



Université de Constantine 3- SALAH BOUBNIDER
Faculté d'architecture et d'urbanisme
Département d'architecture

LES AMBIANCES THERMO-LUMINEUSES DANS LES ÉDIFICES À ATRIUM

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Architecture bioclimatique

Par
Warda BOULFANI

Année Universitaire
2021-2022



Université de Constantine 3- SALAH BOUBNIDER
Faculté d'architecture et d'urbanisme
Département d'architecture

N° de Série :
N° d'ordre :

LES AMBIANCES THERMO-LUMINEUSES DANS ÉDIFICES À ATRIUM

THESE

Présentée pour l'Obtention du
Diplôme de Doctorat en Sciences

Spécialité : Architecture bioclimatique

Par
Warda BOULFANI

Devant le Jury composé de

Ammar KORICHI	Président	Professeur	Université Constantine 3
Djamila ROUAG-SAFFIDINE	Directrice	Professeur	Université Constantine 3
Rachid HADEF	Examineur	MCA	Université Constantine 3
Azeddine BELAKEHAL	Examineur	Professeur	Université Biskra
Nabil KABOUCHE	Examineur	MCA	Université Batna 1
Abderrachid TRAD	Examineur	MCA	Université Constantine 1

Année Universitaire
2021-2022

DEDICACE

A ma famille sans exception

REMERCIEMENTS

الحمد لله الذي بنعمته تتم الصالحات

Je remercie le professeur *Djamila ROUAG-SAFFIDINE*, pour l'aide qu'elle m'a apportée tout au long de ma thèse et jusqu'aux dernières corrections.

Je remercie également les membres du jury d'avoir accepté l'évaluation de ce manuscrit.

Je voudrais exprimer mes vifs remerciements aux employés des deux administrations, maison de la culture et la faculté des droits et sciences politiques de Jijel, pour leurs soutiens et aides.

Un grand merci est adressé à Monsieur Djallel abada, enseignant chercheur au laboratoire Énergie et Environnement, Université de Constantine 3, pour son aide précieuse.

Je remercie aussi, les responsables de la bibliothèque et le centre de documentation de l'école d'architecture de Paris-Belleville-ENSAPB, Nadia Lartigaud et Pascal Fort.

Mes remerciements s'adressent également aux responsables de la station météorologique Achouat de Jijel.

Je présente mes sincères remerciements à mes collègues, les enseignants du département d'architecture de Jijel.

Je voudrais remercier toutes les personnes qui m'ont soutenu et encouragé.

TABLES DES MATIERES

DEDICACE.....	ii
REMERCIEMENT.....	iii
TABLES DES MATIERES	iv
LISTE DES FIGURES.....	xii
LISTE DES TABLEAUX.....	xix
RESUME.....	xxi
ABSTRACT.....	xxii
ملخص.....	xxiii

INTRODUCTION GENERALE

Introduction	1
Problématique.....	3
Hypothèse de travail.....	5
Objectif de la recherche.....	6
Méthodologie de recherche.....	6
Structure de la thèse.....	7

CHAPITRE I : L'ATRIUM, FORMES ET FONCTIONNALITES

Introduction	10
I.1. Définitions et généralités sur l'atrium.....	11
I.2. Le concept de centralité et l'atrium.....	12
I.3. Aperçu historique sur l'atrium.....	13
I.3.1. Période antique : espace ouvert	13
I.3.2. Période médiévale : espaces ouvert	14
I.3.3. Période moderne et contemporaine : espace fermé par une verrière... ..	14
I.4. Formes des atriums	16
I.4.1. Selon la configuration	16
I.4.2. Selon les proportions de l'atrium.....	17
I.4.3. Selon la taille de l'atrium	17
I.4.4. Selon le climat	18
I.4.5. Selon les espaces intermédiaires.....	19
I.4.6. Selon le type de verrière	19
I.5. L'emploi des atriums	20
I.6. Fonction des atriums au sein du bâtiment	21
I.6.1. Fonctions générales de l'atrium.....	22
I.6.1.1. Le rôle organisationnel.....	22
I.6.1.2. Le rôle de convivialité et d'échanges sociaux	22
I.6.1.3. Le rôle spirituel et psychologique	22
I.6.1.4. Le rôle esthétique	23
I.6.1.5. Le rôle de l'atrium dans le contrôle des paramètres environnementaux.....	23
I.7. Anomalies rencontrées dans les bâtiments à atrium	26
Conclusion.....	28

CHAPITRE II : CONFORT ET AMBIANCES THERMO-LUMINEUSES

Introduction.....	29
II.1. Confort et ambiance thermique.....	30
II.1.1. Définition du Confort thermique	30
II.1.2. Paramètres du confort thermique.....	31
II.1.3. Approche du confort thermique	31
II.1.3.1. Approche statique (analytique).....	31
II.1.3.2. Approche adaptative	32
II.1.4. L'ambiance thermique	34
II.1.4.1. L'ambiance thermique modérée	35
II.1.4.2. L'ambiance thermique chaude.....	36
II.1.4.3. L'ambiance thermique froide	37
II.2. Confort et ambiance lumineuse.....	38
II.2.1. Le confort lumineux.....	38
II.2.1.1. Notions préliminaires	38
II.2.1.2. Paramètres du confort lumineux	39
II.2.2. L'ambiance lumineuse.....	39
II.3. Ensoleillement et éclairage naturel	40
II.3.1. Dispositifs de l'éclairage naturel	41
II.3.1.1. Orientation	41
II.3.1.2. Masque	41
II.3.1.3. Ouvertures : latérale, zénithale et globale	42
a. Ouvertures latérales	42
b. Ouvertures zénithales.....	44
II.3.2. L'éclairage naturel en un local	46
II.3.2.1. Les composants de l'éclairage naturel dans un espace intérieur	46
a. La composante du ciel.....	46
b. La composante réfléchie extérieure.....	46
c. La composante réfléchie intérieure.....	46
II.3.2.2. Zone d'influence de la lumière naturelle.....	46
II.3.2.3. Facteur de lumière de jour (FLJ)	47
II.4. Analyse interdisciplinaire d'un phénomène d'ambiance in situ	47
II.4.1. Méthodes et techniques de recherche empirique sur les ambiances architecturales.....	48
II.4.1.1. La campagne de mesure in situ	48
II.4.1.2. L'enquête par entretiens	49
II.4.1.3. L'observation en situation	50
II.4.1.4. Le questionnaire	50
II.4.1.5. La photographie	50
II.4.1.6. Approche phénoménologique de la perception	50
Conclusion	51

CHAPITRE III : LES AMBIANCES THERMO-LUMINEUSES DANS LES BATIMENTS A ATRIUMS

Introduction	52
III.1. Atrium et les ambiances environnementales	53
III.2. Caractérisation thermique des atriums	53
III.2.1. Les stratégies thermiques de l'atrium	53

III.2.1.1. Stratégie du Chaud	54
III.2.1.2. Stratégie du froid	54
III.2.1.3. Stratégie convertible.....	55
III.2.2. Les effets thermiques de l'atrium.....	55
III.2.2.1. L'effet de serre	56
III.2.2.2. La stratification thermique	56
a. Le gradient de température verticale	57
b. Le gradient de température centrale.....	57
III.2.2.3. Le tirage thermique (effet de cheminée).....	58
III.2.3. Etudes paramétriques des ambiances thermiques dans les atriums	58
III.2.3.1. Effet de la hauteur sur la stratification de la température	58
III.2.3.2. Effet de la configuration de l'atrium	60
III.2.3.3. Effet de la forme de la verrière	62
III.2.3.4. Effet de la fenestration	62
III.2.3.5. Effet du type de vitrage	63
III.2.3.6. Effet du métabolisme et l'habillement sur le PMV.....	64
III.2.3.7. Effet des espaces adjacents	65
III.2.3.8. Effet de l'orientation	66
III.2.3.9. Effet des occultations.....	67
III.2.3.10. Atrium et ambiance.....	68
III.3. Caractérisation des ambiances aérauliques dans les atriums	69
III.3.1. Le champ aéraulique	69
III.3.2. Les sortes de ventilation dans les atriums	70
III.3.3. Stratégies de ventilation adoptée dans les atriums	71
III.4. Caractérisation des ambiances lumineuses dans les atriums	74
III.4.1. Les paramètres agissant sur la lumière dans les atriums et les espaces adjacents	74
III.4.1.1. Les conditions climatiques	75
III.4.1.2. Les rapports géométries	75
a. La configuration de l'atrium	75
b. Les indices géométriques : (SAR, PAR, WI).....	75
III.4.1.3. L'inclinaison, la réflectivité des surfaces intérieures de l'atrium	77
a. L'inclinaison des murs de séparation	77
b. La réflectivité des murs de séparation.....	78
III.4.1.4. La surface de la fenestration	80
a. Effet de pourcentage de vitrage des murs d'atrium.....	80
Conclusion	81

CHAPITRE IV : CAS D'ETUDES ET INVESTIGATION IN SITU

Introduction.....	83
IV.1. Corpus d'études	83
IV.1.1. Présentation de la maison de la culture Omar Oussedik – Jijel.....	85
IV.1.2. Faculté de droit et des sciences politiques	86
IV.2. Conditions de recueil des données et population interrogée	87
IV.3. Les journées de prise de mesures	89
IV.3.1. Pour le premier bâtiment : la maison de la culture.....	89
IV.3.1.1. La période de printemps.....	89
IV.3.1.2. La période d'été.....	89

IV.3.1.3. La période d'hiver	89
IV.3.2. Pour le deuxième bâtiment : Faculté de droit et des sciences politiques	89
IV.3.2.1. La période de printemps	89
IV.3.2.2. La période d'été	89
IV.3.2.3. La période d'hiver	89
IV.4. Les appareils de mesures	89
IV.5. Précision des appareils de mesure et étalonnage	90
IV.6. Profils des résultats de mesures de la maison de la culture	91
IV.6.1. Evaluation de l'environnement thermique.....	91
IV.6.1.1. Les résultats de la journée du 23 mai 2016.....	91
a. Évolution de la température de l'air, 23 mai 2016.....	91
b. Évolution de l'humidité relative, 23 mai 2016.....	91
IV.6.1.2. Les résultats de la journée du 24 mai 2016.....	92
a. Évolution de la température de l'air, 24 mai 2016.....	92
b. Évolution de l'humidité relative, 24 mai 2016.....	93
IV.6.1.3. Les résultats de la journée du 24 juillet 2016.....	94
a. Évolution de la température de l'air, 24 juillet 2016	94
b. Évolution de l'humidité relative, 24 juillet 2016.....	94
c. Évolution de la vitesse de l'air, 24 juillet 2016.....	95
IV.6.1.4. Les résultats de la journée du 12 janvier 2017.....	96
a. Évolution de la température de l'air, 12 janvier 2017.....	96
b. Évolution de l'humidité relative, 12 janvier 2017.....	96
IV.6.1.5. Les résultats de la journée du 15 janvier 2017.....	97
a. Évolution de la température de l'air, 15 janvier 2017.....	97
b. Évolution de l'humidité relative, 15 janvier 2017.....	97
IV.6.2. Evaluation de l'environnement lumineux.....	99
IV.6.2.1. Les résultats de la journée du 23 mai 2016.....	99
IV.6.2.2. Les résultats de la journée du 24 mai 2016.....	100
IV.6.2.3. Les résultats de la journée du 24 juillet 2016.....	100
IV.6.2.4. Les résultats de la journée du 12 janvier 2017.....	101
IV.6.2.5. Les résultats de la journée du 15 janvier 2017.....	102
IV.7. Profils des résultats de mesures de la faculté de droits et sciences politiques	102
IV.7.1. Évaluation de l'environnement thermique.....	102
IV.7.1.1. Les résultats de la journée du 17 Mai 2016.....	102
a. Évolution de la température de l'air, 17 Mai 2016.....	102
b. Évolution de l'humidité relative, 17 mai 2016.....	103
IV.7.1.2. Les résultats de la journée du 22 Mai 2016.....	104
a. Évolution de la température de l'air, 22 Mai 2016.....	104
b. Évolution de l'humidité relative, 22 mai 2016.....	104
IV.7.1.3. Les résultats de la journée du 18 juillet 2016.....	105
a. Évolution de la température de l'air, 18 juillet 2016.....	105
b. Évolution de l'humidité relative, 18 juillet 2016.....	106
IV.7.1.4. Les résultats de la journée du 10 janvier 2017.....	107
a. Évolution de la température de l'air, 10 janvier 2017.....	107
b. Évolution de l'humidité relative, 10 janvier 2017.....	107
IV.7.1.4. Les résultats de la journée du 16 janvier 2017.....	108
a. Évolution de la température de l'air, 16 janvier 2017.....	108
b. Évolution de l'humidité relative, 16 janvier 2017.....	108

IV.7.2. Évaluation de l'environnement lumineux.....	109
IV.7.2.1. Les résultats de la journée du 17 Mai 2016.....	109
IV.7.2.2. Les résultats de la journée du 22 mai 2016.....	110
IV.7.2.3. Les résultats de la journée du 18 juillet 2016.....	111
IV.7.2.4. Les résultats de la journée du 10 janvier 2017	112
IV.7.2.5. Les résultats de la journée du 16 janvier 2017	112
Conclusion.....	113

CHAPITRE V : EVALUATION SUBJECTIVE DES AMBIANCES THERMO-LUMINEUSES

Introduction.....	116
V.1. Évaluation de l'environnement thermo-lumineux par les usagers : maison de la culture.....	117
V.1.1. Période de printemps : 24/05/2016.....	117
V.1.1.1. Evaluation l'environnement thermique les travailleurs	117
a. Évaluation de la température par les travailleurs	117
b. Évaluation de l'humidité par les travailleurs	118
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les travailleurs.....	118
d. Évaluation de l'ambiance globale	119
e. Adaptations comportementales et technologiques	119
f. Acclimatations physiologiques	120
V.1.1.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	121
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	121
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires.....	121
c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	122
V.1.2. Période d'été : 24/07/2016.....	122
V.1.2.1. Évaluation l'environnement thermique par les usagers.....	122
a. Évaluation de la température par les travailleurs	122
b. Évaluation de l'humidité par les travailleurs	123
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les travailleurs	123
d. Évaluation de l'ambiance globale	124
e. Adaptations comportementales et technologiques	124
f. Acclimatations physiologiques	125
V.1.2.2. Evaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	125
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	125
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires	126
c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	126
V.1.3. Période d'hiver : 15/01/2017.....	127
V.1.3.1. Evaluation l'environnement thermique par les usagers.....	127
a. Évaluation de la température par les travailleurs	127
b. Évaluation de l'humidité par les travailleurs	128
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les travailleurs	128
d. Évaluation de l'ambiance globale	129
e. Adaptations comportementales et technologiques	129
f. Acclimatations physiologiques	129

V.1.3.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	130
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	130
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires	131
c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	131
V.2. Évaluation de l'environnement thermo-lumineux par les usagers : Faculté de droit et des sciences politiques	132
V.2.1. Période de printemps : 17/05/2016.....	132
V.2.1.1. Évaluation l'environnement thermique par les usagers.....	132
a. Évaluation de la température par les usagers	132
b. Évaluation de l'humidité par les usagers	132
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers	133
d. Évaluation de l'ambiance globale	133
e. Adaptations comportementales et technologiques	134
f. Acclimatations physiologiques	134
V.2.1.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	135
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	135
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires	135
c. L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	136
V.2.2. Période d'été : 18/07/2016.....	136
V.2.2.1. Évaluation l'environnement thermique par les usagers.....	136
a. Évaluation de la température par les usagers	137
b. Évaluation de l'humidité par les usagers	137
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers	138
d. Évaluation de l'ambiance globale	138
e. Adaptations comportementales et technologiques	139
f. Acclimatations physiologiques	139
V.2.2.2. Evaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	140
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	140
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires	140
c. L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	141
V.2.3. Période d'hiver : 10/01/2017.....	141
V.2.3.1. Evaluation l'environnement thermique par les usagers.....	141
a. Évaluation de la température par les usagers..... ..	141
b. Évaluation de l'humidité par les usagers	142
c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers..... ..	142
d. Évaluation de l'ambiance globale	143
e. Adaptations comportementales et technologiques	143
f. Acclimatations physiologiques	143
V.2.3.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel.....	144
a. Évaluation de la luminosité des bureaux	144
b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires	145
c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général.....	145

Conclusion	146
CHAPITRE VI : PRESENTATION DES MODELES DE SIMULATION ET RESULTATS	
Introduction.....	148
VI.1. La méthode de la simulation et la modélisation	149
VI.2. Présentation du logiciel de simulation : Archiwizard 2019 (7.0.1) version Premium.....	149
VI.2.1. Conception de la fenêtre Archiwizard.....	150
VI.2.2. Simulation thermo-énergétique du bâtiment	151
VI.2.3. Simulation de l'éclairage naturel	151
VI.3. Les résultats de la simulation	152
VI.3.1. Effet du type de vitrage de la verrière.....	154
VI.3.1.1. Analyse thermique du bâtiment en été	154
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium	154
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	154
c. Analyse de la température opérative	155
VI.3.1.2. Analyse thermique du bâtiment en hiver.....	156
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium.....	156
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	156
c. Analyse de la température opérative	157
VI.3.1.3. Analyse de la consommation d'énergie annuelle (chauffage et refroidissement).....	157
VI.3.1.4. Analyse de la lumière naturelle en été	159
a. Éclairage horizontal au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage	159
b. Éclairage vertical au niveau de l'atrium.....	160
c. FLJ au niveau de l'atrium et les espaces contigus	161
VI.3.1.5. Analyse de la lumière naturelle en hiver	162
a. Éclairage horizontal au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage	162
b. Éclairage vertical au niveau de l'atrium.....	162
c. FLJ au niveau de l'atrium et les espaces contigus	163
VI.3.2. Effet de la hauteur de l'atrium.....	164
VI.3.2.1. Analyse thermo-énergétique du bâtiment	164
a. Effet de la hauteur sur les températures intérieures en été	164
b. Effet de la hauteur sur les températures intérieures en hiver	165
c. Analyse de la consommation d'énergie annuelle (chauffage et refroidissement).....	166
VI.3.2.2. Analyse de la lumière naturelle	167
a. Analyse de l'éclairage horizontal : été et hiver.....	167
b. Analyse de l'éclairage vertical : été et hiver	169
VI.3.3. Effet du type d'occultation solaire en été	171
VI.3.3.1. Analyse thermo-énergétique du bâtiment	172
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium.....	172
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	173
c. Analyse de la température opérative dans l'atrium et les espaces contigus	173
d. Analyse de la consommation d'énergie en période chaude	174

VI.3.4. Effet des apports internes	175
VI.3.4.1. Effet des apports internes en période de sur-échauffement	175
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium.....	175
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	175
c. Analyse de la consommation d'énergie en période de sur- échauffement	176
VI.3.4.2. Effet des apports internes en période sous échauffée	176
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium.....	176
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	176
c. Analyse de la consommation d'énergie en période sous échauffée	177
VI.3.5. Effet de la ventilation naturelle en été	177
a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium.....	177
b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus.....	178
c. Analyse de la consommation d'énergie en période de sur- échauffement :	179
Conclusion.....	179
CONCLUSION GENERALE	182
Recommandations.....	189
lignes directrices pour des recherches futures	190
REFERENCES BIBLIOGRAPHIES.....	192
ANNEXES :	
ANNEXE A.....	202
ANNEXE B.....	212
ANNEXE C.....	221
ANNEXE D.....	246

LISTE DES FIGURES

Figure 1	Schéma représentatif sur les grandes étapes de notre recherche....	9
Figure I.1	À gauche : palais de Mari (édifié au début du II ^e millénaire) à droite : maison grecque–Olinthe, 600 Av. JC (Spalt, 1985).....	13
Figure I.2	Maison à Pompéi (Spalt, 1985).....	14
Figure I.3	À gauche : Maison à patio de Ghardaïa (Ravereau, 2001). A droite : maison à patio de la Casbah d'Alger (https://bibamous.skyrock.com/2497580091-Une-maison-DOUIRA-a-la-Casbah.html).....	14
Figure I.4	À gauche, Crystal palace à l'Hyde Park de Londres (Bandarin, 2004), à droite, pyramide du Louvre (auteur, 2014).....	15
Figure I.5	À gauche : atrium de l'hôtel Hyatt Regency à San Francisco (Tripadvisor). À droite : Heritage Square de Toronto : S. Calatrava (https://calatrava.com/).....	15
Figure I.6	Les atriums simples (Hamdan Ahmad et al, 2000).....	16
Figure I.7	Les atriums complexes (Gritch et Eason, 2016).....	16
Figure I.8	Les types des grands espaces-serres au japon d'après Yoshino et al (Humbert, 2002).....	17
Figure I.9	(a) : atrium lisse. (b) : atrium en alvéole. (c) : atrium partiellement alvéolaire (partiellement lisse), (auteur, 2014).....	19
Figure I.10	Les formes des verrières dans les bâtiments à atrium (Kuan, 2006).....	19
Figure I.11	Usages des grands espaces-serres (Humbert, 2002)	20
Figure I.12	Catégorie des constructeurs d'espaces-serres d'après Lomas et Eppel (1994) (Humbert, 2002)	20
Figure I.13	À gauche : Rectorat d'Annaba (auteur, 2014), à droite : musée national des arts et traditions populaires, Alger (auteur, 2013).....	20
Figure I.14	Type d'activité des immeubles contenant un grand espace-serre au Japon d'après Yoshino (Humbert, 2002)	21
Figure I.15	Coupe sur l'espace-serre de Clifton Nurseries (Hamdan et al, 2000).....	23
Figure I.16	Les avantages environnementaux d'un atrium (Baker et Steemers, 2005)	26
Figure II.1	Normes ISO pour évaluer les environnements thermiques (Parsons, 2003).....	32
Figure II.2	Les trois composants d'adaptation au climat intérieur (De Dear et al, 1997).....	33
Figure II.3	Boucle de réactions comportementales (De Dear et al, 1997).....	34
Figure II.4	PPD en fonction de PMV (ISO 7730).....	35
Figure II.5	Schématisation des zones de confort et d'inconfort (Thellier, 1989)	36
Figure II.6	Réactions au chaud (Stellman, 2000).....	36
Figure II.7	Réactions au froid (Stellman, 2000).....	37
Figure II.9	Les différents rayonnements reçus par un élément de la surface terrestre (Miguet, 2000).....	41
Figure II.10	L'influence d'une obstruction sur l'éclairage intérieur (Liébard et De Herde, 2005).....	42
Figure II.11	Eclairage naturel .la forme de la fenêtre (Reiter, De Herde, 2004)..	43
Figure II.12	Lanterneaux et sheds (les Guides BIO.TECH, 2014).....	45

Figure II.13	Patio, atrium et puits de lumière (les Guides BIO.TECH, 2014)....	46
Figure II.14	Les composants de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un local (http://www.estia.ch/index.php?id=108).....	46
Figure II.15	Zone d'influence de la lumière naturelle (Bernard, 2007).....	47
Figure II.16	Analyse interdisciplinaire d'un phénomène d'ambiance in situ (Augoyard, 1995).....	48
Figure II.17	La démarche de parcours commentés (Thibaud, 2001).....	49
Figure III.1	Distribution du rayonnement solaire dans l'atrium et espace adjacent (Wall, 1996).....	56
Figure III.2	À gauche : Gradients verticaux des températures d'air pendant l'été, A droite : Gradients verticaux des températures d'air pendant l'hiver (Yoshino, cité par Belmaaziz, 2003).....	57
Figure III.3	À gauche : la distribution de la température verticale dans l'atrium (15 janvier). À droite : la distribution de la température verticale dans l'atrium (16 Aout)), verre à faible émissivité 5 (Zhu, Yan, 2007).....	59
Figure III.4	La distribution verticale de la température : 26/07/1999 (Belmaaziz, 2003).....	59
Figure III.5	En haut : les trois cas étudiés, en bas : champs des températures correspondants aux trois situations A, B et C (Belmaaziz, 2003)...	60
Figure III.6	En haut : modèles testés. En bas : Température dans l'atrium pendant une semaine en hiver (Wall, 1996).....	61
Figure III.7	La demande en énergie spécifique pour le chauffage des trois bâtiments (Danielski et al, 2016).....	62
Figure III.8	Effet de la forme de l'atrium sur le taux d'énergie annuelle, de chauffage et de refroidissement selon les types de verrières : horizontale et pyramidale, (Laouidi et al, 2002).....	62
Figure III.9	Température de l'air dans la cour : simple et à triple vitrage : Le 15 mars 1988 à Lund (Wall Maria, 1996)	63
Figure III.10	Le PMV dans la cour à vitrage simple : e 15 mars 1988 à Lund (Wall Maria, 1996)	64
Figure III.11	Le PMV dans la cour : triple vitrage : le 15 mars 1988 à Lund (Wall, 1996)	65
Figure III.12	Gradients thermiques au centre de l'atrium pour le type lisse et alvéolaire (Belmaaziz, 2003)	66
Figure III.13	Effet de l'orientation sur la température dans l'atrium en hiver- (Wall, 1996).....	66
Figure III.14	Effet de l'occultation sur la température intérieure (Pichatwatana et Wang, 2013).....	67
Figure III.15	L'effet de la protection solaire dans l'atrium sur la demande de refroidissement spécifique pour différents climats (Danielski et al 2016).....	68
Figure III.16	Standard de confort adaptatif, à gauche : campagne d'été, à droite : campagne d'automne (Daoudi, 2013).....	68
Figure III.17	Évaluation du degré de satisfaction de l'ambiance thermique, à gauche : confort d'été, à droite : confort d'automne (Daoudi, 2013).....	69
Figure III.18	Réponse aux questions concernant les aspects sociaux (Danielski et al).....	69

Figure III.19	À droite la stratégie de ventilation avec préchauffage de l'air dans l'atrium, à gauche la stratégie de ventilation avec extraction d'air dans l'atrium (Humbert, 2002).....	70
Figure III.20	La ventilation naturelle dans le bâtiment à atrium (Shafqat, 2012).....	70
Figure III.21	Les différents modèles de ventilation (Moosavi et al, 2014).....	71
Figure III.22	Stratégies de contrôle thermo-aéraulique recensés au japon d'après Yoshino et al (Humbert, 2002).....	72
Figure III.23	À gauche : isothermes et vecteurs de vitesse de l'air (atrium lisse), à droite : isothermes et vecteurs de vitesse de l'air (atrium alvéolaire), (Belmaaziz, 2003).....	74
Figure III.24	Répartition de la lumière du jour comparée entre 4 formes différentes d'atrium (Erlendsson, 2014).....	75
Figure III.25	L'éclairage dans les espaces adjacents selon la taille de l'atrium (PAR) (Brown and DeKay (2001) cite par DeKay, (2010)).....	76
Figure III.26	À gauche : les points de mesures de FLJ à droite , à droite : facteur de l'éclairage vertical selon les trois lignes horizontales (WI 1.5) (Jiangtao et al réadapté par l'auteur),	77
Figure III.27	Modification de la distribution lumineuse en fonction de l'inclinaison des parois de l'atrium (Reiter et De Herde, 2004).....	77
Figure III.28	Effet de la conception de l'atrium sur la lumière (Erlendsson, 2014).....	78
Figure III.29	L'éclairage naturel utile dans les pièces adjacentes d'un atrium (Baker et al, 2002).....	78
Figure III.30	L'effet de la réflexion des murs de l'atrium sur le FLJ v (Jiangtao et al, 2009).....	79
Figure III.31	FLJ dans les espaces adjacents pour différents taux de réflexion des murs (Calcagni et Paroncini, 2004).....	79
Figure III.32	Effet de la réflexion du sol de l'atrium sur le FLJ v (Jiangtao et al, 2009).....	80
Figure III.33	Modification de la distribution lumineuse entre les différents étages d'un atrium (Reiter et De Herde, 2004).....	81
Figure IV.1	À gauche : situation du bâtiment par rapport au centre-ville. À droite : plan de masse (Google Maps, 2018)	85
Figure IV.2	Vues sur la maison de la culture.....	86
Figure IV.3	À gauche : situation du bâtiment par rapport au centre-ville. À droite : plan de masse (Google Maps, 2017).....	86
Figure IV.4	Vues sur la faculté de droit et des sciences politiques.....	87
Figure IV.5	Figure IV.5 : Emplacement de prise de mesures sur l'axe horizontal (maison de la culture).....	88
Figure IV.6	Figure IV.5 : Emplacement de prise de mesures sur l'axe vertical (maison de la culture).....	88
Figure IV.7	Figure IV.7 : Vues sur des points de prise de mesures.....	88
Figure IV.8	Les appareils de mesure utilisés dans la campagne de mesure.....	90
Figure IV.9	Étalonnage des instruments de mesures utilisé (auteur, 2019).....	90
Figure IV.10	Profils des vitesses de l'air (rez-de-chaussée, 1 ^{er} et 2 ^{eme} étage, 24 Juillet 2016).....	95
Figure IV.11	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (23 mai 2016).....	99

