureaux collectifs (Source : Neufert 10eme éd)

II.3.2.2.4 Le bureau mixte :

Apparu dès la fin des années 1980, c'est une initiative qui vise à faire rassembler les avantages des deux types de bureaux (paysager et cloisonné) afin de faire ressortir un espace différent avec des formes variées d'aménagement qui vont avec toutes formes de travail et aussi avec toutes phases des employés, cette organisation spatiale qui consiste à la séparation des espaces de travail chacun de l'autre par des cloisons vitrées, permet aux occupants de travailler en concertation avec une possibilité de communiquer entre eux (ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.18).

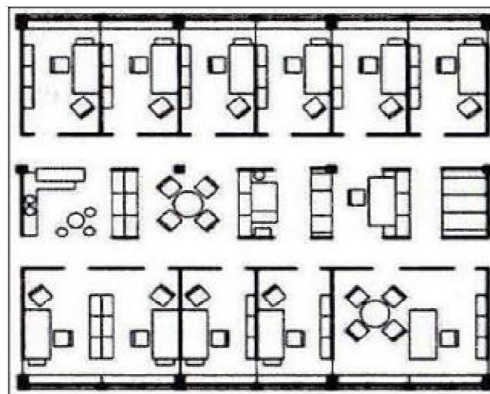


Figure II-23: Bureaux mixtes (Source : Neufert 10eme éd).

II.3.2.3 La standardisation de l'espace de travail « du bureau au poste de travail » :

Cette action vise à rationaliser les espaces de travail, en diminuant la surface par m² réservée pour chaque employeur afin de gagner des surfaces. Cette initiative a été prise en considération après des constats faits sur des bureaux pendant les années 1990, où ils ont trouvé que ces espaces restent pour la plus part du temps de la journée vides, vu que les propriétaires sont des travailleurs donc ils passent leurs temps dans des réunions, des sorties de travail... Pour cela des décisions sont prêtes, qui s'agissent de faire comme première étape baisser les ratios de surface appropriés pour chaque personne (par exemple en 1998, la surface utile par un individu est 20 à 25 m², en 2004, cette dernière est diminuée, elle est devenue 12m²), comme deuxième étape, faire encourager et généraliser le bureau ouvert ou paysager (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.22*), comme nous allons les sociétés des secteurs de l'informatique, de communication et de conseil qui voient l'intérêt de créer de nouveaux modes de fonctionnement (les postes non attribués veut dire occuper des postes selon un ordre d'arrivée, les bureaux partagés ou encore absence totalement de bureaux veut dire ne fait appel au poste de travail qu'on cas de besoin), et pour approfondir dans cette approche, nous allons l'exemple de siège social d'Accenture, Paris 13, où le concept de bureau n'existe plus, sa philosophie se base sur la location des postes pour une période du temps, et vers la fin de cette durée, le loue doit ramasser tous ces affaires personnelles. (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.24*).

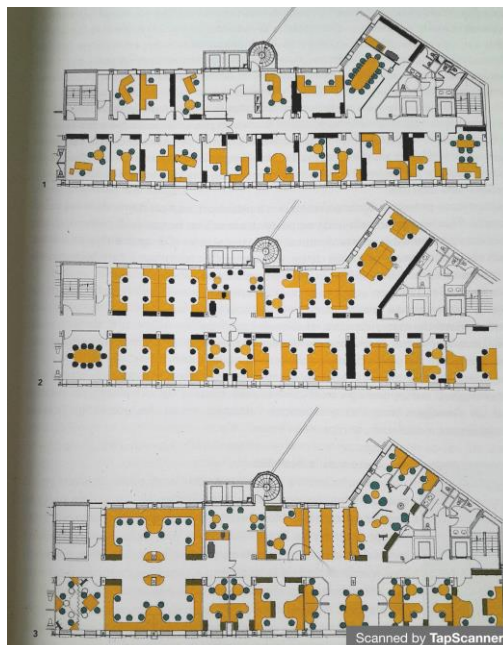


Figure II-24: le ratio de surface en m² par personne pour un étage type (source : *ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.23*).

Dans un même étage et même surface, nous trouvons des ratios d'occupation différents (*source : AOS France, rapport « espace tertiaire : connaître et réduire les mètres carrés inoccupés », 30 septembre 2004*).

- 20 personnes réparties dans des bureaux cloisonnés « 1 » ;
- 46 personnes regroupés par postes de quatre réparties dans des bureaux ouverts « 2 » ;
- 80 personnes sur 48 postes non attribués « 3 ».

II.3.2.4 Les types d'organisation des espaces de travail :

Quatre grandes manières d'organiser un espace de travail sont discernées par le grand architecte et président de DEGW « **Francis Duffy** », qui sont appelés comme suit : la ruche, la cellule, la tanière et le club (*ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.25*).

II.3.2.4.1 La ruche :

Ce mode est utilisé beaucoup plus dans des entreprises, des administrations, banques... Il encourage le travail individuel dans des bureaux ouverts mais à la traditionnelle avec un niveau d'autonomie bas.

II.3.2.4.2 La cellule :

Concerne en gros les travailleurs qui ont un planning de travail chargé (généralement les chercheurs, juristes, professions...), veut dire ils passent la plupart de leur temps dans leurs bureaux individuels fermés avec un niveau haut d'autonomie.



Figure II-25: La cellule (*source : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.26*).

Ces images montrent des bureaux à New York « Duffy office », qui varie selon la typologie d'une cellule.

II.3.2.4.3 La tanière :

Réservé pour le travail sur un projet commun réalisé par un groupe de personnes (comme les presses, médias...) dans un espace ouvert avec un taux moyen d'autonomie.



Figure II-26: La tanière (source : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.26).

Les deux photos montrent une autre manière d'interprétation de la « Tanière », aux Etats- Unis ; Hariri et Hariri, 2001, au sein d'un espace collectif chaque programmeur bénéficie d'une intimité (ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.26).

II.3.2.4.4 Le club :

Ce mode d'organisation se diffère des autres, celui-ci renforce le travail avec un niveau d'autonomie très haut et une grande concentration selon un planning libre, et ce travail peut être fait chez l'employeur dans sa maison, comme au bureau qui pourrait être privatif et collectif (par exemple les sociétés d'informatique, les secteurs de publicité et de communication...).



Figure II-27: Le club (source : ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.27).

Cette photo illustre l'esprit de club, en Allemagne, au sein d'un vaste plateau paysager avec une chaleureuse atmosphère, une bibliothèque avec des fauteuils et des tables plus classiques aussi confortables (ELEZABETH PELEGRIN GENEL, 25 espaces de bureau, p.27).

Ces quatre modes d'organisation élaborés par Francis Duffy sont des types traditionnels qui sont employés par différents secteurs avant et qui sont aussi au cœur d'utilisation, mais renforcés par des tendances d'aménagement.

II.3.2.5 Les modes d'aménagement d'un espace de travail :

Le mode d'aménagement d'un espace de travail est lié principalement à la fonction qui s'exerce dedans, dont nous distinguons deux grands modes : le travail individuel et le collectif (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL**, 25 *espaces de bureau*, p.26).

II.3.2.5.1 Le travail individuel :

Ce type de travail nécessite un aménagement selon un espace cloisonné qui devient de plus en plus vitré, ce qui influence positivement sur l'éclairage dans les couloirs appropriés comme des lieux de rencontre, cet espace délimité opte à accueillir un nombre des employés limité (de 2 à 4), partageant un poste (généralement autour d'une table rectangulaire), ce qui donne que les travailleurs se réclament sur l'absence de concentration et de confidentialité (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL**, 25 *espaces de bureau*, p.26).

II.3.2.5.2 Le travail collectif :

Comme il est connu avant, un travail collectif est celui qui est fait lors des réunions, et elle vient comme grande tendance la variété des salles de réunions accueillant de larges dispositifs de mobiliers (tables hautes aussi basses, fauteuils, canapés...), et organisées en plusieurs postes individuels permettant la communication et l'échange entre les occupants (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL**, 25 *espaces de bureau*, p.27).

II.3.2.6 Cloisonnement et transparence :

Vu que les sociétés anciennes sont plus attachées au travail individuel, donc les cloisons qui délimitent leurs espaces de travail sont conçues avec des matériaux durs et sans ouvertures, mais avec les innovations technologiques, le développement des sociétés et surtout avec la recherche de la flexibilité, ces cloisons sont devenues mobiles puis peu à peu vitrées, qui permet une continuité visuelle et une lumière naturelle dans ce type d'espace (**ELEZABETH PELEGRIN GENEL**, 25 *espaces de bureau*, p.30).



Figure II-28: *espace de travail avec des cloisons transparente et mobiles*

(Source : www.espace-cloisons-alu.fr).

II.3.2.7 La lumière et le confort visuel dans les immeubles de bureaux « espace de travail » :

Dans les espaces de travail, plusieurs types d'activités y s'exercent, et elles nécessitent de la vision qui est possible à travers des valeurs de luminance différentes, assurant à la fois une bonne visualisation dans des conditions de confort visuel, et un éclairage qui donne à notre bureau un caractère agréable et confortable (*Floru, 2016*).

Tableau II-3: les valeurs d'éclairage minimales dans quelques espaces (*source : Floru, 2016*).

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

Les activités professionnelles sollicitent une telle quantité même qualité de lumière qui permet à l'employeur d'exercer ses tâches efficacement sans fatigue et avec sécurité, et quelques valeurs d'éclairage selon quelques types d'activités recommandées par l'Association Française de l'Éclairage (AFE) sont montrées dans le tableau qui suit :

Tableau II-4: quelques valeurs d'éclairage intérieurs recommandées (*source : Saadi, 2017*).

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

II.3.2.8 Proportion de la tâche visuelle :

C'est une valeur liée à l'œil humain et sa distance par rapport à l'objet perçu, donc elle est mesurée à travers une formule mathématique menée par des chercheurs (*Eden, 1986*),

II.3.2.9 Confort thermique première étape clé de bien être :

Une grande importance doit être accordée au confort thermique lors de la conception des espaces de travail, car c'est l'élément clé qui crée le bien être des travailleurs qui vont devenir

beaucoup plus productifs si ils se trouvent dans un espace confortable ou ils se sent à l'aise vis à vis des conditions thermiques (assurer une température stable et confortable tout au long de l'année soit grâce à un système d'isolation thermique par l'emploi des matériaux isolants, ou aussi avec l'aide des différents appareils de chauffage ou de climatisation) (*Humphreys, 2011 ; jacques, 2013 ; Demilly, 2014*), et non stressants surtout avec une présence de paysage naturel (comme la verdure, la faune et l'océan) (*Source : incidence du design biophilique sur les espaces de travail, HUMAN SPACE*) p.19), donc dans les immeubles de bureaux, les façades qui assurent une continuité avec l'extérieurs grâce au matériaux utilisés tel que le verre, sont préférable.

Conclusion :

Dans ce deuxième chapitre, nous avons parlé sur un type d'espace très important, qui sont les immeubles de bureaux, plus précisément les espaces de travail, et à partir de lequel, nous avons pu conclure que le comportement et le bien-être sont les deux concepts liés à l'environnement dans lequel nous évoluons, et la satisfaction des différents paramètres qui créent un entourage confortable est très importante. Pour cela, il est demandé avant de concevoir ces espaces de faire évaluer toute notion qui rentre en jeu afin de comprendre son impact sur les occupants. Donc il est primordiale de créer une certaine relation entre les utilisateurs et l'espace que nous leur offrons, ceci est possible avec le respect des différents paramètres qui rentrent qui influencent directement sur la satisfaction des employés en premier, et leur degré de productivité ensuite, sachant qu'une bonne température, des vues vers l'extérieur, le bon choix des matériaux même des façades, une lumière optimale et aussi un aménagement qui s'adapte avec les intérêt et le gout de l'occupant sont les principales facteurs qui rentrent en jeu et qui sont capable de favoriser une ambiance créative, confortable et surtout propice au travail.

PARTIE PRATIQUE :

CHAPITRE III :

*Présentation du cas d'étude et de la
méthodologie de la recherche.*

III. Etude empirique :

Introduction :

Dans le but d'étudier l'influence des différents éléments (matériaux de construction, dispositifs architecturaux, les ouvertures, types de façades...), sur le confort thermique et visuel dans les espaces de travail, et afin de comprendre la source des degrés élevés de la productivité des employés au sein de leurs bureaux, nous avons opter dans ce chapitre à une etude qui nous permet à la fois dans une première partie de présenter nos espaces clé visé par notre recherche qui sont les bureaux qui constituent notre bloc des enseignants qui se situe à l'université de Bejaia, comme présenter aussi le contexte climatique cette ville « Bejaia », ou il est localisé notre cas. Ensuite dans ce chapitre, nous avons aussi une deuxième partie composée de deux étude, chacune complète l'autre, la première ; s'agit d'une etude empirique in situ, faite sur place à l'intérieur de notre immeuble, ou nous avons fait des prises de mesures pour l'éclairage, ceci afin d'évaluer le confort visuel dans ce dernier.

Cette étude ne s'arrête pas dans un seul paramètre, mais nous avons aussi pu faire une évaluation initiale de confort thermique, après avoir sélectionner les matériaux de construction employés dans l'enveloppe de notre bâtiment, et faire une évaluation avec un logiciel « Ubacus » afin de détecter la capacité de ces matériaux d'assurer une bonne isolation thermique. Tandis que la deuxième partie, elle représente une etude qualitative par le baie d'un « questionnaire », qui vient pour compléter nos prises de mesure, et consolider nos résultats concernant le confort thermique et visuel selon les besoins annoncés par les occupants eux-mêmes, aussi elle va nous permettre de savoir les conditions dans lesquelles un travailleur soit connecté et intégré dans une qualité architecturale ou dans une configuration spatiale à partir de sa volonté et son degré de productivité.

III.1 Présentation du cas d'étude :

III.1.1 Informations générales sur la ville de localisation « Bejaia » :

III.1.1.1 Situation :

La ville de Bejaia aussi appelé anciennement par les français « Bougie », elle est une ville très riche géographiquement par sa situation au centre de la bordure méditerranéenne de l'Afrique du Nord, sur 230 Km de l'Est de la capitale d'Algérie, cette dernière est localisée et implantée au Nord de l'embouchure de la Soummam, sur le versant Sud de la montagne de Gouraya.

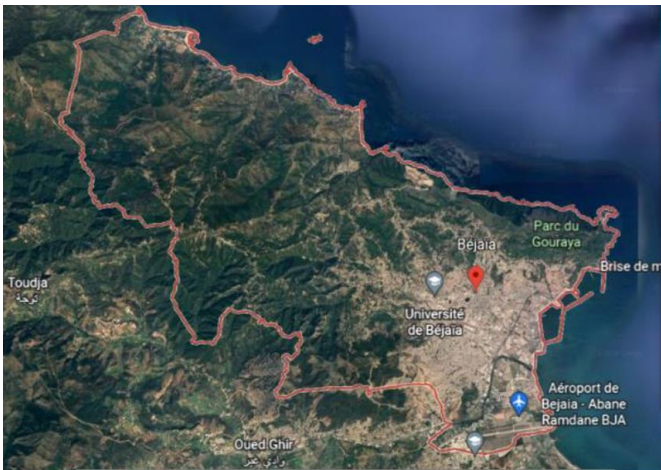


Figure III-2 : Carte illustrant la localisation de la ville de Bejaïa (Source : Google earth).



Figure III-1 : Situation de la ville de Bejaia (source : Institut National De La Cartographie et de télédétection).

La commune de Bejaia est délimitée par :

- ✓ Au nord et à l'est par la mer Méditerranée ;
- ✓ A l'ouest par la commune de Toudja ;
- ✓ Au sud par la commune d'Oued Ghir, Tala Hamza et Boukhelifa.

III.1.1.2 Climat :

Le contexte climatique de la ville de Bejaia est caractérisé par une notion de contraste, celle-ci représente un climat humide méditerranéen, un été qui représente une période douce, sèche et ensoleillé, d'autre part un hiver pluvieux. De ce fait, des facteurs importants qui ont une influence directe sur la transformation climatique font apparaître ; la température, l'ensoleillement et l'humidité et les vents.

Et nous dans notre recherche, nous nous intéressons à l'ensoleillement et aussi aux températures.

III.1.1.2.1 Ensoleillement :

Les graphes se dessous représentent la durée d'ensoleillement et les rayonnements mensuels dans la ville de Bejaia ;

➤ **Juillet** : le plus grand nombre d'heure d'ensoleillement : 11h/jour.

➤ **Janvier** : le plus bas nombre : 4,5 h/jour.

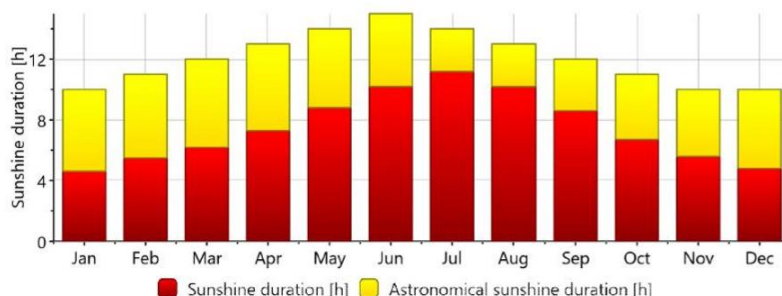


Figure III-3 : Durée d'ensoleillement (source : métronome,2022).

➤ 80Kw/m² rayonnements diffus sur 220Kw/m² des rayonnements globaux en mois de Juillet.

➤ 25Kw/m² sur 60Kw/m² en Janvier.

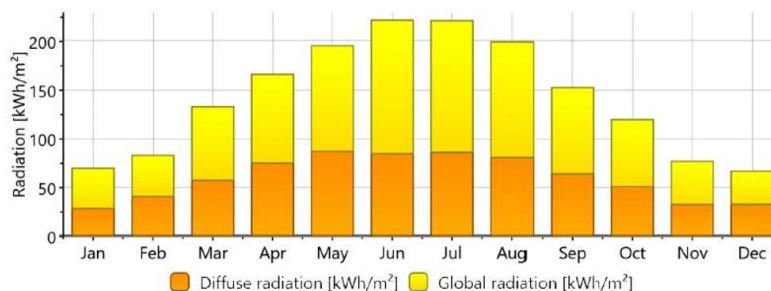


Figure III-4: Rayonnements mensuels (source : métronome, 2022).

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

Tableau III-1 : Heurs d'ensoleillement par mois (Source : <https://www.climatsetvoyages.com>)

D'après le tableau ci-dessus ; nous pouvons dire que le mois qui marque le plus grand nombre d'heure d'ensoleillement durant l'année est le mois de Juillet avec 350h, et le mois le moins ensoleillé est Décembre avec 135h.

Durant toute l'année, le nombre total des heures d'ensoleillement marqué dans la ville de Bejaia est de 2675h.

III.1.1.2.2 Température :

Le graphe ci-dessous représente les deux saisons majeures qui caractérisent la ville de Bejaia :

- ✓ Juin- Octobre : saison chaude qui est marquée par des plus hautes températures atteintes en Aout.
- ✓ Novembre – Mai : saison froide avec des plus basses températures atteintes en Janvier.

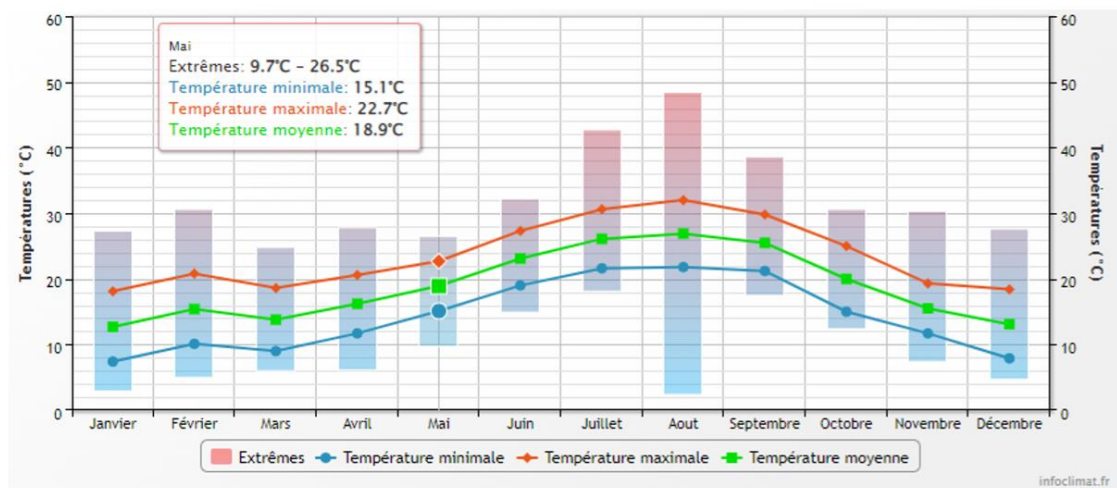


Figure III-5 : Valeurs des températures moyennes mensuelles (source : infoclimat.fr)

III.1.1.2.3 Précipitations :

Le graphe ci-dessous représente des valeurs de précipitation durant les 12 mois de l'année ;

- ✓ L'année dans la ville de Bejaia est caractérisée par une période des pluies qui commence à partir d'Octobre jusqu'à Avril.
- ✓ Le moi le plus pluvieux est le mois de Janvier avec une valeur de 115 mm

- ✓ Le moi qui marque la plus basse valeur des pluies est le mois de Juillet (mois sec) avec une valeur de 10mm.

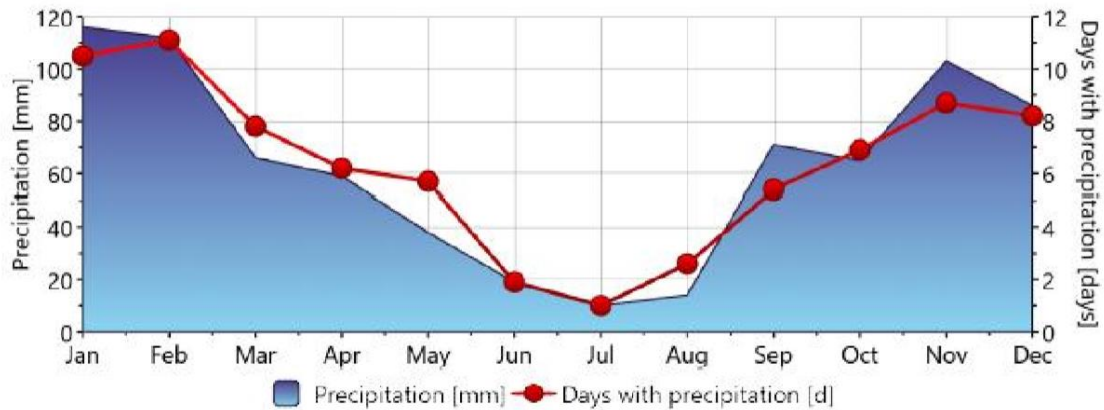


Figure III-6: Graphe de valeurs des précipitations annuelles (source : Métronome, Sd)

III.2 Présentation de Cas d'étude :

Dans notre recherche nous avons comme objectif la satisfaction des employés plus précisément des enseignants dans leurs espaces de travail en terme du confort thermique et visuel qui sont les deux liés à l'ensoleillement et aux rayons solaires, donc afin d'optimiser un éclairage uniforme indispensable pour les différentes activités exercées par cette catégorie toute en évitant l'effet du surchauffe et d'éblouissement aussi en assurant un confort thermique psychologique, nous avons choisi le bloc des enseignants « 200 bureaux » afin d'évaluer et d'étudier l'influence de l'orientation et l'emplacement de quelques dispositifs architecturaux sur la température et l'éclairage intérieurs des espaces de travail.

Donc notre choix de ce cas d'étude est fait selon des objectifs visées à être atteintes :

- ✓ Etudier et comprendre le fonctionnement de cet immeuble, pour faire ressortir ses manques et ses inconvénients.
- ✓ Vérifier la qualité d'éclairage intérieur ; si elle permet aux enseignants d'effectuer leurs tâches dans des bonnes conditions.
- ✓ Le bloc est équipé de plusieurs murs rideaux, donc notre choix va nous permettre d'évaluer l'influence de ces murs et vérifier s'ils ne provoquent pas un inconfort thermique à l'intérieur des bureaux.
- ✓ Faire ressortir l'impact de type d'ouverture et sa dimension sur le confort thermique et visuel dans un espace.

III.2.1 Fiche technique :

Projet : Bloc des enseignants « 200 bureaux ».

Situation : Université A-Mira Bejaia « Compus Targa Ouzemmour ».

Surface du terrain : 5400m².

Surface du bâtiment : 1226m².

CES : 0,22.

Nombre de niveaux : 05 étages.

Organisation des espaces :

Entresol : centre de santé.

Rez de chaussée : 36 bureaux + (02) réceptions+ (02) salles d'attente+ Salle multimédia+ Local technique+ hall+ sanitaires.

Etage 01 : (36) bureaux + hall + sanitaires + (02) salles de réunion.

Etage 02 : (38) bureaux + hall + sanitaires + (02) salles de réunion.

Etage 03 : (38) bureaux + hall + sanitaires + (02) salles de réunion.

Etage 04 : (28) bureaux + hall + sanitaires + (02) salles de réunion.

Etage 05 : (24) bureaux + hall + sanitaires

Maitre d'ouvrage : DLEP Bejaia.

Maitre d'œuvre : BET SEFACENE.



III.2.2 Situation et accessibilité :

Ce bloc des enseignants se situe à

L'université A-MIRA de Bejaia

Campus « Targa Ouzemmour », il

S'inscrit dans un tissu Urbain.



Figure III-7: plan de situation du bloc des enseignants (source : Google earth).

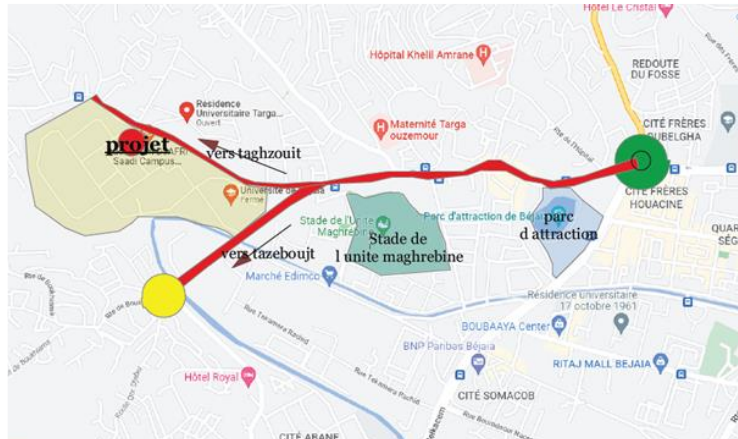


Figure III-8 : plan d'accessibilité au projet (200bureux) université Bejaia (source : Google Maps).

Le cas d'étude est accessible à partir d'un carrefour qui s'appelle : « Carrefour Aamriw », au moyen de la rue Boukhiama qui dessert deux vois secondaires : une mène vers Taghzout et l'autre vers Tazeboujt.

III.2.3 Description du projet :

Le projet est implanté au sein de l'un des Compus de l'université de Bejaia « campus Targa Ouzemmour », il représente un bloc de 5 étages avec un entre sol, constitué d'un mélange de volumes simples parallélépipédiques et cylindriques pour les décorations au niveau des façades.

Cet immeuble est d'une forme fragmentée avec pleins de décrochements, ce qui détermine par son orientation et implantation qu'il est accompagné par des apports solaires, des vues, d'une ventilation naturelle mais aussi ça augmente ses déperditions thermiques et énergétiques.

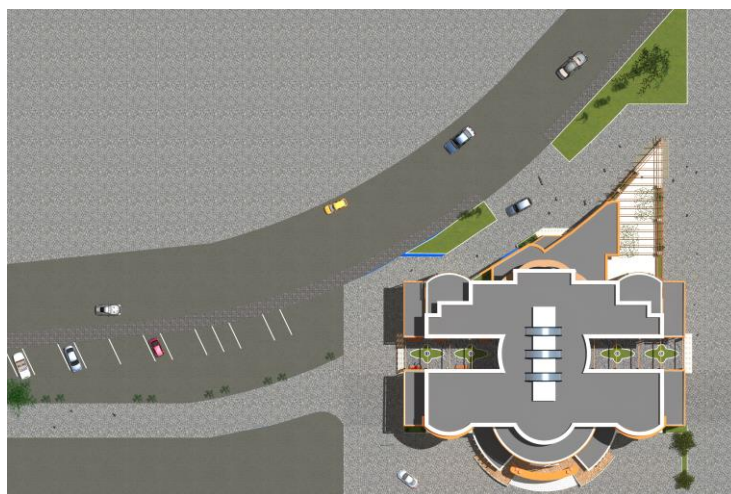


Figure III-9: la volumétrie du bloc des enseignants (source : BET SEFACENE).