Figure IV.12	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (24 mai 2016).....	100
Figure IV.13	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'été (24 juillet 2016).....	101
Figure IV.14	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (12 janvier 2017).....	101
Figure IV.15	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (15 janvier 2017).....	102
Figure IV.16	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (17 mai 2016).....	110
Figure IV.17	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (22 mai 2016).....	111
Figure IV.18	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'été (18 juillet 2016).....	111
Figure IV.19	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (10 janvier 2017).....	112
Figure IV.20	Le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (16 janvier 2017).....	112
Figure V.1	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 24/05/2016).....	118
Figure V.2	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 24/05/2016).....	118
Figure V.3	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 24/05/2016).....	119
Figure V.4	Evaluation de l'ambiance globale (le 24/05/2016).....	119
Figure V.5	Ajustements comportementaux : personnels et technologiques (le 24/05/2016).....	120
Figure V.6	Ajustements physiologiques (le 24/05/2016).....	120
Figure V.7	Evaluation de la luminosité des bureaux (le 24/05/2016).....	121
Figure V.8	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 24/05/2016).....	121
Figure V.9	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 24/05/2016).....	122
Figure V.10	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 24/07/2016).....	123
Figure V.11	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 24/07/2016).....	123
Figure V.12	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 24/07/2016).....	124
Figure V.13	Evaluation de l'ambiance globale (le 24/07/2016).....	124
Figure V.14	Ajustements comportementaux : personnels et technologiques (le 24/07/2016).....	125
Figure V.15	Ajustements physiologiques (le 24/07/2016).....	125
Figure V.16	Evaluation de la luminosité des bureaux (le 24/07/2016).....	126
Figure V.17	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 24/07/2016).....	126
Figure V.18	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 24/07/2016).....	127

Figure V.19	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 15/01/2017).....	127
Figure V.20	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 15/01/2017).....	128
Figure V.21	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 15/01/2017).....	128
Figure V.22	Evaluation de l'ambiance globale (le 15/01/2017).....	129
Figure V.23	Ajustements comportementaux et technologiques (le 15/01/2017).	129
Figure V.24	Ajustements physiologiques (le 15/01/2017).....	130
Figure V.25	Evaluation de la luminosité des bureaux (le 15/01/2017).....	130
Figure V.26	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 15/01/2017).....	131
Figure V.27	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 15/01/2017).....	131
Figure V.28	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 17/05/2016).....	132
Figure V.29	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 17/05/2016).....	133
Figure V.30	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 17/05/2016).....	133
Figure V.31	Evaluation de l'ambiance globale (le 17/05/2016).....	134
Figure V.32	Ajustements comportementaux : personnels et technologiques (le 17/05/2016).....	134
Figure V.33	Ajustements physiologiques (le 17/05/2016).....	135
Figure V.34	Evaluation de la luminosité des bureaux (le 17/05/2016).....	135
Figure V.35	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 17/05/2016).....	136
Figure V.36	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général(le 17/05/2016).....	136
Figure V.37	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 18/07/2016).....	137
Figure V.38	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 18/07/2016).....	137
Figure V.39	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 18/07/2016).....	138
Figure V.40	Evaluation de l'ambiance globale (le 18/07/2016).....	138
Figure V.41	Ajustements comportementaux : personnels et technologiques (le 18/07/2016).....	139
Figure V.42	Ajustements physiologiques (le 18/07/2016).....	139
Figure V.43	Évaluation de la luminosité (le 18/07/2016).....	140
Figure V.44	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 18/07/2016).....	140
Figure V.45	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 18/07/2016).....	141
Figure V.46	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 10/01/2017).....	141
Figure V.47	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 10/01/2017).....	142
Figure V.48	Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 10/01/2017).....	142

Figure V.49	Évaluation de l'ambiance globale (le 10/01/2017).....	143
Figure V.50	Ajustements comportementaux : personnels et technologiques (le 10/01/2017).....	143
Figure V.51	Ajustements physiologiques (le 10/01/2017).....	144
Figure V.52	évaluation de la luminosité des bureaux (le 10/01/2017).....	144
Figure V.53	La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 10/01/2017).....	145
Figure V.54	L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 10/01/2017).....	145
Figure VI.1	Les calculs du logiciel Archiwizard (Graitec archiwizard, 2021)...	150
Figure VI.2	Vue 3D de la maquette numérique	151
Figure VI.3	Le zonning-Archiwizard, Faculté de droit et des sciences politiques.....	153
Figure VI.4	Températures de l'air au niveau de l'atrium en été : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	154
Figure VI.5	Températures de l'air en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	155
Figure VI.6	Températures opérative en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	155
Figure VI.7	Températures de l'air au niveau de l'atrium en hiver : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	156
Figure VI.8	Températures de l'air en hiver au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	157
Figure VI.9	Températures opérative en hiver au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	157
Figure VI.10	Besoin en chauffage et refroidissement annuels : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	158
Figure VI.11	Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	159
Figure VI.12	Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC : simple vitrage (1), double vitrage (2)	159
Figure VI.13	Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC : triple vitrage.....	160
Figure VI.14	Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium en été : simple vitrage.....	160
Figure VI.15	Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en été : double vitrage (1) et triple vitrage (2).....	161
Figure VI.16	FLJ en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage.....	161
Figure VI.17	Niveau d'éclairage horizontal en hiver au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage.....	162
Figure VI.18	Niveau d'éclairage vertical en hiver : simple vitrage.....	162
Figure VI.19	Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en hiver : double vitrage (1) et triple vitrage (2).....	163
Figure VI.20	FLJ en hiver au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{eme} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage	163
Figure VI.21	Type des hauteurs testées : R+2, R+4 et R+6.....	164
Figure VI.22	Températures de l'air de l'atrium et les espaces contigus : R+2, R+4, R+6 (période estivale).....	165
Figure VI.23	Les déperditions thermiques des pièces hautes de l'atrium.....	165

Figure VI.24	Températures de l'air et les espaces contigus : R+2, R+4, R+6 (période hivernale).....	166
Figure VI.25	Besoin de chauffage et de refroidissement annuels : R+2, R+4 et R+6	167
Figure VI.26	Besoin de chauffage et de refroidissement annuels de l'atrium R+2, R+4 et R+6.....	167
Figure VI.27	Besoin de chauffage et de refroidissement annuels d'un espace au RDC : R+2, R+4 et R+6.....	167
Figure VI.28	Niveau d'éclairement horizontal du RDC à 14h00 en été : R+2 (1), R+4 (2)	168
Figure VI.29	Niveau d'éclairement horizontal du RDC à 14h00 en été : R+6	168
Figure VI.30	Niveau d'éclairement horizontal du RDC à 14h00 en hiver : R+2 (4), R+4 (5)	169
Figure VI.31	Niveau d'éclairement horizontal du RDC à 14h00 en hiver : R+6..	169
Figure VI.32	Niveau d'éclairement vertical au centre de l'atrium à 14h00 en été: R+2 (1), R+4 (2) et R+6 (3).....	170
Figure VI.33	Niveau d'éclairement vertical au centre de l'atrium à 14h00 en hiver : R+2 (1), R+4 (2) et R+6 (3).....	171
Figure VI.34	Types d'occultations simulées.....	172
Figure VI.35	Températures de l'air au niveau de l'atrium en été : sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré	173
Figure VI.36	Températures de l'air en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{ème} étage : sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré	173
Figure VI.37	Températures opérative en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{ème} étage : Sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré.....	174
Figure VI.38	Besoin en refroidissement pour les mois chauds : sans protection, store vénitien extérieur, store vénitien en toile, store vénitien intégré.....	174
Figure VI.39	Températures de l'air au niveau de l'atrium en été : Avec apports internes, sans apports internes.....	175
Figure VI.40	Températures de l'air en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{ème} étage : Avec apports internes, sans apports internes.....	175
Figure VI.41	Besoin en refroidissement pour les mois chauds : Avec apports internes, sans apports internes.....	176
Figure VI.42	Températures de l'air au niveau de l'atrium en hiver : avec apports internes, sans apports internes.....	176
Figure VI.43	Températures de l'air en hiver au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{ème} étage : Avec apports internes, sans apports internes.....	177
Figure VI.44	Besoin en chauffage pour les mois froids : avec apports internes, sans apports internes.....	177
Figure VI.45	Températures de l'air au niveau de l'atrium selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres.....	178
Figure VI.46	Températures de l'air en été au RDC, 1 ^{er} étage et 2 ^{ème} étage : selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres.....	178
Figure VI.47	Besoin en refroidissement pour les mois chauds : selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres.....	179

LISTE DES TABLEAUX

Tableau I.1	Problèmes fonctionnelles des atriums	27
Tableau II.1	Echelle de 7 points (ISO, ASHRAE).....	36
Tableau II.2	Les phases de la technique d'entretien et d'observation.....	49
Tableau III.1	Les données de la simulation : métabolisme et l'habillement (Wall, 1996).....	64
Tableau III.2	Les différents cas simulés en ventilation naturelle.....	73
Tableau IV.1	Les équipements à atrium de la ville de Jijel.....	84
Tableau IV.2	Les écarts (température et d'humidité) entre les appareillages utilisés et les instruments de la station météo.....	90
Tableau IV.3	Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 23 mai 2016).....	92
Tableau IV.4	Graphes 1,2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4,5: Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier étage, 24 mai 2016).....	93
Tableau IV.5	Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (deuxième étage, 24 mai 2016).....	94
Tableau IV.6	Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 24 Juillet 2016).....	95
Tableau IV.7	Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, 12 janvier 2017).	96
Tableau IV.8	Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (premier et deuxième étage, 12 janvier 2017).....	97
Tableau IV.9	Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 15 janvier 2017).....	98
Tableau IV.10	Graphes 1, 2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier étage, 17 mai 2016).....	103
Tableau IV.11	Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (deuxième étage, 17 mai 2016).....	104
Tableau IV.12	Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 22 mai 2016).....	105
Tableau IV.13	Graphes 1, 2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4: Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 18 juillet 2016).....	106
Tableau IV.14	Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 18 juillet 2016).....	107
Tableau IV.15	Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, 10 janvier 2017).....	107

Tableau IV.16	Graphes 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 5, 6 : Profils des humidités relatives (premier et deuxième étage, 10 janvier 2017).....	108
Tableau IV.17	Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4,5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 16 janvier 2017).....	109
Tableau VI.1	Nombre des usagers et matériels informatiques pour chaque espace.....	152
Tableau VI.2	Les espaces concernés par la prise des températures et d'éclairage naturel	153
Tableau VI.3	Détails sur les protections simulées	172

RESUME

Aujourd'hui, face à une situation énergétique mondiale complexe, il s'agit de revenir aux stratégies passives et de prospecter de nouvelles règles de bâtir. Les notions de confort et d'ambiance sont désormais des dimensions qui doivent être intégrées dans toute approche architecturale d'un environnement bâti.

La présente recherche s'intéresse aux ambiances thermo-lumineuses des bâtiments à atrium sous le climat méditerranéen. Ce dispositif architectural, objet de discussions et investigations continues par rapport à sa multifonction dont sa capacité de régulateur du microclimat intérieur, et de plus en plus adopté dans plusieurs régions et sous différents climats. À ce propos, cette étude traite l'aspect quantitatif et qualitatif de l'ambiance thermo-lumineuse dans l'environnement d'étude.

Dans la première partie, une investigation théorique et conceptuelle est présentée. Elle englobe le thème et l'état de la question de la recherche, ce qui a permis de mieux cerner le sujet et surtout de s'imprégner des procédés de travail sur le terrain. Le travail expérimental constitue l'essentiel de la seconde partie, il est dédié à l'exploration des paramètres physiques (température, humidité relative, vitesse de l'air, éclairage) qui sont simultanément soumis à l'évaluation subjective (à travers le questionnaire) par les usagers. En fait, l'objectif consistait à jauger la perception effective de l'ambiance environnementale intérieure à travers des messages sensibles. Ensuite, pour conforter les résultats enregistrés précédemment, un travail de simulation numérique est développé dans la troisième partie. Le logiciel « Archiwizard » est utilisé comme outil d'aide à la simulation de l'état des lieux existants et ensuite à d'autres situations où des scénarios d'une étude paramétrique sont proposés.

Globalement, l'investigation in situ a révélé que les deux bâtiments à atrium étudiés produisent des ambiances thermo-lumineuses satisfaisantes dans les trois périodes analysées (Printemps et été 2016, hiver 2017). Mais il reste que le taux d'humidité élevée, sur presque toute l'année, a permis de dévoiler l'étendue de la gêne causée aux usagers. Les résultats montrent aussi, que l'atrium non ventilé est un dispositif consommateur de l'énergie pour le refroidissement durant la période de sur-échauffement.

Mots-clés : climat méditerranéen, atrium, ambiances thermo-lumineuses, confort, consommation énergétique.

ABSTRACT

Nowadays, in the face of a difficult global energy situation, it is necessary to return to passive strategies and explore new rules of design for building. The notions of comfort and ambience are now dimensions that must be integrated into any architectural approach of the built environments.

The present research focuses on the thermo-luminous ambiences of atrium buildings in the Mediterranean climate. This architectural device, an object of continuous discussions and investigations in relation to its multifunction, including its capacity to regulate the interior microclimate, and it is increasingly adopted in several regions and in different climates. In this regard, this study deals the quantitative and qualitative aspect of the thermo-luminous ambience in the study environment. In the first part, a theoretical and conceptual investigation is presented. It encompasses the theme and the state of the research, which allowed for a better understanding of the subject and, above all, of the fieldwork procedures. The experimental work constitutes the main part of the second one, dedicated to the exploration of physical parameters (temperature, relative humidity, air speed, illumination) which are simultaneously submit to subjective evaluation (through the questionnaire) by the users. In fact, the objective was to gauge the actual perception of the indoor environmental climat through sensitive messages. Then, in order to confirm the results recorded previously, a numerical simulation work is developed in the third part. The "Archiwizard" software is used as a tool to simulate the existing state of the premises and then to other situations where scenarios of a parametric study are proposed.

Overall, the in situ investigation revealed that the two atrium buildings studied produced satisfactory thermo-luminous environments in the three periods analysed (spring and summer 2016, winter 2017). However, the high humidity level, over most of the year, revealed the extent of discomfort caused to users. The results also show that the unventilated atrium is an energy-consuming device for cooling during the overheating period.

Keywords: Mediterranean climate, atrium, thermo-luminous ambiences, comfort, energy consumption

ملخص

في الوقت الحاضر، العالم أمام تحديات صعبة في مجال الطاقة، وهنا تتجلى المسألة بالعودة إلى الاستراتيجيات الطبيعية واستكشاف قواعد تصميم جديدة. مفاهيم الراحة والأجواء هي الآن مفاهيم يجب دمجها في أي نهج معماري للبيئات المبنية.

يركز هذا البحث على الأجواء الحرارية والضوئية للمباني ذات الفناء المغطى بزجاج في مناخ البحر الأبيض المتوسط. هذا الجهاز المعماري، موضوع نقاش وبحث مستمر وذلك لخواصه المتعددة كتعديل المناخ الداخلي، وانتشاره أكثر وأكثر في العديد من المناطق والمناخات. وفي هذا الصدد، تتناول الدراسة الجانب الكمي بالإضافة إلى الجانب الكيفي للجو الحراري والضوئي في بيئة الدراسة. في الجزء الأول، يتضمن بحث نظري إلى جانب المفاهيم. إنه يشمل الموضوع وسؤال البحث، مما سهل فهم الموضوع بشكل أفضل وخاصة الانغماس في عمليات العمل الميداني. الدراسة التجريبية تعد المرحلة الأساسية للمرحلة الثانية، وهي تقترح استكشافاً حول العوامل الفيزيائية (درجة الحرارة، الرطوبة النسبية، سرعة الهواء والإضاءة)، والتي تم إعادة تحليلها من قبل مستخدمي المكان (من خلال استبيان). في الواقع، كان الهدف هو قياس الإدراك الحسي الفعلي للبيئية الداخلية من خلال الرسائل الحسية. بعد ذلك، لمقارنة النتائج المسجلة سابقاً، تم العمل ببرنامج محاكاة رقمية في الجزء الثالث، برنامج "Archiwizard" استعمل كأداة لتمثيل الواقع المدروس ميدانياً ثم في تجربته في حالات أخرى حيث يتم اقتراح سيناريوهات للدراسة البارامترية.

عموماً، كشفت الدراسة الميدانية أن هذا المبنى المدروس ينتجان أجواء حرارية وضوئية مرضية في الفترات الثلاث المدروسة (ربيع وصيف 2016، شتاء 2017). ولكن في الواقع، ارتفاع مستوى الرطوبة على مدى العام، قد أظهرت مشكلة كبيرة لمستخدمي المكان. أظهرت النتائج أيضاً أن الفناء المغطى بزجاج بدون تهوية هو جهاز مستهلك لطاقة التبريد أثناء فترة السخونة الزائدة.

الكلمات الرئيسية: مناخ البحر الأبيض المتوسط، الفناء المغطى بزجاج، الأجواء الحرارية والضوئية، الراحة، استهلاك الطاقة.

Introduction :

Aujourd'hui, la problématique énergétique et le dysfonctionnement environnemental sont au cœur de préoccupations d'urgence de l'architecture durable. Au regard de cette dernière, elle semble être un modèle opportun en termes d'analyse et de recherche pluridisciplinaire sur les projets d'architecture et d'urbanisme. Comme l'ont souligné Liebard.A et De Herde.A, « *les changements climatiques planétaires ont porté la protection de l'environnement au premier plan des préoccupations actuelles et constituent, dans une perspective de développement durable, le défi majeur de ce XXI^{ème} siècle* » (Liebard et De herde, 2005). D'autre part, à l'échelle mondiale, le secteur du bâtiment représente de 30 à 40 % de la consommation d'énergie. Aussi, selon ADEME¹, le secteur du bâtiment et de la construction est à lui seul responsable sur 30 % des émissions mondiales de CO2 (ADEME, 2016).

Donc, le bâtiment est de plus en plus énergivore surtout quand il s'agit d'être au service de la vie quotidienne (besoins en chauffage, refroidissement, eau chaude sanitaire, éclairage et transport et aussi usage d'électroménagers, matériels informatiques et de machines, etc).

Dans ce même ordre d'idées, l'Algérie subit les mêmes exigences en énergétique. Selon APRUE², les perspectives de développement du parc immobilier et le développement du secteur tertiaire engendreront un accroissement certain de la consommation d'énergie. Le secteur du bâtiment est à l'origine de 37 % de la consommation d'énergie finale en Algérie (<http://www.aprue.org.dz/eco-bat.html>).

Devant cette situation critique, une maîtrise de l'avenir énergétique et environnemental est indispensable pour mieux gérer notre vie. Pour cela, la question de la conception a connu ces dernières années un fort regain d'intérêt. Dans ce contexte, on cite l'exemple de l'architecture écologique, bioclimatique, durable, etc. Les débats se cristallisent autour des avantages supposés du modèle durable. De ce fait, la thématique des ambiances et du confort ont pris une place cruciale dans le domaine de la durabilité. Or, la qualité des ambiances et le respect de l'individu représentent une dimension fondamentale de la construction si elle se veut durable. L'enjeu est donc de gérer au mieux les contraintes intérieures et extérieures d'un environnement construit pour assurer une bonne qualité environnementale et énergétique.

¹ ADEME : L'Agence de l'environnement et de la maîtrise de l'énergie

² APRUE : Agence nationale pour la promotion et la rationalisation de l'utilisation de l'énergie

Et cela à travers la maîtrise de la notion des ambiances architecturales et urbaines. En effet, « Ambiance », un mot plein de polysémie et de sens. Il s'agit d'examiner les usages et les usagers en traitant le vécu et le confort des occupants. Ainsi, l'étude de cette boucle d'interaction concerne : perception, évaluation, ajustements comportementaux et les préférences des personnes. Ils tendent ainsi à réarticuler les liens entre occupant et les sciences sociales. Ce concept largement usité, tel que le conçoivent les laboratoires de recherche CRESSON³ et CERMA⁴.

Pour une bonne compréhension de ce phénomène, il est nécessaire d'analyser le système qui forme l'interaction entre le bâtiment et l'occupant. Elle tente de mettre en évidence le discours instauré entre le physique de l'architecture et le sensoriel des individus dans une dimension spatiotemporelle bien précise.

De nos jours, les bâtiments à atrium sont très répandus dans plusieurs types de climat. Ils procurent des ambiances diversifiées, telles que : l'ambiance thermique et lumineuse qui naissent de la même source naturelle qui est : le rayonnement solaire. Aborder la question de la relation entre lumière et chaleur permet d'aiguiser le regard sur plusieurs indicateurs : les matériaux et de constructions, les ouvertures, la verrière, paramètres géométriques de l'atrium, la conception des espaces contigus, etc. Assurer un bon compromis entre les paramètres cités ci-dessus permet de procurer le confort et des économies d'énergie pour les usagers, car selon Claude Alain Roulet : « *nous vivons plus de 90 % de notre temps à l'intérieur d'un bâtiment : habitation, lieu de travail, école et loisirs. La qualité de l'environnement, à l'intérieur du bâtiment, prend donc une importance primordiale et sa conception doit viser à la plus grande satisfaction des occupants* » (Roulet, 2004).

Il s'agit donc de proposer des stratégies de conception pour accorder le confort, une ambiance désirable, une bonne qualité de l'environnement intérieur, des économies d'énergie, dans le contexte de développement durable. De cela, le bâtiment est un acteur clé du défi environnemental et de la maîtrise des ambiances architecturales et urbaines. Donc, fournir de l'énergie renouvelable au moindre coût peut réduire les effets du changement climatique.

³ CRESSON : Le Centre de Recherche sur l'Espace Sonore et l'environnement urbain, Grenoble.

⁴ CERMA : Centre de recherche méthodologique d'architecture de Nantes, créé en 1971 spécialisé dans le domaine des environnements construits et les approches numériques.

Devant ces constatations, il s'agit de revenir aux stratégies passives et de prospecter de nouvelles règles de bâtir. Car, l'architecture est un choix judicieux qui vise à rendre le monde habitable et confortable pour ses habitants.

Problématique :

« *Les bâtiments avec verrières : vérandas, serre, atrium, etc. Ils présentent des bâtiments atypiques par leurs formes, fonctionnement et beauté. L'atrium a occupé une place privilégiée dans l'imaginaire des architectes* » (Demers et Potvin, 2004). Ce dernier était présent dans la conception antique et persiste à être omniprésent dans l'architecture d'aujourd'hui, mais avec une nouvelle forme. Ce vide, couvert de verrière, est doté d'un système d'ambiances nombreuses et complexes.

Donc, un tel dispositif doit être conçu intelligemment pour s'adapter au climat là où se trouve le bâtiment. Dans certains pays en voie de développement, comme l'Algérie, les formes des atriums, les proportions, l'orientation et d'autres critères sont choisis selon le concepteur. Mais malheureusement sans avoir une idée sur son comportement dans le domaine des ambiances. Et de même dans les pays développés, la problématique est surtout énergétique. On rejoint ici les paroles de Voeltzel Anne et al : « *cependant, les grands espaces-serres semblent avoir des défauts de conception majeurs qui conduisent à un gaspillage d'énergie et d'inconfort considérables. Il est estimé que la consommation d'énergie, normalisée par la superficie des bâtiments, tertiaires est de 250-300 kWh m² par an pour les pays européens alors que, avec un bon design, aujourd'hui, il est raisonnable de viser une consommation d'énergie inférieure à 150 kWh m² par an* » (Voeltzel et al, 2001).

L'atrium est un lieu où on retrouve "air", "lumière" et "chaleur". Les ambiances dans cet espace sont très complexes et variables dans une dimension spatio-temporelle et climatique. Thermiquement, « *l'atrium joue le rôle d'espace-tampon entre l'intérieur et l'extérieur, créant un microclimat de qualité pour les hommes et les plantes* » (Reiter, De herde, 2004). Belmaaziz M ajoute « *cet espace tampon entre l'intérieur et l'extérieur peut devenir la raison principale qui motive le concepteur à introduire un atrium surtout dans les pays nordiques où la saison hivernale est longue et rude* ». (Belmaaziz, 2003).

Dans cet espace intermédiaire, plusieurs phénomènes physiques peuvent se produire, tels que la convection, le rayonnement, conduction...qui participent aux échanges thermiques

entre les différents espaces du bâtiment. Certains atriums peuvent contribuer à la réduction de la consommation globale énergétique du bâtiment en agissant comme des capteurs solaires. Cependant, certaines précautions doivent être considérées afin d'optimiser son comportement thermique et de limiter ses charges de chauffage et de refroidissement (Demers et Potvin, 2004). À cela, s'ajoute d'une part l'effet de serre et d'autre part des gênes vis-à-vis de la température.

Ce prototype de l'espace vitré procure ainsi de l'éclairage naturel. Il peut améliorer la distribution de la lumière naturelle dans les espaces contigus, mais il reste pour dire que cette fonction est relative à plusieurs paramètres qui sont liés à l'atrium et au bâtiment en lui-même. « *Étant donné que l'éclairage naturel est essentiel à l'amélioration de la qualité des espaces intérieurs, à la création d'environnements agréables et sains contribuant au bien-être et la productivité des utilisateurs du bâtiment et à la durabilité de l'environnement bâti, la recherche récente étudie l'éclairage naturel dans les bâtiments à atrium, ce qui est l'un des aspects clés de ce concept* » (Swinal, 2011).

En effet, les flux solaires qui atteignent le vitrage zénithal de l'atrium engendrent, premièrement, un éclairage naturel et des apports solaires qui surchauffent les parois du bâtiment. En l'occurrence, cela veut dire que la performance en matière d'éclairage et la lutte contre les gains solaires l'été pour éviter les surchauffes sont un sujet de controverses. Ces deux aspects discordants nécessitent une recherche concernant les éléments intrinsèques et extrinsèques qui peuvent influencer sur ces deux aspects (parmi ces paramètres : proportions des atriums, la surface vitrée, le type de vitrage et position de l'atrium dans le bâtiment, ...).