III.2.4 Orientation et façades :

Le bâtiment se situe dans la ville de Bejaia qui une ville côtière caractérisée par un climat humide et chaud, ce dernier dotée d'une orientation Sud de sa façade principale laquelle est marquée par une entrée emblématique mise en valeur par un escalier monumental.

Dans notre cas d'étude, les espaces sont conçus avec une linéarité et orientés dans tous les côtés, mais la façade principale est la seule qui assure un éclairage satisfaisant avantageux en hiver, mais à voir son influence sur le confort d'été car elle peut causer un effet de la surchauffe à l'intérieur des espaces qui se situent sur cette ligne Sud. Alors que les autres orientations telle que celle Ouest, elle est la plus exposée aux rayons solaires qui arrivent dans la période la plus chaude de la journée.



Figure III-10 : les différentes façades de bloc des enseignants de Compus Targa Ouzemmour (source : auteur, 2023).

- **Types d'ouvertures :**

Les façades de « 200 bureaux » sont caractérisés par une variété dans leurs traitements, et marquées par des orientations différentes et emplacement des différents types d'ouvertures.

Un pourcentage de 30 % représentant le vitrage des murs rideaux (double vitrage), sachant que cette exagération dans ce pourcentage provoque des contraintes telle que l'air froid qui est pénétré grâce aussi les rayons solaires surtout pour les façades Est, Ouest et Nord, car celle Sud est préférable d'avoir une telle façon d'ouvrir pour capter de l'énergie en Hiver.

Les fenêtres dans cet immeuble sont placées avec une ignorance totale des dispositifs de protection contre les rayons solaires gênants et aussi sans penser aux processus d'entretien ni à l'intérieur ni à l'extérieur.

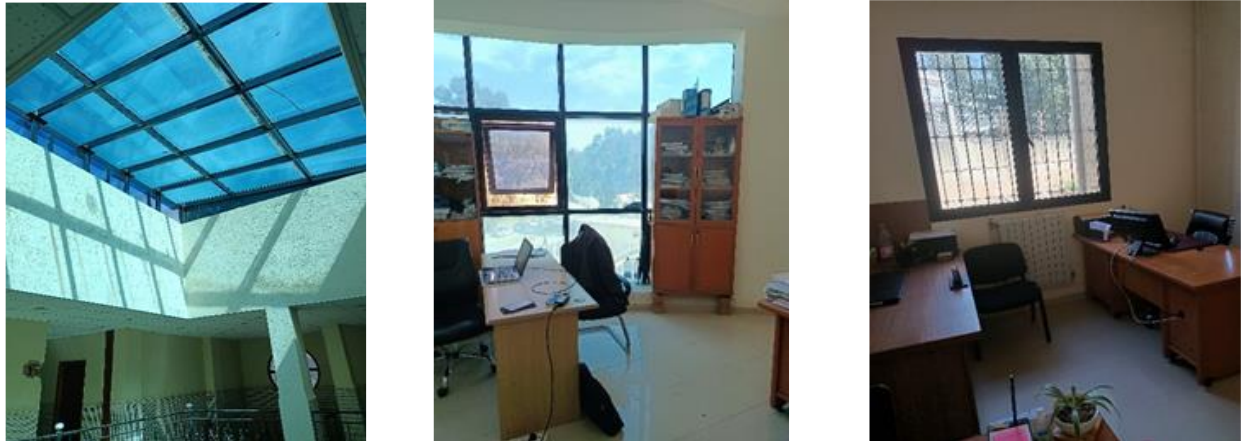


Figure III-11 : les types d'ouvertures dans l'immeuble des enseignants (source : auteur, 2023).

Trois types d'ouvertures sont utilisées dans l'immeuble des enseignants :

- ✓ Les espaces de travail sont ouverts au moyen soit d'une fenêtre simple
- ✓ Ou par des mus rideau.
- ✓ Patio avec une verrière en haut.

III.2.5 Analyse spatiale conceptuelle :

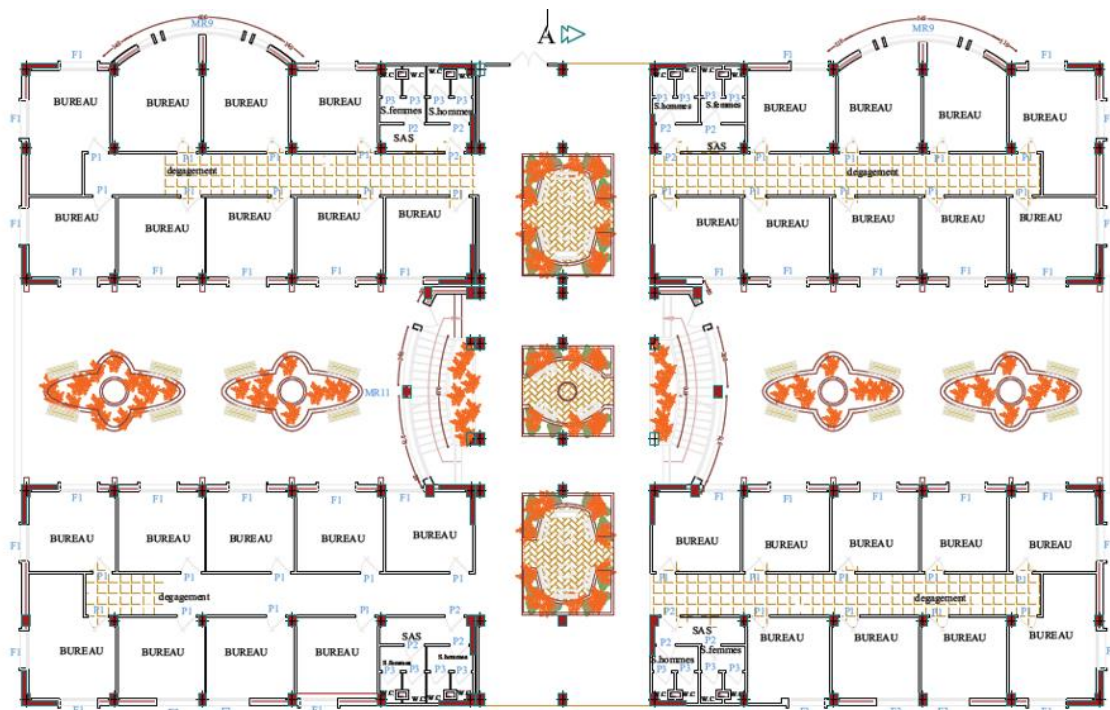


Figure III-12: Plan RDC de l'immeuble (source : BET SEFACENE).

D'après ce plan, nous pouvons dire que le bâtiment a un plan de qui rassemble des formes rectangulaires simples reliées entre elles par des formes décoratives cylindriques, il est marqué par une simulation parfaite qui continue en élévation.

Pour l'organisation spatiale, le plan de chaque étage est composé de plusieurs bureaux regroupés en quatre parties (petits blocs) réparties symétriquement (dotées chacune des sanitaires) et aussi il y a dans tout niveau 02 salles de réunions.

Un patio éclairé naturellement grâce à une verrière placée dans la toiture occupe le centre du bâtiment.



Figure III-13 : coupe –AA- et les deux salles de réunion par étage de bloc des enseignants de Targa Ouzemmour (source : BET SEFACENE).

Le système constructif de notre cas d'étude est poteau poutres, avec des murs de 30cm composés de deux murettes en brique, une extérieure de 15cm et autre intérieure de 10 cm, séparée l'une de l'autre par une lame d'air de 5cm.

L'étanchéité de la toiture :

- Le toit de l'immeuble est constitué d'une Terrasse
- Inaccessible étanche.
- Présence des plaques de lièges agglomérées de 04cm pour des raisons d'isolation thermiques.
- Pour la protection de l'étanchéité faite par
- L'utilisation de gravillon roulée.



Figure III-14 : l'étanchéité de la toiture (source : auteur, 2023).

III.3 Méthodologie générale de la recherche :

Cette étude consiste la vérification des hypothèses et aussi l'évaluation du confort et bien être des enseignants aux sein de leurs espaces de travail, ceci en faisant référence à l'indicateur du confort thermique (température) et de confort visuel (éclairage).

Pour notre méthodologie suivie, nous avons fait dans un premier lieux une étude empirique, ou nous avons projeté des études sur terrain, sachant que nous avons pris des photos de nos espaces clés afin de les faire passer par un logiciel récent « Aftab Alpha » qui nous traduit ces images en des représentations avec des couleurs signifiantes les différentes valeurs de luminance pour chaque endroit de notre espace, puis pour pouvoir évaluer notre deuxième concert (la température ambiante), nous avons juste fait une petite enquête pour savoir les types des matériaux utilisés dans l'enveloppe externe de notre cas, pour faire une évaluations grâce à (Ubacus), un site qui s'agit de créer un compte et insérer nos données pour avoir ensuite le résultats, et ce choix fait sur base de la présence des chauffages dans les bureaux de notre cas, ce qui nous a empêcher à faire des mesures sur terrain. Et dans un troisième dernier lieux, nous avons essayé de faire inscrire et exploiter l'avis des usagers de nos espaces, par moyen d'une enquête faite par un questionnaire publié pour un échantillon d'enseignants, qui ont donné leurs avis qui nous ont permet d'évaluer leur degrés de satisfaction vis-vis le confort interne(thermique et visuel), mais aussi par notre questions nous avons visé l'évaluations de la configuration spatiale et les types d'aménagement employés dans nos cas, et faire ressortir à quel point les occupants sont intégrés dans leurs qualités architecturales offertes.

Après avoir terminé le travail sur terrain, nous avons eu des résultats qui représente une seule journée, qui est notre journée choisie pour la prise de mesure, et pour pouvoir généraliser ces dernières pour toutes les journées de l'année, nous avons fait appel à de différentes simulations ; celle de l'éclairage et aussi thermique faite grâce au logiciel « Archiwizard », et aussi celle de la « Space Syntax » grâce à « depthmapX ».

III.3.1 Etude empirique :

Nous avons effectué des mesures et des calculs de ces deux paramètres en utilisant des instruments déferents et des logiciels récents afin de faire ressortir des variables et des recommandations en matière de satisfaction des occupants vis-à-vis l'ambiance intérieure offerte par plusieurs dispositifs architecturaux telle que les ouvertures et les matériaux.

III.3.1.1 Période de prise de mesure :

Scientifiquement parlant, la période de prise de mesure sont celle qui marquent le début de chaque saison, veut dire le « design week » et le « design day » sont déterminés et sélectionnés comme suivant :

- Entre le 18 et le 24 décembre 2022.
- Entre le 17 et le 23 mars 2023.
- Entre le 17 et le 23 juin 2023.

Et nous vu l'indisponibilité du temps pour notre recherche, nous avons choisi le (/03/2023) : une journée où le ciel est clair avec soleil, afin de pouvoir étudier l'influence de la pénétration des rayons solaires par moyen des ouvertures et des dispositifs architecturaux sur le confort intérieur.

III.3.1.2 Protocole de prise de mesure :

III.3.1.2.1 Pour l'éclairage :

Il consiste à tester notre cas d'étude dans une journée à ciel clair avec soleil, pour avoir des résultats fiables en ce qui concerne l'éclairage naturelle et l'ensoleillement, ce test est effectué en trois périodes de la journée : 09h du matin, 12h et 15h après midi ; elles sont les trois heures qui marquent la course du soleil pendant une journée.

Pour le bon déroulement de la prise de mesures, l'opération doit être faite avec un éclairage naturelle en l'absence d'éclairage artificiel et aussi sans protections solaires, et pour la méthode suivie, elle consiste à prendre des photos des espaces choisis en fonction de la position des ouvertures, et les photos prises sont en format JPEG, elles nécessitent d'être converties en format HDR sur le site <https://convertio.co/fr/>. Pour pouvoir les traiter sur le logiciel « Aftab Alpha ».



Figure III-15 : logiciel Aftab-Alpha et le site convertio (source : <https://convertio.co/fr/>)

➤ **L'outil de prise de mesure :**

Il s'agit d'un téléphone « Samsung Galaxy F13 » montré ci-dessous :



Figure III-16 : l'instrument de prise de mesure (source : auteur, 2023).

III.3.1.2.2 Pour le confort thermique :

Vu la disponibilité des équipements de chauffage dans notre cas d'étude, nous n'avons pas pu faire des prises de mesures sur terrain, alors afin de pouvoir étudier la performance thermique des bureaux de travail des enseignants et faire ressortir une vision initiale sur l'ambiance intérieur, Nous avons étudié la composition des parois en faisant référence aux caractéristiques de chaque matériau qui compose cette dernière.

Pour le protocole de prise de mesure, il s'agit de faire créer un compte sur un site qui s'appelle « ubacus », puis créer une composition à notre choix (dans notre cas c'est un mur extérieur), avec notre matériaux choisis lesquels nous avons sélectionné leurs caractéristiques thermiques et même leurs épaisseurs, puis faire lancer une simulation qui va nous permettre de savoir si notre mur assure une bonne isolation thermique ou il nécessite l'ajout d'un isolant.

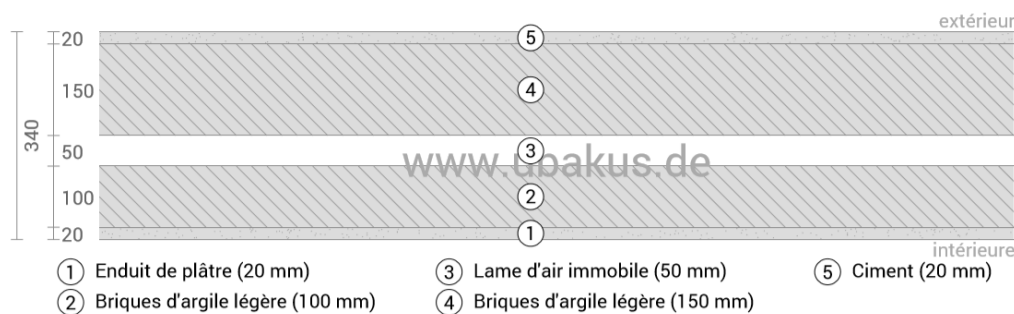


Figure III-17 : coupe schématique de la composition des murs extérieurs de bloc des enseignants (Source : auteur, 2023).

D'après cette coupe, nous pouvons sélectionner les matériaux qui composent notre mur avec leurs épaisseurs :

matériau	Fonction	Epaisseur
Enduit de ciment	Revêtement extérieur	2cm
Brique creuse	Parois extérieur	15cm
Lame d'aire	Lame d'aire	5cm
Brique creuse	Parois intérieure	10cm
Enduit plâtre	Revêtement intérieur	2cm

Tableau III-2: les matériaux de construction utilisés dans l'immeuble des enseignants « Compus Targa Ouzemmour » (source : auteur, 2023).

Pour bien confondre notre étude, des caractéristiques thermiques des matériaux cités au-dessus doivent être mentionnée :

Matériaux/ caractéristiques	Conductivité thermique	Capacité thermique C (J/Kg.K)	Densité D (Kg/m ³)
Enduit de ciment	1,4	1080	2200
Brique creuse	0,48	936	900
Lama d'aire	0,047	1000	1
Enduit du plâtre	0,35	936	1150

Tableau III-3 : les propriétés thermiques des matériaux de construction (source : Document technique réglementaire- fascicule 1, ministère de l'habitat Algérie).

III.3.1.3 Critères de choix des espaces de mesure :

Le cas d'étude est un bloc des enseignants, constitué de plusieurs bureaux, ces espaces réservés au travail sont les espaces clés de notre recherche, donc le nombre de bureaux choisis est 9 bureaux ; (03) dans le RDC, (03) dans le 2eme étage et (03) dans le 5eme étage. Ce choix est fait en fonction de plusieurs paramètres liés au :

a. Confort visuel :

- ✓ La course de soleil et la position de ses rayons ;
- ✓ La hauteur du soleil ;
- ✓ L'orientation des bureaux et plus précisément des ouvertures ;
- ✓ L'emplacement des murs rideaux.

b. Confort thermique :

- ✓ Les types des matériaux ;
- ✓ L'isolation et l'étanchéité ;
- ✓ La composition des parois et de la toiture ;
- ✓ La position des rayons solaires, ainsi que les espaces sélectionnés de préférence leurs situations soient dans un étage intermédiaire.

III.3.2 L'étude numérique par des simulations :

III.3.2.1 Définition :

La simulation numérique est un outil qui s'agit de tester la performance énergétique d'un bâtiment avec son environnement, cela dans le but d'étudier et de d'évoluer son comportement sous l'interaction des différents stimulus internes ou externes afin de comprendre sa réaction vis-à-vis de ces facteurs qui l'influencent. Cette dernière représente un processus qui permet de calculer et de produire sur ordinateur une réalité physique sur la base des données numériques, et les résultats de ce phénomène seront présentés comme s'il était réellement déroulé.

III.3.2.2 La simulation « Space Syntax » :

Cette simulation permet à travers l'organisation spatiale, de déterminer le degré de connectivité des différents espaces, ainsi que leurs intégrations visuelles, ce qui nous conduit à déduire si notre espace simulé est intelligible ou pas grâce aux deux premiers paramètres. Cette dernière nous permet de détecter les espaces ou les occupants ne sont pas très satisfaits vis-à-vis l'emplacement et l'organisation de leurs environnements entourant.

III.3.2.3 La simulation thermique dynamique :

Avec l'application des premières réglementations thermique, cette technique fait apparaître comme moyen de simulation en temps réel en faisant appel à des calculs mathématiques moins chère l'évolution thermique et énergétique des bâtiments face à des conditions climatiques et des caractéristiques thermo physiques des matériaux ainsi que des dispositifs architecturaux. Comme elle peut permettre de cerner les solutions techniques tout en optimisant les conditions du confort et de performance énergétique du bâtiment (ADEM, 2019).

III.3.2.4 Choix de logiciel :

III.3.2.4.1 Pour la « Space Syntax » :

Pour réussir à faire notre simulation, nous avons utilisé une application installée sur notre ordinateur, et qui s'appelle « **depthmapX** », elle nécessite pas une installation obligatoire, cette dernière nous permet d'avoir des bons résultats et efficaces en ce qui concerne la connectivité des

espaces intérieurs et leur intégrations en fonction de leur disposition spatial, ceci est possible à partir de l'analyse du plan qui doit être dessiné avec des poly lignes fermés enregistrés sous format « dxf » et importés ensuite vers notre logiciel de simulation.

III.3.2.4.2 Logiciel de simulation thermique et d'éclairage « Archiwizard » :

Archiwizard est un logiciel software spatialisé professionnel dans plusieurs domaines, parmi lesquels nous nous intéressons au thermique et visuel ainsi énergétique, développé par la société française GRAITEC.



Figure III-18 : Logiciel employé dans la simulation thermique dynamique « Archiwizard »

(Source : www.esoftner.com).

Cet outil permet de simuler et démontrer la qualité énergétique d'un bâtiment d'une manière successive dès les premières étapes de son esquisse jusqu'en arrivant à la fin de son cycle de vie, en passant par les différentes étapes de sa conception ou aussi de rénovation. Ceci est fait en associant ce dernier avec un autre logiciel qui permet de modeler le projet à analyser en 3D facilement.

III.3.2.4.3 Logiciel de dessin de poly ligne et de modélisation « Archicad » :

Archicad est un logiciel qui est utilisé en architecture, il est développé par la société « Graphisoft », de groupe allemand « Nemetschek ».

Archicad fait partie des logiciels d'architecture développés par la société hongroise Graphisoft, du groupe allemand Nemetschek, dont sa particularité réside dans le fait de permettre de modéliser facilement un bâtiment en 3D puis d'établir les différents documents nécessaires à sa construction. Ce logiciel fait partie des logiciels BIM grâce à l'intégration de toutes les disciplines dans son outil de maquette numérique intelligente, mais aussi grâce à son nouveau concept de Virtual Building.

Ce logiciel nous offre également la possibilité de sauvegarder le travail sous divers formats tels que : dwg, dxf, skp, obj, IFC, etc.

III.3.2.5 Les étapes de la simulation « Space Syntax » :

- **Etape 01** : redessiner le plan choisi à simuler avec des poly lignes fermés :

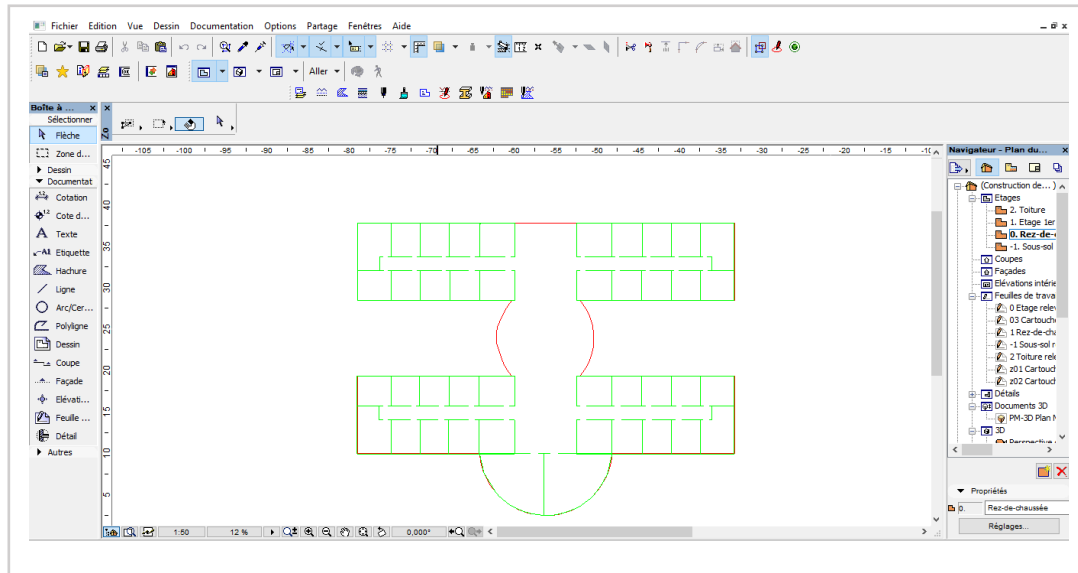


Figure III-19 : Plan redessiner avec les poly lignes (source : auteur, 2023).

Cette première étape consiste à redessiner avec des polys lignes notre plan (qui est le plan de RDC, vu que tous les étages de notre cas d'étude ont le même plan et la même organisation, donc nous avons choisi un seul pour faire notre simulation), à l'aide d'un logiciel de CAO qui est « Archicad ».

- **Etape 02** : Enregistrer nos poly lignes sous format « dxf » :

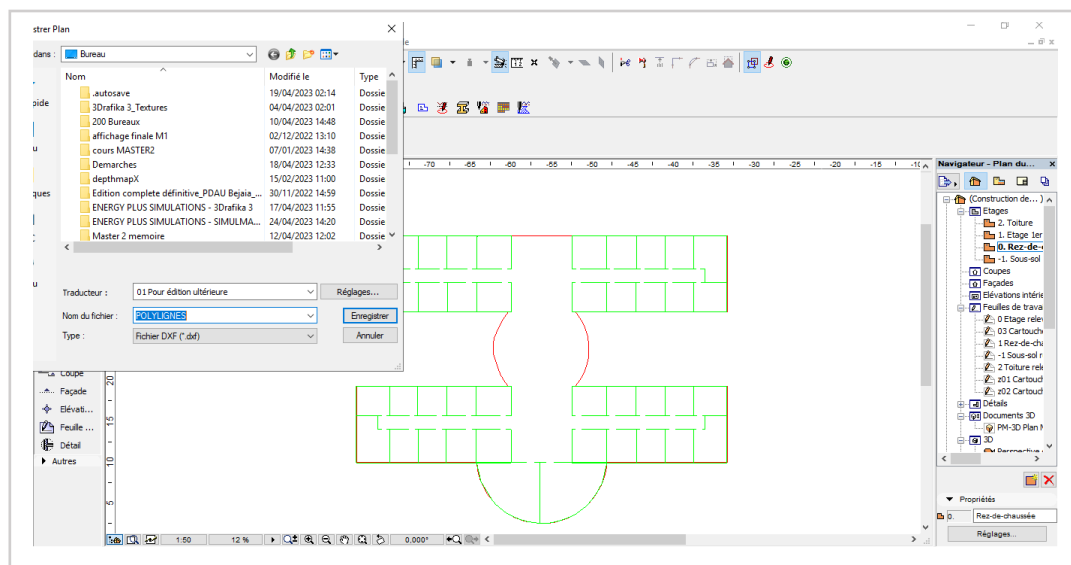


Figure III-20 : Enregistrer les poly lignes obtenu sous format « dxf » (source : auteur, 2023).

Cette format d'enregistrement « dxf » est choisi selon le logiciel de simulation, car elle est demandée pour importer facilement le plan.

➤ **Etape 03 :** ouvrir le logiciel et créer une nouvelle surface de travail

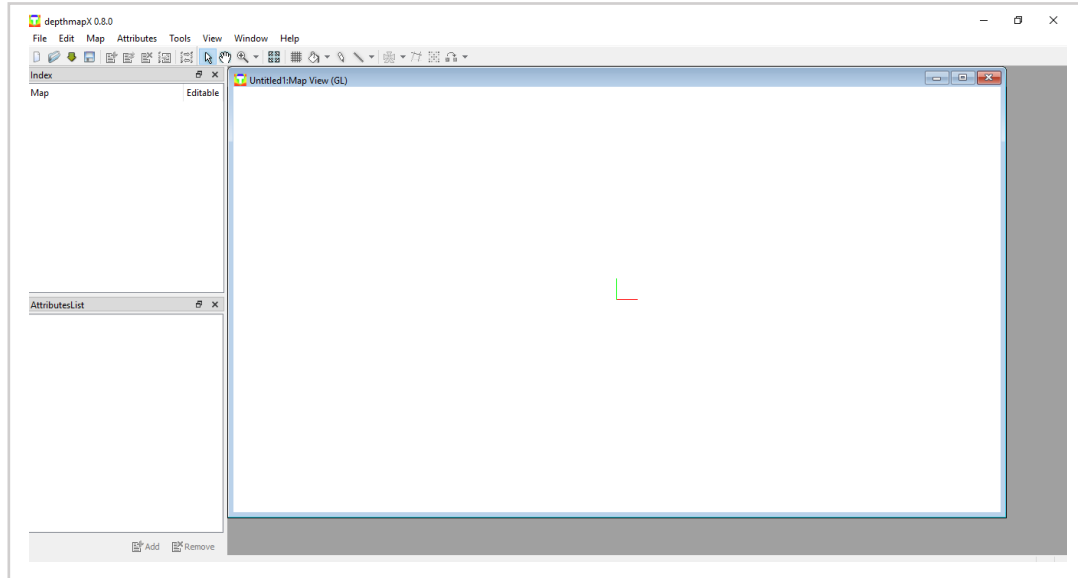


Figure III-21 : L'interface de notre logiciel de simulation (source : auteur, 2023).

➤ **Etape 04 :** Importer notre plan et créer une grille pour commencer le travail :

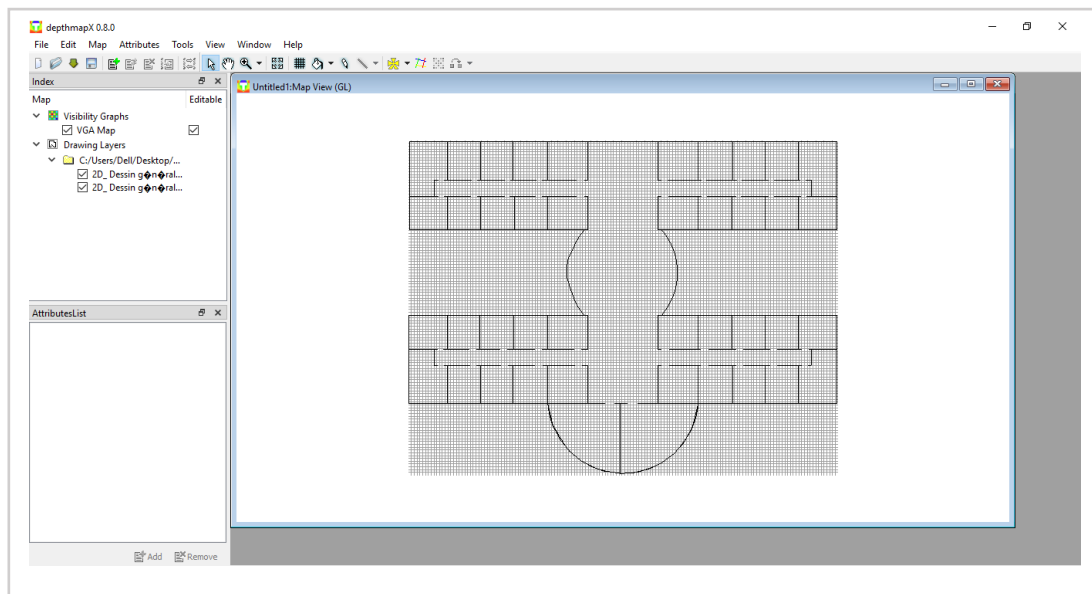


Figure III-22 : plan à simuler importé à la surface de travail de notre logiciel de simulation (source : auteur, 2023).

Une fois notre plan est importé, nous avons créé une grille (300m), qui va nous aider à sélectionner les espaces à simuler.

➤ **Etape 05 :** sélectionner les espaces visier pour simuler :

Dans notre recherche, nos espaces clés sont les espaces de travail qui sont les bureaux, donc pour simuler, nous avons sélectionné tous les espaces y compris les espaces de travail mais aussi ceux de circulation et de translation, car ils font partie du déroulement de travail des employés qui passent leur temps un peu partout, donc ils doivent ressentir qu'ils sont productifs dans n'importe quel espace de leur immeuble.

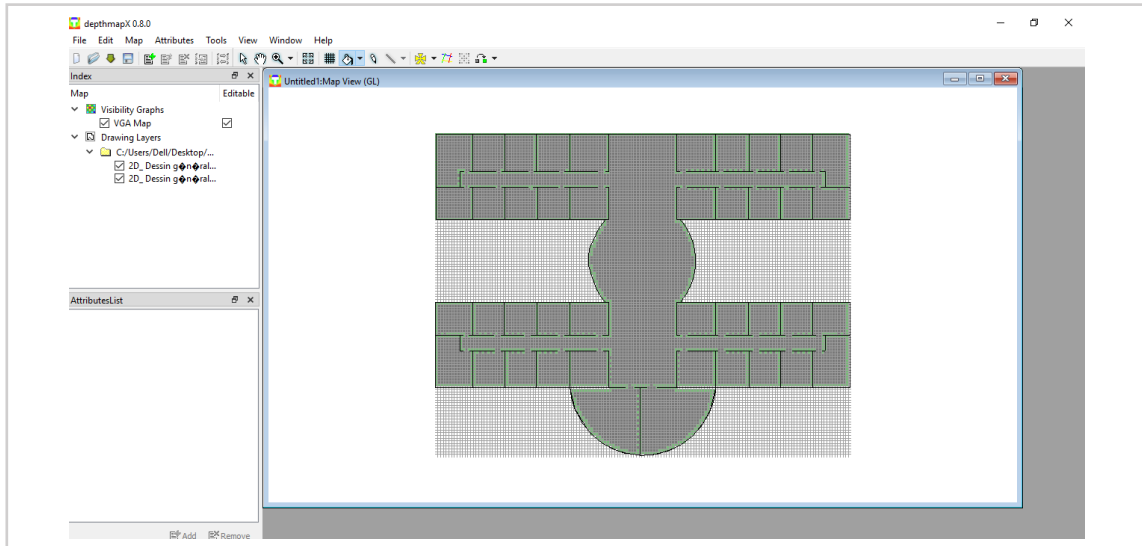


Figure III-23 : Les espaces à simuler dans notre cas d'étude (source : auteur,2023).

➤ **Etape 06 :** lancer les simulations pour étudier les différents paramètres :

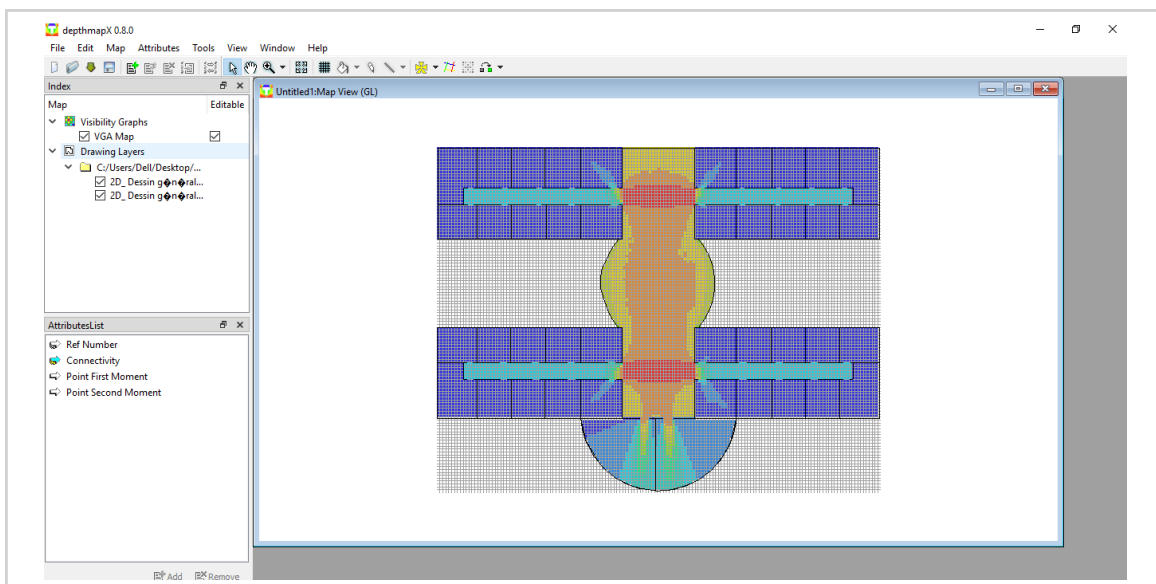


Figure III-24 : lancer les simulations de nos paramètres (source : auteur,2023).

Dans cette étape, nous avons lancé nos simulations une par une, dont nous avons commencé pour la simulation par rapport au paramètre de la connectivité (en cliquant sur « Tools » puis choisir « Visibility » après « make visibility graf »).

Après avoir obtenu et enregistrer le résultat de la connectivité, nous avons passé à l'intégration visuelle (en cliquant aussi sur « Tools » puis choisir « Visibility » après « Run visibility graph analysis », mais ici nous devons modifier quelques éléments selon nos objectives).

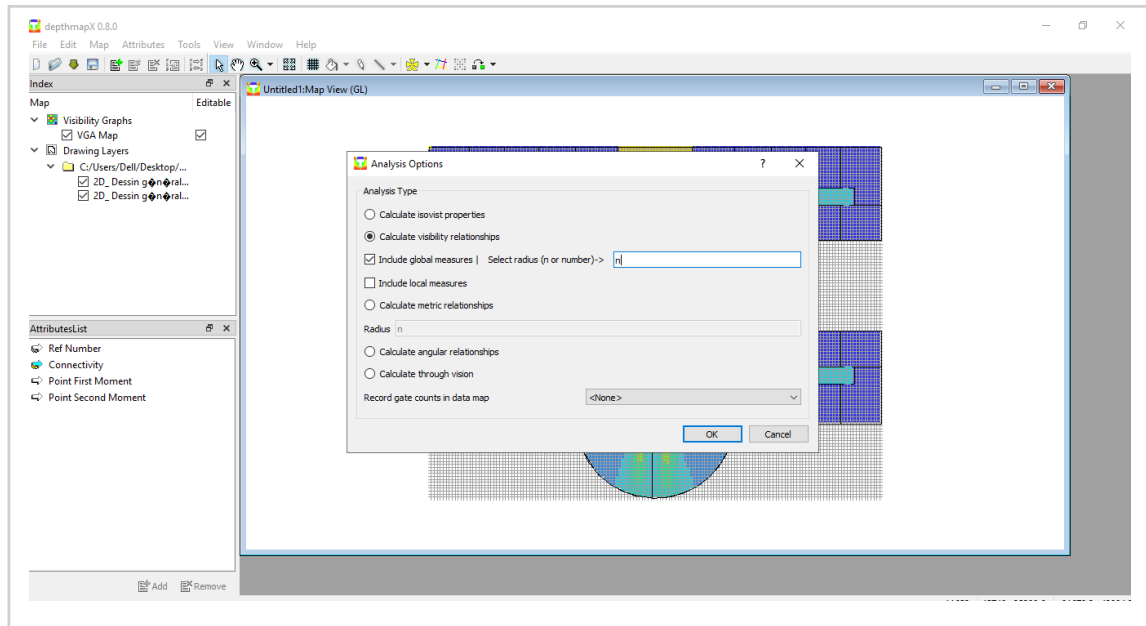


Figure III-25 : Modification des paramètres pour avoir le résultat de l'intégration visuelle (source : auteur, 2023).

Enfin, pour avoir le résultat qui rassemble les deux premiers paramètres (connectivité et intégration), nous avons lancé une analyse obtenir un résultat qui nous montre l'intelligibilité de nos espaces, ceci en suivant les étapes suivantes :

- Enlever la grille : « view » puis « Show Grid » ;
- Cliquer sur « Window » puis choisir « Scatter Plot ».
- Modifier les données représentatives de notre graph (axe des abscisses représentant la connectivité).

III.3.2.6 Les étapes de simulation thermique dynamique par « Archiwizard » :

Notre simulation se déroule en trois principales parties :

- **La modélisation du model à simuler :**

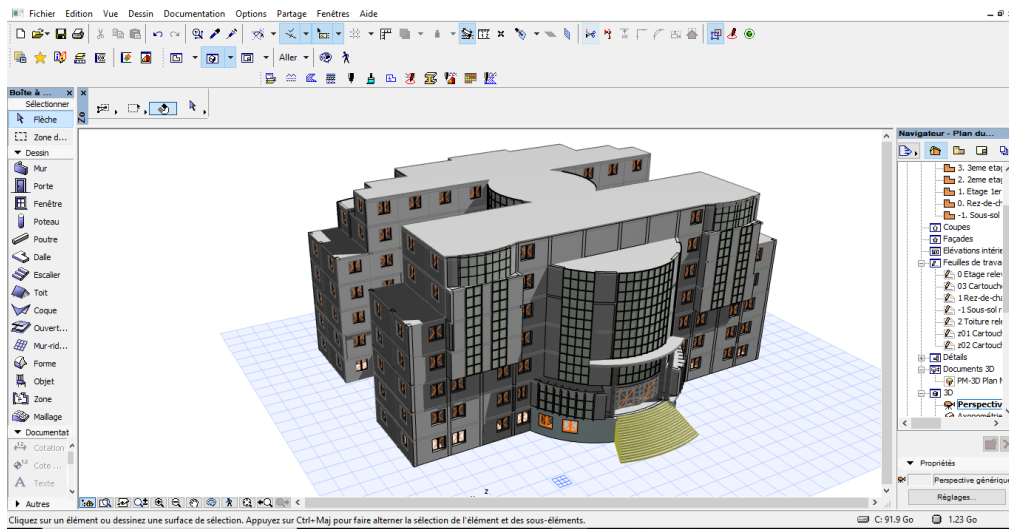


Figure III-26 : La 3d de cas d'étude modelé par le logiciel de modélisation « Archiwizard » (source : auteur, 2023).

Cette étape consiste à modéliser le cas d'étude à simuler, par le logiciel « Archicad », puis enregistrer le résultat « la 3d » sous format IFC pour l'importer à notre logiciel de simulation « Archiwizard ».

➤ **Importer le model 3D et faire les modifications nécessaires des différents paramètres :**

Après avoir enregistré notre 3D faite par notre logiciel « Archicad » et installer notre logiciel de simulation « Archiwizard », nous devons l'ouvrir pour importer ensuite le model IFC.

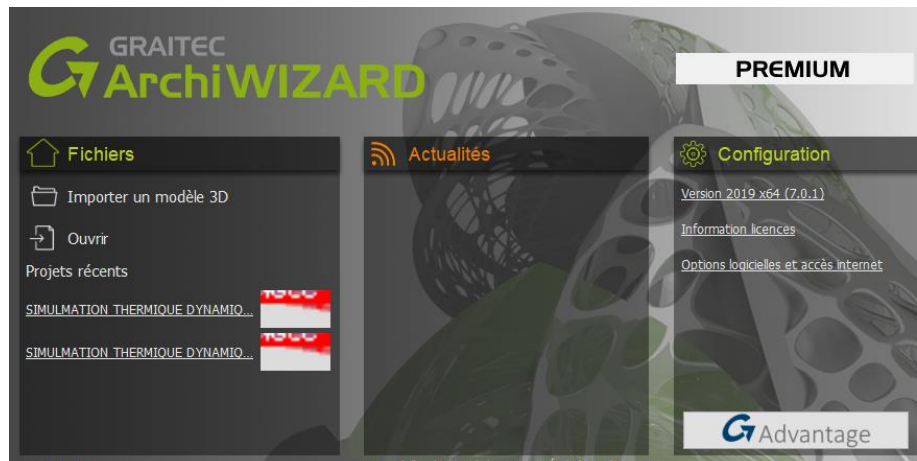


Figure III-27 : Importation de notre model 3D à Archiwizard (source : auteur, 2023).

Une fois nous avons sélectionné le model, nous devons insérer le fichier climatique de Bejaia qui concerne le lieu de localisation de notre cas d'étude, et cela dans le but d'avoir des résultats plus proches de la réalité et plus précises.

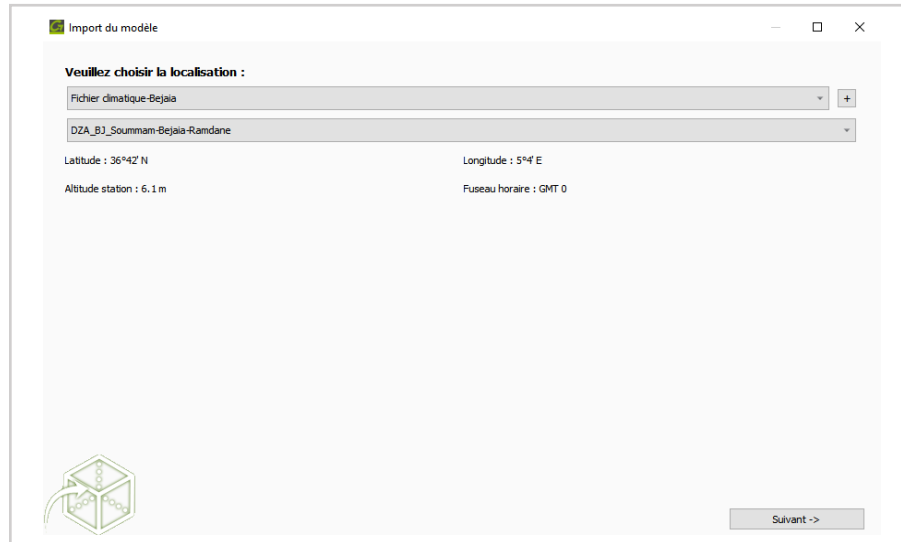


Figure III-28 : Insertion du fichier climatique de la ville de Bejaia (source : auteur, 2023).

Après nous devons sélectionner le type de notre cas d'étude, et dans notre recherche, nos espaces clé sont des bureaux, donc nous sélectionnons la catégorie d'espace bureau pour préciser les résultats vus qu'elles se diffèrent selon la fonction et les caractéristiques de l'espace.

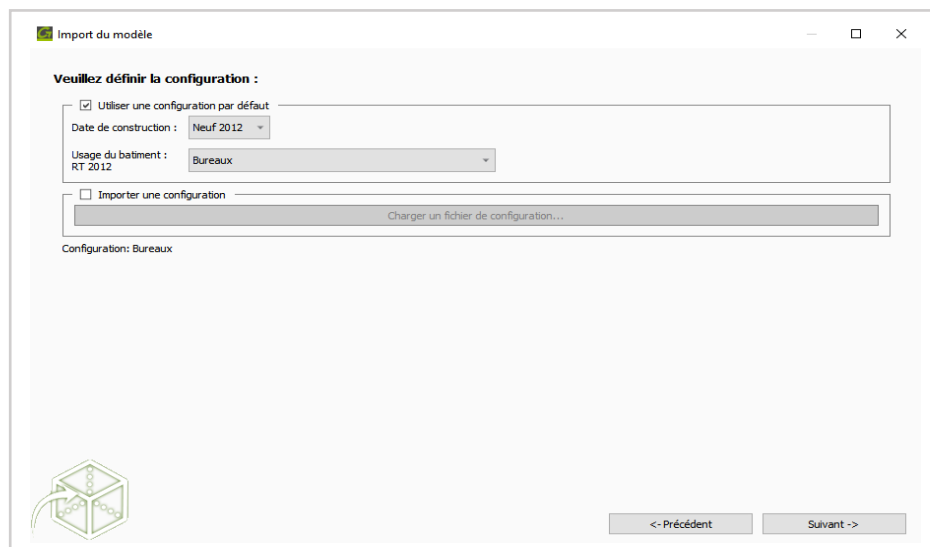


Figure III-29 : Choix de type de l'espace selon la fonction de notre espace clé (source : auteur, 2023).

Dans le cas ou tous ces paramètres sont réglés, notre model 3D va s'afficher sur l'interface de notre logiciel de simulation « Archiwizard ».

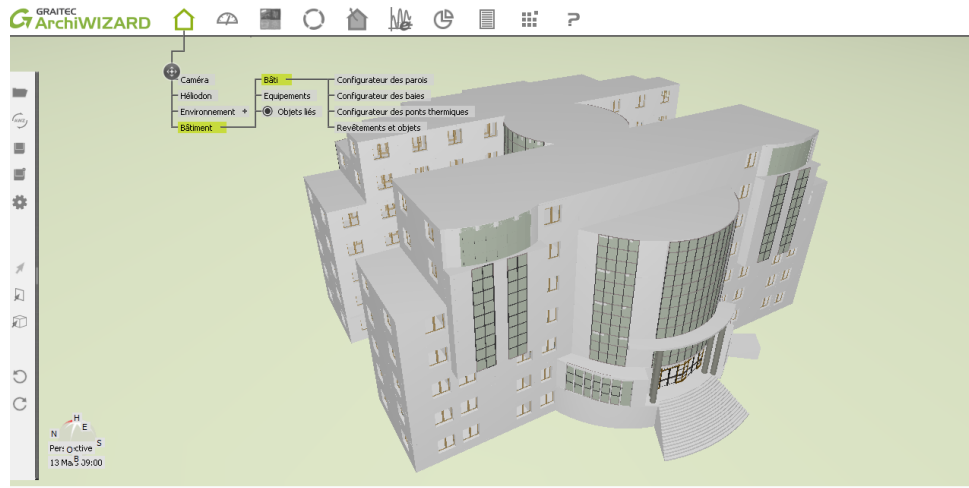


Figure III-30 : Interface de notre logiciel de simulation « Archiwizard » (source : auteur, 2023).

Et avant de passer aux simulations, nous devons choisir l'orientation de notre model afin de pouvoir étudier les espaces selon leurs vraies orientations qui ont une grande influence sur les paramètres à simuler.

➤ **Les simulations :**

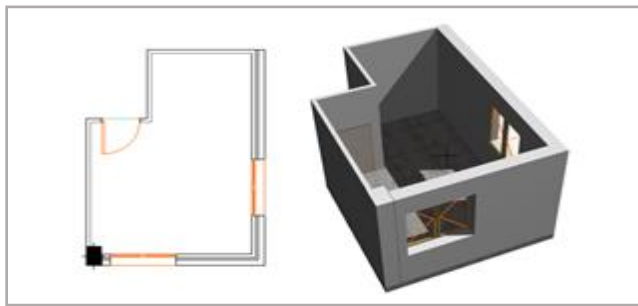
III.3.2.6.1 La simulation d'éclairage :

La simulation de l'éclairage nous permet d'évaluer le niveaux d'éclairement et vérifier les résultats de prise de mesure.

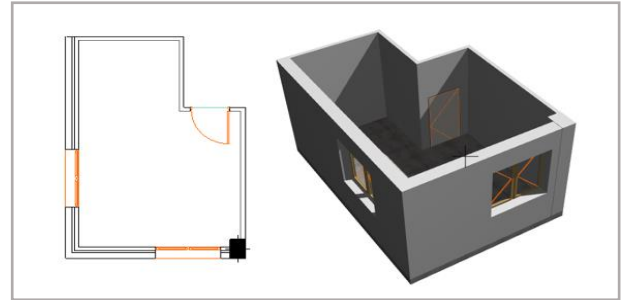
➤ **Etape 01 : le choix des espaces à simuler :**

Les espaces choisis sont les quatre bureaux choisis lors de la prise de mesure, ce choix est fait par rapport aux résultats trouvés, qui sont plus au moins défavorables, donc elles nécessitent une vérification qui pourrait être faite grâce à cette simulation.

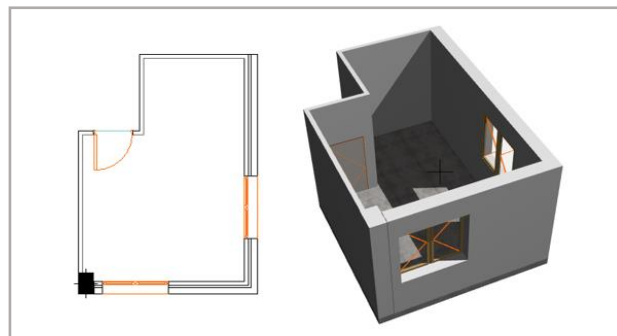
- Bureau « B1 » : Ce bureau se trouve dans le 3eme étage, avec deux fenêtres (100,120cm) sur deux murs (ratio=30%) et orienté Sud-Ouest.
- Bureau « B2 » : Ce deuxième se trouve dans le 3eme étage, avec deux fenêtres simples placées sur deux murs latérales (ratio=30%) et orienté vers le Sud-Est.
- Bureau « B4 » : Il se trouve dans le RDC, avec deux fenêtres simples (100,120cm) sur deux murs latéraux et orienté Sud-Est.



Modélisation de l'espace « B1 »



Modélisation de l'espace « B2 ».



Modélisation de l'espace « B4 ».

Figure III-31 : Les espaces choisis pour la simulation dans le cas d'étude simulé par le logiciel Archicad (source : auteur, 2023).

➤ **Etape 02 : Création des cartes d'éclairage :**

Elle s'agit de sélectionner l'espace et créer une carte pour chacun en choisissant la hauteur de plan de travail qui est de 0,8m par rapport au sol, dans notre cas.

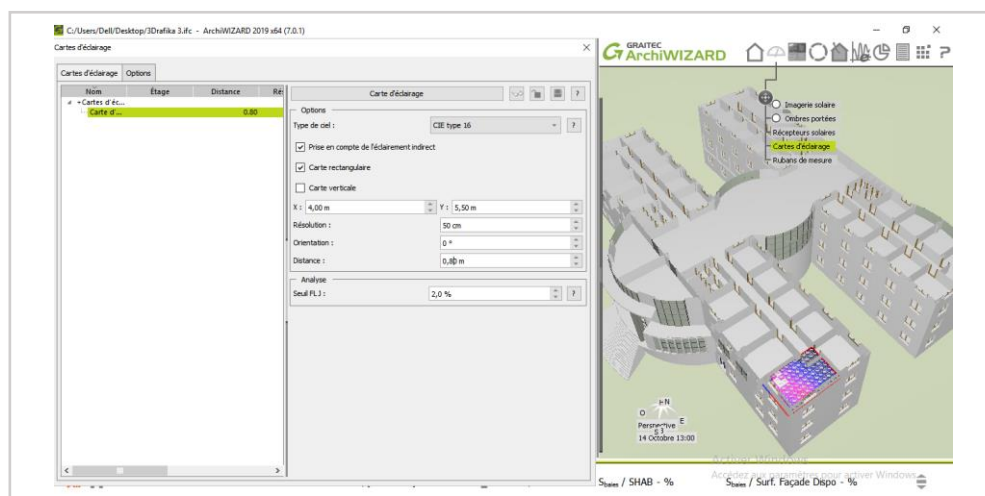


Figure III-32 : Création des cartes d'éclairage avec des hauteur de 0,8m (source : auteur, 2023).

- **Etape 03 :** Lancer la simulation et enregistrer le résultat :

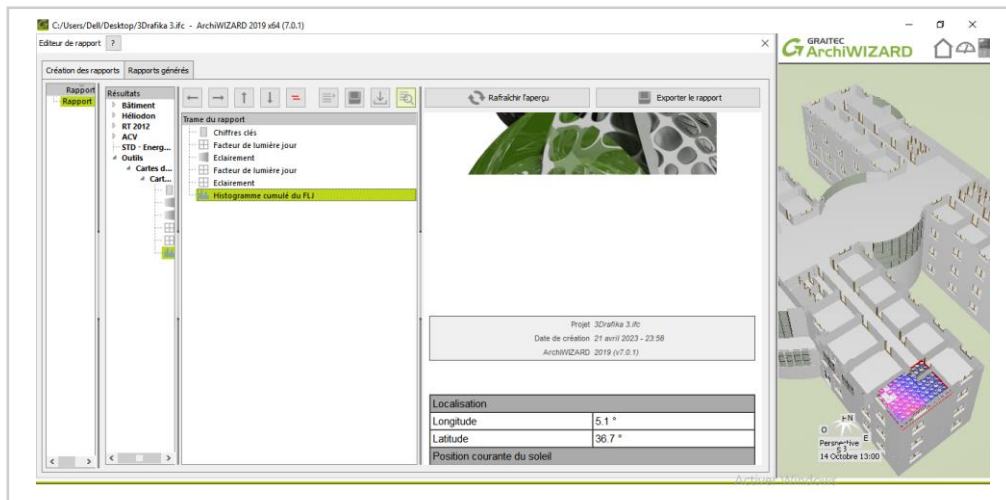


Figure III-33 : Création de rapport des résultats enregistré sous formats PDF (source : auteur, 2023).

III.3.2.6.2 La simulation thermique :

- **Etape 01 :** Choix des matériaux de constructions et leurs caractéristiques :

Dans une première étape, nous avons choisi les types des matériaux employés dans les parois externes en indiquant leurs épaisseurs et leurs caractéristiques, Comme nous avons sélectionné ceux utilisés dans les planchers avec leurs propriétés.

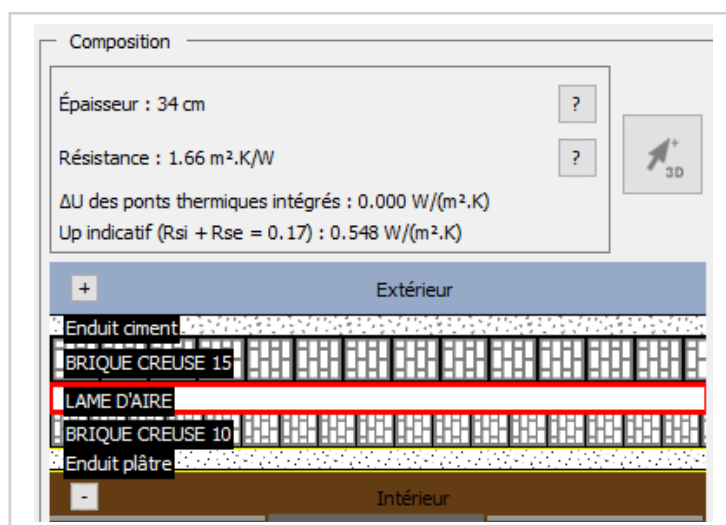


Figure III-34 : Composition de nos parois externes (source : auteur, 2023).

Dans le tableau qui suit, nous avons cité les matériaux avec leurs épaisseurs et caractéristiques, avec lesquels notre cas d'étude est construit :

Tableau III-4 : Les caractéristiques des matériaux employés (source : auteur, 2023).

	<u>Epaisseur</u> <u>(Cm)</u>	<u>Conductivité</u> <u>λ (W/m .K)</u>	<u>Masse volumique</u> <u>D(Kg/ m3)</u>	<u>Chaleur spécifique</u> <u>C (J/Kg.K)</u>
Enduit ciment	02	1,4	2200	1800
Brique creuse	10/15	0,48	900	936
Lame d'air	05	0,047	1	1000
Enduit plâtre	02	0,35	1150	936
Corps creux	16	1,2	1300	1000
Dalle de compression	04	1,75	2500	1080
Carrelage	02	1	2000	940

➤ **Etape 02 : Choix des espaces à simuler :**

Dans notre recherche, nous voulons étudier l'influence des matériaux de construction utilisés dans les murs extérieurs avec leurs caractéristiques ainsi que la composition de nos parois qui séparent l'intérieur de notre cas d'étude de l'extérieur, alors pour faire, nous avons choisi un étage intermédiaire (3eme étage), qui est en contact avec l'extérieur par moyen des murs extérieurs seuls.