D'après nos constatations dans quelques villes de l'Algérie, nous remarquons que les atriums des bâtiments sont dépourvus d'orifices de ventilation et de protections pour la verrière. Ces deux paramètres accentuent le problème de surchauffe et surtout celui de l'aération. En réalité, ce vide est couvert par une verrière pour être à l'abri des intempéries et pour des soucis esthétiques que ce soit dans les nouveaux bâtiments ou ceux rénovés. Aussi, la situation est plus grave lorsque le climat est humide comme celui de Jijel. Cette ville a connu des humidités élevées en été et en hiver. Dans notre travail de recherche, il s'agit de vérifier la qualité des ambiances thermiques et lumineuses dans ce type de bâtiment. Donc, on souhaitera de mettre en place quelques indicateurs de conception qui

répondra à un climat délicat surtout en période estivale (température et humidité très élevées), car la contrainte majeure dans ce type de climat est le problème de « moiteur » qui présente la cause principale de l'inconfort. Selon Izard, les grandes surfaces de verre est à éviter dans les régions sud de la méditerranée : *« les zones méditerranéennes se distinguent des autres régions européennes par leurs hivers doux et ensoleillés et par des étés chauds, secs et longs. L'architecture requise dans ces zones est donc nécessairement très différentes de celles du Nord de l'Europe. Si la tendance aux grands vitrages ou aux atriums de grandes surfaces transparentes peut être encouragée dans le Nord, elle doit être proscrite dans le Sud où la protection solaire doit être dominante ou structurante dans le projet »* (Izard, 2001).

Cependant, la présente étude s'intéresse non seulement à la détermination des climats thermiques et lumineux, mais il s'agit aussi de préciser les liens entre cette dualité environnementale. Ainsi, il est question de chercher la controverse qui existe entre : chaleur-lumière, et cela, à travers la littérature, l'investigation empirique et la simulation informatique.

À cet effet, on a fixé une question centrale : dans quelle mesure l'ambiance thermo-lumineuse intérieure, conditionne-t-elle l'usage et le comportement des occupants dans les bâtiments à atrium ?

Cette question représente l'ossature de notre recherche et de celle-ci se dégagent plusieurs lignes directrices à savoir :

- Quels sont les paramètres qui ont un impact significatif sur les ambiances thermo-lumineuses des atriums et qui nécessitent d'être intégrés dans la conception architecturale ?
- Sous un climat du littoral, l'atrium peut-il être un bon régulateur thermique et lumineux de l'espace contigu ?

Pour répondre à ces interrogations, il est important de signaler l'adoption de plus en plus fréquente (à travers le monde) de l'atrium dans le bâtiment surtout à caractère tertiaire (administrations et centres commerciaux surtout). Ce parti pris est aussi fréquemment observé à un niveau pédagogique (soit durant la formation des étudiants) où cet élément architectural est constamment intégré dans les projets, surtout lorsqu'il s'agit d'un équipement.

Ces constats amènent à se questionner sur l'apport effectif à la qualité environnementale des espaces intérieurs (qui lui sont notamment limitrophes). Dans ce contexte, la question se pose sur les effets de l'atrium sur les domaines suivants: environnemental, économique (performance énergétique), social et technique. À cet égard, on a construit les hypothèses suivantes.

Hypothèses principales de travail :

- L'insertion de l'atrium dans le bâtiment tertiaire peut contribuer au confort thermo-lumineux des usagers.
- L'observation des ajustements physiologiques, comportementaux et le recours aux solutions technologiques (approche adaptative) permet une évaluation tangible de du degré de confort hygrothermique et lumineux dans les espaces d'études.

Objectifs de la recherche :

Cette recherche s'inscrit dans une démarche expérimentale et empirique qui vise à répondre à un ensemble de préoccupations inhérentes à la dimension thermo-lumineuse dans le bâtiment à atrium. Les connaissances recueillies développent les mesures physiques de l'environnement et celles sensorielles des usagers. Donc, la présente étude est structurée selon des objectifs qui complètent la problématique et l'hypothèse et qui sont:

- Le premier objectif est de démontrer en quoi les variations saisonnières peuvent affecter les paramètres thermo-lumineux de l'atrium.
- Evaluer les ambiances thermo-lumineuses (quantitative et qualitative) dans l'atrium et les espaces contigus.
- Tester l'évaluation de l'environnement par les usagers sur une échelle conventionnelle.
- Chercher le type de corrélations entre les échelles d'évaluation des ambiances traitées.
- La compréhension de la dynamique des ambiances en spécifiant le temps, l'espace et le microclimat.

Méthodologie de recherche :

La présente recherche se concentre sur la question des ambiances thermo-lumineuses dans les édifices à atrium. Elle est construite dans le contexte où la prolifération des verrières est très fréquente dans plusieurs villes du monde même dans les climats chauds. Les méthodes adoptées sont de diverses natures et peuvent être divisées en deux groupes. Celles qui produisent et analysent des données et celles qui analysent des données déjà existantes.

Ce travail de Doctorat se partage en deux parties : théorique et analytique. La première partie consiste en un état de l'art, faisant essentiellement appel aux concepts suivants : atrium, ambiance et confort thermique et lumineux. Il s'agit donc de faire la lumière sur la notion de l'atrium et les deux dernières notions seront traitées, notamment sur le plan subjectif. Dans la présente recherche, nous avons également l'ambition de proposer quelques expériences liées aux ambiances thermo-lumineuses dans les atriums et ses espaces contigus. Donc, on cherche à travers ces chapitres d'établir un socle de connaissances approfondies qui sert de bien mener et accomplir les autres chapitres.

La seconde partie s'attache à l'investigation in situ et la simulation informatique (méthode objective et méthode subjective). L'investigation in situ accorde une importance spécifique à l'état physique de l'environnement en utilisant des instruments de mesures. En réalité, il sert à analyser la température, l'humidité, la vitesse de l'air et l'éclairément sur plusieurs périodes et séquences temporelles. De même, la recherche traite l'aspect qualitatif de l'ambiance thermo-lumineux en complément à l'aspect quantitatif dont l'ensemble permet d'avoir une vision globale. En effet, une attention particulière est portée sur l'espace vécu, c'est-à-dire l'emploi de la méthode comportementale, à travers l'analyse des opportunités d'adaptations des usagers. Ces réactions ont été rassemblées à travers le questionnaire et l'observation in situ. Aussi, pour avoir plus d'informations, nous avons fait des relevés photographiques et des entretiens.

La deuxième partie de l'investigation s'appuie sur l'impact de certains paramètres architecturaux sur les ambiances thermo-lumineuses des atriums. Des scénarios représentatifs ont servi de support à cette étude en utilisant la simulation numérique à l'aide du logiciel Archiwizard. Donc, le travail de modélisation vient compléter les carences de l'enquête sur terrain.

Structure de la thèse :

La présente thèse est organisée selon deux grands volets. Le premier prend appui sur des données théoriques et le deuxième concerne l'enquête sur terrain.

Volet théorique :

Cette partie préliminaire est fondamentale pour toute recherche scientifique, elle sert à donner des éclaircissements sur les concepts élémentaires de cette étude. Mais avant tous, on a présenté une introduction générale, une problématique, hypothèse de recherche,

méthodologie de travail et la structure de la thèse. Globalement, ce volet s'intéresse aux chapitres suivants :

- Atrium : formes et fonctionnalités.
- Confort et ambiances thermo-lumineuses.
- Les ambiances thermo-lumineuses dans les atriums.

Le premier chapitre traite la notion d'atrium, son aperçu historique, fonctions et son rôle dans le domaine des ambiances.

Le deuxième chapitre présente des explorations sur les notions de confort et d'ambiance.

Le troisième chapitre s'articule autour des études précédentes sur la thermique des bâtiments à atrium. Ainsi, la présentation des recherches sur l'éclairage naturel dans ce dispositif et les espaces limitrophes. Ces études traitent ces deux types d'ambiance par la méthode expérimentale ou bien la simulation numérique.

Volet analytique :

Dans cette partie, on a traité les ambiances thermo-lumineuses par deux méthodes : l'investigation in situ et la simulation numérique. Elle s'appuie sur une démarche d'abord objective et puis subjective.

Cette partie s'articule autour de trois chapitres :

- Présentation de l'environnement d'étude et de l'investigation in situ
- Analyse subjective des ambiances thermo-lumineuses
- Présentation des modèles de simulation et résultats

Le quatrième chapitre permet de présenter les deux cas d'étude, les scénarios de prise de mesures climatiques. Aussi, il propose l'interprétation des résultats de l'investigation (les données quantitatives).

Le cinquième chapitre concerne la présentation des résultats de l'analyse subjective des ambiances thermo-lumineuses

Le sixième chapitre explique le logiciel de simulation et le modèle à analyser, ces simulations ont pour objectif d'identifier l'influence des paramètres testés sur l'ambiance thermo-lumineuse de l'atrium et les espaces entourant de celui-ci.

La thèse se termine par une conclusion générale, où on a présenté la synthèse de la partie théorique et pratique et la proposition d'éventuelles pistes de recherche.

Organigramme sur les étapes de la recherche :

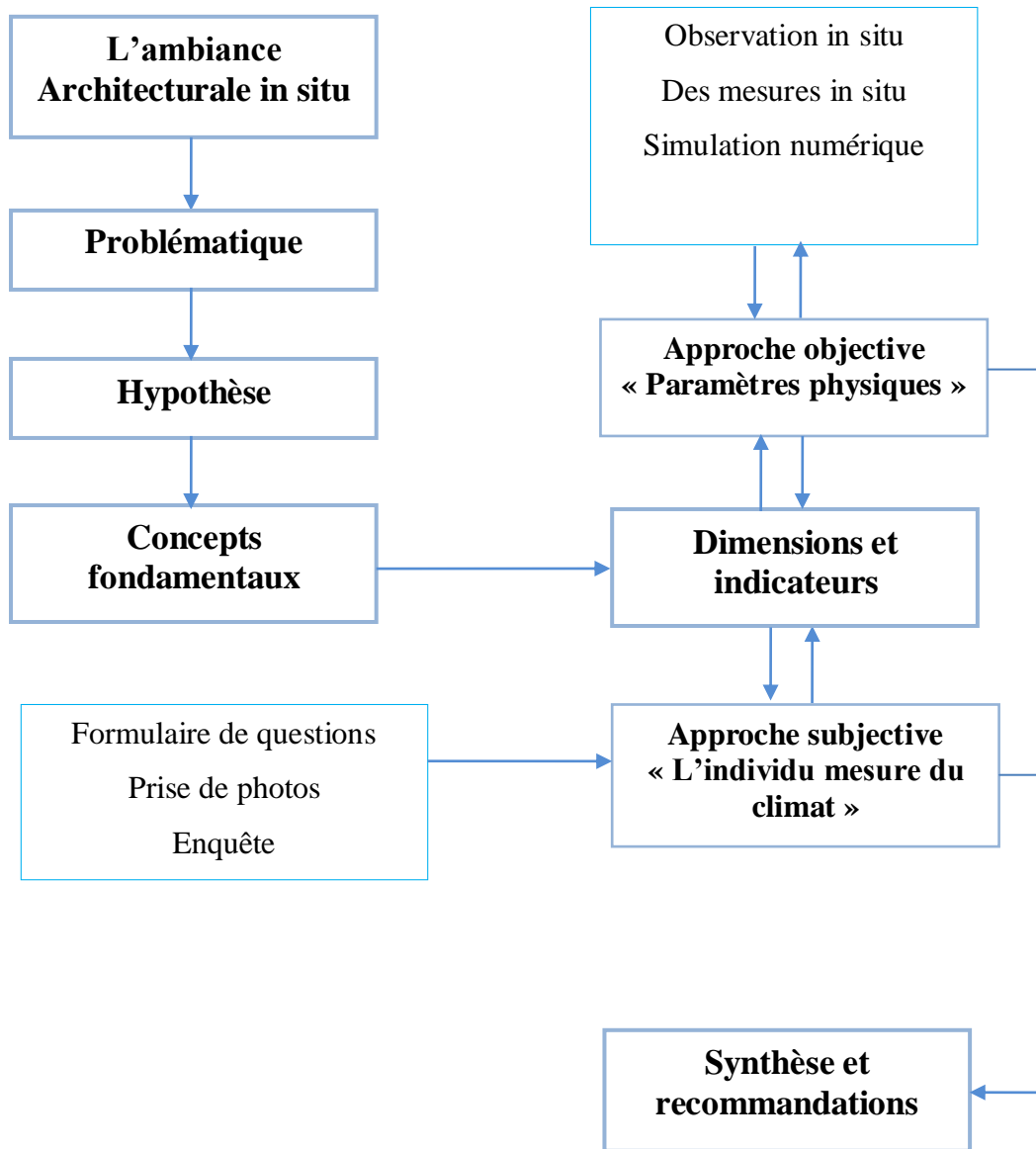


Figure 1 : schéma représentatif sur les grandes étapes de notre recherche

Introduction :

Les bâtiments avec verrières (atrium, serre, patio, vérandas, etc.) présentent souvent des caractéristiques spécifiques tant dans leur forme, fonctionnement ou/et comportement environnemental intérieur. Le retour à l'histoire de l'architecture montre clairement l'origine du dispositif dit « atrium ». Selon Abdulac S, cette forme trouve sa naissance depuis l'Antiquité et il précise : *des vestiges d'espaces centraux ouverts ont été relevés, il y a déjà près de 6 000 ans en Mésopotamie. On en trouvera également dans l'Égypte-pharaonique, comme dans la vallée de l'Indus et jusqu'en Chine* » (Abdulac, 2011).

Généralement, le terme atrium est souvent employé pour désigner l'espace fermé ouvert au ciel de la maison romaine. Dans la période moderne, cet espace est devenu un grand espace intérieur vitré de certains édifices publics. Cette époque illustre l'utilisation de plus en plus des atriums dans la conception des bâtiments, mais la recherche de l'esthétique se controve avec la qualité des ambiances, du confort et parfois même avec des coûts d'exploitation et d'exécutions très élevés. À priori, la recherche de la lumière se fait souvent en détrimment du confort thermique.

Les édifices à atrium doivent aujourd'hui être pensés de manière à adapter la forme géométrique, type de vitrage, orientation...au confort et exigences des usagers, de la garantie de la qualité de l'air et autres paramètres environnementaux à l'intérieur et aussi à la maîtrise des dépenses énergétiques. L'insertion de ce dispositif est surtout dans les grands de grandes surfaces « *De ce fait, l'atrium est une configuration spécialement intéressante pour des bâtiments très larges ou lorsque la densité urbaine est forte puisqu'il offre une grande prise de lumière latérale aux locaux qui le bordent* » (Reiter et De herde, 2004).

I.1. Définitions et généralités sur l'atrium :

Le concept « atrium » comporte plusieurs définitions suivant son évolution chronologique et la zone géographique. Selon Spalt (1985) : « À l'origine, le mot "atrium" signifiait "noir" (foyer), parce que c'est là que se trouvait le foyer et que le plafond de la pièce était assombri par la fumée qui s'échappait. Au début, il n'y avait pas d'ouverture dans le toit du foyer et la fumée s'échappait par le toit. Ce n'est qu'après un long développement que cette pièce, qui remplissait plusieurs fonctions, a été dotée d'une ouverture dans son toit, notamment après le déplacement du foyer vers une autre pièce (cuisine) » (Spalt, 1985).

Dans l'architecture antique, chez les Romains, c'est une cour intérieure de forme carrée de la maison romaine, entourée de portiques, couverte d'un toit possédant une ouverture en son centre pour récupérer l'eau de pluie et laisser pénétrer la lumière.

Le dictionnaire de français Larousse, le définit comme « une pièce principale, commandant la distribution de la maison romaine traditionnelle, éclairée par une ouverture carrée (le compluvium) au centre de la toiture ».

Selon Ginouves : « le mot emprunté directement au latin, désignait, et désigne dans le langage archéologique, la grande salle qu'on trouve normalement après le vestibule, salle couverte mais dont le plafond était percé d'une grande ouverture zénithale rectangulaire, le compluvium » (Ginouves, 1998).

C'est le cortile en Italie 'mot attesté depuis le début du XIV^e s : « cour découverte, comprise entre les divers corps de bâtiment d'une construction, destinée à donner de l'air et de la lumière aux pièces intérieure » (Centre national de ressources textuelles et lexicales, <https://www.cnrtl.fr/definition/cortile>).

En Espagne, le patio, est une cour intérieure à ciel ouvert, dont l'origine remonte à l'atrium des villas de la Rome antique. Plus largement, un patio est un espace extérieur d'agrément, dédié aux repas ou à la détente. Son sol est le plus souvent dallé, mais il peut être aussi en bois, en pierre, en béton, en ciment, etc. (Glossaire techno-science, <https://www.techno-science.net/glossaire-definition/Patio.html>).

Dans l'architecture moderne et contemporaine, cet espace, ouvert au ciel de l'ère ancienne, est devenu un univers fermé par une verrière. Les architectes incorporent de plus en plus ce

dispositif grâce à ses effets esthétiques et ambiantales (thermique, lumineux, acoustique, aérodynamique, de dispersion des polluants ...).

I.2. Le concept de centralité et l'atrium :

De nombreux auteurs se sont intéressés au concept de « centralité » soit à l'échelle de la ville ou bien à échelle architecturale. Par exemple, Alexander suggère que chaque ensemble possède un centre. Il précise, cité par Joseph Grange: « Every whole must be a "center" in itself, and must produce a system of centers around it » (Grange, 1999).

Pour rappel, à l'échelle urbaine et territoriale, la théorie des lieux centraux a été proposée par le géographe Walter Christaller. Elle a pour but d'analyser les villes de point de vue : la taille, la fonction et leur emplacement dans un territoire. La notion de centralité à l'échelle urbaine est claire dans plusieurs configurations. À titre d'exemple, dans la ville romaine, l'espace central ou forum est un lieu de premier degré. C'est la place publique de la cité, le cœur de la vie sociale et politique de la société romaine. Il est nécessaire de s'y rendre "pour voir" mais aussi pour être vu. Aussi, le même principe a été produit dans les villes médiévales selon Pierre W. Boudreault et Denis Jeffrey : « *Pourquoi les vides ? Parce que les vides, telles les agoras antiques et les places centrales des villes médiévales, sont des lieux symboliques de projection de l'imaginaire, constitutifs de leur centralité* » (Boudreault et Jeffrey, 2007). D'autres expériences existent dans les temps modernes, on cite l'exemple des cités jardins d'Ebenezer Howard (Letchworth (1902) et Welwyn (1920)).

À l'échelle architecturale, les dispositifs suivants : la cour, le patio, l'atrium sont autant de moyens pour matérialiser une certaine centralité conceptuelle. L'auteur Johannes Spalt, dans l'introduction de son œuvre « *Atrium : Five Thousand Years of Open Courtyards* », confirme le besoin de l'homme de disposer d'un tel espace dans son habitat en disant : « *situé au milieu de l'univers, l'homme a besoin d'un lieu de paix et de réclusion qui fait partie du monde plus vaste, hostile, un monde unique, un espace qui, malgré tout, reçoit sa part du jour et de la nuit, du soleil et de la lune, de la chaleur, du froid et de la pluie* » (Spalt, 1985). Jorge Cruz Pinto ajoute : « *le vide de l'espace architectural n'est pas un vide neutre, mais un champ dynamique de forces en interaction, semblable aux champs électriques, magnétiques et quantiques de la structure atomique, et aux champs gravitationnels de la structure macrocosmique. La mystique et la science, la pensée poétique et la raison se réconcilient face à une notion de vide définie comme origine cosmogonique et champ de forces* » (Pinto, 2010).

L'atrium est l'élément architectural organisateur, il ordonne et centralise tous les autres composants qui l'entourent, spatialement et fonctionnellement ou l'une des deux.

I.3. Aperçu historique sur l'atrium :

L'évolution de l'atrium a connu plusieurs périodes à travers le temps. Néanmoins, à ce niveau, on a fait seulement une exploration de la forme de l'atrium au fil des principales grandes périodes historiques.

I.3.1. Période antique : espace ouvert

Depuis son apparition durant l'ère antique, il continue de se recréer dans plusieurs régions et multiples configurations. On l'y retrouvait aussi « dans les villes Mésopotamie, de Grèce de Phéniciens et chez les Romains, mais avec une connotation locale. Chez les Romains, le patio distribuait un seul appartement "l'oecus" la pièce principale s'ouvrait sur cet espace. Chez les Grecs également, c'est le " mégaron" ou le grand lieu qui donnait également sur la cour » (Kassab, 1998). En effet, ce creux était présent dans la conception des villes et des bâtiments aussi bien publics que privés.

À cet égard, les demeures hellénistiques, les plus répandues sont les maisons à péristyle. La cour centrale est entourée d'une colonnade (voir figure I.1). Vergara G.M.D. Tomasella souligne « plusieurs demeures assez élégantes de l'Attique et d'Athènes prouvent que les maisons grecques typiques avaient une distribution des salles analogue à celle des maisons pompéiennes : un vestibule et une cour intérieure autour de laquelle s'articulaient les différentes pièces » (Vergara et Tomasella, 1995).

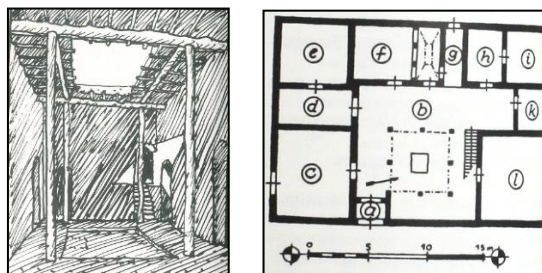
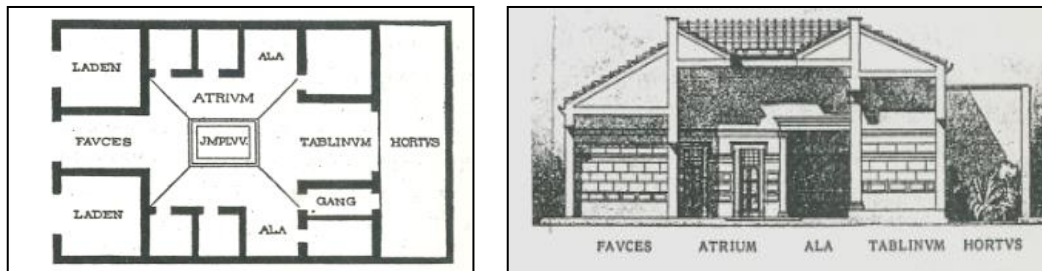


Figure I.1 : à gauche : palais de Mari (édifié au début du II^e millénaire)
à droite : maison grecque–Olinthe, 600 Av. JC (Spalt, 1985)

La maison romaine quant à elle a bien su tirer parti des savoirs des ancêtres, « Rome sut pourtant tirer parti des expériences architectoniques des nombreuses cités de la Grande Grèce qui tombaient petit à petit sous son joug » (Vergara et Tomasella, 1995). La maison urbaine est appelée « domus », elle possède deux sortes d'espaces découverts, l'atrium et le péristyle. Ils sont mentionnés dans l'œuvre de Vitruve dans son sixième livre. L'atrium est

une grande pièce centrale de la maison familiale, dans son centre. Son toit est ouvert au centre, un bassin (impluvium) se trouvait sous cette ouverture et recueillait l'eau de pluie (figure I.2).



.Figure I.2 : maison à Pompéi (Spalt, 1985)

I.3.2. Période médiévale : espaces ouvert

L'atrium romain est devenu au Moyen Âge une forme architecturale intégrée avec les traditions culturelles islamiques, il s'agit du patio. Selon Kassab T, « *Le patio, c'est l'image de la maison "arabo-musulmane des médinas"*. À priori. Il est vrai que *l'architecture arabo-musulmane, ou du moins celle produite durant la civilisation islamique au Maghreb, a été marquée par le patio qui a été l'espace architectural présent dans tous les édifices aussi bien publics que privés* » (Kassab, 1998). Dans cette cour intérieure, se déroule quotidiennement la vie familiale comme un séjour extérieur intime, c'est un lieu de vie et d'activité. Cette philosophie de conception et de construction se développe davantage dans les climats chauds et humides et fut une création fonctionnelle d'ordre spirituel, climatique, social, organisationnel et psychologique.



Figure I.3 : à gauche : Maison à patio de Ghardaïa (Ravéreau, 2001)

A droite : maison à patio de la Casbah d'Alger

(<https://bibamous.skyrock.com/2497580091-Une-maison-DOUIRA-a-la-Casbah.html>)

I.3.3. Période moderne et contemporaine : espace fermé par une verrière

À l'époque moderne, après la révolution industrielle, l'atrium est devenu un espace, généralement, central doté d'une verrière de la famille des espaces-serre. Selon Humbert Mariyam : « *Diaz (1992) définissait ainsi l'espace-serre comme un espace fortement vitré, non chauffé artificiellement et prolongeant l'espace habitable d'un bâtiment. Pour notre*

part, nous élargissons la destination de ces espaces aux bâtiments tertiaires, ceux-ci pouvant être chauffés ou climatisés » (Humbert, 2002). Cette utilisation vaste des verrières est liée à la révolution industrielle qui permettait d'allier la fonte et le verre. Donc, ce modèle architectural devint pour la première fois populaire en Europe entre 1820 et 1870, où il était présent dans : les jardins botaniques, les grands magasins, les serres, les gares, les halls couverts par une verrière, les rues et les passages couverts. On peut citer l'exemple de Crystal palace à Londres (1851-1954), le Hall de l'école Nationale des Ponts et Chaussées (1747), l'arcade Victor Emmanuel à Milan (1865-1877), passage Pommeraye à Nantes (1843), galerie Umberto I à Naples (1887-1890). D'autres exemples plus modernes : pyramide du Louvre (1985-1989), le musée d'Orsay (1986).



Figure I.4 : à gauche, Crystal palace à l'Hyde Park de Londres (Francesco Bandarin, 2004)
à droite, pyramide du Louvre (auteur, 2014)

Actuellement, cette forme architecturale se développe dans l'architecture du tertiaire comme les bâtiments d'enseignement, culturels, santé, bureaux, etc (figure I.5). Le retour à cette forme est indiqué essentiellement par les économies d'énergie et la gestion des ambiances architecturales. Sa conception requiert sans doute une attention particulière de la part des architectes, ingénieurs thermiciens, des maîtres d'œuvre. Les tendances d'aujourd'hui montrent des techniques modernes et l'emploi de verre synthétique qui permet d'élaborer quel que soit le gabarit, vitres teintées, opaques, cintrées, l'effet régulateur de transmission de radiations solaires, etc.



Figure I.5 : À gauche : atrium de l'hôtel Hyatt Regency à San Francisco (Tripadvisor), À droite : Heritage Square de Toronto : S. Calatrava (<https://calatrava.com/>)

I.4. Formes des atriums :

L'atrium peut se présenter sous différentes formes allant des plus simples et régulières aux plus complexes et irrégulières selon les critères suivants : la forme, le mode de connexion du vitrage au bâtiment, le nombre des verrières, leurs dispositions, etc.

I.4.1. Selon la configuration :

Il existe plusieurs configurations d'atriums : simples et complexes. Cette catégorisation, facilement conciliable, est dictée par le nombre de face, nombre de vitres et positions du vide.

Les atriums de types simples (figure I.6) sont dotés d'une seule verrière qui se rattache au bâtiment par une, deux, trois ou quatre faces. Le premier comprend les atriums adossés au bâtiment (type 1). Le deuxième comporte deux faces donnant vers l'atrium. Le troisième couvre les atriums encastrés dont trois faces du bâtiment donnent vers l'atrium (type 3). Le quatrième exemple regroupe toute sorte d'atrium en sandwich. La verrière est disposée entre deux parties du bâtiment (type 4), c'est-à-dire l'espace vitré traverse de bout en bout le bâtiment. Le cinquième genre compte les atriums centraux (type 5). Dans ce cas, la verrière se trouve au centre du bâti et donc quatre faces du bâtiment sont ouvertes vers l'atrium (c'est un modèle classique).

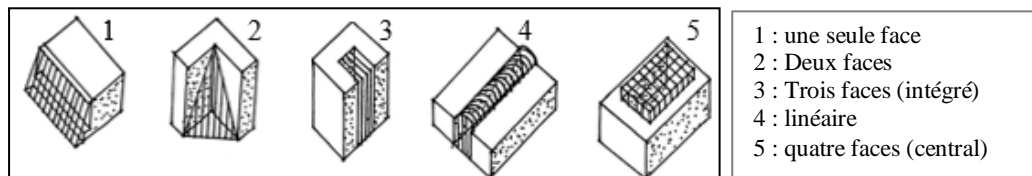


Figure I.6 : les atriums simples (Hamdan Ahmad et al, 2000)

Les types complexes (figure I.7) se présentent sous plusieurs modèles. Le premier modèle relie plusieurs parties du bâtiment (atrium reliant plusieurs bâtiments). Le deuxième comprend un atrium au bas de l'édifice (atrium à la base d'une tour). Le troisième et le quatrième regroupent le genre avec multiples atriums disséminés d'une manière horizontale ou bien verticale (plusieurs atriums centraux, plusieurs atriums verticaux).

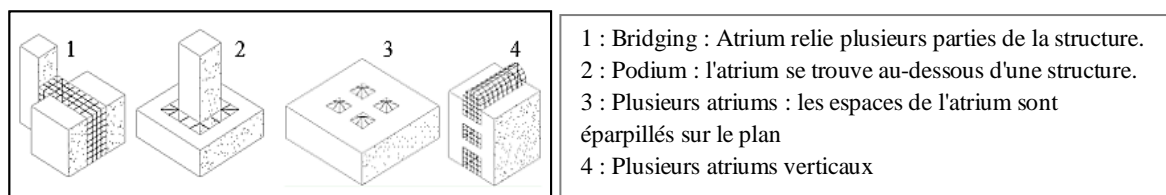


Figure I.7 : les atriums complexes (Gritch et Eason, 2016)

La classification des atriums a été étudiée par Yoshino sur les bâtiments avec espaces-serres au Japon. Les résultats montrent que la forme centrale représente le taux le plus élevé (43 %), puis la forme linéaire (linéaire connectant deux bâtiments de 18 %, linéaire de même hauteur de 6 %), intégré (18 %), attaché de 9 %, le type enveloppe de 1 %, et enfin d'autres configurations de 5 % (figure I.8).

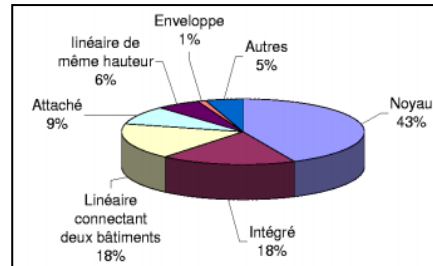


Figure I.8 : les types des grands espaces-serres au Japon d'après Yoshino et al (Humbert, 2002)

À une échelle plus réduite soit au niveau de constructions d'habitations individuelles, on a étudié le cas des maisons à patios du centre-ville de Jijel en 2010 dans le cadre du travail de magistère. Les conclusions obtenues montrent que : le type intégré représente un taux de (41.47 %), au coin (27.06 %), au centre (19.41 %), et la forme linéaire (12.06 %).

I.4.2. Selon les proportions de l'atrium :

La classification des atriums selon les proportions englobe les facteurs (WID, PAR, SAR)⁵. Ces paramètres sont fondamentaux dans la détermination des ambiances environnementales intérieures. Selon le paramètre (longueur/largeur), on peut distinguer essentiellement deux types :

- Les atriums ponctuels, avec un ratio longueur/largeur proche de l'unité.
- Les atriums linéaires, dont la longueur est très nettement plus importante que la largeur.

I.4.3. Selon la taille de l'atrium :

Il est admis dans les milieux scientifiques que le coefficient de forme influe considérablement sur la performance énergétique de l'atrium, donc l'enveloppe de celui-ci reste un élément fondamental dans le processus d'échange entre l'intérieur et l'extérieur. Selon Belmaaziz M (2003), il y a deux typologies d'atriums selon la taille : les

⁵ Ces indices représentent la relation entre : longueur, largeur et hauteur de l'atrium (L, W, H).
 Le coefficient PAR est l'abréviation de : plan aspect ratios, $PAR = (W \cdot L) / H^2$
 Le coefficient SAR est l'abréviation de : section aspect ratios, $SAR = \text{Atrium Height} / \text{Atrium Width}$
 Le coefficient WI est l'abréviation de : well Index, $WI = [H \cdot (W + L)] / 2 \cdot W \cdot L$

configurations étroites et les configurations larges. L'atrium est profond lorsque sa hauteur est supérieure à 10.12 m. Selon J.L. Badoux et al : « *sa fonction énergétique-thermique ne se justifie que si le bâtiment est profond (>10.12 m). Elle pourrait ainsi faciliter la ventilation naturelle des espaces centraux* » (Badoux et al, 1996).

Et selon l'instruction technique n° 263 du 19 novembre 2001 relative à la construction et au désenfumage des volumes libres intérieurs dans les établissements recevant du public, « *les petits atriums sont implantés dans des bâtiments dont la hauteur du plancher bas le plus élevé ne dépasse pas 8 mètres par rapport au niveau bas de l'atrium (R+2 ou R +1 avec sous-sol). Leur section de base est d'au moins 5x5 mètres* » (<https://www.sitesecurite.com/contenu/erpit/it26304.php>). Et selon la même instruction, l'atrium est un espace dont la petite dimension doit être au moins égale à $\sqrt{7H}$ (H : la hauteur du plancher bas du niveau le plus haut par rapport au niveau bas de l'atrium) sans être inférieure à 7 mètres.

I.4.4. Selon le climat :

Selon Amos Rapoport, le climat a un rôle déterminant dans la création de la forme architecturale, il a dit : « *le climat est néanmoins un aspect important des forces génératrices de formes et il a des effets importants sur les formes que l'homme peut se désirer se créer* » (Rapoport, 1972).

Généralement, le choix de plusieurs paramètres liés à l'atrium est en relation directe avec le type de climat. En citant la taille, les proportions (rapport longueur/largeur), le type de vitrage, les protections solaires des surfaces vitrées, etc. Ces facteurs sont sélectionnés soigneusement avec les conditions climatiques de chaque région. Par exemple, dans les climats froids, les atriums sont assez larges avec une grande verrière en vue de capter les rayons du soleil et de bénéficier d'une lumière naturelle. Cela signifie que le ratio entre la hauteur de la façade intérieure sud et la largeur (H/L) est petit. En fait, dans ces régions, l'atrium joue parfois le rôle d'un système passif de récupération de chaleur. Il sert au préchauffage de l'air externe en vue de chauffer les espaces adjacents et une source gratuite de l'éclairage, et même, il représente un moyen passif de ventilation lorsque l'atrium possède des orifices de renouvellement d'air. Néanmoins, dans les zones chaudes, l'atrium se caractérise par un grand ratio (H/L). Cela permet d'avoir une forme profonde et donc une protection autonome.

I.4.5. Selon les espaces intermédiaires :

L'organisation intérieure de l'atrium est liée à la présence ou non des coursives (figure I.9). L'atrium lisse, sans coursive, est un modèle dépourvu d'un passage qui relie les différents étages au niveau de ce vide, donc, les espaces adjacents donnent directement vers le creux de l'atrium. on peut appeler atrium en alvéolaire si l'espace possède une galerie pour desservir les étages. Ainsi, il arrive que le bâtiment possède des balcons seulement pour un seul côté, dans ce cas, l'atrium est considéré comme partiellement alvéolaire.

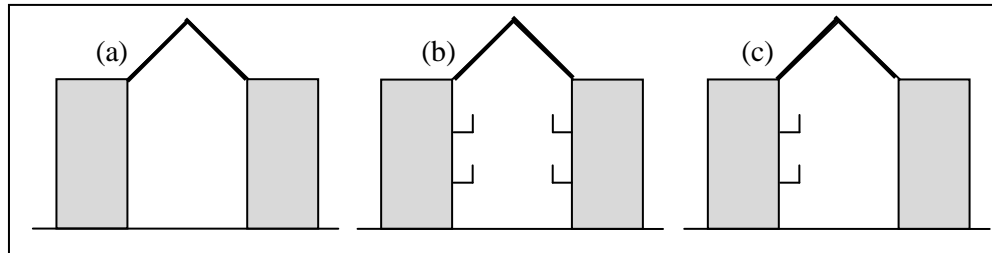


Figure I.9 : (a) : atrium lisse. (b) : atrium en alvéole.
(c) : atrium partiellement alvéolaire (auteur, 2014)

I.4.6. Selon le type de verrière :

Dans cette partie, nous cherchons à préciser d'autres paramètres liés à l'atrium et qui pratiquement participent dans le domaine de l'ambiance. Le type de verrière donne un autre classement des atriums. Par exemple, nous parlons des atriums avec verrières horizontales (plates), pyramidales, cintrées, coupoles ainsi que diverses formes pour tout bâtiments neufs ou à rénover (figure I.10).

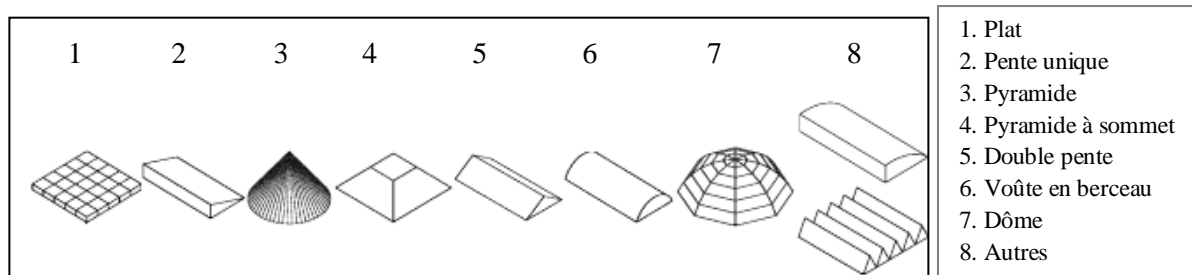


Figure I.10 : les formes des verrières dans les bâtiments à atrium (Kuan, 2006)

Ainsi, on peut distinguer d'autres typologies par rapport à la présence de la verrière et l'ouverture des espaces contigus à l'espace central. Si l'atrium est dépourvu de couverture, on le nomme : atrium à l'air libre (atrium ouvert) sinon il est couvert ou partiellement couvert par une verrière (selon les configurations citées ci-dessus). Les murs de l'atrium avec la verrière rendent l'atrium fermé, sans contact direct avec l'ambiance extérieure, mais à part, s'il est doté de fenêtres ou d'orifices de ventilation.

I.5. L'emploi des atriums :

L'atrium est un lieu de vie, c'est l'espace de communication où se développent les rapports sociaux. Les usagers préfèrent être dans les espaces plus ou moins larges et ouverts, ce qui est en accord avec les paroles de Jean Cousin : « *notre regard est toujours attiré vers les grands espaces libres* » (Cousin, 1980). L'expérience faite par Yoshino (1995) sur 200 atriums au Japon indique que la plupart des fonctions de ces espaces sont: des halls d'entrée (40 %), des places (25 %), des vérandas (18 %), des passages (10 %) et un pourcentage modeste concerne les galeries (figure I.11).

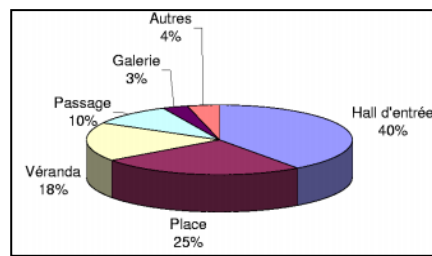


Figure I.11 : Usages des grands espaces-serres (Humbert, 2002)

Selon la recherche de Lomas et Eppel au Royaume-Uni sur 2000 bâtiments avec espaces-serres, la propriété de ce type de bâtiments est de la promotion immobilière (50 %). Le reste se divise entre le secteur public 25 % et propriétaire 25 % (Lomas et Eppel, 1994). En général, les atriums sont intégrés dans les nouveaux bâtiments, mais on a aussi noté leur adoption dans les opérations de réhabilitation des anciennes constructions (quelques palais de la casbah d'Alger, exemple : Dar Khedaoudj el Amia devint musée national des arts et traditions populaires d'Alger), (figure I.13).

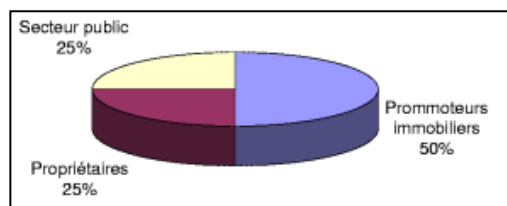


Figure I.12 : Catégorie des constructeurs d'espaces-serres d'après Lomas et Eppel (1994) (Humbert, 2002)



Figure I.13 : à gauche : Rectorat d'Annaba (auteur, 2014), à droite : musée national des arts et traditions populaires d'Alger (auteur, 2013)

L'emploi de ce genre de bâtiment était désigné par plusieurs affectations. Selon l'étude de Lomas et Eppel (1994), plus de la moitié des bâtiments représente des bureaux commerciaux (60 %), le reste se repart entre les fonctions suivantes : industrie 18 %, commerce 12 %, éducation 4 %, mixte 3 %, autres 3 %. L'étude de Yoshino au Japon (1995) sur 200 bâtiments avec espaces-serres, néanmoins, est plus précise que celle de Lomas et Eppel. Mais pratiquement, les deux expériences présentent la suprématie des immeubles de bureaux ainsi que les bâtiments recevant du public.

D'après les conclusions de l'étude de Yoshino (Yoshino cité par HUMBERT, 2002), les pourcentages les plus élevés sont enregistrés pour les immeubles de bureaux, les immeubles commerciaux, les hôtels, et les services publics, avec les valeurs respectives de : 20 %, 16 %, 13 %, 12 %. Alors que les valeurs les plus basses sont signalées au niveau des commerces, universités, écoles, immeubles culturels et immeubles gouvernementaux, selon les taux respectifs de : 9 %, 5 %, 5 %, 5 %, 4 % (voir figure I.14).

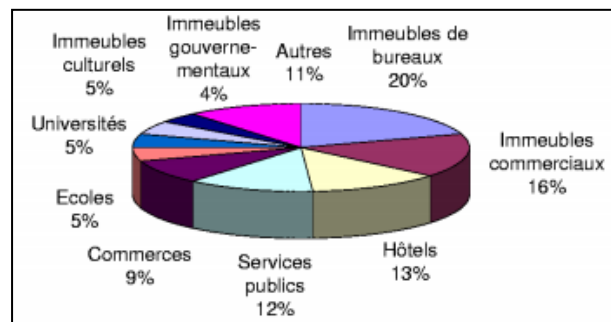


Figure I.14 : type d'activité des immeubles contenant un grand espace-serre au Japon d'après Yoshino (Humbert M, 2002)

I.6. Fonction des atriums au sein du bâtiment :

Ces dernières années, les bâtiments à atrium occupent une place privilégiée dans la conception des édifices, car ils conviennent de multiples applications, sur le plan relationnel, mais également sur le plan climatique (lumière, thermique et acoustique...). Aussi, ils servent comme un espace de circulation, un espace vert, un hall d'hôtel, un centre commercial ou un lieu d'expositions.

Sur le plan environnemental, ce dispositif contribue à minimiser les consommations énergétiques. Il peut généralement apporter le confort thermique, la lumière naturelle... Une bonne compréhension des paramètres intrinsèques et extrinsèques, consiste en une bonne maîtrise des ambiances de cet espace et les pièces adjacentes.

D'après Roger Camous et David Watson : « *les bâtiments adaptés à leur climat sont, en général relativement ouverts et en relation directe avec leur environnement immédiat, que ce soit par des fenêtres, des serres ou des patios, la question est : comment combiner de telles techniques pour réduire la consommation énergétique, mais également pour améliorer le confort et la qualité de l'espace* » (Camous et Watson, 1979). En d'autres termes, il y a plusieurs facteurs qui incitent les concepteurs à doter leurs projets d'un élément architectural de type "atrium". En fait, ils sont de plusieurs ordres : organisationnels, sociaux, spirituels et psychologiques, esthétiques, thermiques, etc.

I.6.1. Fonctions générales de l'atrium :

I.6.1.1. Le rôle organisationnel :

La connexion de l'atrium avec les espaces entourés permettait à ceux-ci, de profiter de manière égale, de l'espace extérieur. Cette forme d'organisation spatiale était parfaite pour la mise en rapport des espaces entre eux, ne laissant ainsi aucun espace isolé. Cette communication se fait également entre les différents niveaux, puisque les espaces situés à l'étage s'ouvraient également sur l'atrium.

I.6.1.2. Le rôle de convivialité et d'échanges sociaux :

Depuis longtemps, l'atrium occupe une place privilégiée dans la conception architecturale, on le retrouve dans les temples, les habitations, les musées, centres commerciaux, galeries, bureaux. Généralement, cet espace exceptionnel et attractif abrite, dans beaucoup de bâtiments, le hall d'accueil et de réception. En fait, c'est un lieu atypique de vie et d'échanges, particulièrement favorable pour les rencontres et les communications, espace à la fois intérieur et extérieur. Il est également un lieu de convivialité et de transactions sociales où amis, familles et associations, trouvent une atmosphère agréable où se réunir.

I.6.1.3. Le rôle spirituel et psychologique :

Cet espace fermé, ouvert vers l'extérieur, où un morceau de ciel est apparent à travers une verrière, représente un reniflard pour les utilisateurs de l'endroit. Selon Cousin Jean : « *l'espace intérieur est encore positif et statique au deuxième degré. C'est le cas du patio, de la cour intérieure à l'espace bien défini. Une seule direction reste libre vers le ciel. Notre vision étant horizontale la plupart du temps, cet espace pourrait être parfaitement satisfaisant psychologiquement* ». (Cousin, 1980). Ainsi, cet endroit octroie aux usagers un cocktail de couleurs et d'ambiance via les implantations des plantes et l'eau.

I.6.1.4. Le rôle esthétique :

L'aménagement de l'atrium par la végétation et l'eau peut améliorer la qualité ambiante de l'atrium. En ce qui concerne l'eau, il participe à l'humidification de l'air et le refroidissement par évaporation. Au-delà de son rôle psychologique : joyeux, tranquilisant, il crée des ambiances lumineuses variables, des effets de réflexions, grâce aux déplacements des taches lumineuses sur les murs entourés par l'atrium, et par conséquent, il offre un effet visuel dynamique. Aussi, la végétation joue un rôle important et différent dans l'atrium, par leur régulation microclimatique (phénomène d'évapotranspiration), leur ornementation et leurs aspects perceptibles, donc une contribution au bien-être de l'individu.

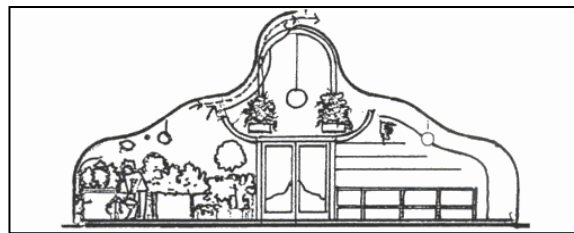


Figure I.15 : Coupe sur l'espace-serre de Clifton Nurseries (Hamdan Ahmad et al, 2000)

I.6.1.5. Le rôle de l'atrium dans le contrôle des paramètres environnementaux :

Le comportement de l'atrium dans le domaine d'ambiance est très complexe vu le nombre très important des paramètres extrinsèques et intrinsèques constituant ce dispositif.

Thermiquement, « *l'atrium joue le rôle d'espace-tampon entre l'intérieur et l'extérieur, créant un microclimat de qualité pour les hommes et les plantes* » (Reiter et De Herde, 2004). Dans cet espace intermédiaire, semi-extérieur, plusieurs phénomènes physiques peuvent se produire, tels que la convection, le rayonnement, conduction...qui participent aux échanges thermiques entre les espaces suivants : l'environnement extérieur, le creux de l'atrium, et les espaces contigus.

Certains atriums peuvent contribuer à la réduction de la consommation globale énergétique du bâtiment en agissant comme des capteurs solaires permettant ainsi des gains d'énergie passifs transmis ensuite aux espaces adjacents. En fait, la température d'air est en relation avec deux grandeurs importantes : "la température centrale de l'atrium" et "le gradient vertical de la température intérieure". La première donne le niveau thermique moyen de l'air de l'atrium, elle est proportionnelle à la température extérieure et aux apports solaires entrant dans le volume, à certaines heures en valeur moyenne journalière.

La seconde grandeur quant à elle, elle traduit la distribution des températures d'air à l'intérieur du volume. Cependant, elle est liée à la hauteur, largeur, l'organisation intérieure de l'atrium, le pourcentage de vitrage zénithal, la masse thermique des parois et aux apports d'énergie. En général, il fait plus chaud en haut qu'en bas du fait de la plus grande influence de la surface vitrée en partie supérieure. Et selon Wall. M, on peut mettre l'accent sur le paramètre (hauteur) : « *dans un espace vitré, il peut y avoir une stratification de température considérable, en particulier, si l'espace est élevé* » (Wall, 1996).

L'atrium est une source de lumière naturelle pour les espaces adjacents. Il joue un triple rôle : admission, diffusion et distribution de la lumière vers les espaces contigus. Il est également préférable d'intégrer des éléments régulateurs des niveaux d'éclairage naturel (par exemple : treillis et brise-soleil). Ceux-ci participent à mieux diriger le flux lumineux vers les zones d'activité et aussi de minimiser les risques de surchauffe et d'éblouissement, risques qui sont très fréquemment associés à ce type de dispositif. D'après Schittich.C (2001), « *l'alimentation en lumière naturelle des pièces mitoyennes est avant tout déterminée par les paramètres suivants : la forme de l'atrium, rapport géométrie entre la hauteur et la largeur, couleurs des surfaces, proportion de fenêtres dans les murs de séparation, qualité du vitrage de l'atrium et des murs de séparation* » (Schittich, 2001). Demers Claude MH et Potvin André, précisent à leur tour, « *pour qu'un atrium procure une source de lumière suffisante pour des espaces adjacents tels bureaux et salles de cours, il est important de leur offrir une grande vue sur le ciel. De manière générale, un rapport largeur/hauteur de 1:3 offre des conditions minimales d'éclairage pour les espaces adjacents* » (Demers et Potvin, 2004).

En résumé, il est important de souligner que la quantité de la lumière naturelle que les atriums procurent aux espaces adjacents dépend de l'orientation, ses dimensions, de l'inclinaison et de réflectivité des parois que de la transmission lumineuse de la couverture transparente et de la taille des fenêtres donnant sur l'atrium. En signalant que les dimensions de l'atrium jouent un rôle prépondérant dans la pénétration de la lumière naturelle. L'importance du rôle de la lumière naturelle pour le bien-être physiologique et psychologique n'est pas à débattre à ce niveau mais il peut être intéressant de rappeler une des études ayant traité de la relation entre l'éclairage et la productivité des usagers. Il s'agit de l'investigation du groupe « Heschong Mahone » sur l'éclairage dans les écoles.

« Les chercheurs ont analysé les résultats des tests pour les 21.000 étudiants en 2000 salles de classe à Seattle, Orange, en Californie, et Fort Collins. Dans le comité d'Orange, les étudiants ayant le plus la lumière du jour dans leurs salles de classe ont progressé de 20 % plus rapides sur les tests de mathématiques et 26 % plus rapides sur les tests de lecture en un an que ceux qui ont le moins, la lumière du jour » (Gritch et Eason, 2016).

La ventilation peut se produire d'une manière naturelle grâce à la superposition des couches naturelles de températures différentes dans l'atmosphère de l'atrium. Ces mouvements d'air dépendront de la saison, géométrie, système de fenestration appliqué. En été, un mouvement de l'air est nécessaire pour le confort des usagers. La stratégie passive « le tirage thermique » comprend le déplacement de l'air depuis l'extérieur vers l'atrium. « *Lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les structures comprises dans l'atrium. Une ventilation efficace pourra s'établir à condition de disposer d'ouvrants au niveau du sol et de la toiture (afin de tirer profit de l'effet de cheminée). Des ouvertures protégées (grilles, etc.) seront aménagées dans la partie inférieure de l'atrium (impostes des portes d'entrée, par exemple). La partie ouvrante du toit représentera de 6 à 10 % de la surface du toit. Pour des atriums de grande taille, on adoptera des systèmes automatiques d'ouverture et de fermeture des ouvrants* » (<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=16218#c13856>).

Une ventilation efficace est nécessaire pour éviter les températures de surchauffe à l'intérieur. Schittich a énuméré les types de ventilation dans les atriums, il a dit : « *Les atriums sont souvent des éléments importants du système de ventilation intérieur d'un bâtiment, ils sont impliqués, entre autres, dans les types de ventilation suivants : ventilation mécanique avec liaison entre l'atrium et le bâtiment de base ; ventilation par les fenêtres seules ; aucun échange d'air avec l'atrium ; atrium en tant que collecteur d'air vicié ; atrium dispensant de l'air frais avec éventuellement récupération de chaleur préliminaire à partir de l'air vicié ; atrium dispensant de l'air frais et collectant l'air vicié ; préchauffage solaire de l'air frais* » (Schittich, 2001).

Les modèles d'écoulement de l'air dans l'atrium présentent un comportement similaire en été et en hiver, selon Svidt et al : « *en été l'air est bien mélangé en raison des grands jets d'entrée. En hiver, l'air est bien mélangé en raison de flux dynamique sur les surfaces froides vitrées et les murs chauds des bâtiments adjacents* » (Svidt et al, 1996).

La dimension sonore doit passer par un traitement de l'acoustique pointu. En effet, une étude technique doit être mise en œuvre afin de réduire la résonance des bruits intérieurs, car selon l'importance du volume de l'atrium et la présence de parois dures, des temps de réverbération acoustique élevés peuvent être aisément engendrés. Ceci peut conduire à des réflexions gênantes dans l'atrium, et vers les locaux adjacents provoquant ainsi un grand inconfort pour les usagers (permanents ou temporaires). Pour réduire le temps de réverbération, on intègre des éléments absorbants en façade et parfois même en suspension à l'intérieur (avec une esthétique très design). Le niveau sonore recommandé est fonction de l'occupation, mais se situe entre 40 et 50 dB(A) (à comparer aux 35 à 40 dB(A) demandés dans les bureaux), (<http://www.energieplus-lesite.be/index.php?id=10382#08>).

Bing Chen et Jian Kang ont fait une recherche sur l'un des plus grands centres commerciaux au Royaume-Uni, comprend des mesures d'indices acoustiques objectives, y compris le niveau de pression acoustique et le temps de réverbération, les enquêtes par questionnaire sur les clients. « *Les résultats montrent que le niveau de bruit est assez élevé, et varie considérablement en fonction des heures et des jours. Le temps de réverbération est généralement assez long, mais le temps de décroissance précoce est relativement court. Les évaluations subjectives peuvent être influencées par plusieurs facteurs autres que les indices acoustiques objectifs. Cela inclut la durée du séjour, les activités, l'état acoustique au domicile des utilisateurs, et plus important encore, le type de sons* » (<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2004.9697033>).