III.3.3 L'étude qualitative « L'enquête » :

Pour des raisons de valider notre étude empirique et évaluer le coter subjectif de confort thermique et visuel, dû à la sensation des occupants, nous avons fait appel à cette étude qualitative, qui va nous permettre à la fois de vérifier nos résultats obtenus dans la partie précédente, ou nous avons fait des mesures sur terrain, et pouvoir les juger si elles sont valables.

Aussi grâce à cette étude, nous allons pouvoir évaluer la qualité visuelle, thermique et aussi architecturale des espaces de travail, en faisant référence au avis et aux sensations des usagers des espaces qui sont dans notre cas « des enseignants ».

III.3.3.1 Le questionnaire ; outil de l'étude qualitative :

III.3.3.1.1 Présentation du questionnaire :

Pour faire réussir notre recherche, nous avons utilisé un questionnaire dans lequel nous avons met des questions qui sont réparties en deux parties principales : la première comprend des questions posées dans le but d'évaluer la satisfaction des enseignants vis-à-vis des conditions thermiques et visuelles au sein de leurs bureaux, et la deuxième partie accordera une importance sur l'évaluation de degré de productivité d'un prof dans son espace de travail sous l'influence de la configuration spatiale de ce dernier.

III.3.3.1.2 La population visée :

Dans notre recherche vue que notre cas d'étude est un bloc constitué de plusieurs espaces clos occupés par des enseignants, donc nous avons visé une catégorie de personnes pour répondre à notre questionnaire qui sont des enseignants propriétaires des bureaux dans cet immeuble.

III.3.3.1.3 La méthode suivie :

Dans cette démarche, nous avons utilisé une méthode afin de pouvoir récolter le nombre de réponses souhaité, donc nous avons rédigé notre questionnaire avec nos questions choisis qui doivent être claires et facile à comprendre par n'importe quel participant, puis nous avons partagé ce dernier avec nos enseignants par moyen de leurs adresses mail institutionnelles.

III.3.4 Résultats de l'étude empirique « prise de mesures » et interprétation :

III.3.4.1 Pour l'éclairage :

Afin de pouvoir étudier l'influence de quelques paramètres sur le confort visuel dans nos espaces de bureaux, nous avons fixé lors de notre prise de mesures trois scénarios :

- **Scénario 01** : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec le même ratio d'ouvertures mais avec une différence d'orientation.
- **Scénario 02** : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec la même orientation mais le ratio d'ouvertures est différent.
- **Scénario 03** : deux bureau qui ont la même orientation et le même ratio mais ils se situent dans deux niveaux différents.

Comme nous avons sélectionné 4 bureaux pour faire l'interprétation :

Bureau « B1 » : Ce bureau se trouve dans le 3eme étage, avec deux fenêtres (100,120cm) sur deux murs et orienté Sud-Ouest.

Bureau « B2 » : Ce deuxième se trouve dans le 3eme étage, avec deux fenêtres simples placées sur deux murs latérales et orienté vers le Sud-Est.

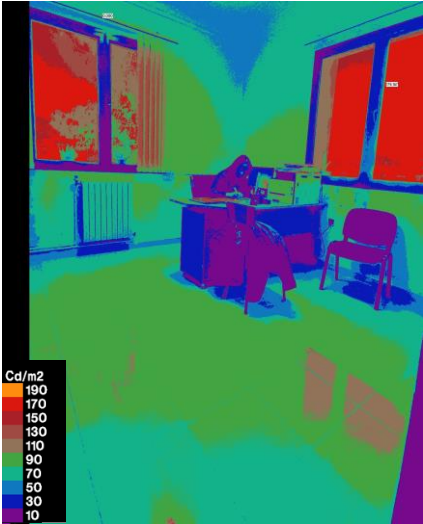
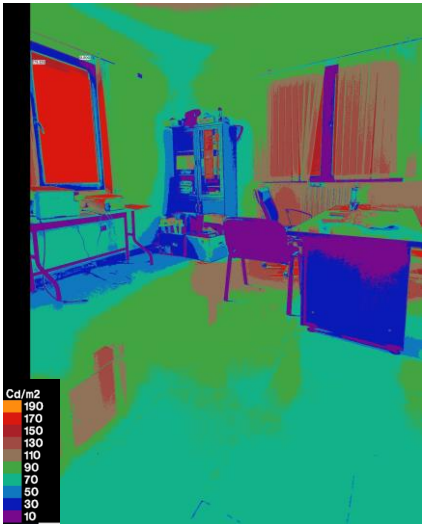
Bureau « B3 » : Il se trouve dans le 3ème étage, avec un mur rideau et orienté Sud-Est.

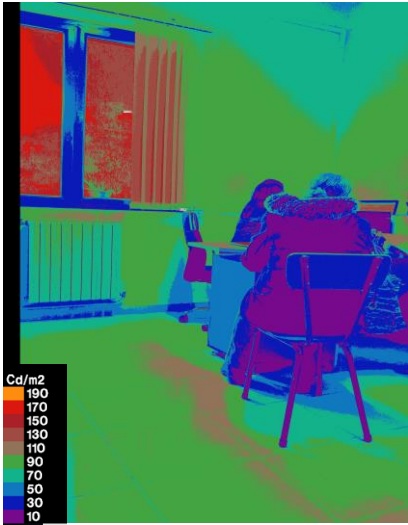
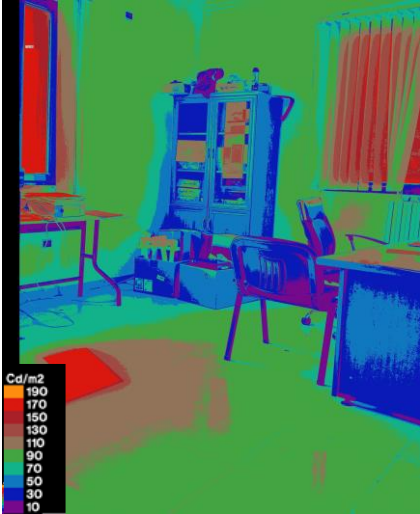
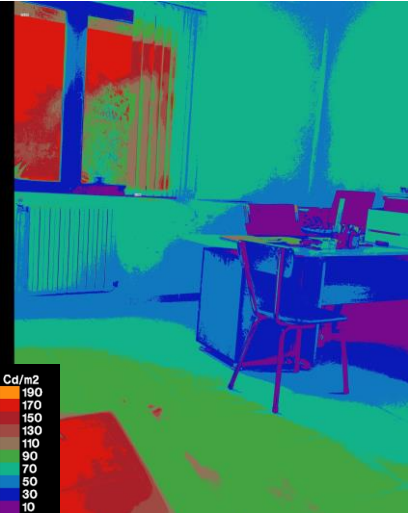
Bureau « B4 » : Il se trouve dans le RDC, avec deux fenêtres simples (100,120cm) sur deux murs latéraux et orienté Sud-Est.

III.3.4.1.1 Scénario 01 : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec le même ratio d'ouvertures mais avec une différence d'orientation :

Nous avons effectué des mesures dans trois moments déferents de la journée ; 09h, 12h et 15h, pour deux bureaux qui ont le même type d'ouvertures aussi nombre ; 1^{er} « B1 » qui se situe au Sud-Ouest et le 2eme « B2 » au Sud-Est.

Tableau III-5 : les résultats de prise de mesure pour le 1er scénario (source: auteur, 2023).

L'heure	Les résultats obtenues
09h	Bureau « B1 »  Bureau « B2 »  Figure III-35: résultats prises à 09h (source, auteur,2023). Lmax= 190Cd/m². Lmoy=100Cd/m². Lmin= 10Cd/m².

12h	Bureau « B1 »  Bureau « B2 »  <i>Figure III-37 : Résultats de prises de mesure à 12h (source : auteur, 2023).</i> $L_{max}= 190\text{Cd/m}^2.$ $L_{moy}=100\text{Cd/m}^2.$ $L_{min}= 10\text{Cd/m}^2.$
15h	Bureau « B1 »  Bureau « B2 »  <i>Figure III-36: résultats de prise de mesures à 15h (source : auteur, 2023).</i> $L_{max}= 190\text{Cd/m}^2.$ $L_{moy}=100\text{Cd/m}^2.$ $L_{min}= 10\text{Cd/m}^2.$

➤ **Interprétation des résultats de premier scénario :**

Le tableau ci-dessus représente les résultats de prise de mesures qui répondent au premier scénario, donc nous distinguons deux ambiances intérieures qui se différencient selon l'orientation de bureau.

Pour les résultats de 09h :

Les deux bureaux sont moyennement éclairés (des valeurs de luminance qui varient entre 70 et 90Cd/m²), mais le bureau « B2 » orienté sud est plus éclairé et aussi possède des taches solaires (environ 130Cd/m²) au sol même sur le bureau de travail, résultantes de la réflexion de la lumière naturelle provenant des ouvertures, alors que celui placé Ouest pour la plupart de ces parties y compris le plan de travail nous remarquons des valeurs d'éclairement homogènes mais faibles.

A cet effet, nous pouvons constater que ce manque d'éclairement dans les deux bureaux revient à leurs orientations (Un au Sud et l'autre à l'Ouest), et à 09h de matin les rayons solaires sont positionnés Est.

Pour les résultats de 12h :

A partir des deux photos qui résultent les prises de mesures à midi, nous remarquons que le bureau orienté Sud est trop éclairé et possède des taches solaires de valeurs importantes (entre 170Cd/m² et 180Cd/m²) sur le sol et sur plusieurs objets de cet espace, ce qui a causé un effet d'éblouissement dans ce bureau et qui peut gêner les enseignants dans leur travail. Concernant le bureau Ouest, il est resté avec les mêmes valeurs d'éclairement marquées à 09h, veut dire assure un éclairage moyen qui s'étend jusqu'à 110 Cd/m², et il marque aucune tache solaire.

Nous pouvons rendre cette différence de luminance à la position du soleil à cette heure (12H) au Sud, laquelle résulte des rayons solaires directs orientés Sud.

Pour les résultats de 15h :

Les résultats prises à 15h nous indiquent que les deux espaces sont éclairés naturellement, sachant que le bureau orienté Ouest possède des valeurs de luminance plus importantes que celui de Sud, même nous remarquons des taches solaires (environ 170Cd/m²) dans le bureau « B1 » au sol qui reflète les rayons solaires provenant de l'ouverture Ouest, et dans « B2 » ces taches se trouvent sur le plan de travail avec des valeurs de luminance qui varient entre 120 et 130Cd/m².

Nous pouvons constater que cette différence revient aux rayons solaires qui sont directs sur notre bureau Ouest à ce moment de la journée.

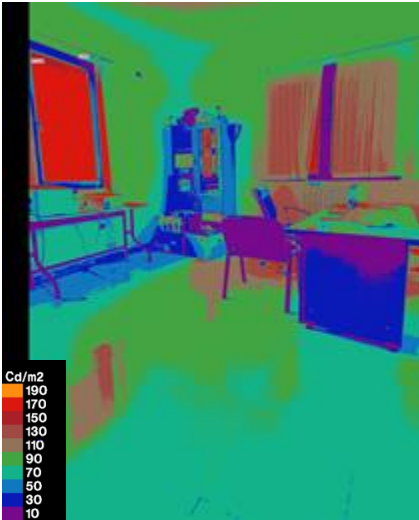
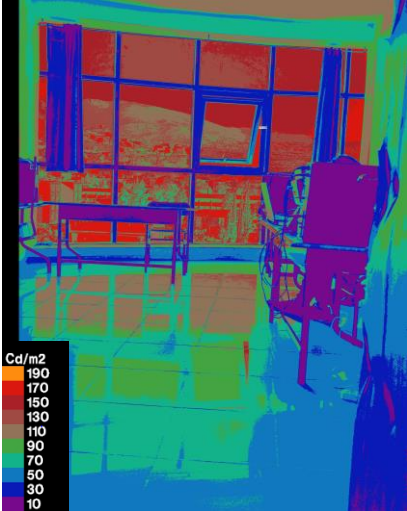
Synthèse de scénario 01 :

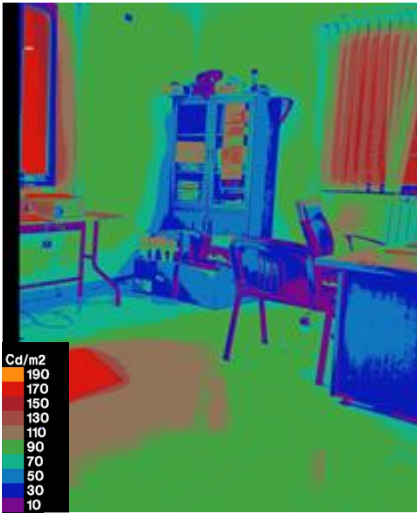
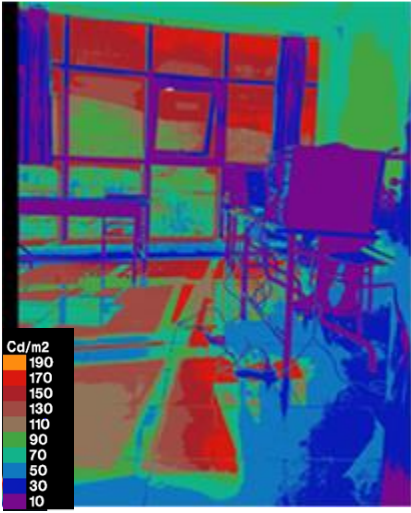
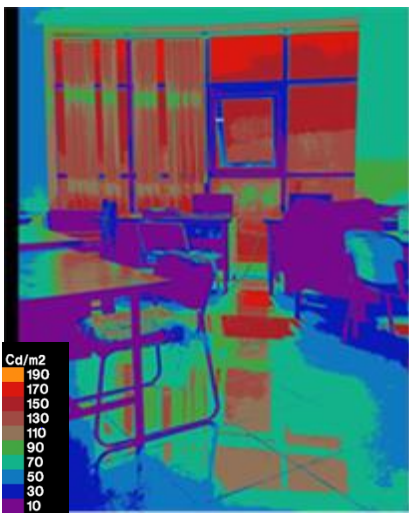
A travers l'interprétation des résultats de prise de mesure d'éclairage pour deux bureaux qui ont les mêmes caractéristiques architecturales mais sont orientés différemment, nous avons eu des valeurs de luminance différentes selon les moments de la journée, ce qui veut dire que dans un espace, le confort visuel lié à l'éclairage naturelle est influencé par son l'orientation.

III.3.4.1.2 Scénario 02 : deux bureau qui se situent dans le même niveau, avec la même orientation mais le ratio d'ouvertures est différent :

La prise de mesure est toujours faite en trois moments de la journée ; 09h, 12h et 15h, les deux bureaux choisis se trouvent dans le 3eme étage ; le 1er « B2 » qui se situe au Sud-Ouest avec deux fenêtres simples, placées sur deux murs latéraux, et le 2eme « B3 » avec un mur rideau qui occupe tout une façade de notre bureau.

Tableau III-6: Résultats de prise de mesure de 2eme scénario (Source: auteur, 2023).

L'heure	Les résultats obtenues	
09h	Bureau 01 « B2 » 	Bureau 03 « B3 ». 
	<i>Figure III-38 : résultats prises à 09h (Source : auteur, 2023).</i> Lmax= 190Cd/m². Lmoy=100Cd/m². Lmin= 10Cd/m².	

12h	Bureau 01 « B2 »  Bureau 03 « B3 ».  <i>Figure III-39: résultats prises à 12h (Source : auteur, 2023).</i> $L_{max}= 190Cd/m^2.$ $L_{moy}=100Cd/m^2.$ $L_{min}= 10Cd/m^2.$
15h	Bureau 01 « B2 »  Bureau 03 « B3 ».  <i>Figure III-40: résultats prises à 15h (source : auteur, 2023).</i> $L_{max}= 190Cd/m^2.$ $L_{moy}=100Cd/m^2.$ $L_{min}= 10Cd/m^2.$

➤ **Interprétation des résultats de deuxième scénario :**

Dans le tableau ci-dessus, nous avons présenté les résultats de prises de mesure de 2eme scénario, (Deux bureaux : mêmes orientation, mêmes niveau avec une différence dans les ouvertures), Donc nous pouvons faire ressortir une vision initiale, qui s'agit d'une distinction d'une différence entre les deux espaces choisis en matière de couleurs :

Résultats de 09h :

A partir de deux images, nous remarquons dans les espaces « B2 » et « B3 » une concentration des rayons solaires sous forme de taches sur le sol et aussi sur le plan de travail pour « B3 », avec des valeurs de luminance qui varient entre 130Cd/m^2 et 150Cd/m^2 , ces taches sont plus dominantes et gênantes dans le bureau avec le mur rideau exposé au Sud, sachant que ce reflet visuel se situe près des ouvertures, et les taches commencent à disparaître quand s'éloigner de ces surfaces vitrées.

De cette analyse, nous pouvons constater que ces taches solaires avec leurs valeurs moyennes vues dans les deux bureaux revient premièrement à l'orientation de ces dernier (Sud), puis la différence de la quantité de ces taches et leurs positionnements est lié au ratio d'ouverture, ou le mur rideau dans « B3 » orienté Sud a provoqué un éblouissement mais pas avec des valeurs importantes vue l'heure de prise de mesure (09h).

Résultats de 12h :

D'après les résultats, nous voyons une absence d'éclairement uniforme dans les deux espaces, le bureau « B3 » est totalement remplie de taches solaires gênantes avec des valeurs qui arrivent jusqu'à 190Cd/m^2 sur le sol, aussi le « B2 » il a des taches qui se situent faces à la fenêtre simple orientée sud, et quand nous s'éloignons de cette fenêtre, nous commençons à avoir un éclairage plus au moins uniforme.

Nous pouvons constater après ces résultats que cet inconfort visuel marqué surtout dans l'espace « B3 » est causé par la grande façade vitrée orientée Sud qui reçoit des rayons solaires directe avec des valeurs importantes à ce moment (12h).

Résultats de 15h :

Dans ce cas, les deux bureaux n'ont pas doté d'un éclairage uniforme, et les deux marquent des taches solaires avec des valeurs et des quantités moyennes, mais aussi l'espace « B3 » est plus éclairé mêmes possèdent plus de taches que « B2 ».

Nous constatons que les valeurs de ces taches sont influencées par l'orientation (dans notre cas Sud, donc des valeurs moyenne), et aussi par le ratio, vu que ces valeurs sont plus importantes là où nous avons plus d'ouvertures.

Synthèse de 2eme scénario :

A partir de l'interprétation des résultats de prise de mesures pour le 2eme scénario, nous avons trouvé que dans deux espaces qui se situent dans un même niveau et qui ont les mêmes dimensions, mêmes orientations et mêmes caractéristiques, mais avec une seule différence qui réside dans le nombre d'ouverture (ratio), nous avons eu deux résultats différents pendant les mêmes périodes de prise de mesure. Donc nous pouvons conclure que les ouvertures avec leurs ratios et leurs orientations aussi dimensions, jouent un rôle important dans le confort visuel au sein d'un espace.

III.3.4.1.3 Scénario 03 : deux bureaux qui ont la même orientation et le même ratio mais ils se situent dans deux niveaux différents :

Cette fois ci les mesures sont faites sur deux bureaux qui ont le même ratio d'ouverture, ils sont les deux dotés de deux fenêtres simples, et sont situés dans une même orientation (Sud), mais ils se trouvent dans deux niveaux différents, sachant que le premier « B2 » se trouve dans le 3eme étage, et le deuxième « B4 » se trouve dans l'RDC.

Tableau III-7 : Résultats de prise de mesure de 3eme scénario (source : auteur, 2023).

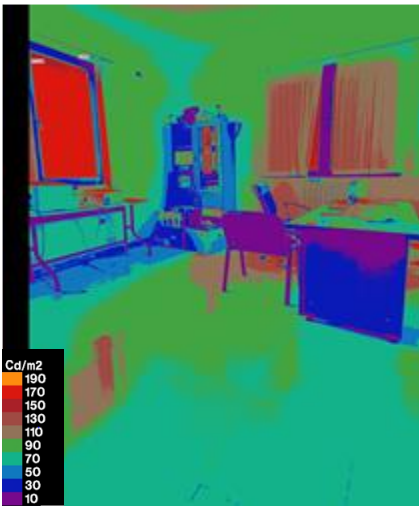
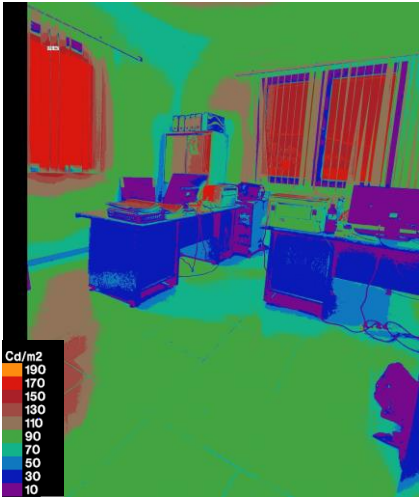
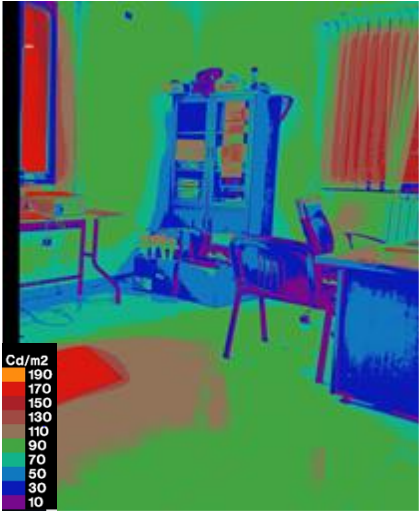
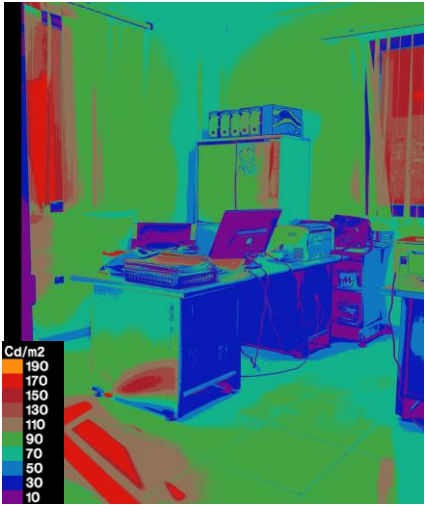
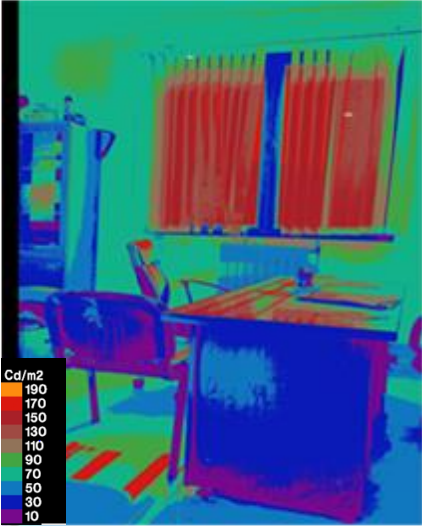
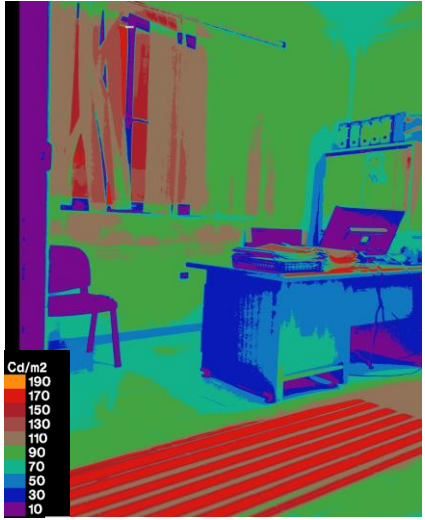
L'heure	Les résultats obtenues	
	Bureau « B2 »	Bureau « B4 »
09h		
	Lmax= 190Cd/m².	Lmoy=100Cd/m².
		Lmin= 10Cd/m².

Figure III-41: résultats de prise de mesure à 09h (source : auteur, 2023).

12h	Bureau « B2 »  Bureau « B4 »  Figure III-42: résultats de prise de mesures à 12h (source : auteur, 2023). $L_{max}= 190Cd/m^2.$ $L_{moy}=100Cd/m^2.$ $L_{min}= 10Cd/m^2.$
15h	Bureau « B2 »  Bureau « B4 »  Figure III-43: résultats de prise de mesure à 15h (Source : auteur, 2023). $L_{max}= 190Cd/m^2.$ $L_{moy}=100Cd/m^2.$ $L_{min}= 10Cd/m^2.$

➤ **Interprétation des résultats de troisième scénario :**

Le tableau représente des résultats de prise de mesure selon le 3^{ème} scénario ; donc nous avons pu enregistrer des résultats avec des valeurs de luminances différentes dans deux bureaux, ces derniers

ont une même conception architecturale (même surface, même orientation, même type et dimensions aussi ratio d'ouvertures), mais ils sont différents dans le niveau où ils se trouvent ; sachant que le bureau « B2 » se situe dans le 3eme étage et « B4 » dans le RDC.

Pour les résultats de 09h :

A partir des deux résultats, nous remarquons deux qualités visuelles différentes dans les deux espaces, sachant que les deux sont orientés sud et sont dotés de même types d'ouvertures avec le même ratio, mais les valeurs de luminance enregistrées dans « B4 » sont plus élevées (entre 90 et 110Cd/m²) que celles dans « B2 » (entre 70 et 90Cd.m²), aussi les taches solaires dans ces deux espaces sont pas très considérables par rapport à l'homogénéité d'éclairage observée au milieu des deux bureaux.

De cette analyse, nous pouvons constater que l'homogénéités d'éclairage marquée au milieu de nos espaces est lié à l'orientation Sud, et la différence de valeur de luminance est due à la différence de niveau, car à 09h au Sud, nous aurons des rayons solaires directes sur le Sud mais qui sont un peu bas, ce qui justifie nos résultats.

Résultats de 12h :

Après avoir observé les images qui représentent le champ visuel dans deux bureaux différents, nous avons pu remarquer que à cette heure de la journée (12h), le bureau « B2 » marque un éclairage plus important (avec des valeurs de luminance qui varient entre 90 et 130Cd/m²) que « B4 » (valeur de luminance qui varient entre 70 et 110Cd/m²), comme nous avons aussi dans les deux espaces des taches solaires qui constituent une source d'inconfort visuel pour les occupants, et ces dernières sont plus dominantes avec une quantité plus dans « B2 ».

D'après l'interprétation des résultats, nous pouvons dire que le positionnement du soleil à midi avec une altitude importante dans l'orientation Sud a causé cette différence d'éclairage dans les deux champs visuels sachant que le bureau le plus haut est plus positionné au rayons solaires à cette heure.

Résultats de 15h :

Nous avons dans le tableau ci-dessus deux images qui représentent les résultats de prise de mesure à 15h dans « B2 » et « B4 », ou nous avons eu deux ambiances intérieures en matières d'éclairage, sachant que dans les deux bureau, nous avons des parties qui sont bien éclairées et ces dernières sont celles qui se situent loin des ouvertures et qui sont pas exposées aux fenêtres, par contre, nous remarquons que dans les deux résultats, elles existent des taches solaires au sol faces aux fenêtres,

et ces taches sont vues comme sources d'inconfort visuel et elles sont plus remarquables avec des valeurs importantes dans « B4 » que dans « B2 », et cela revient au niveau où se trouve notre espace.

Grace au résultats, nous pouvons conclure que cette déférence est liée au niveau où se trouvent nos espaces, vu que l'altitude de soleil à 15h est basse dans notre orientation Sud, ce qui justifie que le bureau de l'RDC est plus éclairé et possède plus de taches que celui de 3eme étage.

Synthèse de 3eme scénario :

Après avoir interpréter les résultats, nous pouvons dire que la hauteur d'un espace ou le niveau où il se trouve, influence directement sur la qualité visuelle à l'intérieur de ce dernier.

Synthèse générale :

La prise de mesure selon 3 scénarios différents, et dans trois moments de la journée, nous a donné des résultats chacune est déférente de l'autre.