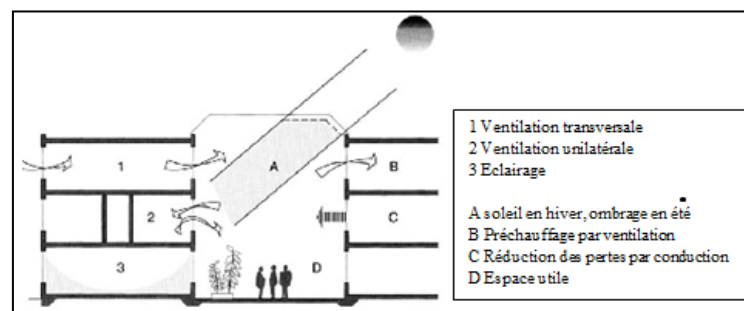


Figure I.16 : Les avantages environnementaux d'un atrium (Baker et Steemers, 2005)

I.7. Anomalies rencontrées dans les bâtiments à atrium :

Les conditions générales ambiantes (température, bruit, luminosité, pollution de l'air) sont des critères à maîtriser dans un environnement construit. Dans les atriums, des problèmes peuvent se produire lorsque sa configuration est mal conçue. Globalement, les problèmes rencontrés dans les atriums sont regroupés en deux rubriques : des éléments liés au confort

et d'autres à la consommation énergétique. Dans une investigation relative à la qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments à Lausanne (Suisse), Roulet C.A. affirme « *Un bâtiment inadapté à son climat (par exemple un hôtel d'une grande chaîne internationale avec un atrium sans protections solaires) a tendance à surchauffer en saison chaude et à être glacial en saison froide. Un rattrapage coûteux est nécessaire pour assurer le bien-être dans ce bâtiment, en consommant alors de grandes quantités d'énergie pour assurer un confort parfois juste acceptable* » (Roulet, 2004).

D'après K.D.Song et al, les origines d'inconfort en termes de chaleur, humidité, son et lumière sont signalées dans le tableau suivant (I.1). La majorité des anomalies est remarquée au niveau des températures et sa répartition.

Tableaux I.1 : Problèmes fonctionnelles des atriums (Song et al, sans date)

Elément de l'environnement	Problème
Chaleur et humidité	<ul style="list-style-type: none"> - Températures horizontales et verticales différentes dans les espaces - Température faible dans le niveau inférieur grâce à l'effet de stratification en hiver - Un courant d'air froid dans le niveau inférieur dû à l'isolation faible des murs vitrés - Différence de température entre l'atrium et les espaces adjacents provoque une difficulté dans le contrôle de HVAC - Humidité générée par les usagers, la végétation et l'eau - Pont thermique froid à partir des cadres métalliques provoque une condensation - Condensation sur les surfaces vitrées verticales produit un obstacle visuel - Condensation sur les surfaces vitrées internes de toit provoquant des gouttes sur le plancher - Des infiltrations à travers des entrées - L'écoulement de l'air entre l'atrium et les espaces adjacents occupés - La température élevée dans les zones supérieures en été - Serre provoque des charges de refroidissement en été
Lumière	<ul style="list-style-type: none"> - Le gêne de l'éblouissement grâce à la lumière directe du soleil - Inconfort de l'éblouissement excessif à cause du contraste entre la surface ensoleillée et ombragée - Inconfort dû à la lumière solaire réfléchi à partir des murs intérieurs vitrés
Son	<ul style="list-style-type: none"> -Le temps de réverbération long grâce aux reflectances élevées des surfaces - Le temps de réverbération long grâce au volume large - Bruit des gens et de l'eau - Propagation de bruit depuis l'atrium aux espaces adjacents occupés

Conclusion :

Ce chapitre consiste en une investigation aidant à la compréhension progressive de la genèse et l'évolution de l'atrium à travers le temps, l'histoire de l'architecture, le développement technologique, les caractéristiques environnementales et les exigences du confort humain.

Il en ressort que ce concept, lié surtout à l'architecture romaine, est toujours d'actualité avec des configurations différentes, des exigences plurielles dans le rôle et surtout son injection plus dans les bâtiments publics qu'à usage domestique.

La classification typologique selon différents critères (le positionnement du vide dans le bâtiment, le climat, les proportions, la forme en plan, etc.) appuie la richesse de ce dispositif qui ne se limite pas aux configurations existantes à travers le monde et les âges, mais c'est aussi au niveau des différents usages. Fonctionnellement, un atrium est un lieu de vie, de transactions sociales et de convivialité qui distribue l'espace intérieur et crée d'ambiances. Il a un rôle extrêmement important dans la régularisation thermique et lumineuse et permet ainsi une large place aux possibilités d'économie d'énergie.

En outre, il reste un thème toujours renouvelé par sa forme et fonction. Et même par les études faites à travers le monde, dans des climats différents. Il importe, par conséquent, de l'étudier encore, car le climat et la société sont des facteurs clés dans son utilité et sa performance environnementale. Cependant, plusieurs anomalies peuvent se produire à cause de la mauvaise conception de l'atrium.

Introduction :

Aujourd'hui, les notions de confort et d'ambiance se développent davantage dans le domaine de l'architecture durable. Ils sont très fréquents dans les recherches scientifiques, et cela est dû aux problèmes énergétiques et aux dysfonctionnements environnementaux.

Le confort thermique a toujours interpellé différents chercheurs (Givoni, Fanger, Olgyai, Mazria, Szokolay, etc). Il est lié aux paramètres environnementaux tels que : la température de l'air, humidité relative, vitesse de l'air, rayonnement solaire). Quant à la notion d'ambiance thermique, elle incorpore des évaluations objectives et subjectives du confort.

Pour le confort lumineux, les paramètres interpellés consistent surtout sur l'éclairage, la luminance, l'uniformité de l'éclairage et l'éblouissement. Quant à l'ambiance lumineuse, elle nécessite des études concentrées intensément sur la dimension sensorielle et émotionnelles des usagers. En ce sens, elle dépasse la simple lecture du contexte physique en s'appuyant sur ce qu'on appelle « la dimension cachée de l'espace architecturé ».

En général, les ambiances « thermique et lumineuse » sont des fractions de l'ambiance architecturale générale qui dans son intégralité évoque les notions de : climat, environnement, atmosphère, etc. D'après Grégoire Chelkoff : « *paradoxe, l'ambiance l'est à plus d'un titre : ni objet, ni matière, ni espace, ni état mental, ni usage, elle défie le sens commun en unissant le tout en une idée peu saisissable. Si l'on ne peut en donner une définition arrêtée, il serait possible d'en dégager un rôle, une attitude, une posture, une problématique, une manière de saisir et de transformer le monde qui sied peut être à l'époque contemporaine et bouscule les idées reçues* » (Chelkoff, 2012).

Les recherches sur les phénomènes d'ambiance traitent le vécu et le perçu de l'espace et le temps des usagers, donc, il s'agit d'articuler le sensible au social en prenant en considération la dimension spatio-temporelle. Le retour à l'histoire nous montre que la dimension physique de l'ambiance a été traitée par les premiers chercheurs, alors que celle sensorielle remonte aux travaux de recherches et d'expérimentations depuis 1990.

Dans cette rubrique, nous rejoignons les paroles de Jean Francois Augoyard : « *Avant les années 1990, la « maîtrise des ambiances » était une discipline reconnue, bien étayée sur la physique et enseignée dans les secteurs de formation à la construction et à l'architecture* » (Augoyard, 2008).

Les travaux les plus connus sont ceux du laboratoire de recherche francophones (CRESSON, CERMA...) qui ont développé beaucoup de méthodes sur l'analyse des ambiances architecturales et urbaines. On peut citer, à titre d'exemple, les chercheurs : Augoyard Jean-François, Thibaud J- P, Siret Daniel, Chelkoff G.

II.1. Confort et ambiance thermique :

II.1.1. Définition du Confort thermique :

Selon Nicolas Tixier, le confort thermique est une notion en perpétuelle redéfinition. Donc, la notion de confort est principalement défini par sa négative : l'inconfort (seuils), la notion de confort est évolutive dans le temps (Cf. du luxe au confort) et elle varie selon les géographies et les sociétés (Tixier, cours n° 5). Une autre définition proposée par De Herde André et Liebard Alain, le confort thermique « *a été défini comme étant la condition dans laquelle aucune contrainte significative n'est imposée aux mécanismes thermorégulateurs du corps humain. Permet l'obtention de conditions optimales pour tous les systèmes fonctionnels de l'organisme ainsi qu'un haut niveau de capacité de travail* » (De Herde et Liebard, 2005).

La notion de confort thermique est complexe, elle associe plusieurs dimensions, notamment : la thermo-physique, la physiologie et la psychologie. La Thermo-physique s'appuie largement sur l'ensemble des réactions thermiques de l'homme avec son environnement telle que : la conductivité, convection, etc. Le caractère physiologie du confort prend en compte deux principes. Premièrement, l'homme est un homéotherme, sa température centrale reste toujours stable quelles que soient les fluctuations de l'environnement extérieur. Deuxièmement, son système de thermorégulation permet de garder cette température autour de 37 °C, avec des mécanismes physiologiques notamment frissons, transpiration, vasodilatation. On rejoint ici la définition donnée par Givoni : « *les conditions pour lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont à un niveau d'activité minimum* » (Givoni, 1978). Finalement, la part psychologique concerne la sensation de confort éprouvée et la qualification des ambiances intérieures. Elle permet de traduire les relations entre les grandeurs physiques et physiologiques, et leurs conséquences au niveau sensoriel (Richieri, 2008).

Françoise Thellier ajoute : « *les critères psychologiques sont les suivants : la thermo-neutralité sensorielle (le sujet ne ressent ni le chaud, ni le froid), le confort déclaré (le sujet déclare l'agrément), l'indécision (le sujet ne sait pas dire s'il souhaite plus chaud ou*

plus froid), la température préférée (le sujet choisit lui-même la température qu'il préfère) » (Thellier, 1989).

II.1.2. Paramètres du confort thermique :

En général, le confort thermique correspond à un état d'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement. D'une part, il dépend de l'individu, c'est-à-dire de son activité métabolique et sa vêtue. L'activité métabolique permet de maintenir une température stable environ (37 °C). L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.

Selon Givoni (1978), *"à des températures de l'air inférieures à 35 °C, l'effet est toujours de réduire la perte de chaleur « sèche » du corps et ainsi de produire un effet d'échauffement. A des températures de l'air supérieures à 35°C, les effets des vêtements sont plus complexes. D'un côté, ils réduisent le gain de chaleur « sèche » en provenance de l'ambiance, mais d'un autre côté, ils augmentent l'humidité et réduisent la vitesse de l'air en contact avec la peau, ce qui se traduit par une diminution du refroidissement résultant de l'évaporation de la sueur "*. (Givoni, 1978). En outre, d'autres paramètres peuvent influencer sur les sensations thermiques telles que : l'âge, le sexe, la santé, le poids, etc.

D'autre part, le confort thermique est associé à l'ambiance entourée par l'utilisateur, représenté par : la température de l'air (T_{air}), la température des parois (T_{rm}), les mouvements d'air, et de l'humidité relative.

II.1.3. Approche du confort thermique :

II.1.3.1. Approche statique (analytique) :

Elle est basée sur le calcul des indices qui prévoient le niveau de confort thermique dans des conditions climatiques bien précises. En utilisant l'effet combiné des paramètres de l'ambiance thermique : température d'air, température de rayonnement, humidité d'air et vitesse d'air, et les données des individus (chaleur métabolique, poids de l'individu, ...).

Selon Givoni.B (1978) : *« il est nécessaire d'évaluer les effets combinés des facteurs d'ambiance sur les réponses physiologiques et sensorielles du corps et d'exprimer toute combinaison de ceux-ci sous la forme d'un seul paramètre. Ainsi, tous les facteurs sont combinés à l'intérieur d'une seule formule, connue sous le nom d'indice thermique »*. (Givoni, 1978).

Plusieurs méthodes ont été proposées sous forme de modèle (Fanger, Givoni, Gagge), d'indices (PMV et PPD) et normes (ISO 7730, l'ASHRAE standard 55⁶). Les normes ISO des environnements thermiques sont fournies par Parsons (2014), (voir figure II.1).

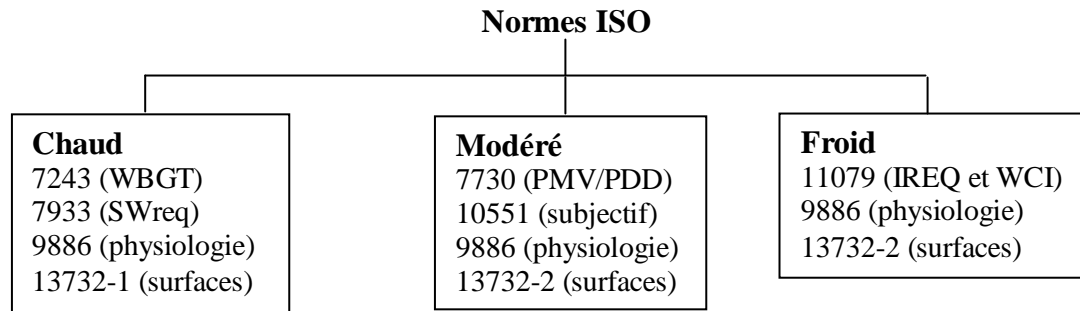


Figure II.1 : normes ISO pour évaluer les environnements thermiques
(Ken Parsons, 2003)

II.1.3.2. Approche adaptative :

Cette approche consiste à considérer que l'utilisateur peut intervenir pour améliorer son confort par des ajustements comportementaux, physiologiques et psychologiques. Par exemple le changement de l'habillement, contrôler le chauffage ou le climatiseur. Elle est appliquée dans des bâtiments non climatisés avec la méthode d'observations in situ (le taux métabolique entre 1 et 1,3 met, une isolation thermique entre 0,5 et 1 clo). Aussi, cette approche développe des modèles de l'algorithme du contrôle adaptatif (ACA), des indices (Tconf,...) et des normes (ASHRAE RP-884,...). Parmi les pionniers dans ce domaine nous citons : Michael Humphreys et Fergus Nicol, ils ont travaillé des études dans le climat désertique. Selon ces deux auteurs, l'adaptation est définie comme suit : *si un changement provoque un inconfort, les gens réagissent de manière à rétablir leur confort. Ces réactions, quelle que soit leur nature, nous les appelons adaptations, nous utilisons le terme adaptation dans un sens global, pour inclure toutes les stratégies physiologiques, psychologiques, sociales, technologiques, culturelles ou comportementales que les gens pourraient utiliser pour rétablir leur confort* » (Humphreys et Fergus, 1998). D'après De Dear Richard et al, l'adaptation au Climat intérieur se fait par trois composants : ajustement, accoutumance et acclimatation (De Dear et al, 1997), (figure II.2). La même figure illustre les actions des usagers dans un bâtiment naturellement ventilés. Elles sont regroupées en trois rubriques : comportementales, physiologiques et psychologiques.

⁶ ASHRAE: est l'abréviation de: American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers. Est une organisation internationale, fondée en 1894. Elle est spécialisée dans le chauffage, la ventilation, l'air climatisé et le refroidissement.

Standard 55 : concerne les conditions des environnements thermiques pour l'occupation humaine.

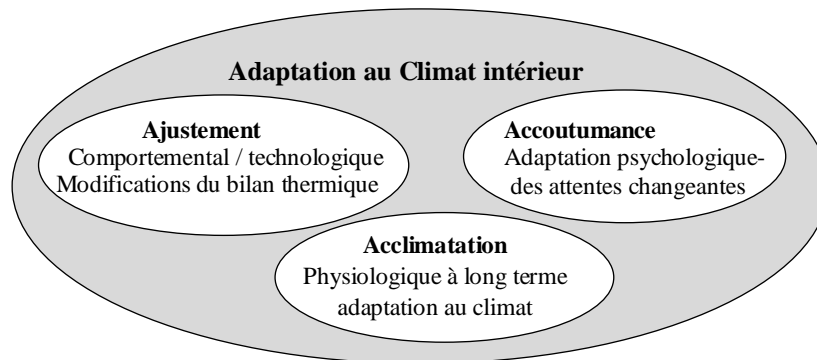


Figure II.2 : les trois composants d'adaptation au climat intérieur
(De Dear et al, 1997)

Les définitions de chaque action sont données par Brager GS et de Dear RJ (1998). Premièrement, l'ajustement comportemental inclut toutes les modifications d'une personne, qui peut être consciemment ou inconsciemment, pour changer les flux de chaleur et de masse régissant l'équilibre de chaleur du corps. L'ajustement peut être classé en personnel (ex : enlever un vêtement), technologique (par exemple, allumer un climatiseur) et en réponse culturelle (par exemple, faire une sieste dans la chaleur de la journée).

Thellier F (1989) a signalé l'importance des vêtements et la température extérieure, « *un traitement statistique a été effectué sur un grand nombre d'études expérimentales en situations réelles (sur des centaines de cas ; divers bâtiments et climats) où ont été enregistrés les données climatiques et les déclarations de confort. Les auteurs ont conclu que les vêtements jouent un rôle dans l'adaptabilité, mais également la température extérieure surtout dans le cas de bâtiments non climatisés* (Thellier, 1989).

Selon Brager G.S et De Dear R.J : « *les occupants des bâtiments naturellement ventilés étaient plus tolérants aux variations de température, tout en préférant des températures qui suivaient les tendances climatiques extérieures. En revanche, les occupants des bâtiments climatisés avaient des attentes beaucoup plus rigides en matière d'environnement thermique froid et uniforme. Ils étaient plus sensibles à des conditions qui s'écartaient de l'échelle thermique de sept points* » (Brager et de Dear, 1998).

Dans la figure II.3, De Dear Richard et al (1997) présentent les étapes de la boucle des réactions comportementales engendrées par l'environnement climatique et la situation de l'individu (niveau d'habillement et l'activité physique), ces deux conditions provoquent une charge thermique donnée et donc une régulation physiologique. Celle-ci crée une sensation chez l'utilisateur. Dans le cas de l'insatisfaction, le comportement de l'occupant peut participer à réguler son ambiance thermique.

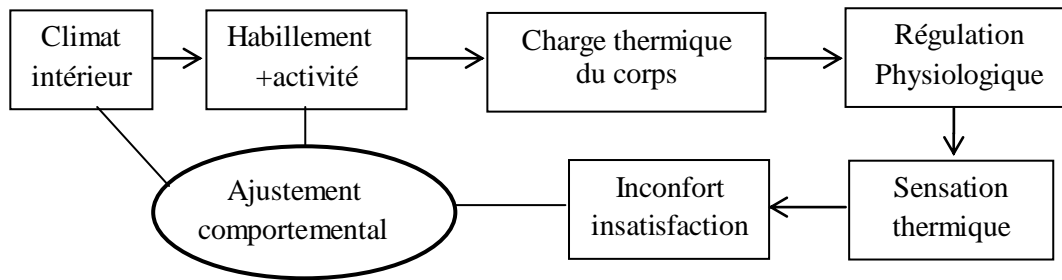


Figure II.3 : Boucle de réactions comportementales
(De Dear et al, 1997)

II.1.4. L'ambiance thermique

Le corps possède un système de régulation pour faire face aux contraintes thermique extérieures et intérieures et conserver sa température interne autour de 37 °C. D'après Givoni, la thermorégulation est : « *un système complexe de réponses automatiques et volontaires qui gouvernent le taux de perte de chaleur du corps, et dans certains cas, également la production de la chaleur. Bien que dépendant de facteurs physiques tels que des différences de tension de vapeur d'eau et de température entre la peau et l'environnement, l'échange de chaleur superficielle du corps peut être contrôlé par une régulation dynamique des divers systèmes physiologiques et des régimes vestimentaires* ». (Givoni, 1978).

Il y a deux modèles régulateurs de la température et qui sont : végétative et comportementale. La thermorégulation comportementale est l'une des formes les plus performantes de la thermorégulation humaine ; mettre ou enlever les vêtements, changer de posture, bouger, se mettre à l'abri, etc. Le corps humain a aussi un système physiologique de thermorégulation. Les deux systèmes interagissent et répondent continuellement pour changer l'environnement afin de s'assurer la survie et le confort humain (Parsons, 2003).

-La thermorégulation végétative :

L'homme étant homéotherme, il garde sa température centrale constante, quelles que soient les variations de températures ambiantes. D'après Françoise Thellier, « *il y a trois mécanismes régulateurs : la sudation qui augmente la production d'eau au niveau de la peau et donc, les pertes thermiques par évaporation. Les frissons augmentent la production de chaleur métabolique. Par contractions musculaires. La vasomotricité, qui modifie le débit sanguin et agit donc sur les échanges internes de chaleur* » (Thellier, 1989). Globalement, la thermorégulation se fait par la thermolyse (perte de chaleur) et la thermogenèse (production de chaleur).

-La thermorégulation comportementale :

Les réponses comportementales affectent grandement les systèmes thermiques humains. Un simple changement de posture, l'orientation vers une source de chaleur, mettre des vêtements ou les mouvements à l'intérieur de l'environnement peuvent tous avoir des effets importants. Sur le long terme, les expositions permettent d'apprendre un comportement optimal « acclimatation comportementale » (Parsons, 2003). « *On a vu qu'un grand composante de la thermorégulation humaine est comportementale : mettre des vêtements, changer de posture, changement d'activité, etc* » (Parsons, 2003).

L'organisation internationale de normalisation (ISO) a déterminé toute les typologies d'ambiance et son évaluation (l'ambiance chaude, modérée et froide).

II.1.4.1. L'ambiance thermique modérée :

L'évaluation des ambiances modérées s'appuie sur les indices (PMV et PPD⁷) mentionnés dans la norme NF ISO 7730. Elle est définie comme étant une ambiance ou la majorité des individus sont satisfaits. Autrement dit, PMV est égal à 0 et PPD sera 5 %. Lorsque l'on s'éloigne de cette valeur optimale (PMV= 0), le pourcentage de personnes insatisfaites augmente très rapidement (figure II.4)

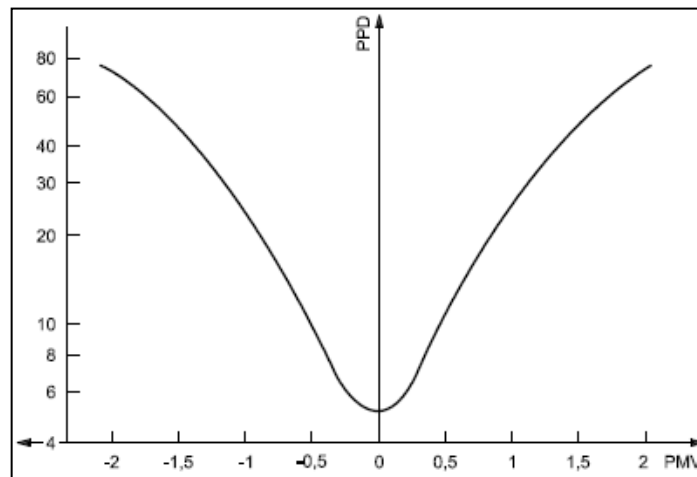


Figure II.4 : PPD en fonction de PMV (ISO 7730)

Selon Françoise Thellier, la zone de confort et d'inconfort est divisée en trois grandes sous zones (figure II.5) et qui sont :

- La zone I** de confort, où l'on peut espérer que la plupart des gens sera satisfaite de l'ambiance dans laquelle ils se trouvent.
- La zone II** d'inconfort généralisé chaud ou froid, où toutes les personnes seront inconfortables.

⁷ PMV : Vote Moyen Prédit. PPD : Pourcentage Prédit d'Insatisfaits %

-La zone III, où une partie des gens sera satisfaite et l'autre non. Plus on s'approche de la zone I, plus le nombre de satisfaits augmente. On parle alors de confort dégradé amoindri (Thellier, 1989).

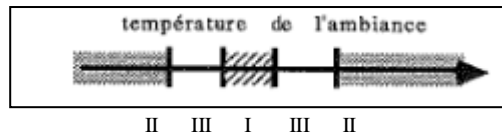


Figure II.5 : Schématisation des zones de confort et d'inconfort (Thellier, 1989)

Des échelles sont établies pour l'évaluation de l'ambiance thermique et la zone de confort. Les plus utilisées sont : l'échelle de Bedford, échelle de jugement subjectif de Fanger, la norme NF EN ISO 7730.

Tableau II.1 : Echelle de 7 points (ISO, ASHRAE)

Echelle d'ISO 7730	Echelle Bedford	Echelle de Fanger	Indice numérique
très froid	beaucoup trop chaud	chaud	+3
froid	trop chaud	tiède	+2
légèrement froid	confortablement tiède	légèrement tiède	+1
Neutre	confortable	neutre	0
Légèrement chaud	confortablement frais	légèrement frais	-1
Chaud	trop frais	frais	-2
Très chaud	beaucoup trop frais	froid	-3

zones de confort

II.1.4.2. L'ambiances thermique chaude :

Les réactions physiologiques dans un environnement chaud sont la vasodilatation cutanée et la sudation. Ces réponses servent à perdre de la chaleur supplémentaire pour garder la température centrale environ 37 °C. Cette thermolyse s'effectue par des mécanismes physiques : la radiation, la conduction, la convection et l'évaporation et plusieurs symptômes peuvent se produire (figure II.6).

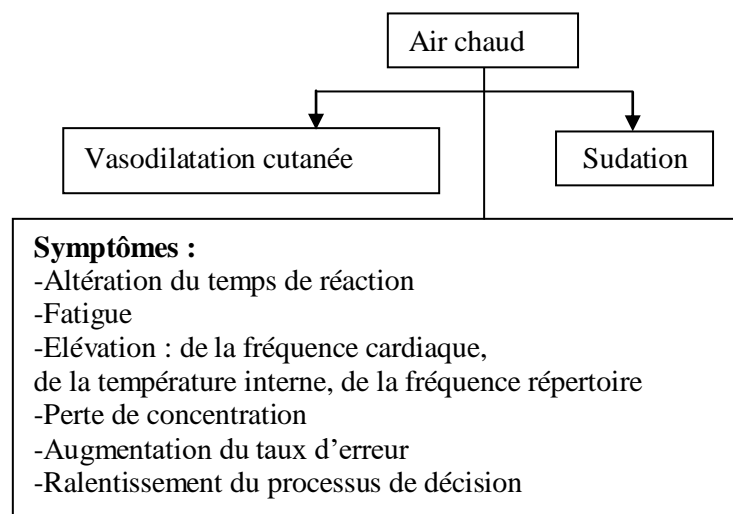


Figure II.6 : Réactions au chaud (Stellman, 2000)

L'étude de stress thermique est faite à la lumière des indices suivants (D. McK. Kerslake, 1972) :

- Indices basés sur l'analyse d'échange de chaleur :

- a. Indice de stress thermique de Belding et Hatch (HSI)
- b. indice de contrainte thermique (Givoni) (ITS)

- Indices basés sur des observations physiologiques :

- a. Le débit sudoral prévu sur 4 heures (McArdle) (P4SR)
- b. L'indice de température humide et de globe noir (Yaglou) (WBGT)

- Indices basés sur des préférences subjectives

- a. température effective (Yaglou) (ET)
- b. équivalence en séjour (Missenard) (ES)

II.1.4.3. L'ambiance thermique froide :

L'adaptation du corps humain dans un climat froid s'effectue à travers l'augmentation de la production de la chaleur et la diminution des déperditions thermiques. Les mécanismes de thermogénèse, gain de chaleur, sont : le métabolisme, les frissons, la vasoconstriction cutanée et la respiration (figure II.7).