Nous dans notre etude, nous avons fixé notre choix sur trois paramètres importants qui sont liés à l'éclairage naturel (l'orientation, le ratio d'ouverture avec leurs caractéristiques et la hauteur d'un espace), et a partir des résultats obtenues et leurs interprétations, nous avons pu faire ressortir l'impact de ces paramètres sur l'ambiance lumineuse intérieur, sachant que à chaque fois que nous avons changé un de ces paramètres, cette qualité visuelle change aussi, ce qui nous assure que dans un espace architectural, le confort visuel est directement influencé par l'orientation, la hauteur et les caractéristiques des ouvertures qui existent dans ce dernier.

III.3.4.2 Pour le confort thermique :

Après avoir choisir les matériaux qui composent chaque couche de la paroi extérieure de notre cas d'étude, nous avons lancé une simulation, et les résultats obtenus sont classées selon différents paramètres liés à l'isolation thermique même hygrothermique :

III.3.4.2.1 La température de la rosée ou de saturation :

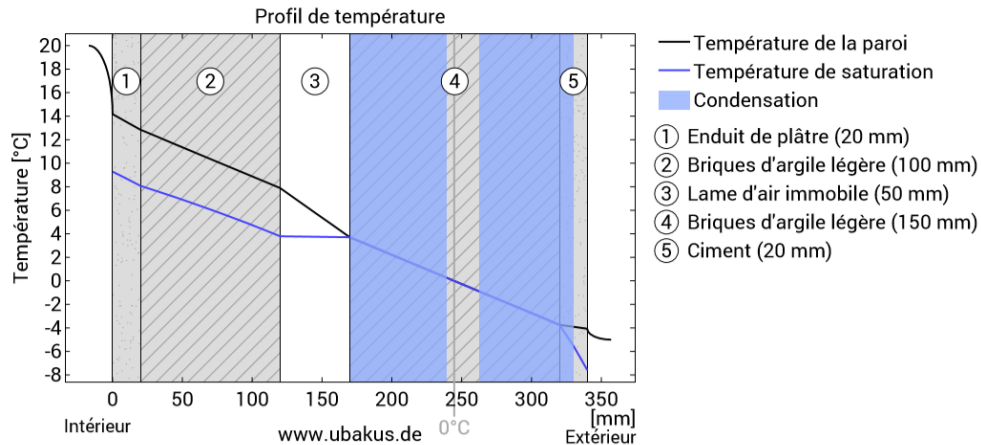


Figure III-44 : : Course de la température et du point de rosée dans la composition de la paroi

(Source : auteur, 2023).

Le graphe représente la température de paroi et celle de saturation en fonction des différentes couches, et à partir de ce dernier, nous remarquons que la courbe de la température de saturation est inférieure à celle de la paroi dans la partie intérieure de notre mur et elles se réunissent en un point qui marque la température de rosée ou ça commence la condensation et nous remarquons l'effet d'humidité sur notre parois, et ce point se trouve juste après la lame d'air avec la surface interne de la murette extérieure. De ce fait nous avons une condensation au niveau de la surface interne et qui continue sur toute l'épaisseur de la murette extérieure qui est composée d'un type de brique de 15cm d'épaisseur. Et nous constatons que cette condensation revient aux caractéristiques thermique et la capacité d'isolation de nos matériaux.

III.3.4.2.2 Limites de saturation et zones de condensations :

Le graphe représente les valeurs de l'humidité relative à l'aire et la limite de saturation en fonction des différentes couches qui compose notre paroi.

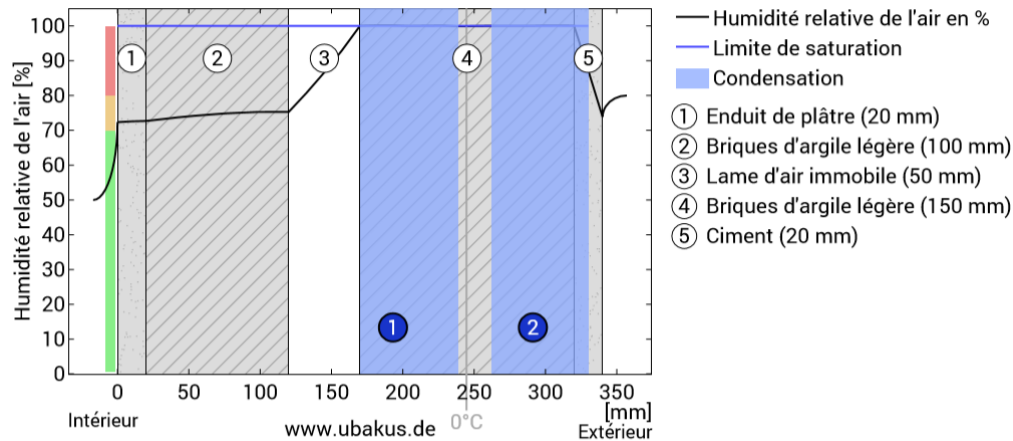


Figure III-45 : l'humidité relative dans la composition (Source : auteur, 2023).

Nous remarquons que la partie interne de la paroi est considérée sans condensation, et à une certaine épaisseur notre mur atteint sa limite de saturation, ce point est marqué juste après la lame d'air, à partir de lequel notre paroi extérieure est jugée saturée. Donc nous pouvons constater que cet effet revient à la qualité d'isolation assurée par la lame d'air, elle n'est pas suffisante.

La température de la paroi intérieure est de 14,2 °C entraînant une humidité relative à la surface de 72%. Certains types de moisissures se développent à partir d'un taux d'humidité de 70%. Le développement de moisissures ne peut être exclu. Pour éviter le risque fongique, la température de surface doit être augmentée par une isolation (supplémentaire).

III.3.4.2.3 Temps de déphasage :

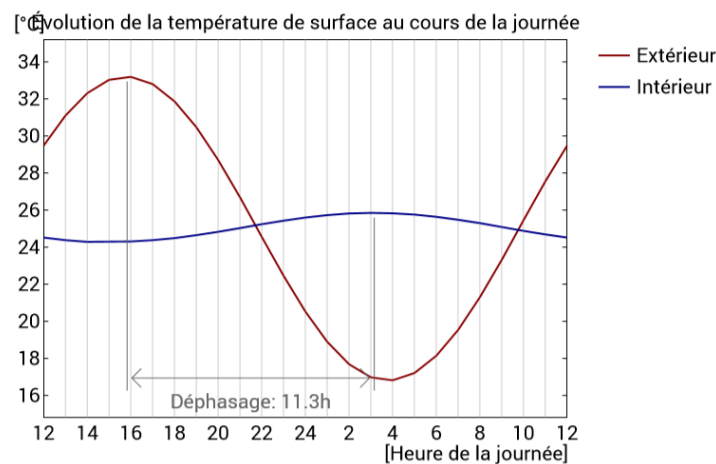


Figure III-46 : Profil de température dans la composition à différents moments (Source : auteur, 2023).

Ce graphe représente l'évolution de la température de la surface au cours de la journée, la température de la surface extérieure (rouge) et de la surface intérieure (bleu). Les flèches noires indiquent les températures maximales. Le maximum de la température de la surface intérieure devrait

se trouver de préférence au cours de la deuxième moitié de la nuit., donc nous pouvons déduire que la température interne a resté stable, alors que celle extérieure change et varie selon les heures de la journée. Comme aussi il nous indique le temps de déphasage sachant que dans notre cas le temps de déphasage est de 11heures3min ; elle est une valeur importante veut dire pour que la chaleur de l'extérieure rentre à l'intérieure elle a besoin d'une durée importante de temps, nous constatons que cela revient à l'épaisseur de notre mur et aussi la présence de la lame d'air.

III.3.4.2.4 La température de la paroi :

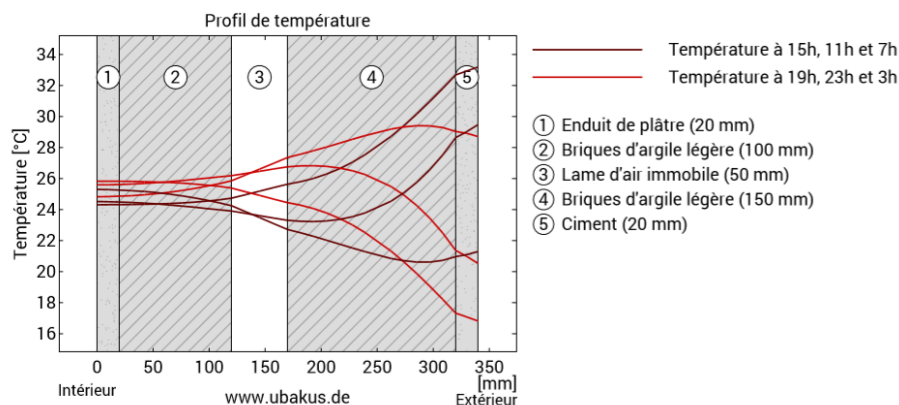


Figure III-47 : Profil de température dans la composition à différents moments (Source : auteur, 2023).

Le graphe représente des températures dans la composition à différents moments. De haut en bas, lignes marrons : à 15h, 11h et 7h et lignes rouges à 19h, 23h et 3h du matin.

Donc nous remarquons que pour la parois interne, les températures sont plus au moins stables, se tournent autour de 24°C et 26°C. Alors que pour la paroi externe, les températures varient selon le moment de la journée, veut dire elles suivent les températures extérieures.

A cet effet, nous pouvons constater que la lame d'aire a joué un rôle d'isolant thermique ce qui a induit ce résultat entre les deux parois séparées par cette dernière.

Synthèse :

A partir de l'interprétation des résultats obtenues, nous pouvons dire que l'utilisation de la lame d'aire dans la composition des murs extérieurs de notre cas d'étude est utile, même si qu'elle ne peut pas être considérée comme un isolant de haute performance, mais comme même, elle joue un rôle d'isolant thermique, et elle reste à améliorer bien sur l'isolation de notre immeuble soit en renforçant l'isolation de la lame d'aire par un autre matériau isolant et performant, ou aussi par une autre technique.

Conclusion :

D'après ce chapitre, nous pouvons conclure que dans un espace de travail, vu que les occupants sont des travailleurs, plusieurs études doivent être faites avant la conception de ce dernier, afin d'avoir des résultats satisfaisants concernant le confort thermique et visuel, même par rapport à l'intégration des usagers dans une configuration et qualité architecturale conçue.

Notre étude empirique par moyen de prise de mesure, nous a conduit à déduire que la qualité thermique et visuelle intérieure sont deux concepts qui sont influencés par des paramètres qui font partie des décisions des maîtres d'œuvres qui s'occupent de la conception de ces espaces de travail (matériaux, orientation, nombres et caractéristiques des ouvertures, le respect des données climatiques d'une région, les dispositifs architecturaux...).

Pour pouvoir approfondir plus dans ces résultats et les valider, nous avons fait appel à une étude qualitative faite par moyen de questionnaire publié qui nous a permis d'interroger les occupants des espaces étudiés, comme nous avons aussi choisis quelques logiciels de simulation pour lancer différentes études numériques afin d'obtenir des résultats plus précis et leurs interprétations vont nous valider les résultats de prise de mesure pour toute une année.

CHAPITRE IV :
Présentation et interprétation des
résultats.

Introduction :

Dans n'importe quelle conception architecturale, la simulation numérique est un pas très important qui aide les concepteurs à concevoir en vérifiant en temps réel avec les vraies conditions l'efficacité de leur projet, en le simulant grâce à une analyse qui va être faite pour le bâtiment afin de comprendre son comportement énergétique, et pouvoir optimiser et élaborer des bâtiments qui vont être efficaces et confortable. Et nous dans notre chapitre, nous allons présenter deux types de résultats ; le premier concerne ceux des différentes simulations ; thermique dynamique faite par un logiciel de simulation « **Archiwizard** », afin d'évaluer le confort thermique et visuel à l'intérieur des espaces de travail pour pouvoir ensuite juger les résultats de notre étude empirique et valider nos prises de mesures. Et pour la deuxième simulation, elle s'agit d'une méthode qui vise à étudier selon la configuration spatiale, le degré de connectivité et d'intégration des enseignants dans leurs bureaux, pour but de savoir s'ils sont bien intégrés dans la qualité spatiale architecturale offerte. Cette seconde simulation est faite avec un logiciel très puissant qui s'appelle « **depthmapX** », lequel nous permet d'avoir des résultats selon nos paramètres étudiés. Tandis que le second type de résultats représente une variété d'avis des enseignants participants à notre enquête, qui ont exposé leurs soucis et leurs opinions qui sont détectables à travers leurs réponses.

IV. Résultats et interprétations :

IV.1 Résultats de la simulation « Space Syntax » :

A la fin de notre simulation, nous avons obtenu trois résultats qui concernent trois paramètres visés dans notre recherche (Connectivité, intégration visuelle et intelligibilité).

IV.1.1 La connectivité :

La figure ci-dessous représente le résultat de la connectivité de notre plan, selon son organisation spatiale.

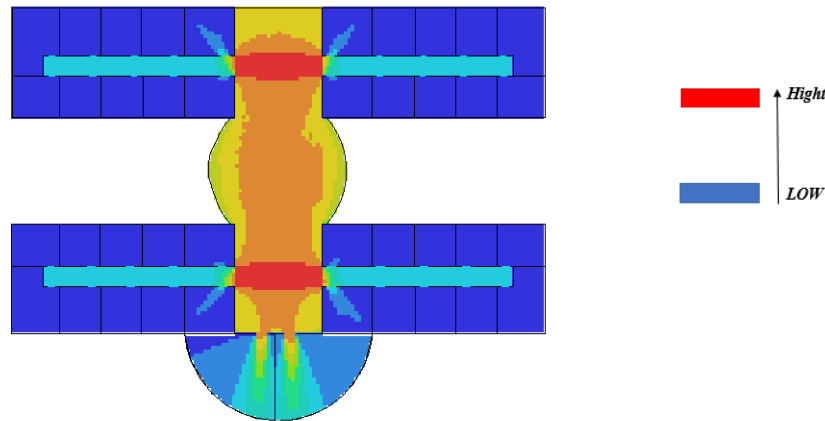


Figure IV-1 : Résultat de degré de connectivité des espaces qui constituent notre plan (source : auteur, 2023).

D'après cette image, nous remarquons que notre plan est constitué des espaces qui sont très connectés, ils se trouvent à l'entrée des zones où sont réparties les bureaux, et qui sont classés comme étant des espaces de circulation et de translation, mais nous avons nos espaces clés « les bureaux », qui ne sont pas connectés, vu leurs emplacements les uns par rapport aux autres, et aussi leurs emplacements par rapport aux autres espaces de détente et à l'entrée.

Comme nous avons des espaces qui sont aussi connectés, ils sont ceux réservés au détente, c'est là où se trouve un patio au centre du plan, et d'autres plus ou moins connectés qui correspondent aux couloirs de circulation.

Nous pouvons constater après cette interprétation que ce choix de type de bureaux fermés, cloisonnés et isolés, n'est pas le bon choix, car les employés nécessitent une sorte de liberté et de fluidité dans leurs espaces de travail.

IV.1.2 L'intégration visuelle :

Dans la figure ci-dessous, nous avons le résultat trouvé par rapport à l'intégration visuelle au

sein des différents espaces qui constituent notre plan, sachant que cette intégration se diffère d'un espace à un autre.

D'après cette image, nous remarquons différentes couleurs qui remplissent les espaces, ce qui montre que ces derniers n'ont pas la même qualité visuelle, veut dire les occupants ressentent des degrés d'intégration visuelle à l'intérieur de leurs bureaux qui n'ont pas les mêmes degrés dans les autres espaces.

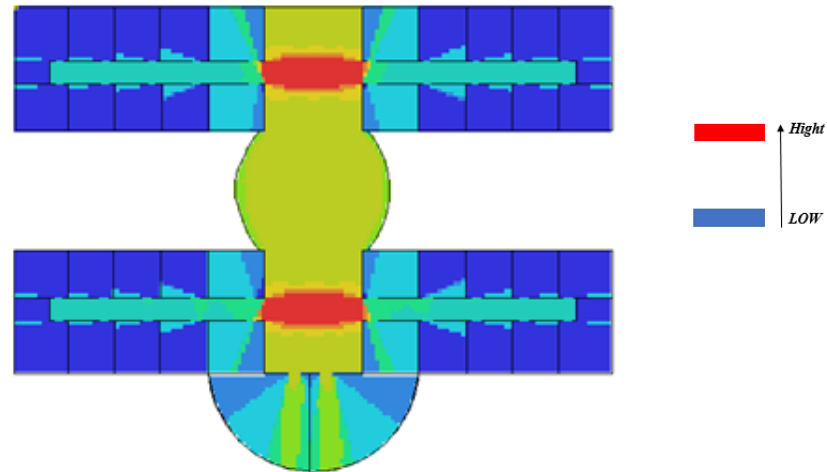


Figure IV-2 : L'intégration visuelle dans les différents espaces qui composent notre plan (source : auteur, 2023).

Nous pouvons dire après une visualisation de cette image que les travailleurs ne sont pas trop intégrés visuellement dans leurs bureaux, mais ils sont un peu intégrés dans les espaces réservés à la circulation horizontale, alors qu'ils sont plus au moins intégrés dans les espace de loisir et de détente ou il est construit un patio doté d'un éclairage zénithal. Comme nous avons l'entrée qui est marquée par un degré d'intégration important, mais ce dernier se diminue avec les coins de notre entrée de forme circulaire.

IV.1.3 L'intelligibilité :

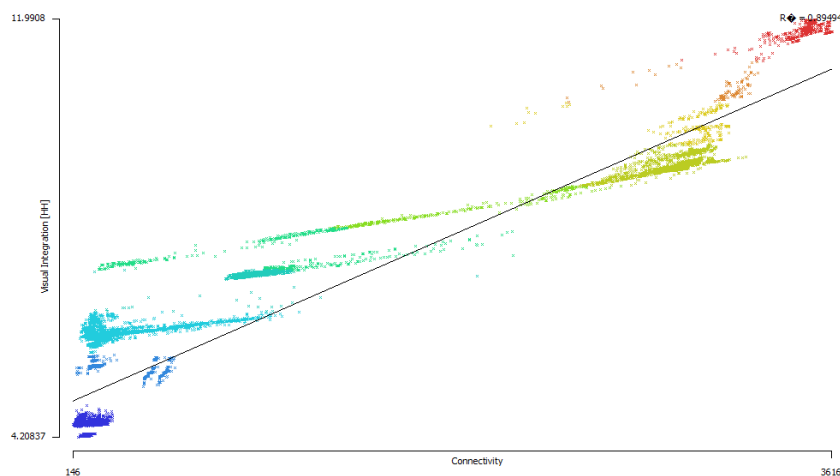


Figure IV-3 : Graph représentatif des résultats d'intelligibilité de nos espaces (source : auteur, 2023).

Le graph ce dessus représente l'intelligibilité au sein de nos espaces étudiés, sachant que nous remarquons que notre plan est composé des pièces qui sont très intelligibles, vu que l'indicateur « R^2 » est très supérieur à 05 ($R^2=0,89$), donc nous concluons que le cas simulé est très intelligible.

IV.2 Résultats de la simulation d'éclairage :

IV.2.1 - 1^{er} cas : Bureau « B1 » orienté Sud-Ouest avec un ratio d'ouverture de 30% :

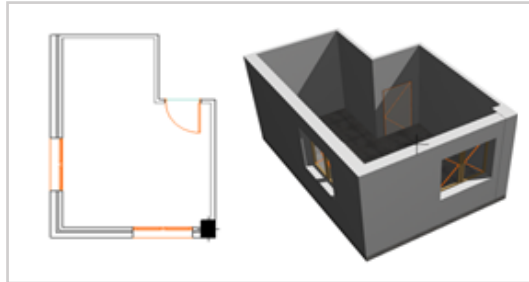


Figure IV-4 : Forme de bureau « B1 » modelé par le logiciel « Archicad » (source : auteur, 2023).

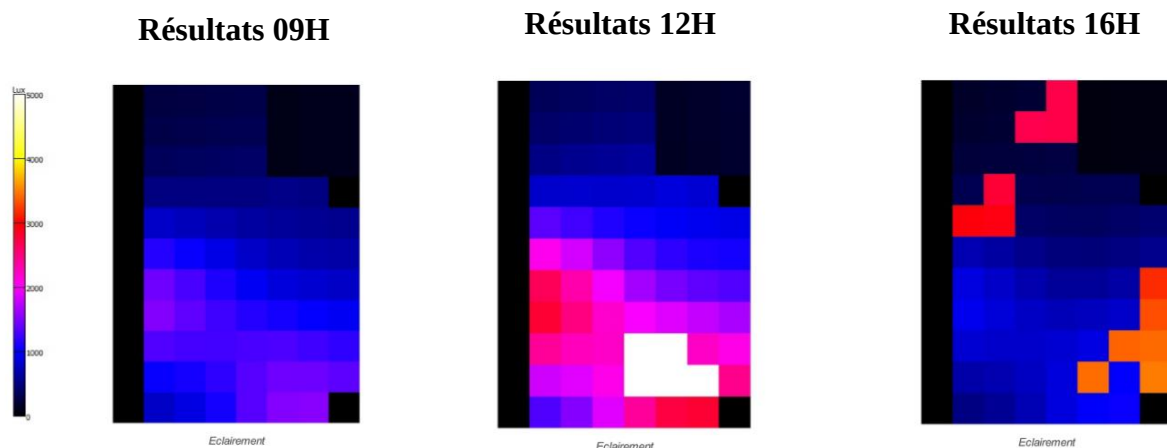


Figure IV-5 : Les résultats de la simulation d'éclairage faite pour l'espace « B1 » (source : auteur, 2023).

Interprétation des résultats :

Les trois figures ci-dessus représentent les résultats de simulation d'éclairage dans le bureau « B1 », dans trois moments différents de la journée qui correspondent à ceux de prise de mesure in situ, donc nous remarquons d'après une vision globale, que notre espace est bien éclairé durant toute la journée, sachant que le résultats obtenu à 09H représente un niveau d'éclairement confortable, avec des valeurs homogènes qui varient entre 500 et 1500 Lux dans les endroits qui se situent près de nos fenêtres, et ces dernière diminuent à chaque fois s'éloigner vers le fond du bureau, ou nous avons eu des valeurs d'éclairement qui ne dépassent pas les 1000Lux.

Pour les résultats de 12H, nous avons eu des valeurs d'éclairement plus importantes surtout face aux fenêtres, ou nous avons des valeurs qui s'étalent jusqu'à 'à 4500Lux, et à chaque fois nous

éloignons de cette zone, nous aurons un dégradé de couleur, qui commence à partir de 1500/2500Lux en arrivant vers la fin de la salle à des valeurs entre 200 et 100Lux.

Tandis que à 16H, nous avons un éclairage qui n'est pas très confortable, vu que nous avons un mélange entre des zones sombre et autre très éclairées placées un peu partout et considérées comme des sources d'inconfort visuel, suite au réflexions des rayons solaires directes pénètrent par les fenêtres orientées Ouest.

A partir l'interprétation de ces résultats, nous pouvons constater que la différence de niveau d'éclairage obtenue dans le même espace à trois moments différents de la journée, est dû à l'orientation de ce dernier, car l'orientation de l'une des fenêtres vers le Sud nous a créé des valeurs d'éclairage élevées à 12H selon la position du soleil, et des valeurs moyennes qui assurent une bonne qualité visuelle dans les autres heures de notre simulation. Alors que la fenêtre orientée Ouest, nous a causé un effet d'éblouissement à 16H créé par les rayons solaires directes.

IV.2.2 - 2eme Cas : Bureau « B2 » orienté Sud-Est et situé dans le 3eme étage avec deux simples fenêtres :

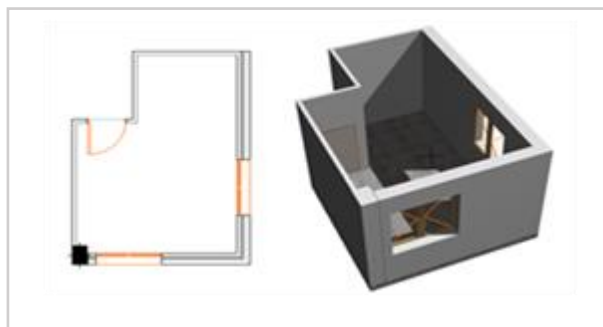


Figure IV-6 : L'espace « B2 » modelé par « Archicad » (source : auteur, 2023).

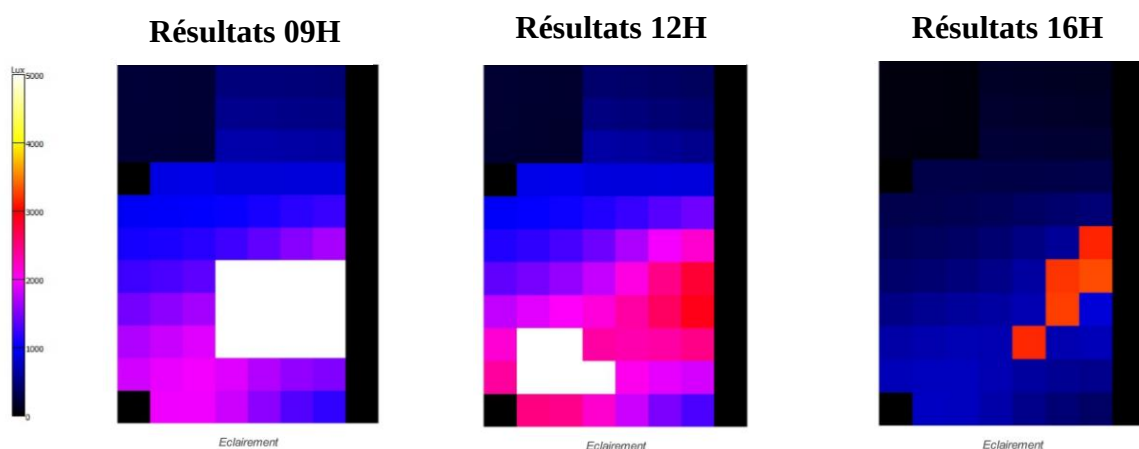


Figure IV-7 : Résultats de la simulation d'éclairage faite pour l'espace « B2 » (source : auteur, 2023).

Interprétation des résultats :

La figure ci-dessus représente les résultats de la simulation d'éclairage faite sur le bureau « B2 », ou nous avons eu trois cartes d'éclairage différentes selon l'heure de la journée.

Nous remarquons que à 09h, notre bureau est très éclairé, surtout la partie face à la fenêtre orientée Est, vu la position du soleil à cette heure, et à 12h, nous avons aussi niveau d'éclairement élevé, mais cette fois ci, nous avons sélectionné une zone très éclairée (plus de 4500Lux) face à la fenêtre Sud. Et enfin à 16h, notre bureau est éclairé, mais nous avons quelques taches solaires dû à la réflexion des rayons solaires sur le sol par un effet d'éblouissement.

Après avoir lire ces résultats, nous pouvons dire que cette différence des niveaux d'éclairement est dû à la position du soleil, ainsi que la position des ouvertures par rapport au soleil.

IV.2.3 - 3eme Cas : Bureau « B4 » orienté Sud-Est et situé dans le RDC avec deux fenêtres simples :

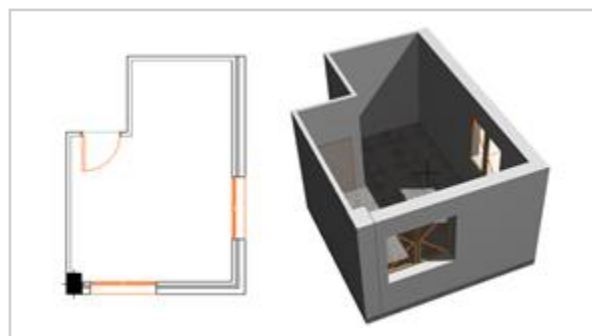


Figure IV-8 : La forme de l'espace « B4 » (source : auteur, 2023).