Cette ambiance est évaluée par la norme ISO 11079. « La présente norme internationale expose des méthodes et des stratégies ayant pour but d'évaluer la contrainte thermique associée à l'exposition aux environnements froids. Ces méthodes s'appliquent aux expositions et aux types de travaux continus, intermittents et occasionnels, aussi bien en intérieur qu'à l'extérieur. Elles ne sont pas applicables aux effets spécifiques liés à certains phénomènes météorologiques (des précipitations, par exemple). Elles sont évaluées par d'autres méthodes » (<https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:11079:ed-1:v1:fr:fn:3>).

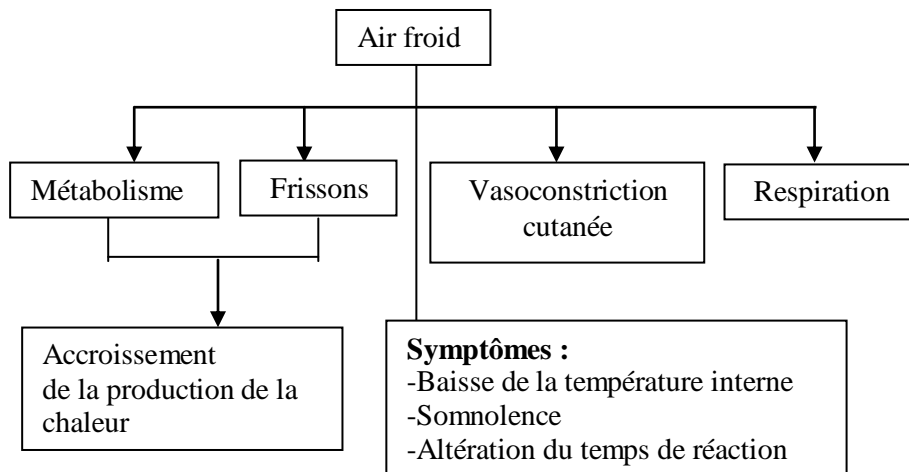


Figure II.7 : Réactions au froid (Stellman, 2000)

II.2. Confort et ambiance lumineuse :

II.2.1. Le confort lumineux

II.2.1.1. Notions préliminaires :

Selon le site Energie plus : l'environnement visuel nous procure une sensation de confort quand nous pouvons voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance colorée agréable (https://sites.uclouvain.be/eclairage-naturel/guide_confort.htm).

Selon Roger-Narboni, « *la lumière rempli les fonctions suivantes : utilitaire, car elle permet la vision et le déplacement dans l'espace. Aussi, elle est signalétique, pour le repérage ou le guidage vers les limites d'un lieu. Enfin, elle participe à embellir l'ambiance, donc elle joue un rôle esthétique ou décorative : elle valorise l'endroit dans son ensemble ou certaines de ses parties. Enfin, sensorielle, déterminant la perception de cet espace et l'impression qui en subsistera dans notre mémoire* » (Narboni, 2006).

De même, Alice Dubet a défini la lumière comme suit : « *De l'espace et du temps, la lumière est un révélateur. Elle souligne les formes et les couleurs, elle affirme la dimension symbolique des espaces, définit la promenade architecturale, cadre les vues, révèle la temporalité des choses. Elle peut aussi se lire au travers de l'enveloppe d'une façade comme composition graphique à part entière dans la limite exacte entre extérieur et intérieur* » (Dubet, 2013).

L'exigence de confort visuel consiste très généralement d'une part à voir certains objets et certaines lumières (naturelles et artificielles) sans être ébloui, et d'autre part à avoir une ambiance lumineuse satisfaisante quantitativement en termes d'éclairement et d'équilibre des luminances, et qualitativement en termes de couleurs. Ceci afin de faciliter le travail, les activités diverses, dans un souci de qualité, de productivité, ou d'agrément, en évitant la fatigue et les problèmes de santé liés aux troubles visuels (https://www.certivea.fr/uploads/documents/3b5504-GP_REF_NFHQEBT_NEUF_20150619.pdf).

Le confort visuel s'intéresse plus précisément aux conditions d'éclairage nécessaires pour accomplir une tâche déterminée sans entraîner de gêne pour l'œil : niveaux d'éclairement, d'éblouissement, composition de la lumière (spectre chromatique, couleur, indice de rendu des couleurs). Le confort visuel est « *une impression subjective de satisfaction du système visuel principalement procurée par l'absence de gêne induite par l'ensemble de l'environnement visuel* » (Narboni, 2006).

II.2.1.2. Paramètres du confort lumineux :

Le confort visuel dépend à la fois de paramètres physiques comme l'éclairage, la luminance, de caractéristiques liées à un environnement interne, externe, de caractéristiques propres à la tâche à réaliser comme la lecture, le travail de bureau, la manutention de marchandises, de facteurs physiologiques tels que l'âge, de facteurs psychologiques et sociologiques comme la culture, l'éducation, etc.

Toutefois, on peut les regrouper suivant les catégories suivantes : des paramètres de l'environnement, paramètres liés à la tâche et des paramètres relatifs à l'utilisateur.

Et selon Daniel Faure (2006), « *la définition d'un confort lumineux optimal dépend de facteurs tout aussi variés que le type d'activité pratiqué, la configuration des lieux, l'âge et les particularités de la personne, etc. La notion de confort est personnelle et multicritère. Cela étant, on peut cependant définir un certain nombre de points particuliers sur lesquels influencer au niveau du bâtiment : le niveau d'éclairage, la luminance, les contrastes et couleurs, l'éblouissement, le spectre lumineux, les vues vers l'extérieur, la mise en évidence des formes et reliefs des objets ou éléments d'architecture* » (<http://www.enviroboite.net/confort-visuel-generalites>).

-Facteurs de confort lumineux :

D'une manière générale, le confort lumineux est assuré par les paramètres suivants :

- Éclairage suffisant et homogène répondant à l'activité
- Respect des rapports des éclairages
- Travail en lumière de jour, lumière artificielle en complément
- Absence de sources d'éblouissement dans le champ visuel
- L'absence d'ombres gênantes
- Un rendu des couleurs correct
- Une répartition harmonieuse de la lumière dans l'espace

II.2.2. L'ambiance lumineuse :

Dans un espace donné, la lumière et l'obscurité interagissent avec l'individu de trois manières :

Physiologiquement : les yeux, le corps, perçoivent la lumière ; cette perception varie selon les individus comme au cours de leur vie (la vision se dégrade inexorablement, en vision de près et/ou de loin, à partir de quarante ans en moyenne).

-Psychologiquement : le cerveau analyse la lumière et l'espace et en donne une lecture mentale.

-Culturellement : en fonction de l'observateur, de son origine géographique, de son vécu, de ses connaissances, de son état d'esprit (Narboni, 2006).

L'ambiance lumineuse est définie par Peter Zumthor cité par Aurélie Constans : « *J'entre dans un bâtiment, je vois un espace, je perçois l'atmosphère et, en une fraction de seconde, j'ai la sensation de ce qui est là. L'atmosphère agit sur notre perception émotionnelle. C'est une perception d'une rapidité inouïe et qui nous sert, à nous autres êtres humains, apparemment pour survivre* » (Constans, 2012).

D'une manière générale, une ambiance lumineuse conjugue le paramètre de la quantité de lumière au facteur qualité (confort, agrément et besoin), voir la figure (II.8).

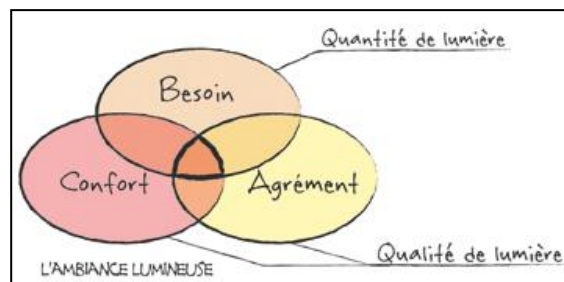


Figure II.8 : Représentation schématique de l'ambiance lumineuse
(Les Guides bio-tech, 2014)

II.3. Ensoleillement et éclairage naturel :

L'éclairage naturel correspond à toutes les formes de lumières provenant du soleil. Il représente une source de lumière dynamique, elle varie continuellement suivant la latitude, la journée et l'année. « *Si le soleil est la source mère de tout type de lumière, techniquement l'éclairage naturel global comprend à la fois l'éclairage produit par le soleil, la voûte céleste et les surfaces environnantes* » (Mudri, 2002).

Dans les études de l'éclairage naturel, on distingue une source lumineuse directe et une source lumineuse indirecte. La première englobe l'ensoleillement direct et la lumière qui provient directement du ciel (lumière du ciel).

D'abord, l'ensoleillement signifie l'exposition d'un lieu aux rayons du soleil, il renvoie à l'étude de la course du soleil, l'étude de la pénétration de la lumière naturelle dans un bâtiment (ou sur un espace public), l'étude du temps d'exposition dont bénéficie un local des rayons solaires, l'étude de protections solaires éventuelles, etc.

Quant à « *l'éclairage diffus désigne l'éclairage fourni par la voûte céleste sans les rayons solaires directs. Ainsi, la quantité d'éclairage naturel est directement dépendante de : conditions spatio-temporelles (latitude, jour, heure), conditions météo, dimension et*

position des prises de jour, nature des matériaux de vitrage, orientation des ouvertures, existence de masques extérieurs, facteurs de réflexion des parois intérieures » (<https://docplayer.fr/1942556-L-eclairage-naturel-premiere-partie-principes-de-base.html>).

La deuxième source de lumière comprend toutes les composantes réfléchies par des surfaces illuminées par des sources primaires ou des sources secondaires.

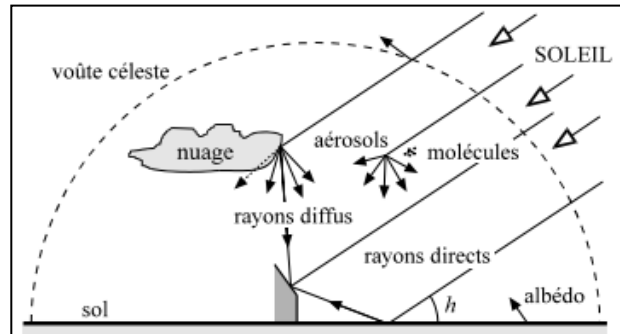


Figure II.9 : les différents rayonnements reçus par un élément de la surface terrestre (Miguet, 2000)

II.3.1. Dispositifs de l'éclairage naturel :

II.3.1.1. Orientation :

L'orientation d'une façade conditionne sa capacité à régir aux conditions climatiques, non seulement au cours de la journée, en fonction de l'heure, mais aussi au cours de l'année, en fonction des saisons. Les ouvertures en façade ne « voient » au mieux qu'une moitié de la voûte céleste. Compte tenu de la dissymétrie importante de la distribution des luminances du ciel, leur « performance » dépend donc fortement de leur orientation (<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/>). En cumul annuel, la partie Nord de la voûte céleste est la moins lumineuse. En conséquence, les locaux dont les ouvertures donnent sur cette orientation seront nettement défavorisés (https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf).

II.3.1.2. Masque :

La figure (II.10) présente la lumière disponible à l'intérieur de deux espaces, l'un sans masque et l'autre avec un obstacle physique. Les résultats montrent que : la quantité de lumière intérieure est fortement réduite à cause de ce bâtiment : sous un ciel couvert, le 15 décembre à 13 heures universelles, l'éclairage n'est plus que de 80 lux à 2 m de la fenêtre, pour le local masqué, alors que, sans ce masque urbain, il y aurait environ 200 lux au même endroit (De Herde et Liébard, 2005).

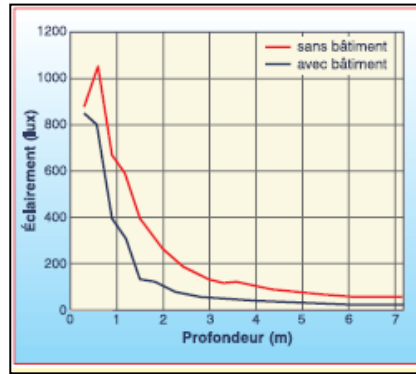


Figure II.10 : l'influence d'une obstruction sur l'éclairage intérieur (Liébard et De Herde, 2005)

II.3.1.3. Ouvertures : latérale, zénithale et globale :

De plus, l'éclairage naturel, de par sa variabilité, sa qualité et sa composition spectrale, agit positivement sur le confort visuel des personnes, ainsi que sur leur bien-être et leur santé. Les fenêtres, sources de lumière naturelle dans les bâtiments, sont de plus appréciées pour la vue et le contact qu'elles apportent avec l'extérieur (Bodart et Deneyer, 2007).

a. Ouvertures latérales :

En éclairage unilatéral, la pénétration de la lumière est limitée en profondeur, mais elle est directionnelle, ce qui est favorable à la perception du relief. Les ouvertures verticales captent au maximum les apports solaires hivernaux, tout en limitant les pénétrations solaires estivales. Elles peuvent créer de l'éblouissement et engendrent de forts contrastes dans l'espace (Bodart et Deneyer, 2007).

Quelle que soit l'orientation des fenêtres, on a toujours intérêt à percer les baies vitrées latérales à des niveaux relativement hauts afin d'obtenir une pénétration profonde de la lumière dans l'espace (Reiter et De Herde, 2004).

-Forme de la fenêtre : lorsque la largeur de fenêtre diminue, la répartition devient moins uniforme, bien que l'éclairage moyen soit pratiquement le même dans les trois cas étudiés. Par contre, l'éclairage du fond du local augmente avec la hauteur de la fenêtre. Pour une même surface vitrée, une fenêtre haute éclaire davantage en profondeur. L'idéal réside donc dans une fenêtre horizontale, mais dont le linteau est élevé (Bodart et Deneyer, 2007). « On peut considérer en première approximation qu'une est convenablement éclairée jusqu'à une profondeur de 2 à 2,5 fois la hauteur du linteau de la fenêtre par rapport au plancher » (Reiter et De Herde, 2004).

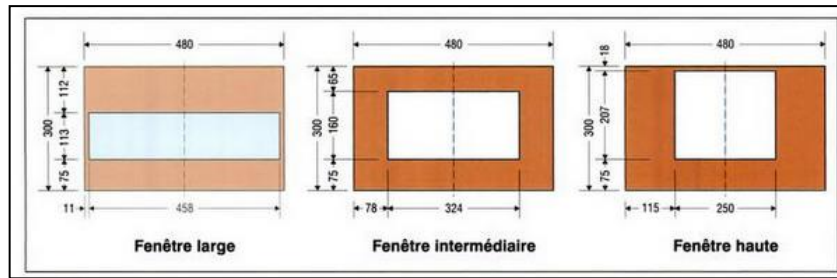


Figure II.11 : Eclairage naturel : la forme de la fenêtre
(Reiter et De Herde, 2004)

-Indice d'ouverture : il représente le rapport entre la surface vitrée et celle du local. Selon De Herde André, Liébard Alain : lorsque la surface vitrée d'un local augmente, pour une même surface de plancher, la disponibilité d'éclairage naturel à l'intérieur de ce local augmente également (Liébard et De Herde, 2005). Un autre critère est donné par Bernard Paule, un indice de 20 % est généralement suffisant pour offrir une couverture satisfaisante des besoins en lumière naturelle (quantitatif + vues), à condition que l'environnement extérieur et l'orientation ne soient pas trop défavorables (Bernard, 2007).

-Position de l'ouverture : ce paramètre constitue un élément de contrôle et de transmission de la lumière naturelle des espaces intérieurs. Il influe directement sur sa répartition. Selon Magali Bodart : la pénétration de la lumière dans un espace est influencée par les caractéristiques de l'ouverture, telles que ses dimensions, sa forme, sa position et le matériau de transmission utilisé (vitrage ou autre), (Bodart, 2007).

-Type de vitrage : la lumière traversée par le vitrage est divisée en trois parties : une transmise, l'autre réfléchiée et quant à la troisième sera interceptée par la matière elle-même. La part de lumière transmise est appelée transmission lumineuse de la paroi (TL), exprimée en pourcents ou en nombres décimaux.

Selon Reiter.S et De Herde.A : « la quantité et la qualité de la lumière naturelle transmise à l'intérieur d'un local par une ouverture dépendent du type de parois vitrées, de sa rugosité, de son épaisseur, de son état de propreté et du nombre de couches de verre utilisées » (Reiter et DE Herde, 2004). Ainsi, le type de vitrage joue un rôle essentiel dans la transmission lumineuse, donc : « un double vitrage basse émissivité offre une transmission lumineuse d'environ 75 %, ou 0,75, tandis qu'un simple vitrage peut avoir une transmission lumineuse de 90 %. Les vitrages spéciaux colorés ou avec un effet miroir parfois utilisés pour les bureaux ont une transmission lumineuse qui peut descendre jusqu'à 0,3 » (<https://fr.calameo.com/read/000899869f50ec2fabd47>).

-Embrasures

Maximiser la captation de lumière naturelle, il s'agit d'assurer que l'ouverture est en relation directe avec une portion de ciel dégagé et que cette relation présente une affinité géométrique favorisant le passage des rayons lumineux (Damelincourt et al, 2010).

-Menuiserie :

La surface et la forme de la menuiserie jouent un rôle considérable sur la quantité et la répartition de la lumière. Et cela est dû qu'elle influe sur l'indice d'ouverture et la forme des taches solaires.

b. Ouvertures zénithales

L'éclairage zénithal fournit une distribution de lumière très uniforme et un niveau d'éclairement quasiment identique dans l'ensemble du local, il contribue à une meilleure répartition de la lumière dans l'espace (Reiter et DE Herde, 2004).

Selon Balez Suzel, l'ouverture zénithale est plus efficace que celle latérale, c'est le système le plus performant : de 3 à 5 fois plus de lumière, à surface équivalente, qu'un vitrage vertical (<https://docplayer.fr/3895715-L-eclairage-naturel-2eme-partie-strategies-et-predetermination.html>).

D'autre part, les systèmes d'éclairage zénithal peuvent procurer de la lumière naturelle soit directement ou indirectement. Pour ce qui est des systèmes d'éclairage zénithal direct, ils sont composés uniquement d'une ouverture percée dans la toiture. Tandis qu'un système d'éclairage zénithal indirect est composé de deux parties : une ouverture qui capte la lumière naturelle et un système de distribution qui réfléchit ou diffuse cette lumière.

-Lanterneaux : les lanterneaux sont des fenêtres fixes ou ouvrantes qui, fixées sur un toit ou une façade, permettent de profiter d'un éclairage zénithal (c'est-à-dire venant du dessus). En fonction des modèles, elles peuvent aussi assurer des fonctions d'aération naturelle ou encore de désenfumage. Selon le guide de l'éclairage naturel zénithal, ils laissent pénétrer la lumière du jour dans les bâtiments à un seul niveau ou dotés d'une toiture terrasse. Montés d'usine et adaptés aux bâtiments tertiaires, commerciaux ou industriels, ils ont l'avantage d'éclairer naturellement une pièce et permettent de bien gérer l'homogénéité de l'éclairage naturel s'ils sont placés en quantité suffisante et répartis uniformément.

-Les sheds : *« c'est la meilleure solution pour l'éclairage naturel. Les sheds permettent de concilier un éclairage suffisant, homogène et une limitation des apports solaires. Le vitrage sera orienté au nord. Ils peuvent être verticaux, inclinés à 45 °-60 °*

par rapport à l'horizontale. Plus le vitrage se rapproche de la verticale, plus sa surface doit être importante pour un facteur de lumière du jour directe équivalent. Il est donc plus économique d'avoir un vitrage incliné qui évitera aussi le rayonnement direct sur le poste de travail » (Terrier et Vandevyver, 1999).

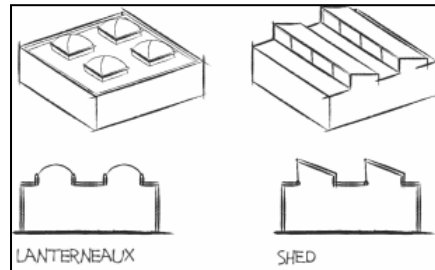


Figure II.12 : Lanterneaux et sheds (les Guides BIO-TECH, 2014)

-Les conduits de lumière (light pipe) : il est possible de conduire la lumière à travers un ou plusieurs niveaux. Pour cela, il est impératif de revêtir le conduit avec un matériau très réfléchissant (aluminium anodisé). Par ailleurs, le rapport Hauteur/Section ne doit pas dépasser 1/8 (Bernard, 2007)

-Les réflecteurs (light shelf) : light shelf est un auvent, dont la surface supérieure est réfléchissante, combiné à un clerestory, dont le rôle est de permettre la pénétration dans un local du rayonnement solaire réfléchi sur la partie supérieure du light shelf (Liébard et De Herde, 2005).

-Systèmes anidoliques : les systèmes anidoliques sont des light shelves particuliers qui utilisent des réflecteurs spéculaires courbes, conçus pour profiter de la lumière diffuse du ciel. L'éblouissement potentiel provenant du rayonnement solaire direct doit être contrôlé par une protection solaire mobile à l'entrée du système anidolique (<https://energieplus-lesite.be/techniques/enveloppe7/composants-de-l-enveloppe/composants-divers/light-shelf/>)

-Les serres : elles sont intégrées au bâtiment sous plusieurs formes : atrium, les galeries, véranda, etc. Les serres sont une extension d'un bâtiment par l'intégration d'un espace vitré, capteur privilégié de la lumière naturelle. La serre améliore la distribution lumineuse des locaux qui lui sont adjacents parce que le risque d'éblouissement dû à des contrastes lumineux trop importants près des ouvertures est réduit. Par contre, le manque de lumière en fond de pièce n'est pas amélioré dans les locaux qui lui jouxtent (Reiter et De Herde, 2004). L'atrium fait partie de la famille des serres. Il est un large espace vitré fermé, situé au centre d'un bâtiment ou reliant plusieurs bâtiments entre eux (Liébard et De Herde, 2005).

-Patio et cour : les cours et patios sont des espaces ouverts non vitrés situés à l'intérieur d'un bâtiment ou adjacent à celui-ci (De Herde et Liébard, 2005).

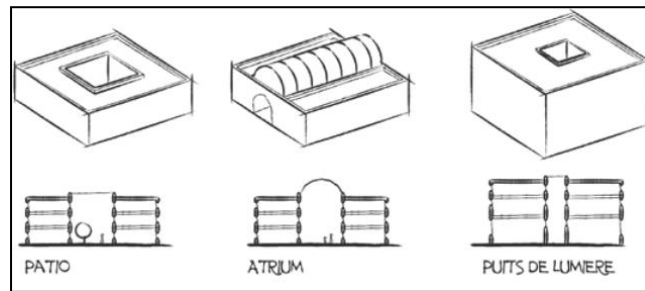


Figure II.13 : Patio, atrium et puits de lumière
(Les Guides BIO-TECH, 2014)

II.3.2. L'éclairage naturel en un local :

II.3.2.1. Les composants de l'éclairage naturel dans un espace intérieur :

L'éclairage naturel en un local comprend trois composantes (voir figure II.14) :

a. La composante du ciel : c'est l'éclairage provenant directement du ciel au point considéré.

b. La composante réfléchie extérieure : c'est l'éclairage provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces extérieures.

c. La composante réfléchie intérieure : c'est l'éclairage provenant au point considéré par réflexion des rayons lumineux sur les surfaces intérieures.

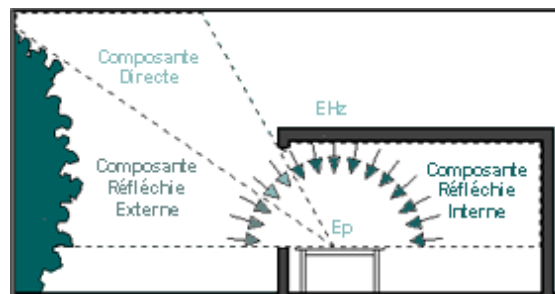


Figure II.14 : les composants de l'éclairage naturel à l'intérieur d'un local
(<http://www.estia.ch/index.php?id=108>)

La source de la lumière solaire peut être considérée comme une source ponctuelle, plus ou moins intense. Elle soumet les objets qu'elle rencontre et les surfaces qu'elle atteint à un double phénomène, l'un purement objectif, l'« éclairage », l'autre subjectif, puis qu'il relève du psychisme individuel, appelé communément : « lumière » (Miguet, 2000).

II.3.2.2. Zone d'influence de la lumière naturelle

La quantité de lumière disponible à l'intérieur des bâtiments décroît inexorablement lorsque l'on s'éloigne des ouvertures (figure II.15). On considère généralement que la zone d'influence de la lumière naturelle se limite à une distance égale à deux fois la hauteur du

point le plus élevé de l'ouverture. Au-delà de cette distance, l'éclairage artificiel devra être sollicité pendant la majeure partie du temps pour subvenir aux besoins lumineux (De Damelincourt et al, 2010).

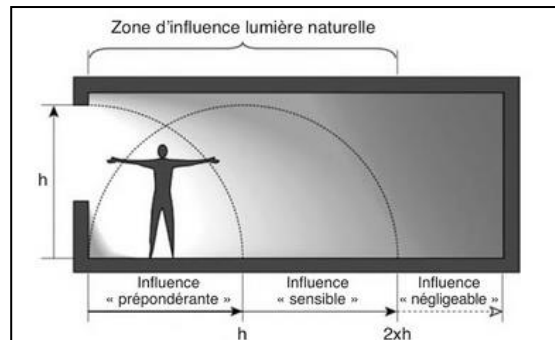


Figure II.15 : Zone d'influence de la lumière naturelle (Bernard, 2007)

II.3.2.3. Facteur de lumière de jour (FLJ) :

En éclairage naturel, les exigences d'éclairement ne se traduisent pas nécessairement en lux, mais peuvent s'exprimer en valeur de facteur de lumière du jour (FLJ). Ce facteur est le rapport de l'éclairement intérieur reçu en point du plan de référence (généralement le plan de travail ou le niveau du sol) à l'éclairement extérieur simultané sur une surface horizontale en site parfaitement dégagé (De Herde et Liébard, 2005).

II.4. Analyse interdisciplinaire d'un phénomène d'ambiance in situ :

L'étude des ambiances est très compliquée, elle comprend plusieurs dimensions. D'un part, elle concerne les modèles intelligibles qui permettent de contrôler la dimension quantitative et qualitative de l'environnement ; et d'une part, elle explore sur les nouvelles méthodes d'analyse concernant l'inter-sensorialité, les descriptions sociales, la perception des usagers, ...et qui sont les éléments les moins travaillés jusqu'à présent.

La recherche sur les ambiances in situ engage une reprise fondamentale du caractère naturellement interdisciplinaire de la théorie et de la pratique architecturale c'est-à-dire la reconnaissance des interdépendances entre forme construite, forme perçue, forme représentée (Augoyard, 1998). Selon le même auteur, le phénomène d'ambiance est au cœur de la recherche scientifique, il est besoin d'un ensemble de méthodes et techniques incompatibles, mais elles sont complémentaires. La figure suivante (II.16), d'après cet auteur : tente de représenter comment la diversité de deux approches, parmi les plus connues et très souvent opposées, trouve une complémentarité opératoire et donc interdisciplinaire.

L'interaction peut se produire avec cinq points de contacts : sur le site, dans la récolte des résultats, dans la production de concepts transversaux, dans le développement de modèles d'intelligibilité, dans l'application des outils interdisciplinaires (Augoyard, 1998).

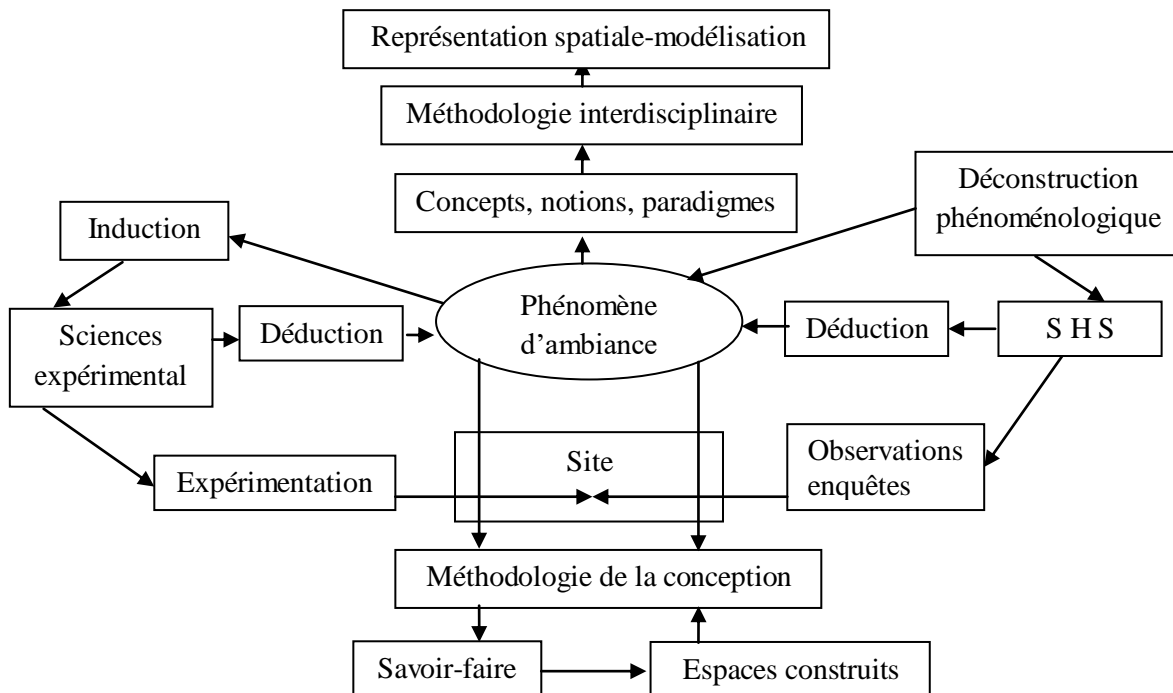


Figure II.16 : Analyse interdisciplinaire d'un phénomène d'ambiance in situ (Augoyard, 1995)

II.4.1.Méthodes et techniques de recherche empirique sur les ambiances architecturales:

Selon Augoyard, « un phénomène d'ambiance situé s'incorpore en six modes complémentaires : il est signal physique, forme spatio-temporelle, percept, représentation, élément d'un code ou d'une norme, instrument d'interaction sociale. Chacun des modes requiert des techniques d'investigation, des méthodes d'analyse et des langages spécialisés, non équivalents » (Augoyard, 1998).

II.4.1.1. La campagne de mesure in situ :

Elle représente une méthode très efficace pour tirer des informations de la réalité. Elle permet de faire un prélèvement des valeurs moyennes, minimales et maximales des paramètres climatiques de l'environnement. Ces mesures sont réalisées pendant des périodes représentatives selon les objectifs fixés au préalable. À noter que la campagne de mesure se fait avec des stations ou bien par des appareils. Et selon Valérie Laperche et al, « les attentes des utilisateurs vis-à-vis des appareils de mesures sont :la simplicité d'utilisation, la rapidité de la mesure, un moindre cout par analyse, le fait qu'il y ait peu

ou pas de préparation des échantillons, et que les résultats des mesures sur site soient cohérents avec les méthodes de référence (laboratoire) » (Laperche et al, 2014).

II.4.1.2. L'enquête par entretiens :

L'entretien représente un moyen flexible pour tirer les informations auprès des personnes interrogées. Il existe deux types d'entretiens : les entretiens individuels et de groupe. Le premier exemple se varie selon le comportement de l'interviewer et le degré de directivité : entretiens non-directifs, semi-directifs et directifs : « *les entretiens individuels se différencient principalement en fonction du comportement de l'interviewer et du degré de directivité de ses interventions. On distingue traditionnellement les entretiens non-directifs, semi-directifs et directifs. À chacune de ces techniques correspond un contexte d'utilisation particulier* » (Fenneteau, 2015).

Quant au deuxième type revient à : « *Par définition, l'entretien de groupe est une technique de recherche d'informations consistant généralement à confronter les opinions, les idées ou parfois même les sentiments d'un groupe d'individus sur un sujet donné* » (<https://blogue.som.ca/lentretien-individuel-et-lentretien-de-groupe/>). Selon Beaud.S et Weber.F (2003), cette technique passe quatre grandes étapes et qui sont représentées dans le tableau ci-dessous.

Tableau II.2 : les phases de la technique d'entretien et d'observation (Beaud et Florence Weber,2003)

Phase	Observation	Entretien
1^{re} phase : Négocier sa place	Trouver une place d'observation (mettre des alliés dans la confiance)	Négocier l'entretien (mettre en place une collaboration)
2^e phase : In situ	Intervenir comme participant s'il le faut, ou comme enquêteur Mémoriser	Conduire l'entretien (intervenir comme enquêteur) Enregistrer et observer
3^e phase : Écrire et analyser	Noter l'observation S'appuyer sur des documents recueillis et légendés	Transcrire l'entretien, le mettre en fiches, le décortiquer, le mettre en rapport avec des éléments extérieurs à l'entretien (ragots, pratiques observées)
4^e phase : Contrôler	Interviewer les participants Réitérer l'observation Comparer plusieurs évènements	Revoir la personne Compléter les informations manquantes

II.4.1.3. L'observation en situation :

Elle permet d'observer un groupe de façon non directive pour faire un prélèvement qualitatif en vue de comprendre des attitudes et des comportements. Selon Claude (2019), « *la technique de l'observation permet d'expliquer un phénomène à travers la description de comportements, de situations et de faits. Pour y parvenir scientifiquement, la description de l'observation doit être fidèle à la situation réelle et il est important de faire des rapports systématiques* », (<https://www.scribbr.fr/methodologie/observation/>).

L'observation en situation quant à elle se déroule sur plusieurs étapes (voir tableau II.2).

II.4.1.4. Le questionnaire :

Est une technique de collecte de données quantifiables sur un échantillon bien déterminé en vue de recueillir des informations sur un phénomène donné.

Le formulaire de questions peut se diviser en deux rubriques. La première concerne les questions d'identification de l'enquêté (sexe, âge, fonction, etc) et la deuxième s'adresse à leur attentes. Selon Van Campenhoudt.L et Quivy R (2011) « *Elle consiste à poser à un ensemble de répondants, le plus souvent représentatif d'une population, une série de questions relatives à leur situation sociale, professionnelle ou familiale, à leurs opinions, à leur attitude à l'égard d'options ou d'enjeux humains et sociaux, à leurs attentes, à leur niveau de connaissance ou de conscience d'un événement ou d'un problème, ou encore sur tout autre point qui intéresse les chercheurs* », (Van Campenhoudt.L et Quivy R, 2011)

II.4.1.5. La photographie :

La technique photographique englobe les différents procédés et méthodes utilisées pour obtenir une photographie. Dans le domaine des ambiances architecturales, cette technique permet de déduire le comportement des usagers, ainsi elle révèle certains qualités de l'espace vécu.

II.4.1.6. Approche phénoménologique de la perception :

« *La phénoménologie est centrée sur le sujet percevant, et cherche à préciser ce que signifie « voir » pour la conscience du sujet. Cette dernière approche a été abordée au départ par des philosophes, d'abord par Husserl, puis en France par Sartre et Merleau-Ponty. Sur la question de la perception, l'ouvrage de référence de la phénoménologie est celui de Merleau-Ponty, dont les 4 chapitres de l'introduction sont résumés ci-dessous*» (Ponty, 1945).

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté des généralités sur le concept « ambiance » qui est d'ailleurs une notion nouvelle dans l'architecture bioclimatique.

Ce concept est une notion grosse de significations, de polysémique, telle que la définit le groupe de CERMA. Augoyard J.F a proposé des analogues centrés sur la notion d'ambiance. Celle-ci lie l'homme à son environnement, on lui donne une interface, qui est l'ensemble de réactions sensorielles et émotionnelles. De ce fait, l'ambiance conjugue les paliers suivants : physique, psycho-sociologie et architectural. D'un côté, elle découle d'un ensemble de stimuli physiques dans un espace architectural, ainsi de l'aspect caché (psycho-sociologie, sensible, émotionnelle), c'est-à-dire la dimension sensible des usagers. Aussi, le concept présente une certaine complexité de point de vue composition et relations entre les éléments constituant une ambiance. Sa définition n'est pas définitive, elle est en pleine évolution dans une dimension spatiotemporelle. Elle s'identifie par un ensemble de caractère : unique, ouvert, dynamique, etc.

Ensuite, il s'agit d'explorer sur le confort et l'ambiance thermiques. À l'intérieur des bâtiments, le confort thermique est toujours souhaitable, mais parfois difficile à obtenir. Car il est lié à plusieurs paramètres en relation bâtiment en lui-même, à l'environnement et aux usagers. En fait, pour atteindre un degré de satisfaction à une atmosphère donnée, il faut conjuguer tous les indicateurs : l'espace-climat-occupant. Son évaluation est donnée par des indices et des approches, nous citons le modèle adaptatif. Celui-ci est lié à la possibilité des individus de manipuler l'environnement à travers des ajustements (comportementaux, physiologiques et psychologiques). Aussi, l'ambiance lumineuse a occupé toujours une place cruciale dans la conception des architectes, de point de vue symbolique et physique. Elle interagit avec les usagers d'une manière physiologique, psychologique et Culturelle.

À la fin de ce chapitre, on a parlé de l'ambiance in situ, là où on a cité quelques approches et techniques pour l'analyse interdisciplinaire d'un phénomène d'ambiance in situ.

Introduction :

Une bonne compréhension du concept atrium dépasse la simple lecture étymologique et historique. Il doit être étayé par des études sur l'interaction et l'influence des phénomènes microclimatiques sur la qualité environnementale intérieure de cet espace. Sa dimension ambiantales ainsi que celles des pièces qui lui sont adjacentes, serait alors plus tangibles.

Les gens se rejoignent ou se croisent dans l'atrium pour diverses activités dont la détente, le divertissement, les ventes et les achats et autres. Il est également un élément appréciable par les architectes et les utilisateurs comme stratégie favorable pour le contrôle des ambiances intérieures dans le bâtiment. Quand bien conçu, il constitue un système passif très adéquat pour optimiser l'éclairage naturel, la ventilation naturelle par renouvellement d'air via l'effet de tirage et aussi un gain d'énergie solaire pour le confort thermique. En somme, étant un espace tampon entre l'environnement intérieur et extérieur, il constitue une protection contre les facteurs de l'environnement de plein air tels que la pluie, neige et vent et les températures immodérées.

Ce chapitre est dédié à la compréhension de l'ampleur du champ d'étude inhérent essentiellement à la dimension environnementale dans les bâtiments à atrium. Elle implique globalement les paramètres hygrothermiques, lumineux, aérauliques, acoustiques et olfactifs. D'abord, il a été porté un intérêt particulier à l'environnement thermique et la consommation énergétique dans ce type de bâtiment à travers un état de l'art et on en cite celles de :

- Yoshino et al (1995) sur 200 atriums au Japon consacrée à l'analyse de la conception de l'environnement thermique intérieur.

- Laouadi A. et al (2000) ont fait des simulations avec les logiciels ADELINÉ et l'ESP-r afin de tester l'effet des alternatives de conception des atriums sur la consommation d'énergie dans le climat froid.

- Belmaaziz M (2003) a traité les ambiances thermo-aérauliques dans les atriums linéaires.

- Daoudi N. S. (2013), a dressé dans son étude, un bilan et perspectives de la démarche interdisciplinaire appliquée à la caractérisation des ambiances dans un édifice à atrium à Alger.

Ensuite, la question de l'éclairage naturel dans l'atrium et les espaces adjacents est sciemment investiguée. Pour la conception de la lumière dans ce dispositif, de nombreuses méthodes permettent d'évaluer la lumière de jour intérieur. Il s'agit de calculer le FLJ à travers l'emploi des méthodes analytiques, numériques, graphiques. Plusieurs chercheurs

ont par ailleurs proposé des formulations en utilisant des équations, Wright and Letherman (1998), Aizlewood (1995), etc. Alors que les travaux de Jiangtao. Du et al (2011), Cole (1990), Neal et Sharples (1992) consistent à évaluer le FLJ par rapport aux indices géométriques (WI, SAR) et la réflexion des parois. D'autres chercheurs ont opté pour l'étude des paramètres intrinsèques des atriums sur le facteur de la lumière de jour dans cet espace et les espaces contigus (exemple : Swinal Samant, 2011).

III.1. Atrium et les ambiances environnementales :

Actuellement, l'atrium est en train de devenir l'un des espaces les plus recherchés et attrayants dans la conception architecturale, particulièrement dans les bâtiments tertiaires : écoles, universités, musées, centres commerciaux et administrations.

En général, les phénomènes d'ambiance qui caractérisent chaque climat demandent des procédés qui servent à la fois de protéger du soleil excessif durant la période chaude et d'exposer aux rayons solaires pendant la période froide. Une conception adéquate de l'atrium se base sur un souci de contrôle de l'environnement intérieur et de réduction de la consommation d'énergie.

D'après Roger Camous et David Watson : « *les bâtiments adaptés à leur climat sont, en général relativement ouverts et en relation directe avec leur environnement immédiat, que ce soit par des fenêtres, des serres ou des patios, la question est : comment combiner de telles techniques pour réduire la consommation énergétique, mais également pour améliorer le confort et la qualité de l'espace* » (Camous et Watson, 1979). Les phénomènes environnementaux complexes, à la fois thermique, aéraulique, lumineux... sont observables voire mesurables, mais chaque ambiance est le résultat de l'interaction ambiante impliquant le climat, l'environnement immédiat, les paramètres intrinsèques et extrinsèques du bâtiment à atrium et le comportement de l'utilisateur.

III.2. Caractérisation thermique des atriums :

III.2.1. Les stratégies thermiques de l'atrium :

Les performances thermiques d'un bâtiment à atrium, reposent sur le processus d'échanges thermiques engendrés entre les différents espaces (extérieur/intérieur). Concernant la dimension thermique intérieure, les échanges se produisent entre l'enveloppe intérieure (les limites de l'atrium matérialisées ou non) et l'enveloppe extérieure (parois extérieures et toiture).

L'équilibre thermique intérieur se produit à travers la combinaison entre la partie ensoleillée, l'ombragée et les caractéristiques thermiques des matériaux de construction. Grâce à sa couverture par une verrière, cet espace est entièrement ensoleillé pendant toute l'année, mais il reste toujours relatif à la qualité du ciel et la configuration géométrique. De même, il est protégé complètement de la pluie en hiver. Donc, l'atrium présente des ambiances très différentes entre la partie inférieure et supérieure. En effet, la partie haute est plutôt ensoleillée et chaude avec l'effet de serre. Alors que la partie basse est moins chaude. Par ailleurs, une régulation thermique peut se produire avec le phénomène de déplacement des masses d'air à l'intérieur du bâtiment.

Le principe de ce dispositif a, par conséquent, comme avantage de créer une atmosphère agréable pour les usagers, minimiser les consommations énergiques, offre une ambiance thermique confortable et procure un contact avec le milieu dit « naturel ». Par ailleurs, il représente un moyen d'atténuer les fluctuations des conditions extérieures néfastes.

L'atrium est un espace intermédiaire entre l'environnement extérieur et les espaces contigus. Il est bien évident que les échanges qui incluent le rayonnement solaire (direct, réfléchi et diffus), le rayonnement infrarouge, la vitesse de l'air sont parmi les principales sollicitations extérieures qui influent l'ambiance thermique dans les atriums. Globalement, le mécanisme thermique de l'atrium indique son interaction avec le climat. Il peut être répertorié selon trois modèles comme chaud, froid et convertible.

III.2.1.1. Stratégie du chaud :

En hiver, le bâtiment à atrium permet de récupérer des gains solaires qui sont ensuite transposés vers les pièces adjacentes par les différents modes de transfert de chaleur. Pour une bonne performance de l'atrium, il faut penser aux phénomènes générateurs d'économie d'énergie, comme le préchauffage solaire passif de l'air frais destiné aux pièces mitoyennes et à la limitation des pertes de chaleur transmises (Scheerbart, 1995). Cela, est conditionné par les paramètres intrinsèques de ce dispositif (rapport hauteur/largeur, orientation, la surface de la verrière et les parois des espaces mitoyens).

III.2.1.2. Stratégie du froid :

Il s'agit de rafraîchir l'environnement intérieur à travers la protection contre les rayons solaires indésirables ainsi que la provocation d'une ventilation naturelle judicieuse.

Scheerbart (1995) a précisé, dans son livre architecture de verre, le taux de renouvellement important de l'air : « *l'exposition des couches de température et une bonne disposition des ouvertures peuvent permettre un renouvellement important de l'air (de 50 à 80 fois le volume), surtout en début de nuit quand l'atrium est plus chaud que l'air extérieur* » (Scheerbart, 1995).

Les entrées d'air doivent être placées dans la partie basse de l'atrium (induire une circulation transversale), et les ouvertures d'échappement d'air doivent être placées dans la partie haute. Durant la phase nocturne, un refroidissement par convection de la structure du bâtiment peut être atteint par une ventilation transversale, par le passage de l'air depuis l'extérieur à travers les espaces adjacents en passant par l'atrium. La baisse de température est proportionnelle à plusieurs moyens passifs : rapport géométrique (hauteur / largeur), protections solaires mobiles de la verrière, qualité de vitrage de l'atrium, murs de séparation, proportions des fenêtres dans les murs de séparation et couleurs des surfaces intérieures de l'atrium.

III.2.1.3. Stratégie convertible :

L'atrium génère un comportement thermique complexe vu la variabilité souvent permanente des paramètres de l'environnement immédiat. Le rôle convertible tient de sa capacité à combiner entre l'effet de chauffage et de rafraîchissement passifs suivant les besoins de chaque saison.

En été par exemple, ce dispositif est un moyen de rafraîchissement du bâtiment grâce à l'évacuation de l'air chaud (c'est la ventilation par tirage thermique). En hiver, l'enveloppe et surtout le vitrage sont des interfaces de transfert de la chaleur vers l'intérieur, si les déperditions du bâtiment sont minimisées. C'est là où l'atrium tient alors le véritable statut d'espace intérieur exigeant une consommation énergétique très élevée pour le rafraîchissement (voire climatisation) en été et chauffage en hiver quand il est doté d'un vitrage non performant. Selon Nicholas Mak (1991), l'atrium convertible fonctionne comme un espace qui empêche la surchauffe en été tout en assurant une température modérée en hiver. Il convient aux régions à climat tempéré (hiver froid et été chaud).

III.2.2. Les effets thermiques de l'atrium :

La performance énergétique et le confort thermique d'un bâtiment à atrium sont en fonction de trois phénomènes : l'effet de serre, la stratification thermique et le tirage thermique. Selon Myriam Humbert (2002), les anciens bâtiments avec verrière furent les

plus confortables grâce au volume, hauteur et surtout à l'inertie thermique, « *De plus, selon Mills (1994), il existait une ventilation naturelle assurée par des ouvertures* » (Humbert, 2002).

À l'intérieur de l'atrium, le champ radiatif dépend de la répartition des zones ensoleillées et ombrées. Selon M.Wall, la quantité du rayonnement solaire transmise à espace vitré est affectée par de nombreux facteurs : position géographique (latitude), la géométrie de l'espace vitré et leur proportion, l'orientation, période de l'année, propriétés du vitrage, l'absorptivité pour le rayonnement à ondes courtes des surfaces à l'intérieur de l'espace vitré (Wall, 1996).

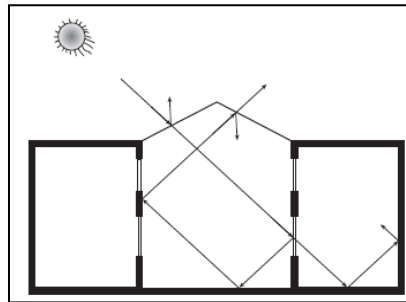


Figure III.1 : Distribution du rayonnement solaire dans l'atrium
Et l'espace adjacent (Wall, 1996)

L'atrium fonctionne comme un espace tampon, il réduit la transmission des déperditions depuis les espaces intérieurs vers l'ambiance, il produit la chaleur pour ces espaces. Selon Reiter et De Herde : « *l'atrium joue le rôle d'espace-tampon entre l'intérieur et l'extérieur, créant un microclimat de qualité pour les hommes et les plantes* » (Reiter et De Herde, 2004). Schittich et al ajoutent « *tout atrium peut être considéré comme un tampon thermique pour les pièces mitoyennes dans la mesure où il réduit systématiquement leur consommation d'énergie* » (Schittich et al, 2001).

III.2.2.1. L'effet de serre :

En architecture, l'effet de serre est créé dans la zone de l'atrium par le fait que le rayonnement du soleil à courtes ondes passant à travers la verrière. L'intérieur s'échauffe alors et émet de la chaleur sous forme de rayonnement infrarouge à ondes longues qui ne peuvent pas retraverser le vitrage. La chaleur étant piégée dans l'atrium et donc la température intérieure augmente. Généralement, ce phénomène s'accroît lorsque le bâtiment est mal aéré et la verrière est complètement fermée.

III.2.2.2. La stratification thermique :

Elle représente la répartition verticale de la température en strates dans l'atrium. Ce mécanisme physique s'effectue grâce à la différence de la masse volumique de l'air chaud en haut et froid en bas du bâtiment. En fait, dans un espace non ventilé, l'air chaud monte

et l'air froid stagne au niveau du sol (si on inverse la paroi haute et froide, un mouvement de convection naturelle devrait apparaître). Dans le bâtiment, l'air chaud est plus léger que l'air froid, donc l'air chaud monte et l'air froid stagne au niveau du sol.

Dans les bâtiments plus élevés comme une salle de sport, les hôtels, etc. Ce phénomène peut engendrer un désagrément des usagers et des besoins énergiques supplémentaires pour le chauffage et le refroidissement. En fait, pour uniformiser le climat, il s'agit d'intégrer une installation de déstratification qui permet de déplacer l'air de la partie haute vers la partie basse. Et par conséquent une régularisation de la température au niveau de l'atrium et les espaces entourés, une atmosphère plus homogène qui participe à une augmentation sensible du confort des occupants, une économie dans la consommation énergétique.

D'après Belmaaziz M, sur la figure III.2 : « *les gradients verticaux durant une journée d'hiver sont manifestement moins importants que ceux d'une journée d'été. Durant la nuit les tendances s'inversent par rapport aux gradients diurnes. En effet, les températures d'air n'augmentent pas mais diminuent légèrement en gagnant de la hauteur. Ceci traduit bien les effets des vitrages zénithaux froids qui ont tendance à être des parois à fortes déperditions thermiques* » (Belmaaziz, 2003).

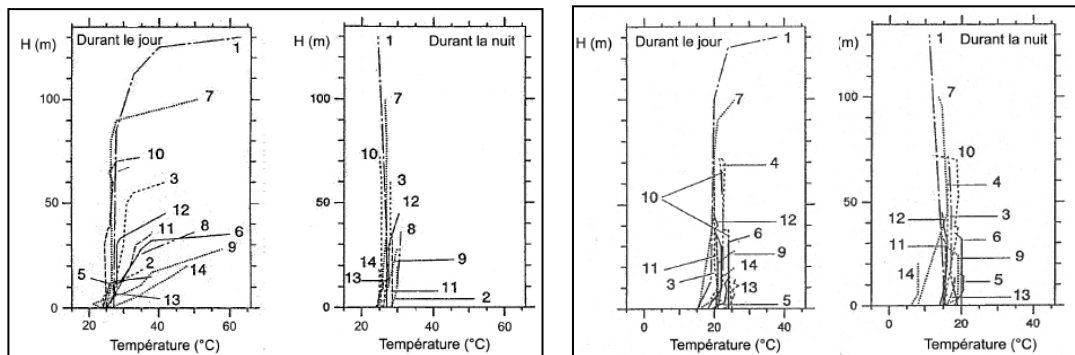


Figure III.2 : À gauche : Gradients verticaux des températures d'air pendant l'été.
À droite : Gradients verticaux des températures d'air pendant l'hiver
(Yoshino, cité par Belmaaziz, 2003)

a. Le gradient de température verticale :

Le gradient vertical de la température intérieure exprime la répartition des températures d'air à l'intérieur du volume. En général, il fait plus chaud en haut qu'en bas du fait de la plus grande influence de la surface vitrée en partie supérieure.

b. Le gradient de température centrale :

La température centrale de l'atrium donne le niveau thermique moyen de l'air de l'atrium. Les apports solaires entrant dans le volume sont en général responsables d'une augmentation de cette température par rapport à la température extérieure.

III.2.2.3. Le tirage thermique (effet de cheminée) :

Ce phénomène permet d'induire un mouvement de l'air grâce à une différence de pression. Cet écoulement est surtout vertical sous l'effet de la poussée d'Archimède. Selon Nicholas Mak, l'effet est dû aux différences de température et donc à la densité de l'air entre extérieur et intérieur. En conséquence, une différence de pression se produit pour les masses d'air internes et externes, entraînant une différence de pression qui varie avec la hauteur (Nicholas, 1991).

III.2.3. Etudes paramétriques des ambiances thermiques dans les atriums :

La conception des atriums influe sur la performance thermique et la demande énergétique de ce dispositif. Elle englobe des variables axées sur la surface et les types de vitrages de fenestration, le type de la verrière, les caractéristiques géométriques de l'atrium et l'interaction de l'atrium avec ses espaces adjacents, taux d'infiltration et de renouvellement d'air, système de protections solaires. Selon Moosavi et al (2014), « *l'atrium participe à refroidir le bâtiment en incorporant une ventilation nocturne. Dans le climat méditerranéen, la fraîcheur nocturne permet, seulement, une réduction de 10% de la demande de rafraîchissement par rapport à la réduction dû à la protection contre les radiations solaires qui est environ 75%* » (Moosavi et al, 2014).

III.2.3.1. Effet de la hauteur sur la stratification de la température :

Le problème de la stratification thermique se pose dans les grands atriums à cause de : une large surface vitrée, un grand volume d'air intérieur, processus de convection et l'irradiation directe. Plusieurs chercheurs ont traité l'effet de la stratification sur les températures intérieures en utilisant différentes méthodes investigations. Selon Kato et al (1995) cité par Belmaaziz (2003) : « *En effet, en été dans un atrium d'environ 130 m de hauteur la différence de température verticale atteint à peine 6 à 7 °C* ».