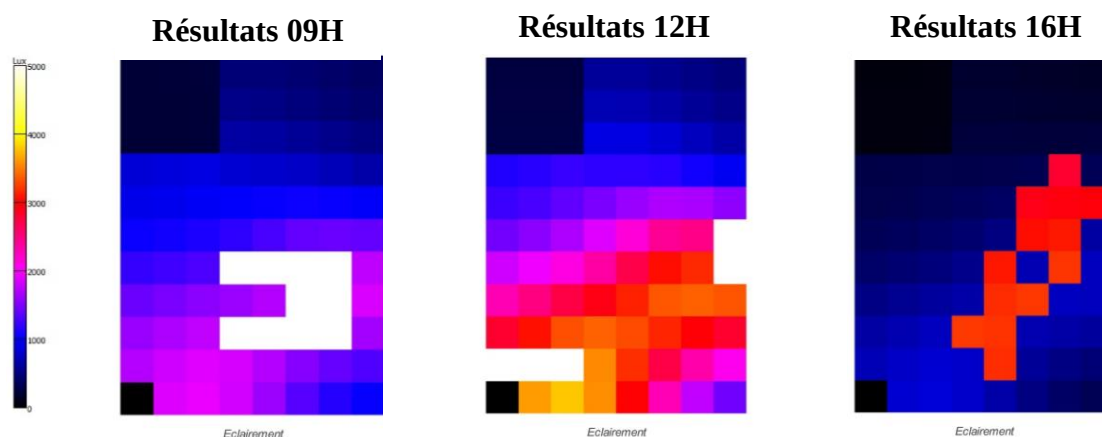


Figure IV-9 : Résultats de la simulation d'éclairage faite pour notre espace « B4 » (source : auteur, 2023).

Interprétation des résultats :

Dans les trois figures obtenues dans la simulation d'éclairage pour notre espace « B4 », nous avons eu trois qualités visuelles différentes, sachant que la première à 09h, ou nous remarquons un bon éclairage à l'intérieur avec une partie qui se trouve près de la fenêtre Est, elle est très éclairée (4500Lux)., pour la deuxième, nous avons des valeurs d'éclairage un peu plus élevées, vu l'heure (12h), comme nous avons aussi des zones qui marquent des valeurs très exagérées d'éclairage ; celles faces aux ouvertures Sud et Est.

Enfin nous avons la troisième ambiance (16h), ou nous avons un bon éclairage homogène, avec quelques taches solaires (avec des valeurs qui vont jusqu'à 3500Lux), du aux réflexions des rayons solaires directes sur le sol.

D'après ces résultats, nous pouvons constater que cette variation des valeurs d'éclairage et les taches solaires, reviennent à la position et l'altitude de soleil pendant toute la journée.

Correspondance entre la simulation d'éclairage et la prise de mesure :

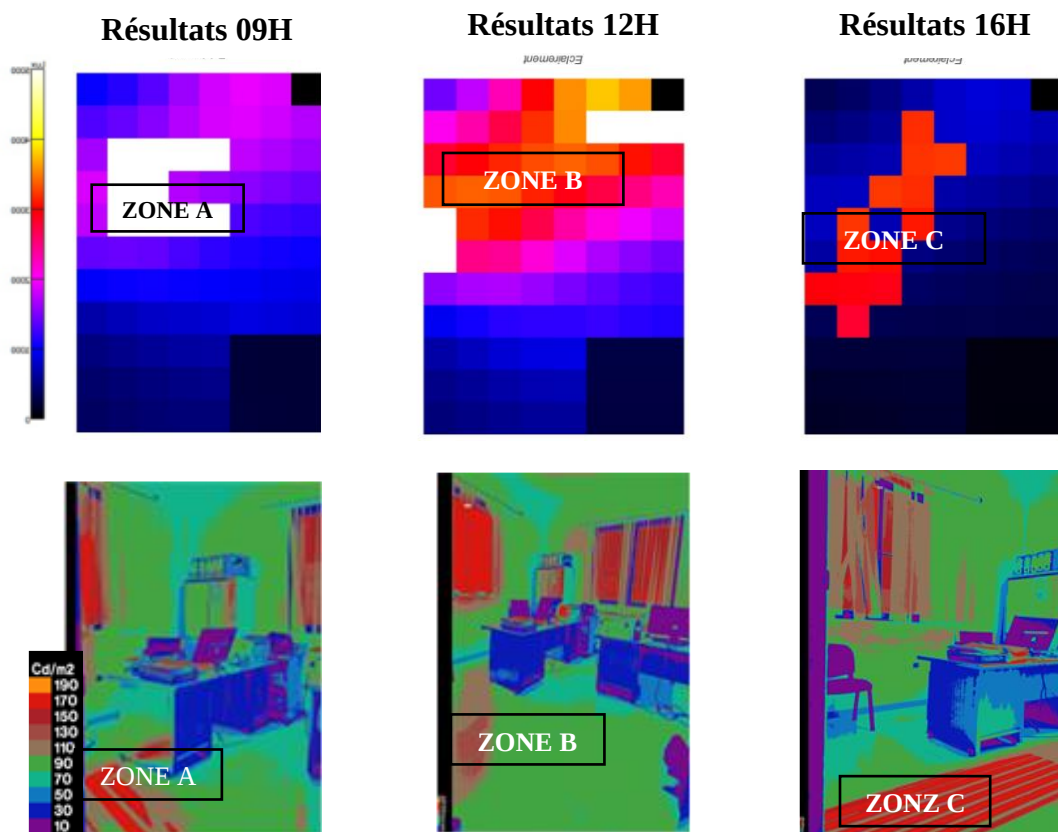


Figure IV-10 : Comparaison des résultats d'éclairage entre l'étude empirique et la simulation (source : auteur, 2023).

La comparaison entre les deux résultats nous conduit à distinguer deux qualités visuelles internes qui se rapproches dans certaines zones, et qui sont les mêmes ambiances dans les autres endroits de notre espace nommés (ZONE A, ZONE B et ZONE C), qui marquent des valeurs d'éclairement importantes dans les trois moments de la journée sous l'effet de rapprochement des ouvertures.

Synthèse :

A partir de cette simulation et la comparaison de ses résultats avec ceux trouvés lors de la prise de mesures et aussi ceux de notre enquête ou les participants jugé que leurs bureaux sont dotés d'un éclairage optimale qui les permet de travailler dans les conditions naturelles, nous pouvons valider notre choix de notre logiciel qui nous a confirmé par excellence notre étude empirique faite dans une seule journée, mais cette simulation par logiciel « Archiwizard » nous a permis de généraliser les résultats pour toute l'année.

IV.3 Résultats de la simulation thermique :

Les résultats obtenus dans la simulation thermique de notre cas sont représentés par des graphes et des schémas qui nous aident à évaluer nos différents indicateurs : température (ambiante ainsi extérieure) et les besoins énergétiques, et ces derniers sont à interpréter comme suit :

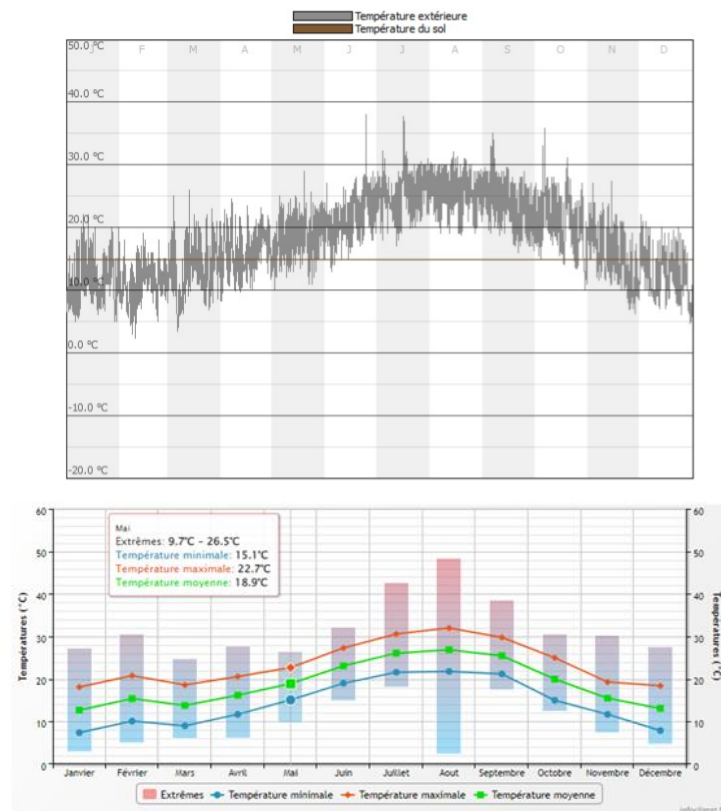


Figure IV-11 : Données météorologiques de température pour la ville de Bejaïa (source :auteur, 2023).

Après avoir obtenu les résultats, nous avons entamer la vérification de ces derniers, ceci est possible en comparant le graphe des températures extérieurs durant une année complète que nous avons eue d'après notre simulation, avec celui utilisé dans la partie empirique. Cette comparaison nous a permet de valider nos résultats grâce à la correspondance trouvée entre les deux données (sans prendre en considération l'écart qui varie entre 1,2 et 3C°.

IV.3.1 Température intérieur influencé par la composition des parois :

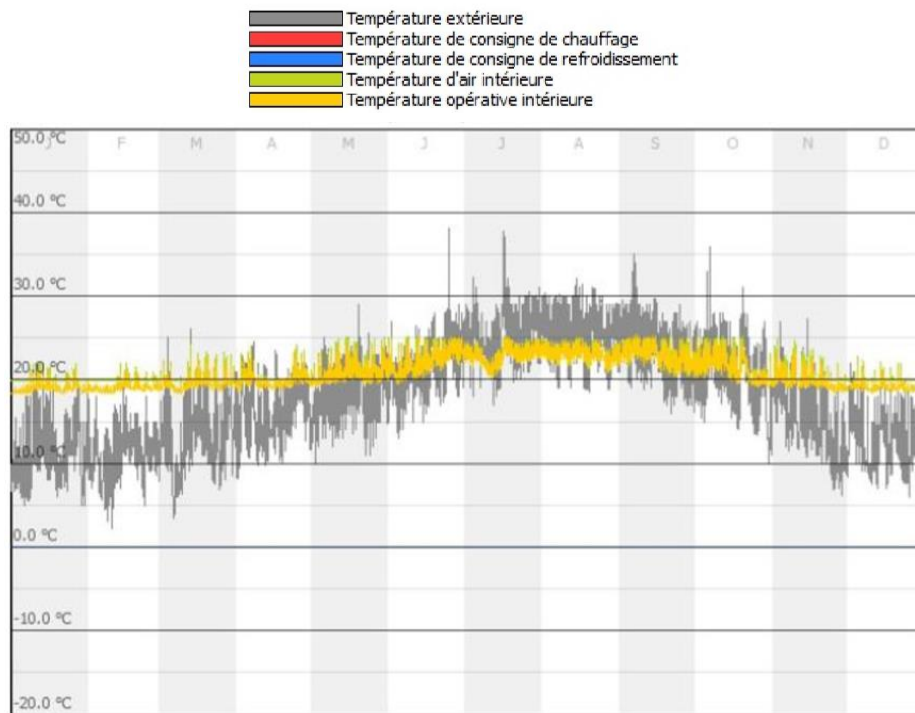


Figure IV-12 : Graphes des températures extérieures et ambiantes simulées (Source : auteur, 2023).

Le graphe ci-dessus représente l'évaluation des températures extérieur et ambiante durant une année, et nous remarquons que les deux ont presque la même forme du graph, vu que les deux évoluent d'une manière homogène, mais les valeurs sont pas les mêmes, nous avons celles intérieures qui varient entre 18C° (valeur atteint en mois de Janvier et Décembre) et 26C° (valeur maximale atteint en mois de Juillet et Aout) sont plus hautes que celles extérieures qui marque sa valeur minimale 05C° en mois de Janvier et Décembre, maximale 36C° enregistrée dans les deux mois Juillet et Aout.

D'après ces résultats, nous pouvons constater que cette différence entre les températures intérieur et extérieur (plus précisément : l'augmentation des valeurs de la température ambiante par rapport aux températures extérieurs et qui ne correspondent pas au seuil de confort thermique –entre 20 et 25C°), revient au premier lieu à la composition de nos parois extérieurs, qui ne présentent pas

une bonne isolation thermique, vu qu'elle sont composés à partir d'un matériau de faible conductivité thermique qui est la brique creuse la plus employée dans la ville de Bejaia, aussi la lame d'air qui pas trop efficace à utiliser comme un isolant.

IV.3.2 Les températures intérieures selon le taux d'occupation des espaces :

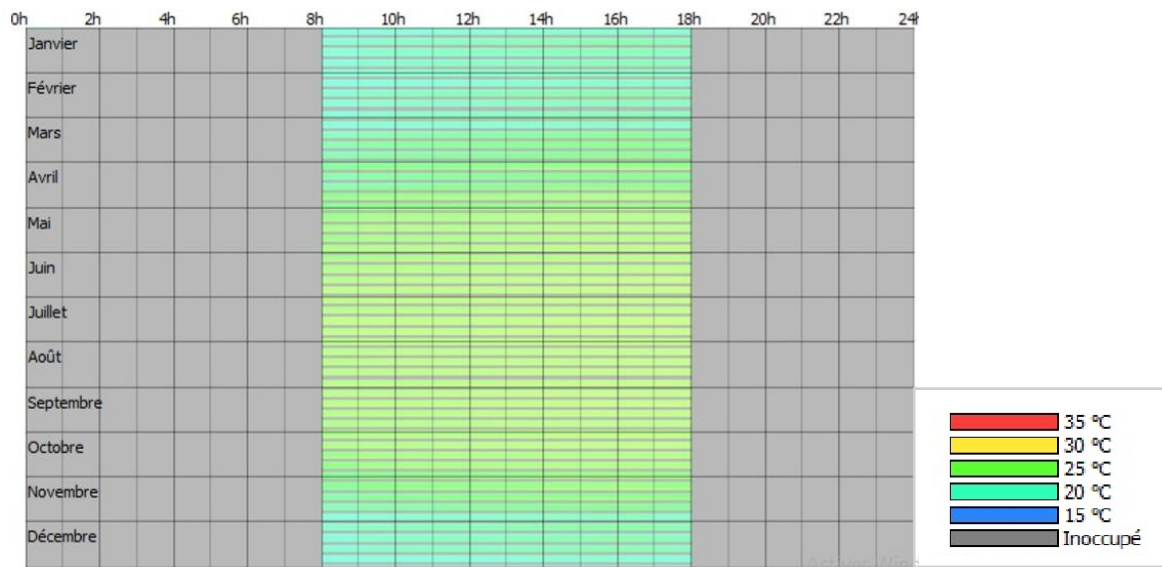


Figure IV-13 : Les températures simulées en fonction des heures d'occupation des bureaux de travail (source : auteur, 2023).

Le graph représente des températures intérieures marquée en fonction des heures ou nos espaces clé sont occupés (vus que notre cas d'étude est un immeuble de bureau composé de plusieurs espaces de travail réparties sous formes des bureaux, donc nous avons marqué une occupation à partir de 08h de matin jusqu'à 18h après midi, ces dernières représentent les heures de travail dans n'importe quel secteur). Nous remarquons que pendant la durée du travail, les employés ressentis des degrés de températures qui défèrent d'un moi à un autre, sachant qu'elles varient entre 18 et 22C° dans chacun des mois de Janvier, Février et Décembre, entre 20 et 24C° enregistrés en moi de Mars, Avril et Novembre, entre 22 et 24C° en moi de Mai, Septembre et Octobre et entre 25 et 30C°, valeurs qui marquent les trois mois de Juin, Juillet et Aout.

Donc les valeurs de température changent avec le changement des mois qui est accompagné par un changement des températures, ce qui nous permet de constater que notre cas d'étude n'est pas doté d'une bonne isolation thermique.

IV.3.3 Résultats de la consommation énergétique :

La consommation énergétique concerne l'énergie consommée par besoin de chauffage en Hiver et de climatisation en Eté, et grâce à cette simulation nous avons pu étudier l'influence des matériaux de construction avec leurs caractéristiques, ainsi qu'évaluer la performance énergétique de ces derniers.

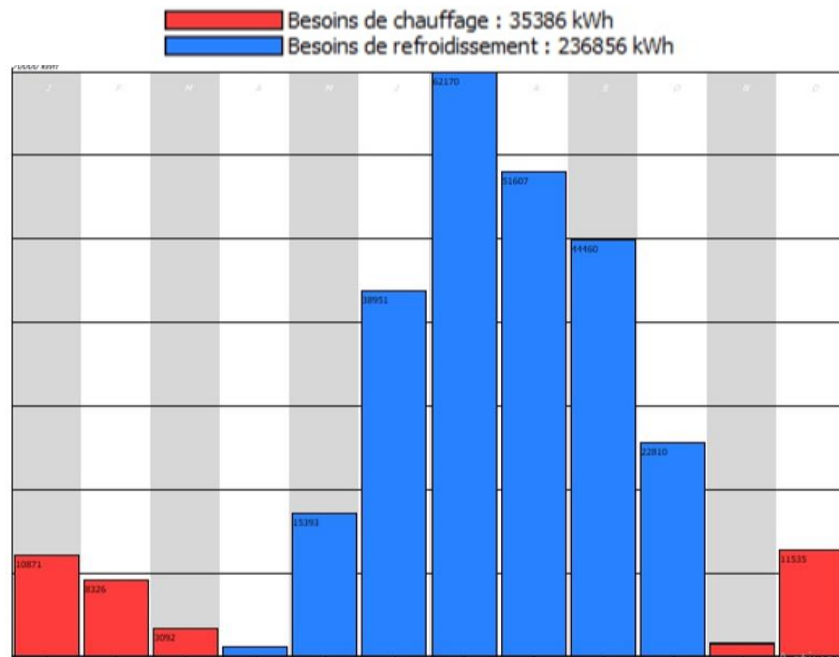


Figure IV-14 : Les besoins énergétiques dans notre cas d'étude (source : auteur, 2023).

Dans le graph ci-dessus, nous avons les différentes valeurs de consommation énergétique selon les mois de l'année (selon les saisons), nous remarquons que ces consommations sont réparties en deux saisons, énergie consommée par besoins de climatisation en été qui atteint sa valeur maximale (62170Kwh) en moi de Juillet, directement suivie par une valeur de (51607Kwh) consommée en moi de Aout, et autre consommée par les chauffages en Hiver qui atteint son pic en moi de Décembre (11535Kwh), puis suivie par celle de moi de janvier (10871Kwh).

Donc nous pouvons rassembler les besoins énergétiques (Energie réellement à consommer dans notre cas d'étude en enlevant les valeurs des mois dont le secteur d'enseignement supérieur ne fonctionne pas, et ces mois sont Aout, moitié de Juillet, moitié de décembre et moitié Mars), donc le total nous aurons 208372KWh énergie à consommer durant une année de travail.

Aussi d'après ces résultats, nous avons trouvé que les besoins de refroidissement (236856 KWh) sont plus importants avec des valeurs très élevées que celle de chauffage en Hiver, qui sont plus au moins moyennes (35386Kwh). Nous pouvons constater que cet écart important est dû aux façades

de notre cas d'étude, qui s'agissent pour la majorité des vitrages orientée face à des rayons solaires directes en été.

IV.4 Les résultats de notre enquête :

1) Information d'ordre générale sur nos participants :

Dans la figure ci-dessous, nous avons les résultats de nos questions dont nous avons commencé par questions qui visent des informations générales, afin d'ouvrir notre questionnaire par des questions qui semblent faciles, aussi pour connaître les caractéristiques de ceux qui ont répondu pour pouvoir interpréter les autres réponses.

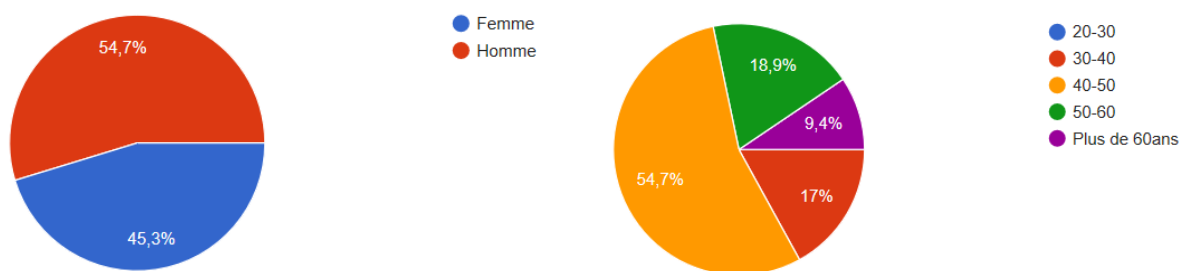


Figure IV-15 : Informations d'ordres générale sur les enseignants participants (source : auteur, 2023).

2) Informations générale sur les bureaux des participants :

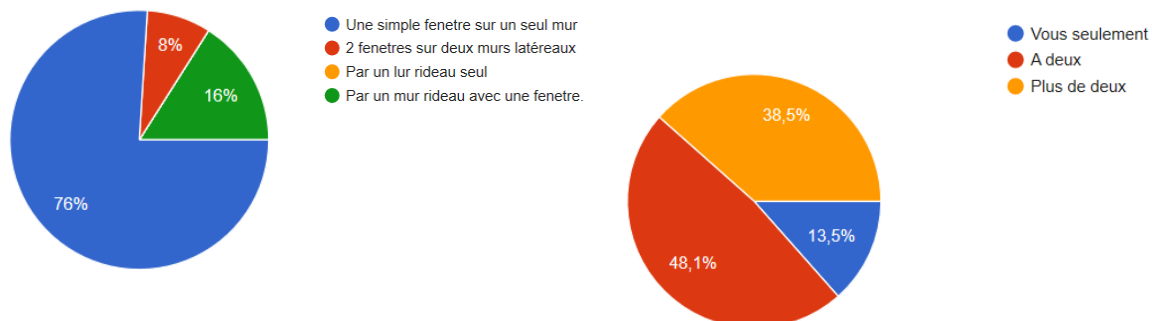


Figure III-32 : Nombre d'occupants et nombre d'ouvertures dans les bureaux des participants (source : auteur, 2023).

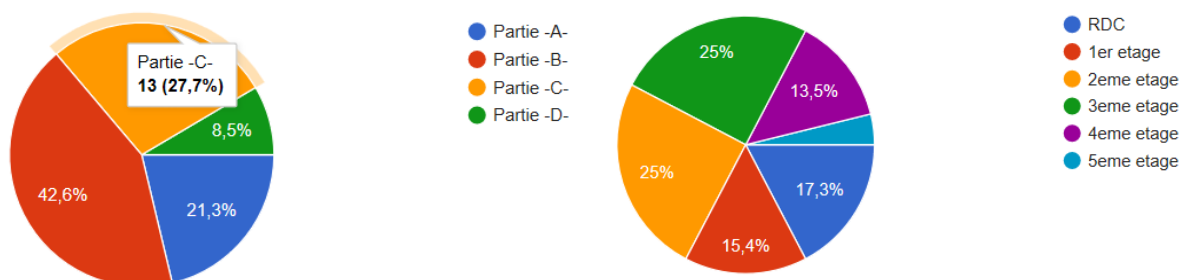


Figure IV-16 : Orientation et niveau d'installation des bureaux des participants (source : auteur, 2023).

Les figures ci-dessus représentent les réponses des enseignants qui ont participé à notre questionnaire, dont nous avons pour la plupart, ils sont des bureaux occupés par deux personnes, orientés Nord- Est, dotés pour chacun d'une simple fenêtre et aussi la majorité de participants sont ceux qui ont des bureaux dans le 2eme et le 3eme étage.

3) Des réponses vis-à-vis le confort thermique :

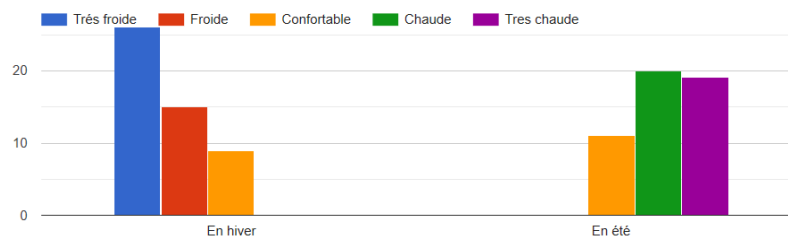


Figure IV-17 : La sensation thermique des enseignants dans leur bureaux avec les conditions naturelles (source : auteur, 2023).

Le graph ci-dessus représente la satisfaction des employés vis-à-vis les conditions thermiques naturelles d'été et d'hiver, et nous remarquons qu'en Hiver, la plupart des enseignants ont jugé leur environnement très froid, sachant qu'en été, leurs sensations varient entre une sensations d'une ambiance thermique très chaude et chaude.

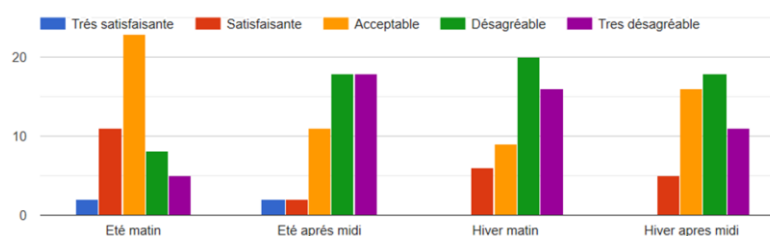


Figure IV-18 : La satisfaction des enseignants dans les conditions thermiques naturelles (source ; auteur :2023).

D'après la figure en haut, nous avons des réponses défavorables pour la plupart par rapport à leurs satisfactions vis-à-vis l'environnement thermique dans les conditions naturelles, donc nous avons pour la saison d'Hiver, les enseignants sont insatisfait durant toute la journée (matin et après-midi), vu qu'ils ont qualifié leurs ambiance entourant comme étant désagréable, tandis qu'en Eté, ces participants voient que leurs environnement et acceptable pendant toute la matinée, mais désagréable ou très désagréable l'après-midi.

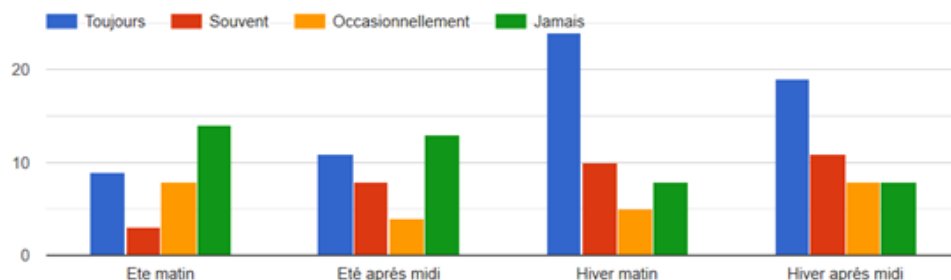


Figure IV-19 : Le temps et la fréquence d'utilisation des équipements de chauffage et de climatisation (source : auteur, 2022).

Selon le graph ci-dessus, nous disons que les enseignants font toujours appel aux chauffage durant toute la journée pour la période hivernale, et pendant l'été, la majorité des employés n'utilisent jamais les climatiseurs, que ce soit le matin ou aussi l'après-midi.

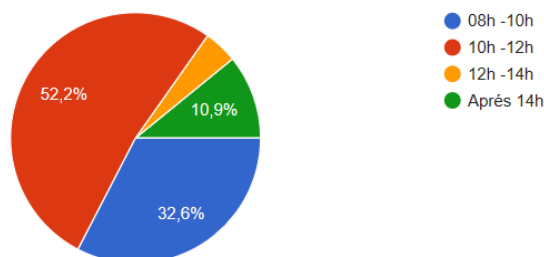


Figure IV-20 : Les meilleurs heures de travail par rapport au confort thermique (source : auteur, 2023).

La figure nous montre que les heurs les plus confortable pour travailler avec les conditions thermiques naturels selon l'avis de 52,5% des enseignants participants, sont celles de 10h à 12h, et un pourcentage de 32,6% préfèrent travailler entre 08h et 10h.

4) Le confort visuel :

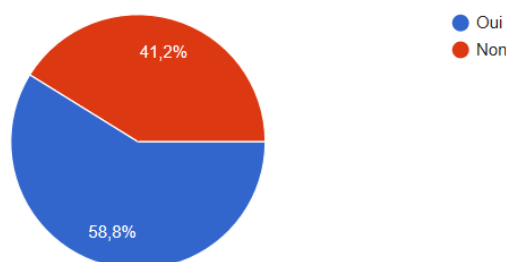


Figure IV-21 : La satisfaction des enseignants vis-à-vis les conditions d'éclairage naturel (source : auteur, 2023).

D'après ces résultats qui représente les réponses des enseignants sur la question « voyez-vous que vous êtes productifs quand vous travaillez avec les conditions d'éclairage naturel, nous pouvons conclure que les bureaux des participants sont dotés d'un éclairage naturel qui les assure des niveaux d'éclairage largement suffisants.

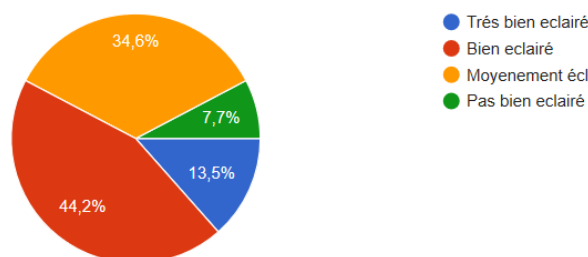


Figure IV-22 : Niveau d'éclairage dans les bureaux des participants (source : auteur, 2023).

Cette figure résume les d différents niveaux d'éclairage dans les bureaux des participants qui pour la plus grande majorité (44,2%) voient que leurs espaces sont bien éclairés, et 34,6% jugent le niveau d'éclairage comme étant moyen. Alors que nous avons reçu que 7,7 % des enseignants qui considèrent leurs bureaux mal éclairés.

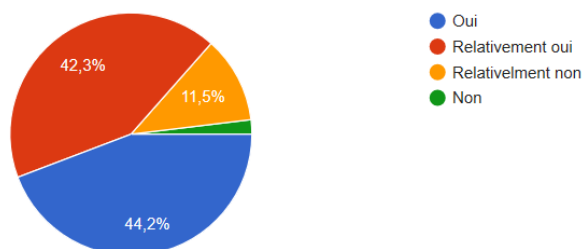


Figure IV-23 : La satisfaction des enseignants vis-à-vis les conditions d'éclairage naturel (source : auteur, 2023).

Après avoir recevoir les avis des participants sur leurs sensations envers le niveau d'éclairage de leurs espaces dans les conditions d'éclairage naturel, nous avons pu conclure que les bureaux pour la majorité sont doté d'un éclairage naturel qui offre des niveaux d'éclairage hauts, vu que 44,2% des enseignants sont satisfaits et 42,3% moyennement satisfaits de leurs ambiance lumineuse intérieurs avec l'éclairage naturel.

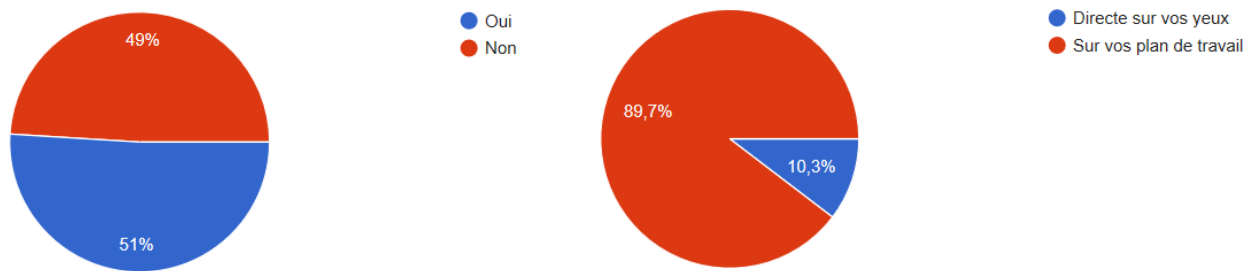


Figure IV-24 : L'éblouissement à l'intérieur des bureaux des enseignants (source : auteur, 2023).

La figure ci-dessus nous montre que 51% des enseignants souffrent d'un positionnement gênant des rayons solaires en Eté, qui les posent une source d'inconfort vu que ces rayons créent un effet d'éblouissement par la réflexion de ces derniers sur les plans de travail des enseignants, ce qui les empêche pour faire leurs travaux dans une ambiance confortable.

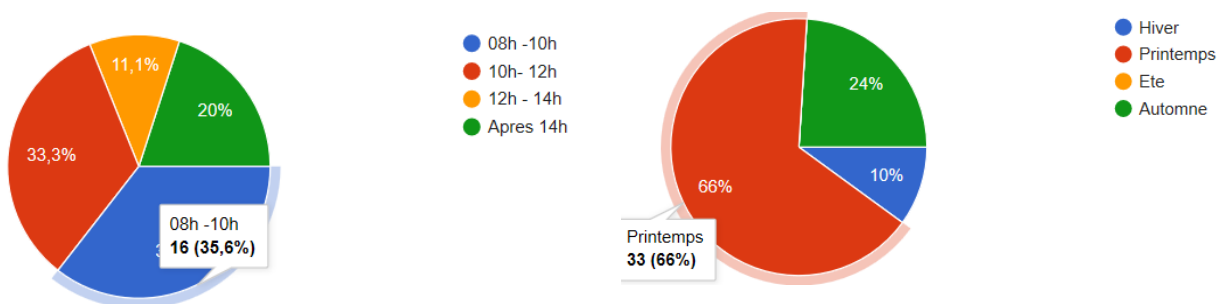


Figure IV-25 : Les meilleures heures et saisons de travail vis-à-vis les conditions d'éclairage naturel (source : auteur, 2023).

La question posée aux enseignants sur les meilleurs heurs et la meilleure saison pour travailler vis-à-vis les conditions d'éclairage naturel, nous a permet de trouver que 35,6% aiment travailler entre 08h et 10h, 33,3% entre 10h et 12h, et que le printemps est la saison la plus préférée au travail alors qu'aucun enseignant n'aime travailler en Eté.

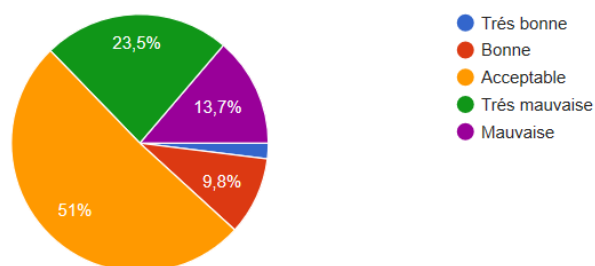


Figure IV-26 : La satisfaction des enseignants par rapport à la qualité architecturale de leurs bureaux (source ; auteur, 2023).

Concernant la qualité architecturale intérieure des bureaux, les enseignants sont pour la plupart (51%) avec une qualification acceptable de cette dernière, mais ça ne peut pas cacher le pourcentage important des participants (23,5%), qui ont jugé cette qualité très mauvaise.

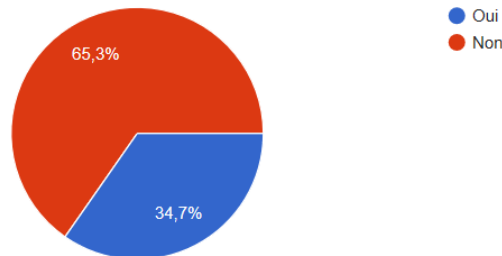


Figure IV-27 : L'intégration des enseignants dans les qualités architecturales de leurs bureaux (source : auteur, 2023).

Pour savoir si nos profs sont intégrés dans leurs bureaux, nous avons intégré cette question dans notre questionnaire, cette dernière nous a permis d'avoir des réponses qui montrent que 65,3% de ces personnes ne sont pas de tout intégrés dans leurs bureaux et que 34,7% qui déclarent qu'ils sont intégrés, avec les qualités architecturales offertes.

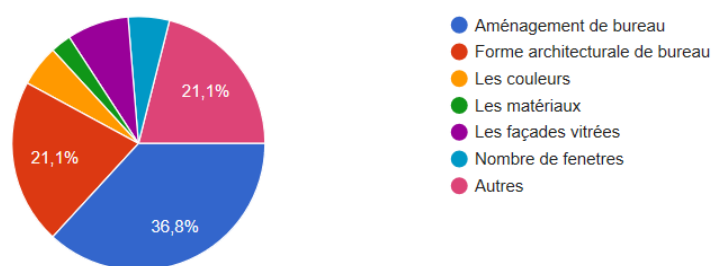


Figure IV-28 : Causes d'insatisfaction des enseignants dans leurs qualités architecturales intérieures (source : auteur, 2023).

Après le pourcentage important d'insatisfaction des enseignants dans leurs bureaux, nous avons visé les raisons qui rendent cette qualité architecturale désagréable, ou nous avons réussi à avoir des réponses de la part des enseignants, qui pour 36,8% d'eux, ils disent que l'aménagement des bureaux est la cause principale, et 21,1% voient que ces qualités inconfortables reviennent à la forme des bureaux.

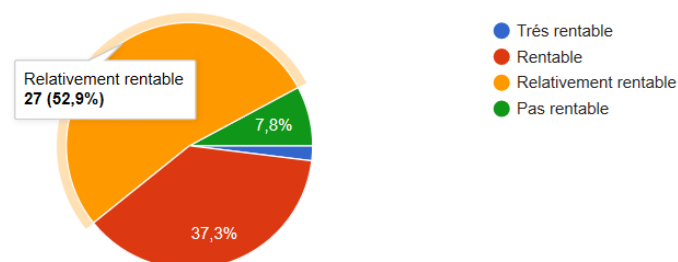


Figure IV-29 : Le degré de rentabilité de travail dans les bureaux des enseignants (source : auteur, 2023).

A la fin, pour juger le degré de confort et de satisfaction des enseignants dans leurs bureaux, nous avons pris en considération le degré de rentabilité du travail, qui est l'indice qui nous permet d'évaluer la qualité d'un espace, sachant que pour notre cas, 52,9% voient que le travail dans leurs espaces est relativement rentable, et que 7,8% déclarent qu'il n'est pas rentable.

Synthèse :

A travers cette étude qualitative, nous avons pu avoir une idée sur les besoins et les états de confort selon la psychologie et la sensation des enseignants, sachant que pendant cette étude, nous avons eu des résultats qui correspondent à celles trouvées lors de l'étude empirique, vu que les participants au questionnaires ont jugé la lumière dans la plus part des bureaux est suffisante et elle offre la capacité de travailler sans faire appel à l'éclairage artificiel pour la plus part du temps, et aussi ils ont réclamé de la présence des rayons solaires directes qui se reflètent sur leurs plan de travail, et tous ça confirme nos résultats de prise de mesure, ou nous avons marqué des valeurs très élevée de luminance, et aussi des taches solaires qui sont présentes sur les bureaux de travail et aussi sur le sol.

Concernant le confort thermique, les enseignants trouvent que leurs bureaux sont pas dotés de bonnes ambiances vis-vis les température internes, et ils ont déclaré qu'ils utilisent des radiateurs pendant toute les journées d'Hiver sans arrêt, ça confirme les résultats trouvés lors de notre étude empirique et qui nous a montré que notre cas n'est pas doté d'une bonne isolation thermique.

✓ Correspondance entre l'étude qualitative et les résultats de la « Space Syntax » :

Après avoir finir notre enquête, et rassembler toutes nos réponses reçues de la part de notre échantillon d'enseignants propriétaires des bureaux dans notre cas d'étude, nous avons trouvé que la plus part des enseignants n'ont pas intégrés dans leurs espaces avec les qualités architecturales offertes, ce qui confirme nos résultats de notre simulation de l'analyse spatiale, ou nous avons pu trouver que nos espaces ne sont pas connectés aussi les occupants ne sont pas très intégrés dans la qualité intérieur disponible.

Conclusion :

A la fin de ce dernier chapitre, nous avons pu grâce à nos simulations de valider d'abord nos hypothèses proposées dans le chapitre introductif, qui disent que le confort visuel et thermique dans un espace sont influencés par l'orientation, caractéristiques et ratio d'ouvertures, ainsi que les matériaux de constructions utilisés. Mais non seulement les hypothèses, les résultats obtenues dans ce chapitre grâce à nos différents logiciels, nous permet de confirmer celles in situ, enregistrées lors de la prise de mesure sur terrain, ce qui valide aussi notre choix de logiciel de simulation « Archiwizard ».

Nos simulations aussi nous confirment que dans les trois concepts étudiés par avant (confort visuel, confort thermique et configuration spatiale), plusieurs paramètres rentrent en jeu ; pour le confort visuel, l'orientation et la hauteur d'un bureau ou n'importe quel espace aussi les ouvertures avec leurs nombre et caractéristiques influencent directement sur la qualité visuelle intérieure, et pour le confort thermique, nous pouvons conclure que le choix de type de matériaux à utiliser dans l'enveloppe d'un espace de travail doit être fait selon leurs propriétés thermiques et les données climatiques de la ville en question, car cela aide à créer une ambiance thermique intérieure confortable. Enfin, nous avons la simulation « Space Syntax », cette dernière nous a donné comme conclusion que dans un espace de travail, pour avoir un bon rendement de travail, les employés doivent être bien intégrés, et ceci est possible grâce au bon choix d'une bonne configuration spatiale et d'un bon aménagement intérieur. Et enfin le tout est défendu par les réponses des enseignants lors de notre enquête, ou ils nous ont exposé leurs avis et leurs degrés de satisfactions dans leurs espaces, vis-à-vis les concepts étudiés.

Conclusion générale

V. Conclusion générale :

Dans notre travail de recherche, nous pouvons dire que nous avons réussi à atteindre nos objectifs, et faire ressortir des recommandations qui doivent être respectées dans les conceptions futures des immeubles de bureaux ou plus précisément dans les espaces de travail.

Ce travail est focalisé sur l'évaluation de deux concepts importants dans n'importe quel espace architectural, qui sont le confort thermique et visuel, mais non seulement ces concepts liés au confort, nous avons aussi évalué l'influence de la configuration architecturale d'un espace sur le bien-être de l'occupant.

Notre type d'espace utilisé comme cas pour faire notre étude, est un type qui n'est pas mis en valeur et n'est pas doté des études séparées avant chaque conception, ils sont les immeubles de bureaux qui regroupent des espaces de travail, donc ces derniers lors de leurs programmations, les concepteurs s'intéressent beaucoup plus sur l'esthétique extérieures des façades, et ils partissent sur un choix d'une organisation spatiale ordinaire qui se répètent dans la plus part de ces immeuble, et cette organisation présente un ensemble des espaces clos qui sont séparé chacun de l'autre par des cloisons durs, alors que nous avons un choix très varié, et nous avons des configurations spatiales plus intéressantes et plus vivantes qui répondent aux besoins des travailleurs afin qu'ils soient plus productifs.

Dans cette recherche menée sur l'évaluation de confort thermique et visuel dans le bloc des enseignants de « Targa Ouzemmour », nous avons tester les compositions de l'enveloppe extérieur de notre cas, et aussi tester l'influence des ouvertures avec leurs caractéristiques sur nos deux concepts grâce à une simulation numérique faite par un logiciel « Archiwizard », et à la fin de nos études, nous avons trouvé que dans un espace, le confort thermique est très influencé par les matériaux de construction, qui doivent être choisis selon le type de projet et aussi selon les caractéristiques de la ville de sa localisation, et pour le visuel, nous avons pu conclure que les ouvertures ont un effet très remarquable sur la lumière intérieur, sachant que leurs orientations, positions et nombres sont les paramètres qui déterminent la qualité visuelle dans un espace intérieur.

Aussi nous avons essayé de trouver la configuration spatiale optimale et confortable qui s'adapte avec les employer, sachant qu'après avoir entendre leurs soucis et besoins à travers l'étude qualitative et la simulation par la « Space Syntax », nous avons conclure que dans notre cas, les enseignants ne sont pas intégrés dans leurs espaces, et ils disent que l'aménagement et la répartition de leurs bureaux sont les causes principales de cette insatisfaction.

Donc pour conclure, nous disons que pour satisfaire les usagers d'un espace, ou plus précisément les travailleurs, nous devons les créer des environnements confortables par leurs qualités visuelles et thermique, aussi il faut les faire inscrire dans la démarche de la programmation de ces espaces, qui doivent être conçu avec les configurations, aménagements et organisations spatiales en répondant à leurs bien être et intégrations.

Cette réussite est possible grâce à des nouvelles technologies, qui consiste à tester nos conceptions à n'importe qu'elle étape, grâce aux simulations faites par des logiciels de simulation numériques développés, qui nous permet de tester en temps réel la conformité de nos projets, et pouvoir par la suite rectifier et corriger les fautes ou aussi accomplir les manques.

1. Recommandations spécifiques :

A partir des différentes études faites sur terrain et confirmées et validées par les simulations numériques, nous avons pu ressortir des manques au niveau de notre cas d'étude, qui concernent la qualité visuelle et thermique dans les bureaux, et à partir de ces ambiances inconfortables, nous avons fait appel à des recommandations pour réussir à créer du confort intérieur au sein de nos espaces de travail ; parmi ces recommandations :

D'après l'étude et l'évaluation du confort thermique, nous avons trouvé que notre cas n'est pas doté d'une bonne isolation, donc nous avons proposé de remplacer la lame d'air qui existe dans la composition de nos parois externes, par un autre isolant qui doit être caractérisé par une bonne capacité thermique et isolante.

Et d'après l'évaluation de confort visuel, nous avons remarqué et confirmé que les espaces orienté Sud ont des niveaux très élevés d'éclairement, causé par les rayons solaires directs qui pénètrent à travers les ouvertures, donc pour améliorer notre ambiance lumineuse, nous avons proposé l'emploi des protections solaires au niveaux de ces fenêtres exposées au rayons solaires.

➤ La simulation de notre modèle avec la nouvelle composition des parois externes :

Le liège ; l'isolant employé :

Il s'agit d'un isolant écologique caractérisé par une bonne isolation thermique même phonique, il résiste à la fois à l'humidité et aussi au feu, comme cet isolant est marqué par une durée de vie importante. Pour la méthode d'utilisation, il est placé entre les deux parois de brique et remplace par la suite la lame d'air.

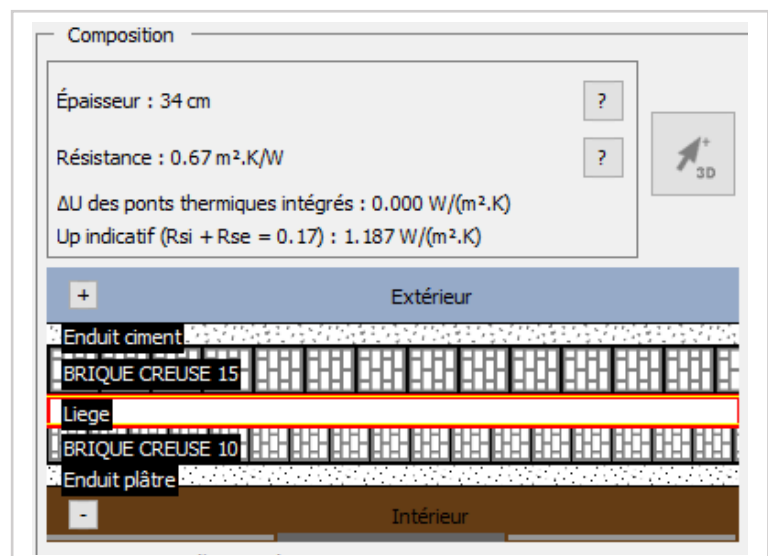


Figure V-1 : La nouvelle composition de notre enveloppe extérieure après l'ajout d'un isolant (source : auteur, 2023).

Tableau V-1 : Caractéristiques des matériaux employés dans notre composition des parois avec l'isolant (source : auteur, 2023).

<u>Matériaux</u>	<u>Epaisseur (cm)</u>	<u>Conductivité thermique</u>	<u>Densité</u>	<u>Capacité thermique</u>
Enduit ciment	02	1,4	2200	1800
Brique creuse	10/15	0,48	900	936
Liège	05	0,09	1000	190
Enduit plâtre	02	0,35	1150	936

➤ **Présentation et i interprétation des résultats de notre simulation :**

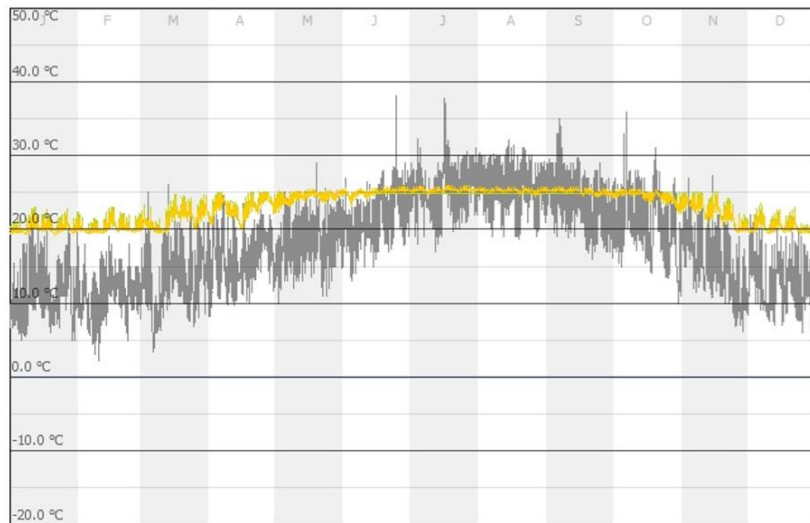
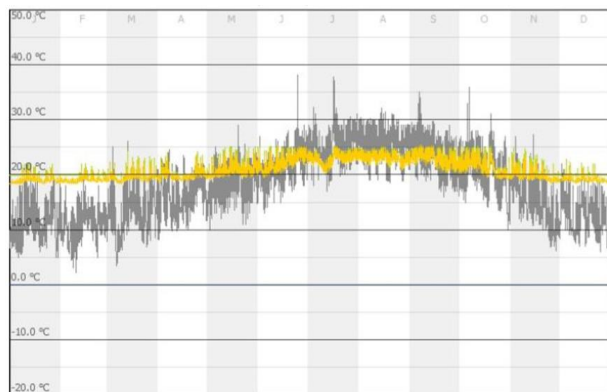
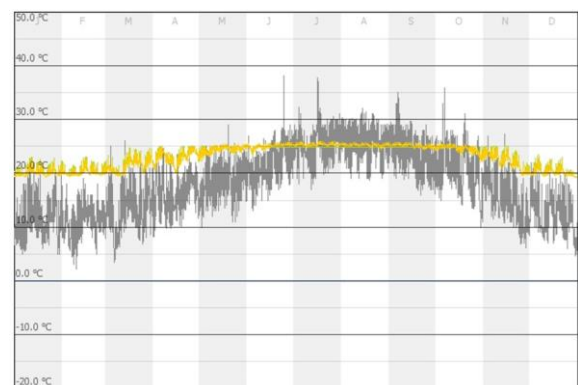


Figure V-2 : Résultats de la simulation thermique avec l'utilisation d'un isolant (source : auteur, 2023).

➤ **Comparer les résultats :**



Température ambiante avec la composition ordinaire des parois



Température ambiante avec l'utilisation d'un isolant dans la composition des parois

A partir d'une Comparaison entre ces deux résultats, nous pouvons dire que l'emploi de liège à la place de la lame d'Aire comme isolant, nous a donné des températures ambiantes qui sont plus proches de la température du confort (23°C), mais en Eté, nous remarquons que la lame d'aire nous assure une isolation mieux que celle offerte lors de l'emploi de liège, vu que la température interne en été avec la présence de la lame d'aire varie entre 22 et 23°C , alors que avec l'isolant, elle se situe dans les environs de 25°C . Ce qui montre que notre choix d'isolant est efficace car il nous a assuré une isolation thermique acceptable pour la plupart des mois d'une année, mais pour l'été il est pas le bon choix.

➤ La simulation d'éclairage avec l'emploi des protections solaires :

D'après notre étude empirique validée par la simulation, nous avons sélectionné un espace qui est jugé très éclairé, possède des valeurs d'éclairement très élevées et excessives, ce qui crée un inconfort visuel, cette espace est un bureau orienté Sud-Est et se situe dans le 3eme étage.

Donc pour réagir et améliorer cette ambiance, nous avons proposé l'emploi des protections solaires pour faire face aux rayons solaires directes qui pénètrent à travers les ouvertures.

Dans la figure ci-dessous, nous avons l'emplacement de ces dispositifs au niveau de nos ouvertures, afin faire une simulation d'éclairage et tester l'efficacité de notre solution.

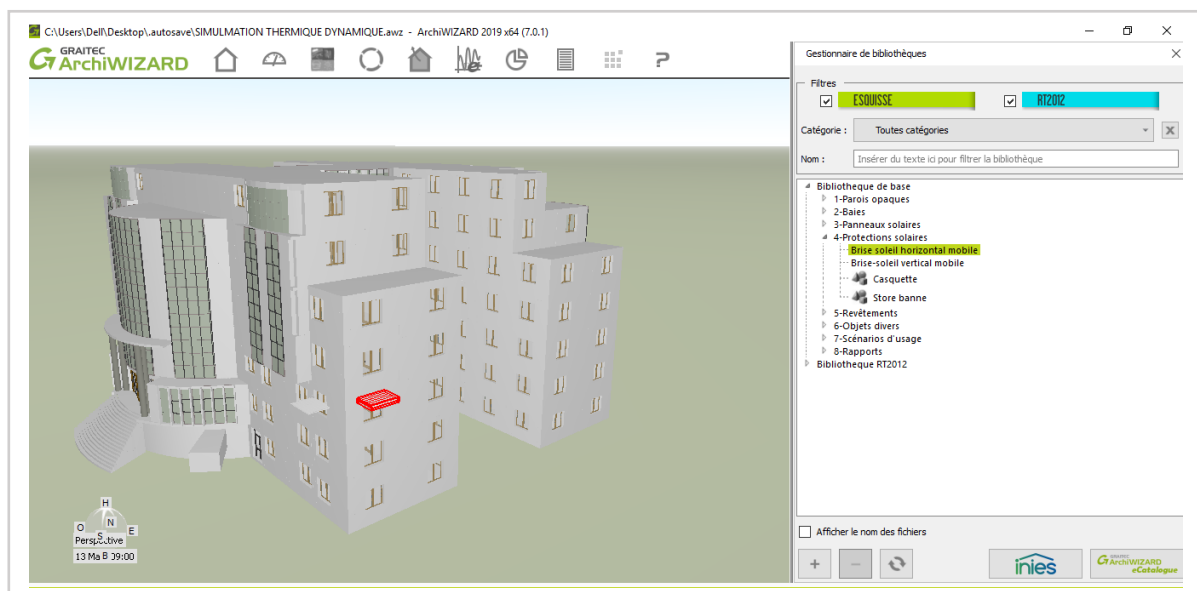


Figure V-3 : Emplacement des protections solaires horizontales mobiles au niveau de notre espace à simuler (source : auteur, 2023).

Les résultats obtenus après la simulation sont les suivantes :

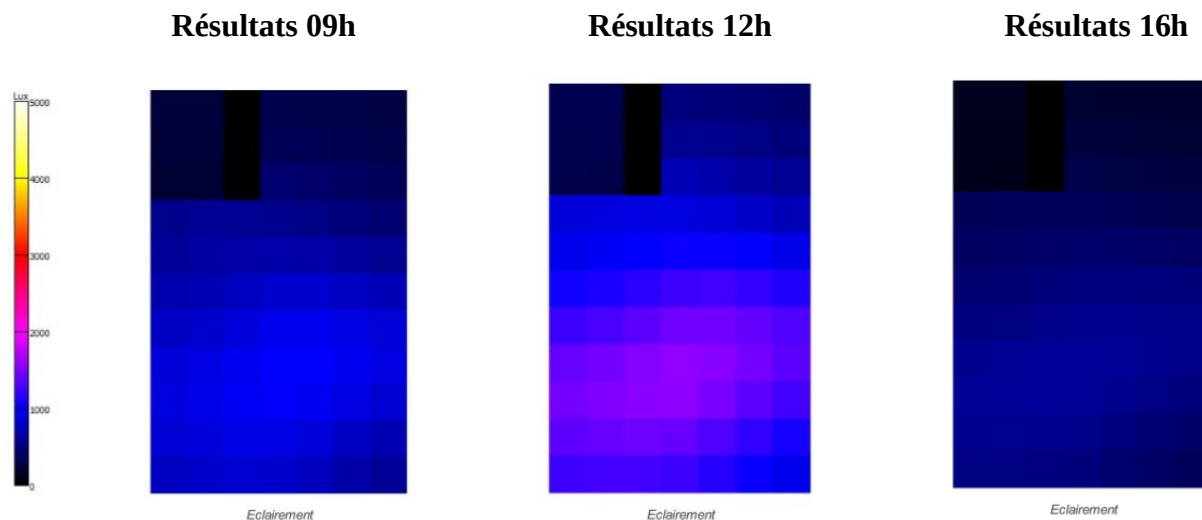


Figure V-4 : Résultats de la simulation d'éclairage de notre espace le plus défavorable après correction (source : auteur, 2023).

Les résultats présentée au-dessus montres que notre espace après l'utilisation des protections solaires est doté d'un éclairage uniforme et homogène durant toute la journée, sachant que les valeurs enregistrées à 09h varient d'une manière stable entre 500 et 1500 Lux dans toute la surface de bureau, et pour celles de 12h, aussi montre une ambiance lumineuse confortable avec des valeurs qui dépassent pas les 1800Lux, comme concernant les valeurs d'éclairage obtenus à 16h, elle varient entre 300 et 1000 Lux, et reflètent une qualité de lumière optimale, et une ambiance confortable.

Pour conclure, nous disons que notre choix de mettre des protections solaires est efficace, car la qualité lumineuse au sein de notre espace qui était le plus défavorable est devenue très confortable, sans aucunes taches ou effets d'éblouissement.

2. Recommandations générales :

D'après les déférents résultats trouvés, et après avoir finir notre recherche, nous avons pu faire sélectionner quelques recommandations, qui sont efficaces et demandées pour être suivies et appliquées dans les futures conceptions des bureaux ou n'importe quel espace de travail. A cet effet nous citons :

- Opter pour le bon choix de type de façade selon le projet à construire ;

- Ne pas choisir des façades vitrées que pour l'esthétique, mais une étude préalable doit être faite avant de faire ce choix ;
- Utilisation des protections solaires qui vont éviter l'influence négative des rayons solaires directes soit sur le confort thermique par effet de surchauffe, ou aussi sur le confort visuel par un éblouissement ;
- La mise en valeur de l'entretien des façades vitrées, qui doit être considérée comme une exigence importante lors de la conception ;
- Réfléchir et étudier avant de faire le choix des matériaux, qui influence directement sur la qualité du confort intérieur ;
- Penser à l'isolation thermique de la construction, en utilisant les bons isolants qui avec leurs caractéristiques de haute qualité, peuvent nous assurer un confort thermique intérieur ;
- Ratio d'ouverture ainsi que les dimensions choisis par rapport à la fonction de l'espace ;
- L'activité à exercer dans un espace, doit être prise en considération par l'aménageur de ce dernier qui doit viser le bien-être de l'occupant ;
- Faire une organisation spatiale qui assure une fluidité et une volonté pour l'utilisateur.

3. Les limites de la recherche :

Durant notre travail de recherche, nous avons fréquenté quelques obstacles qui nous ont tardé et nous ont empêché à produire plus surtout en ce qui concerne les simulations, donc parmi les limites trouvées pendant la réalisation de notre travail, nous citons :

- Un manque du temps, qui nous a conduit à limiter notre champ de recherche ;
- Manque d'outil pour l'étude institut qui compte sur la prise de mesure par moyen d'une caméra, mais vu l'indisponibilité de cette dernière, nous avons utilisé l'appareil photo de notre téléphone mais en doublant l'attache, car nous avons converti toutes les photos pour qu'elles soient utiles à utiliser.
- L'indisponibilité des occupants des bureaux choisis pour la prise de mesure, vu que nous devons prendre nos mesures dans trois moments de la journée, donc c'était difficile de trouver des profs qui sont disponibles dans leurs bureaux à ces moments ;

- La limite du temps qui nous a empêché de faire nos prises de mesures pour toutes les périodes représentatives pour les différents paramètres ;
- Avancement dans le travail lié à la puissance de micro-ordinateur, car la plus grande part de travail et la plus importante partie dans notre procédure, est le travail de simulation fait par des différents logiciels.

4. Perspectives de la recherche :

A partir de notre travail de recherche, et après avoir validé et clôturé nos résultats, nous avons listé quelques paramètres qui sont des éléments très importants à être traités comme des thèmes dans les futures recherches :

- L'évaluation du confort psychologique dans les espaces de travail ;
- Étude de l'influence de l'intégration de la végétation à l'intérieur des espaces de travail sur le bien-être des usagers ;
- Étude et évaluation de l'organisation spatiale et du choix d'aménagement des bureaux du travail, et leurs influences sur la productivité des employés ;
- Étude des types des matériaux de constructions et dispositifs architecturaux à utiliser dans les immeubles de bureaux ;
- Évaluation et optimisation de la consommation énergétique dans les espaces de travail.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES :

- **ANNE MONJARET** ; *Etre bien dans son bureau ; centre d'Ethnologie française, Paris, 1921.*
- **Batier, C. (2016).** *Confort thermique et Energie dans l'habitat social en milieu méditerranéen.* Université de Montpellier, France
- **Berkouk, D. (2017).** *Évaluation du confort thermique et lumineux dans le logement collectif : Étude comparative entre le social et le promotionnel, dans la ville de Biskra.* Université Mohamed Khider, Biskra.
- **Bodart M.,** « *Création d'un outil d'aide au choix optimisé du vitrage du bâtiment, selon des critères physiques, économiques et écologiques, pour un meilleur confort visuel et thermique* », Thèse de doctorat, Université Catholique de Louvain, Faculté des sciences appliquées, Unité d'Architecture – Belgique. 2002.
- **Cahiers du CSTB,** « *Le confort thermique : motivation et comportement des habitants* ». Vol 266 cahier n°2054. 1986. p23.
- **Cantin, R. et al.** « *Complexité du confort thermique dans les bâtiments* » in actes du 6ème congrès européen de science des systèmes, tenu à Paris du 19 au 22 septembre 2005.
- **Cordier, N ;** « *Développement et évaluation de stratégie de contrôle de ventilation appliquées aux locaux de grandes dimensions* », Thèse de doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon. 2007.
- **Cour 2eme année LMD Université Tlemcen : confort et Habitat –Mme Salmi. S.**
- **Courgey, S et Oliva, J.P.,** « *la conception bioclimatique, des maisons confortables et économes* », Edition terre vivante, 2010, p 31.
- **Daich, S. (2011).** [Modélisation du système anidolique pour un environnement lumineux intérieur intégré, Université Mohamed Khider-Biskra]. <http://thesis.univ-biskra.dz>.
- **De Herde, A., Liébard, A. (2006).** *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques : Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable.* Le Moniteur.
- **ELEZABETH PELEGRIN GENEL,** 25 espaces de bureau, 05/2006.
- **Energie+,** version 7, Architecture et climat, Université catholique de Louvain (Belgique) 2012, réalisé avec le soutien de la Wallonie-DG04-Département de l'énergie et du Bâtiment Durable.
- **Esteban Emilio Montenegro Iturra.** « *Impact de la configuration des bâtiments scolaires sur leur performance lumineuse, thermique et énergétique.* » Thèse de doctorat Faculté des études supérieures de l'Université Laval. Canada .2011.
- **FAURE. Daniel.** *Confort visuel.* Edition AMO QEB. France. 2006.
- **Fernandez, P, et Lavigne, P.** « *Changement d'attitude pour concevoir un cadre bâti bioclimatique : une contribution au développement durable, Techniques de construction* », CTQ 013, Éditions du moniteur, 2010
- **Fernandez. P, et Lavigne. P.** « *Concevoir des bâtiments bioclimatiques, fondements et méthodes* », le Moniteur, 2009.
- **Floru, R. (2016).** [Éclairage et vision, institut national de recherche et de sécurité]. <https://hallara.archives-ouvertes.fr>.

- **Jedidi, M., Benjeddou, O. (2016).** *La thermique du bâtiment : Du confort thermique au choix des équipements de chauffage et de clim.* Dunod.
- **Hoffmann J. B.** « ambiances climatisées et confort thermique » les actes du C.O.S.T.I.C. P110
- **HUMAN SPACE ;** *Incidence global du design biophilique sur l'environnement de travail*
- **Hugues, Boivin.,** « la ventilation naturelle développement d'un outil d'évaluation du potentiel de la climatisation passive et d'aide à la conception architecturale », 2007, p103.
- **Hillier, B., Burdett, R., Peponis, J. & Penn, A. (1987).** "Creating Life : Or Does Architecture Determine Anything ?" in *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement* 3(3), pp. 233-250.
- **Hillier, B. & Hanson, J. (1984).** *The social logic of space.* Cambridge University Press.
- **Hillier, B., Hanson, J., Peponis, J. (1987).** "Syntactic analysis of settlements" in *Architecture and Behaviour/Architecture et Comportement* 3(3), pp. 217-231.
- **Hillier, B. (2007).** *Space is the machine : A configurational theory of architecture.* Londres : Space Syntax. Edition électronique. Reprod de l'ed (1996). Cambridge : Cambridge University Press.
- **Institut National De La Cartographie et de télédétection.**
- **ISO 7730.** « Ambiances thermiques modérées – Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort » **AFNOR, Paris. 1994.**
- **Izard-L, 1994.** « Architectures d'été construire : pour le confort d'été », Edition Edisud.
- **Galeou M, givel F, Candas V.** « le confort thermique : aspects physiologique et psychosensoriel », étude bibliographique. Strasbourg : CNRS, 1989.
- **Khadraoui, H. (2020).** Diagnostic et solution adaptées pour l'amélioration de l'efficacité énergétique d'une construction multizone énergivore. Université Abou-Berk Belkaid, Tlemcen.
- **Khadraoui, M. A. (2019).** Étude et optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique (Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride). Université Mohamed Khider, Biskra.
- **KRUIITHOF, A. (1909).** Professeur de physique appliquée à l'université de technologie de Eindhoven (Hollande). Allemagne.
- **Mazari, M. (2012).** Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public Cas du département d'architecture de Tamda (Tizi-Ouzou). Université Mouloud Mammeri, Tizi Ouzou.
- **Mazouz, S. (2004).** Méthodologie d'approche des sujets de recherche utilisant la méthode dite de la syntaxe spatiale. Cours Mastère en architecture. ENAU. Tunis : s.e.
- **Meddour, S (2008).** [Impact de l'éclairage zénithal sur la présentation et la préservation des œuvres d'art dans les musées, université mentouri Constantine]. <http://archives.umc.edu.dz>. Reiter & De Herde, 2003.
- **MILLER, F. (s.d).** L'éclairage des lieux de travail : Notions de base. [En ligne]. Disponible sur le site : <http://www.sdv.fr/aimt67/dossier/eclairage.html>.

- **MOORE, F. (1985).** *Concepts and Practice of Architectural Daylighting.* Van Nostrand Reinhold Company. New York.
- **Moujalled, B. (2007).** *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés.* Institut des sciences appliquées de Lyon, France.
- **NEUF :** « Climat intérieur/ confort, santé, confort visuel » *Revue européenne d'architecture* N°17, Novembre-Décembre 1978.p 12.
- **Nicol F., Humphreys M.,** « Derivation of the adaptive equations for thermal comfort in free-running buildings in European standardcite » cite in Grignon-Masse, L 2010, op cit. 57.
- **Parsons, K. (2014).** *Human Thermal Environments : The Effects of Hot, Moderate, and Cold Environments on Human Health, Comfort, and Performance (3eme édition).* CRC Press.
- **Rapport Human space,** impacte de design biophilique dans les espaces de travail.
- **RGPT.** (*La Réglementation Générale de la Protection du Travail*) cite in. Bodart M,2002 Op, cite.p.110).
- **Saadi, Y. (2017).** [*Paramètres physiques Des ambiances lumineuses : Un modèle numérique pour l'évaluation des ambiances lumineuses, Université Mohamed Khider-Biskra*]. <http://thesis.univ-biskra.dz>.
- **Salomon, T et Bedel, S,** « la maison des « méga » watts, le guide malin de l'énergie chez soi ». Ed. Terre vivante. Mens 2004.
- **Saraoui, S., Belakehal, A., Attar, A., & Bennadji, A. (2018).** *Evaluation of the thermal comfort in the design of the museum routes. The Thermal Topology. Journal of Contemporary Urban Affairs,* 2(3), 122–136.
- **S. SARAoui et al. (2022).** *Redesining the museum route for effective flow management during and after the pandemic, El Moudjahid museum of Bejaia. New Design Ideas Special Issue, ICCAUA2022,* pp.1-26.
- **Thellier, Françoise.** « *L'homme et son environnement thermique – Modélisation* ». Université de Paul Sabatier de Toulouse, 1999.

ANNEXES

VI. Annexes :

VI.1 Annexe –A- : Le questionnaire

Enseignants, Enseignantes,

Dans le cadre de préparer un mémoire master 2 en architecture qui porte sur " confort thermique et visuel influencé par les matériaux et dispositifs architecturaux dans les espaces de travail", nous avons fait appel à cette enquête qui s'inscrit comme une démarche importante pour l'élaboration de notre recherche.

Ce questionnaire est composé de deux parties : la première comprend des questions posées dans le but d'évaluer la satisfaction des enseignants vis-à-vis des conditions thermiques et visuelles au sein de leurs bureaux, et la deuxième partie accordera une importance sur l'évaluation de degré de productivité d'un prof dans son espace de travail sous l'influence de la configuration spatiale de ce dernier.

I- Questions d'ordre générale :

1. Sexe

- ☐ Femme
☐ Homme

2. Catégorie d'âge

- ☐ 20-30
☐ 30-40
☐ 40-50
☐ 50-60
☐ Plus de 60ans

3. A quel étage se trouve votre bureau ?

- ☐ RDC
☐ 1er étage
☐ 2eme étage
☐ 3eme étage
☐ 4eme étage
☐ 5eme étage

4. **Votre bureau est doté de Combien d'ouvertures ?**

- ☐ Une simple fenetre sur un seul mur
☐ 2 fenêtre simples sur deux murs
☐ Par un mur rideau seul
☐ Par un mur rideau et une simple fenêtre

Partie01 :

Consiste en l'évaluation de confort thermique et visuel dans les bureaux des enseignants de notre cas d'étude.

II- **Le confort thermique :**

5. **En tant qu'enseignant à l'université A-Mira de Bejaia, quel est le terme qui qualifie votre sensation vis-à-vis de la température intérieure ?**

	Très Froide	Froide	Confortable	Chaude	Très Chaude
En Hiver	☐	☐	☐	☐	☐
En été	☐	☐	☐	☐	☐

6. **Par quel terme vous qualifiez votre environnement thermique ?**

	Très Satisfaisante	Satisfaisante	Acceptable	Désagréable	Très Désagréable
Eté Matin	☐	☐	☐	☐	☐
Eté Après Midi	☐	☐	☐	☐	☐
Hiver Matin	☐	☐	☐	☐	☐
Hiver Après Midi	☐	☐	☐	☐	☐

7. **A partir de quelle température intérieure vous commencez à sentir qu'il est nécessaire d'utiliser les radiateurs ou les climatiseurs ?**

- ☐ En été
- ☐ En hiver

8. **Quel est le moment de la journée dans lequel vous faites appel aux appareils de chauffage ou de climatisation ?**

	Toujours	Souvent	Occasionnellement	Jamais
	☐	☐	☐	☐
Eté après midi	☐	☐	☐	☐
Hiver Matin	☐	☐	☐	☐
Hiver Après Midi	☐	☐	☐	☐

9. **Dans votre bureau, à quel moment de la journée vous vous sentez plus à l'aise pour travailler vis-à-vis du confort thermique ?**

- ☐ 08h -10h
☐ 10h -12h
☐ 12h -14h
☐ Après 14h

10. **Quelle est la période la plus défavorable ou vous ne pouvez pas travailler ?**

- ☐ 8h -10h
☐ 10h -12h
☐ 12h -14h
☐ Après 14h

III- Le confort visuel :

11. **Voyez-vous que vous êtes productifs dans vos bureaux avec les conditions d'éclairage naturel ?**

- ☐ Oui
☐ Non

12. **Selon vous, quel est le niveau d'éclairement dans votre espace de travail ?**

- ☐ Très bien éclairé
☐ Bien éclairé
☐ Moyennement éclairé
☐ Pas bien éclairé

13. **Par quel terme qualifiez-vous votre sensation visuelle vis-à-vis de la lumière naturelle dans vos bureaux ?**

- ☐ Très satisfaisante
- ☐ Acceptable
- ☐ Désagréable
- ☐ Très désagréable
- ☐

14. **Selon vous, la lumière naturelle vous permet de travailler dans des bonnes conditions ?**

- ☐ Oui
- ☐ Relativement oui
- ☐ Relativement non
- ☐ Non

15. **Votre bureau est-il exposé à un rayonnement solaire direct ?**

- ☐ Oui
- ☐ Non

16. **Si oui, où se situent les taches solaires de ces rayons directes ?**

- ☐ Directe sur vos yeux
- ☐ Sur vos plans de travail

17. **Pour vous, ces rayons sont-ils considérés comme des sources de gêne ?**

- ☐ Oui
- ☐ Non

18. **Quelles sont les meilleures heures de travail dans vos bureaux par rapport aux rayons solaires ?**

- ☐ 08h -10h
- ☐ 10h- 12h
- ☐ 12h - 14h
- ☐ Après 14h

19. **A votre avis, quelle est la meilleure saison pour travailler ?**

- ☐ Hiver
- ☐ Printemps
- ☐ Été
- ☐ Automne

20. **En tant qu'enseignant, voyez-vous que l'éclairage naturel vous assure une lumière optimale pour travailler ?**

- ☐ Oui
- ☐ Non

Partie 02 :

Evaluation de la qualité architecturale, et le degré d'intégration des enseignants au sein de leurs espaces.

IV- La qualité architecturale :

21. **Comment vous pouvez évaluer la qualité architecturale de vos bureaux ?**

- ☐ Très bonne
- ☐ Bonne
- ☐ Acceptable
- ☐ Très mauvaise
- ☐ Mauvaise

22. **Etes-vous intégrés dans cette qualité architecturale ?**

- ☐ Oui
- ☐ Non

23. **Si non, selon vous où se situe le problème ?**

- ☐ Aménagement de bureau
- ☐ Forme architecturale de bureau
- ☐ Les couleurs
- ☐ Les matériaux
- ☐ Les façades vitrées
- ☐ Nombre de fenêtres
- ☐ Autres

24. **D'une manière générale, le travail dans vos bureaux est-il rentable ?**

- ☐ Très rentable
- ☐ Rentable
- ☐ Relativement rentable
- ☐ Pas rentable

VI.2 Annexe –B- : Les étapes détaillées de la simulation thermique :

- **Etape 01** : La vérification des paramètres de notre modèle.

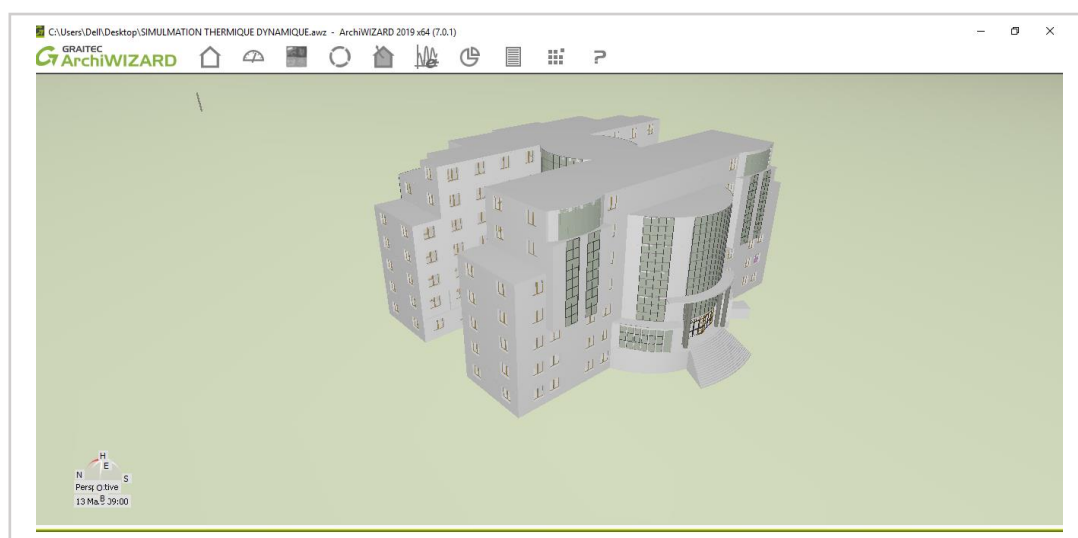


Figure VI-1 : le modèle 3D à simuler, et la surface de travail de notre logiciel de simulation (source : auteur, 2023).

Une fois notre modèle 3D est importé à notre logiciel de simulation « Archiwizard », et doté de toutes les modifications nécessaires, nous avons passé à la configuration de nos parois externes ainsi que nos planchers.

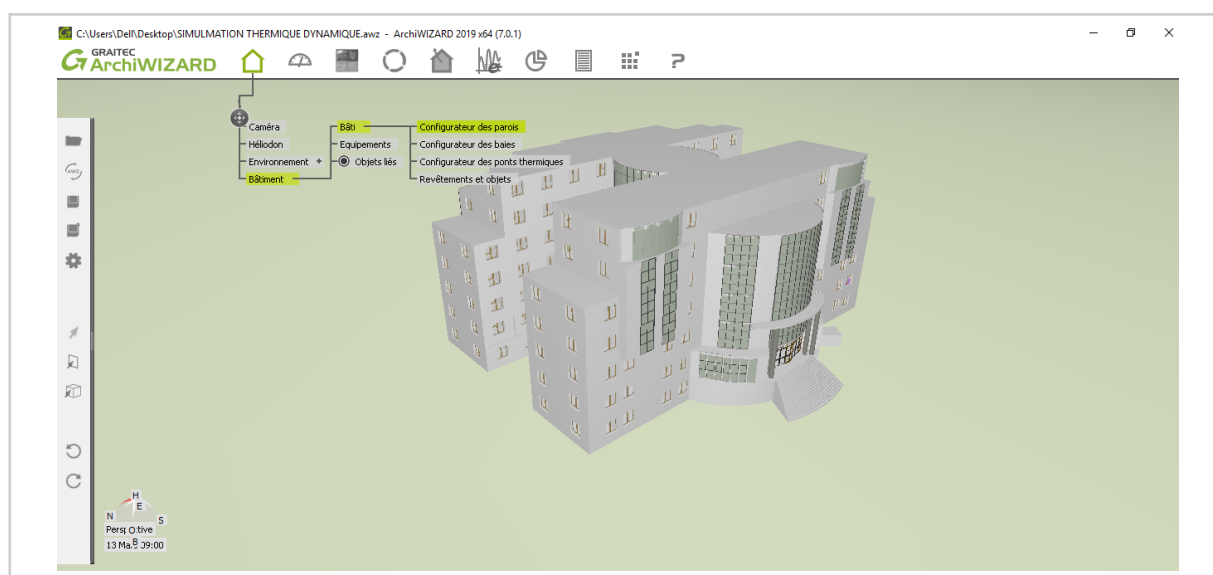


Figure VI-2 : La configuration des parois de l'enveloppe de notre cas d'étude (source : auteur, 2023).

Etape 02 : Le Choix des matériaux avec leurs caractéristiques :

Après avoir régler notre modèle, nous avons fixé nos matériaux de toutes nos parois (Celles extérieures, intérieurs et aussi les planchers), en indiquant les caractéristiques et l'épaisseur de chacun.

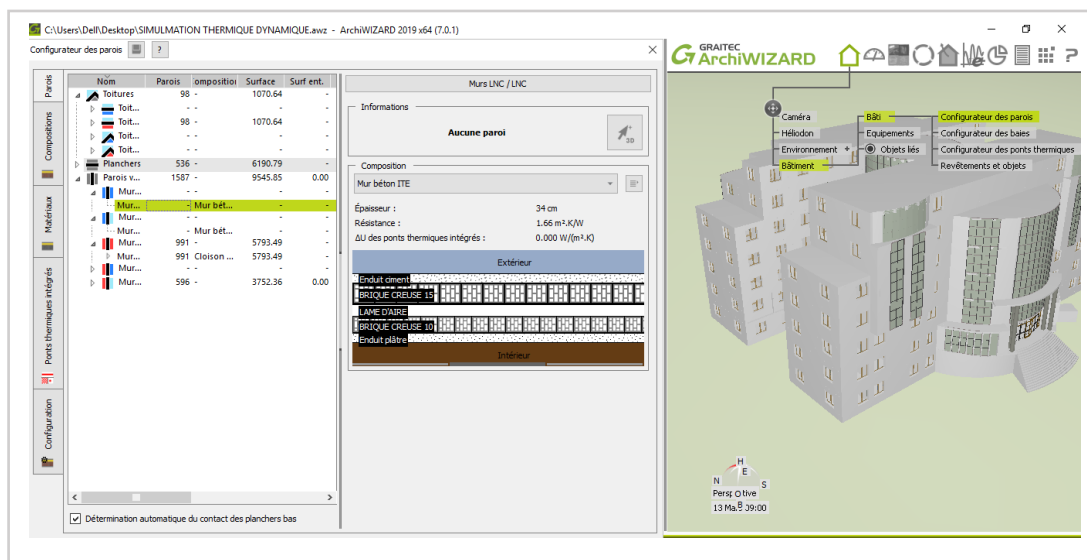


Figure VI-3 : La fixation des matériaux de construction avec leurs caractéristiques (source : auteur, 2023).

Etape 03 : Détermination des seuils de températures pour chaque saison :

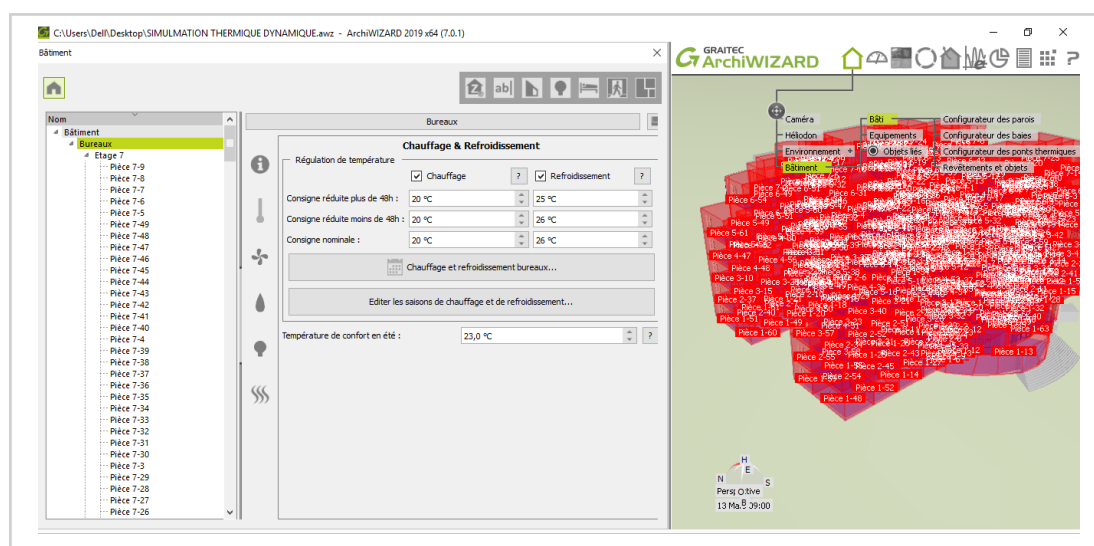


Figure VI-4 : Détermination des seuils de températures ainsi à température du confort (source : auteur, 2023).

Etape 04 : Lancer la simulation thermique dynamique et créer ensuite le rapport PDF des résultats :

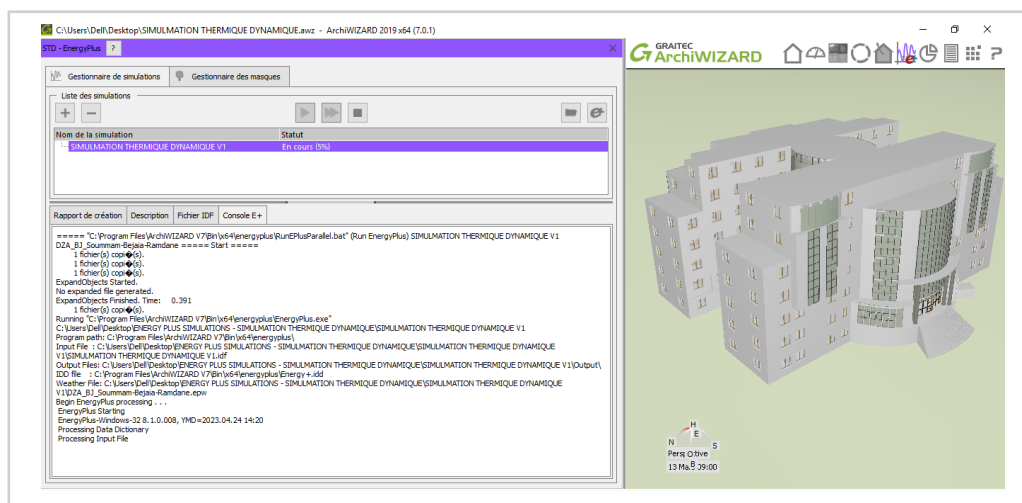


Figure VI-5 : Lancer la simulation thermique dynamique pour notre modèle (source : auteur, 2023).