Zhu Q et Yan D (2007) ont soulevé ce problème dans un immeuble de bureau situé à Beijing de 20 m de haut (un verre à faible émissivité). Les résultats ont montré que, dans la période hivernale, les températures verticales bi-horaires n'évoluent pas très rapidement. Malgré les nuances sont faibles entre les différentes hauteurs, la température verticale diminue en augmentant la hauteur. En été, la distribution verticale des températures suit une forme proportionnelle avec la hauteur. Elle est remarquable pendant la journée, une différence importante est d'environ 11 °C à 18h00. Lorsque c'est la nuit, la différence de température le long de l'axe vertical est faible, ce qui est de 1 à 2 °C.

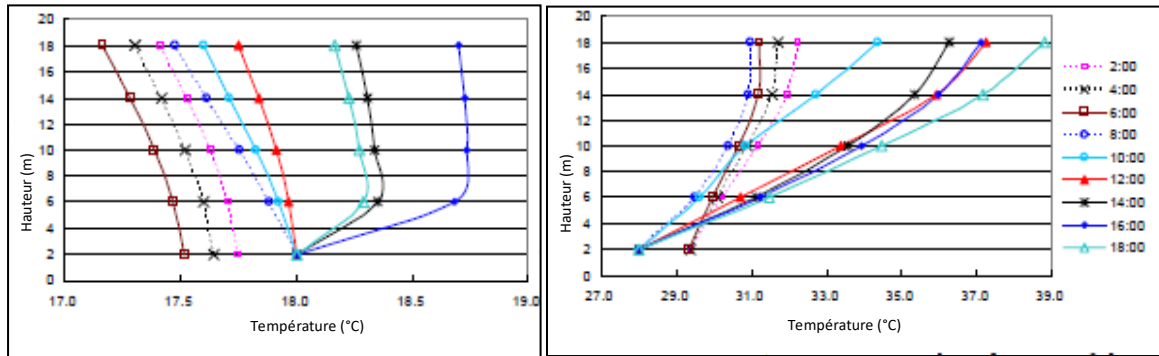


Figure III.3 : À gauche : la distribution de la température verticale dans l’atrium (15 janvier).
 À droite : la distribution de la température verticale dans l’atrium (16 Aout)),
 verre à faible émissivité 5 (Zhu et Yan, 2007)

Une autre étude est menée par Belmaaziz (2003), ayant comme objectif principal le traitement de certains paramètres conceptuels sur les ambiances thermo-aérauliques des atriums linéaires (cas de l’École d’Architecture de Marseille Luminy). Les dimensions de cet atrium alvéolaire sont de (100 m sur 4,20 m), avec une hauteur sous-verrière est de 11,30 m. Il est orienté selon l’axe Nord-Sud et son vitrage est de 50 %. Les mesures ont été prises le 26/07/99, cette journée est caractérisée par un vent faible (vitesse moyenne 3,2 m/s).

La lecture de graphe se devise en deux parties, le premier est nocturne, quant au deuxième est diurne. Durant la nuit, les profils des températures d’air à l’intérieur sont identiques (la différence est d’environ 2 °C). Pendant la journée, les profils commencent à être éloignés, la nuance maximale est signalée à 17h00 entre la sonde 1 et 7 (14 °C : entre le bas et le haut de l’atrium).

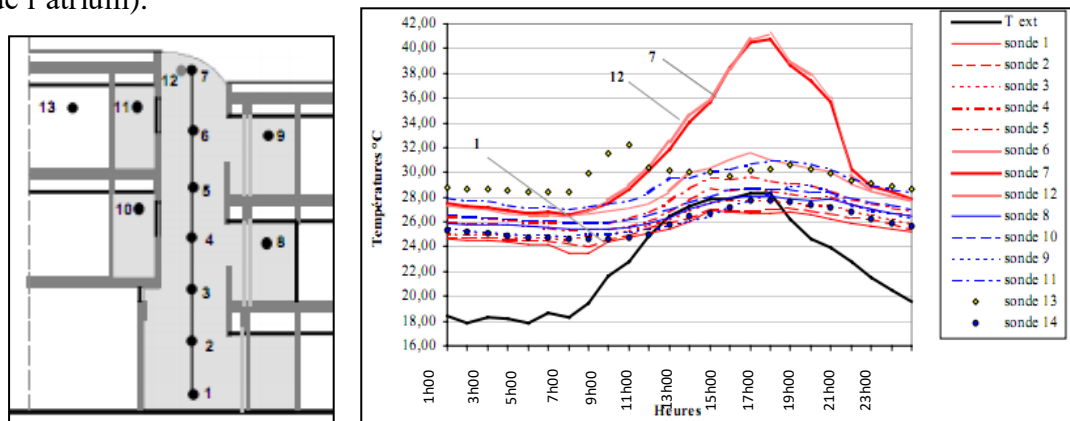


Figure III.4 : La distribution verticale de la température : 26/07/1999
 (Belmaaziz, 2003)

Des simulations du champ thermo-aéraulique dans l’atrium de l’EAML sont représentées sur la figure III.5. Elles ont été calculées pour la journée du 08/09/1999 à trois moments

différents 10h00, 14h00 et 16h00 h. Aussi, il est supposé que la ventilation de l'atrium prend trois situations :

- Situation A : atrium sans sortie d'air
- Situation B : atrium avec une sortie d'air (une ouverture de 30 cm de côté)
- Situation C : atrium avec deux entrées d'air basses et une sortie haute.

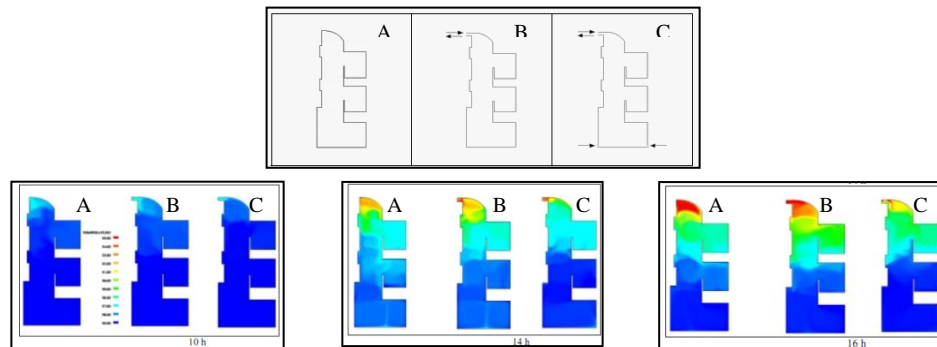


Figure III.5 : En haut : les trois cas étudiés, en bas : champs des températures correspondants aux trois situations A, B et C (Belmaaziz, 2003)

D'après la figure citée sous-dessus, les trois temporalités montrent des nuances bien distinguées :

À 10h00 : les trois cas présentent presque les mêmes températures, une légère différence entre la zone haute et basse.

À 14h00 : entre le haut et le bas de l'atrium, une différence remarquable : « Dans la partie vide de l'atrium, le gradient thermique vertical varie, dans les trois cas, entre 7 et 8 °C. Des températures d'air assez élevées sont enregistrées à partir du 2ème étage. En ce qui concerne la situation A, celles-ci atteignent un maximum de 33 °C près de la toiture. Au contraire, l'air de la partie basse reste à une température avoisinant 25 °C. Dans la situation B, la présence de l'ouverture (réservée à l'extracteur) n'a pas une influence notable sur le champ thermique vu la section de celle-ci devant les dimensions de l'atrium. Cela confirme que la sortie d'air dans la configuration simulée (en convection naturelle : extracteur hors service) n'est pas efficace » (Belmaaziz, 2003).

À 16h00 : ces simulations montrent un important écart de température, il atteint des valeurs entre 8 à 10 °C. L'auteur a expliqué cela par le phénomène de la température piégée sous la toiture vitrée (effet de serre).

III.2.3.2. Effet de la configuration de l'atrium :

En Suède (Malmö), Wall M (1996) a traité l'effet des éléments de conception de l'atrium sur les consommations énergétiques en utilisant le programme informatique DEROB-LTH.

Les types d'atriums simulés sont : le modèle central, intégré et linéaire avec des dimensions de 9 m de profondeur, 18 m de long et 9 m de haut. La surface du vitrage est de 324, 243 et 162 m² respectivement pour la forme linéaire, en U et central. 20 % des surfaces murales internes de l'atrium étaient à double vitrage. L'espace de l'atrium n'était pas conditionné, et il a été modélisé comme une zone thermique avec une température uniforme. L'auteure a trouvé, durant la période hivernale, que l'atrium intégré est la meilleure solution à retenir les gains de chaleur solaire, car il procure des hausses températures (voir figure III.6). Par conséquent, il peut réduire les besoins énergétiques de chauffage.

En outre, « l'utilisation de triple au lieu de simple vitrage dans les atriiums améliore l'efficacité en ce qui concerne l'utilisation de l'énergie solaire disponible » (Wall, 1996).

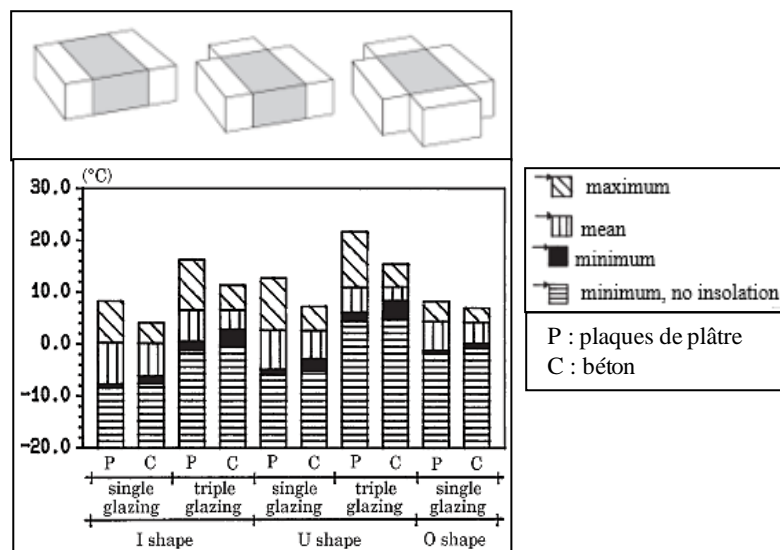


Figure III.6 : En haut :les modèles testés, En bas : Température dans l'atrium pendant une semaine (hiver) (Wall, 1996).

Itai Danielski et al ont étudié l'effet du facteur de forme sur l'efficacité énergétique de trois modèles de bâtiments : bâtiment avec atrium, bâtiment sans atrium et un bâtiment avec un facteur de forme élevé (High SF). La simulation est faite pour le climat de quatre villes Malmö, Växjö, Jokkmokk, Umeå.

Les résultats de la modélisation indiquent que la conception du bâtiment augmente son efficacité thermique. La demande énergétique spécifique pour le chauffage⁸ augmente linéairement avec le facteur de forme des bâtiments. Ainsi, ce besoin est important pour la 4^{ème} ville. L'atrium devrait être conçu pour réduire le facteur de forme de l'ensemble du bâtiment (figure III.7).

⁸ L'énergie totale nécessaire au chauffage des locaux divisée par la superficie de l'appartement

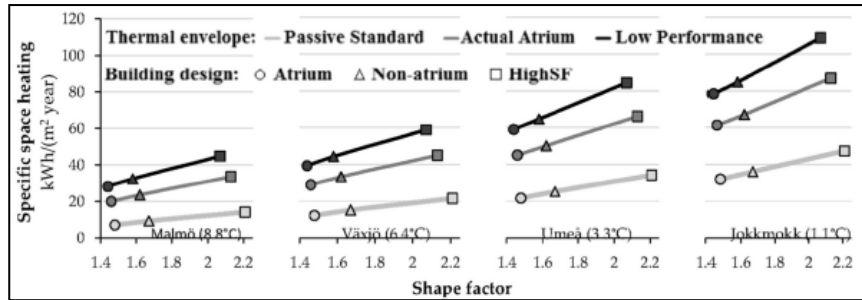


Figure III.7 : La demande en énergie spécifique pour le chauffage des trois bâtiments (Danielski et al, 2016)

III.2.3.3. Effet de la forme de la verrière :

Laouadi et al (2002) ont fait une recherche en simulation thermique et énergétique par le programme (L'ESP-r)⁹. Pour bien mener leur travail, les auteurs ont analysé trois formes d'atriums (central, intégré et linéaire) pour différents coefficients de transmission thermique (U) dans le climat froid. La forme de la verrière a été parmi les variables testées par les auteurs. En comparant avec la forme plate de la verrière, la forme pyramidale augmente le taux des gains solaires de 25% pour l'atrium central et linéaire (pendant la saison de chauffage), et de 10 % pour la forme intégré. Cependant, la forme de la verrière n'a pas un effet significatif sur le taux des gains solaires pendant la saison froide.

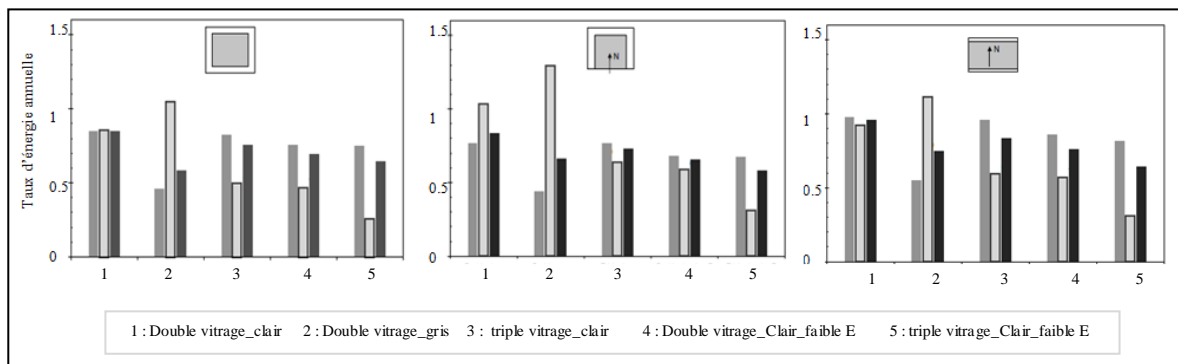


Figure III.8 : Effet de la forme de l'atrium sur le taux d'énergie annuelle, de chauffage et de refroidissement selon les types de verrières : horizontale et pyramidale, (Laouadi et al, 2002)

III.2.3.4. Effet de la fenestration :

Différents travaux ont eu pour objet de mesurer de l'impact de la fenestration sur les consommations énergétiques. Ce paramètre concerne la surface et le type de vitrage utilisé pour la verrière de l'atrium. Laouadi .A et al (2002) ont vérifié l'influence de la surface de la fenestration sur la demande énergétique des trois types d'atriums. Le pourcentage de la des fenestrations a été considéré comme 50 % et 100 % pour les murs et le plafond.

⁹ Environmental Systems Performance-Research

Dans la saison de refroidissement, la réduction de surface de vitrage de 50 % a réduit le taux de gains de chaleur solaire saisonnier (SSHGR¹⁰) jusqu'à 50 % pour les deux types de verrière (le verre horizontal et le verre pyramidal). Dans la saison de chauffage, les chercheurs trouvent une réduction de la SSHGR jusqu'à 50 % pour le verre horizontal et jusqu'à 40 % pour le verre pyramidal, en particulier pour l'atrium central et linéaire.

De même, Zhu Q et Yan D (2007) ont étudié l'effet du vitrage sur les charges de chauffage, de refroidissement et la température extérieure. En hiver, le double vitrage offre les valeurs les plus élevées des charges de chauffage, surtout le matin et le soir par rapport au vitrage de faible transmission.

III.2.3.5. Effet du type de vitrage :

L'étude est basée sur des simulations d'énergie dynamique avec le programme DEROB-LTH. Le cas d'étude est un modèle avec un atrium intégré (la quatrième orientation vers le sud). Les tests proposés sont faits sous le climat de Lund avec deux types de vitrage (le vitrage simple et un triple).

D'après la figure III.9, les résultats montrent qu'il existe de grandes différences de température de l'air entre les quatre scénarios. Le triple vitrage a connu les valeurs les plus élevées de températures de l'air (surtout avec l'emploi des murs en plaques de plâtre).

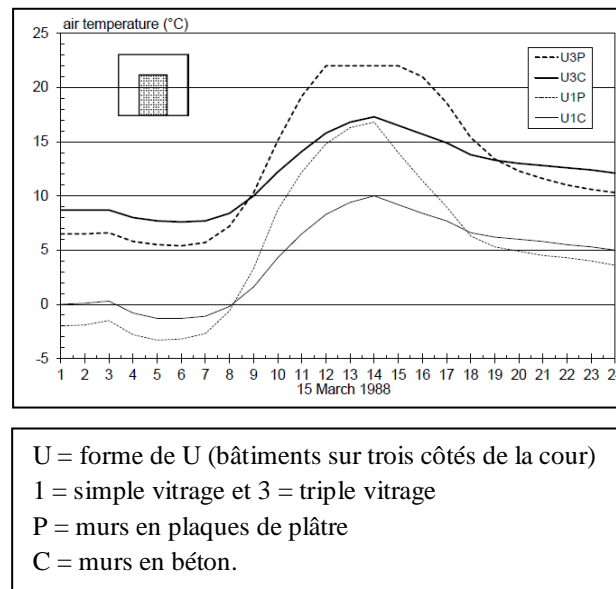


Figure III.9 : Température de l'air dans la cour : simple et à triple vitrage :
Le 15 mars 1988 à Lund (Wall, 1996)

¹⁰ Seasonal solar heat gain rate

III.2.3.6. Effet du métabolisme et l'habillement sur le PMV :

Wall M a essayé de vérifier l'efficacité de ce genre de bâtiment sur le confort en travaillant deux paramètres, le métabolisme et l'habillement. Les données sont affichées dans le tableau III.1.

Tableau III.1 : les données de la simulation : métabolisme et l'habillement (Wall, 1996)

Paramètre	Valeur	Remarque
Murs	/	en béton au niveau de 1,5 m, à 3 m du pignon vitré
Verrière	/	Vitrage simple
Vitesse de l'air	0,22 m/s	calculée en fonction de l'équation 7.1
Chauffage	/	l'espace vitré n'est pas chauffé
Métabolisme	1,9 met 1,2 met	-marcher lentement -une activité sédentaire (dans un bureau)
Habillement	0,75 clo 1,1 clo 1,5 clo	-le caleçon, la chemise et le pantalon -un singulet avec des manches courtes et une veste - pantalon, gilet, veste, manteau et bien sûr chaussettes et chaussures

D'après la figure III.10, l'espace vitré est confortable pendant la journée, si la personne porte au moins une veste et marche lentement. Cependant, l'ambiance est froide et très froide pour les gens qui travaillent dans un bureau (une activité sédentaire), et porte qu'un caleçon, une chemise et un pantalon. Les parois latérales avec des plaques de plâtre au niveau de 1,5 m à 3 m du pignon vitré.

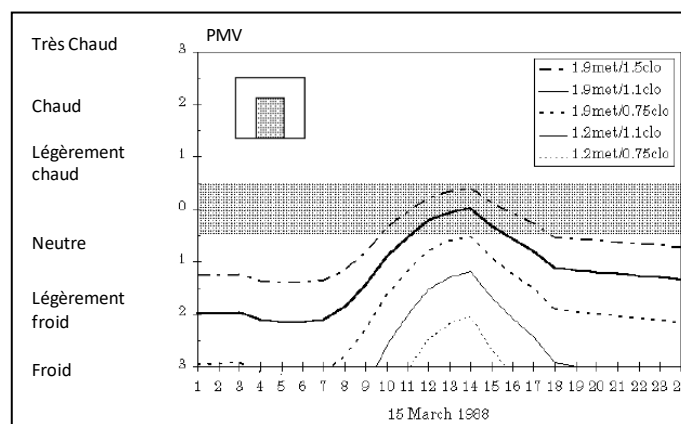


Figure III.10 : Le PMV dans la cour à vitrage simple :
Le 15 mars 1988 à Lund (Wall, 1996)

D'après la figure suivante, la faible inertie thermique donnera des températures de l'air plus élevée pendant la journée, mais une température plus basse au cours de la nuit. Aussi, une personne marchant dans la cour enlèverait probablement son veste pour se sentir à l'aise pendant la journée. La courbe correspond à une activité sédentaire avec un habillement léger passe par la zone de neutralité (zone de confort) mais toujours pendant la journée.

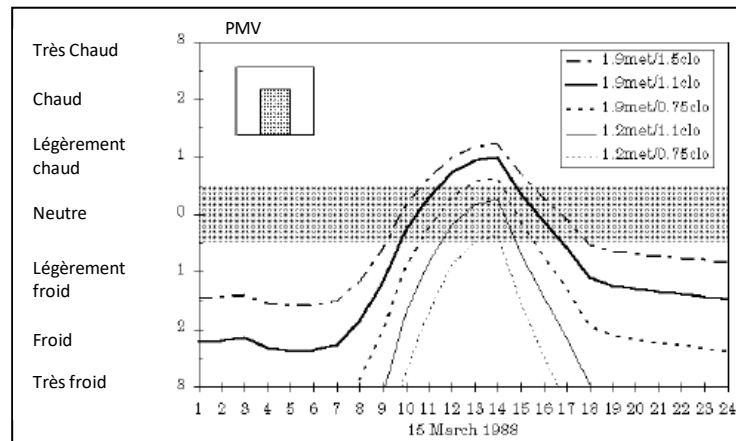


Figure III.11 : Le PMV dans la cour : triple vitrage :
 Le 15 mars 1988 à Lund (Wall, 1996)

III.2.3.7. Effet des espaces adjacents :

La conception de l'espace intérieur influe sur les rapports d'énergies. Cela a été étudié par Laouadi.A et al en testant deux formes d'atriums (le premier est un atrium ouvert aux espaces adjacents et le deuxième est un atrium fermé avec une verrière pyramidale). Dans ce cas, l'effet des espaces adjacents sur la performance énergétique dépend du type d'atrium, un espace ouvert réduit le taux d'énergie annuel de refroidissement jusqu'à 70 % pour l'atrium central, jusqu'à 41 % pour l'atrium intégré et jusqu'à 27 % pour l'atrium linéaire. Cependant, le taux d'énergie annuel de chauffage annuel a augmenté jusqu'à 19 % pour l'atrium central ou atrium à trois côtés, et diminue jusqu'à 6 % pour l'atrium linéaire.

Belmaaziz.M a étudié le degré d'alvéolaire sur la température centrale pour l'atrium étroit. Les graphes ci-dessous montrent les gradients thermiques obtenus au centre de chaque configuration (lisse et alvéolaire). D'après la figure III.12, le modèle lisse présente des températures homogènes depuis le sol jusqu'à 9 m. En effet, un écart d'environ 4 °C entre la verrière de 50 % et 100 % vitré.

La typologie en alvéole est différente par rapport à celle lisse, les températures sont moins élevées, et la stratification est plus moins claire depuis 6 m. Ainsi, la différence entre les deux courbes (50 % et 100 % vitré) est remarquable.

D'une manière générale, les variations de l'ambiance thermique sont remarquables surtout au niveau de la typologie en alvéole à partir du deuxième niveau (essentiellement pour l'atrium à 100 % vitré). C'est-à-dire les parties proéminentes dans l'atrium représentent des obstacles contre les rayons solaires ce qui produit de l'ombrage et donc une réduction dans les températures.

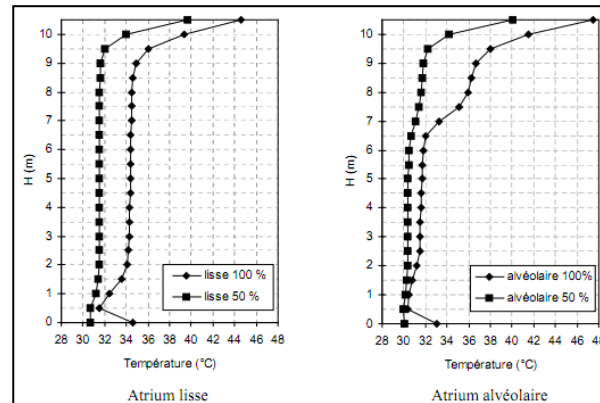


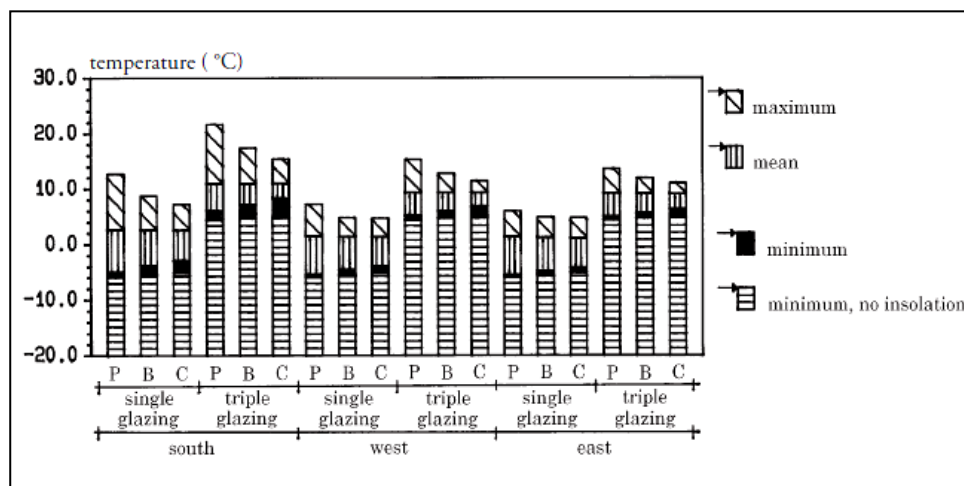
Figure III.12 : gradients thermiques au centre de l'atrium pour le type lisse et alvéolaire (Belmaaziz, 2003)

III.2.3.8. Effet de l'orientation :

Ce paramètre a été étudié par Wall M (1996) en vue de savoir son effet sur la température intérieure et la consommation énergétique. La forme choisie était une configuration intégrée avec trois orientations : est, ouest et le pignon vitré au sud.

L'auteur a prouvé que la température moyenne dans l'atrium orientée au sud est environ 2° C plus élevée que le côté ouest et est.

Aussi, l'orientation a plus d'impact avec une verrière triple vitrage (surtout en ce qui concerne la température maximale). Ainsi, les températures maximales les plus élevées sont observées pour le cas de plaques de plâtre pour les deux types de vitrages testés, et cela est remarquable essentiellement pour le cas du triple vitrage.



P = plaques de plâtre, B = brique, C = béton

Figure III.13 : Effet de l'orientation sur la température dans l'atrium en hiver (Wall, 1996)

III.2.3.9. Effet des occultations :

Pichatwatana.K et Wang.F (2013) ont traité l'effet des occultations internes de la verrière sur température de l'air. La recherche est faite à l'aide des simulations informatiques (TAS) sous les conditions climatiques du Sud de la Chine. Les dispositifs d'ombrage internes pour les deux cas étudiés diminuent d'une manière significative l'effet de la stratification des températures. Les résultats de la simulation révèlent que la configuration de l'ombrage au niveau du plafond est généralement plus efficace que la configuration sous le toit.

Le système de protection du premier modèle, disposé à une distance par rapport à la verrière, était généralement plus efficace que la protection accolée à la verrière en termes de performance thermique interne. « Ainsi, le premier modèle améliore le confort thermique en été en réduisant la température de l'air avec une gamme de 0,93-0,95 % et la température résultante entre 2 et 4,13 % » (Pichatwatana et Wang, 2013).

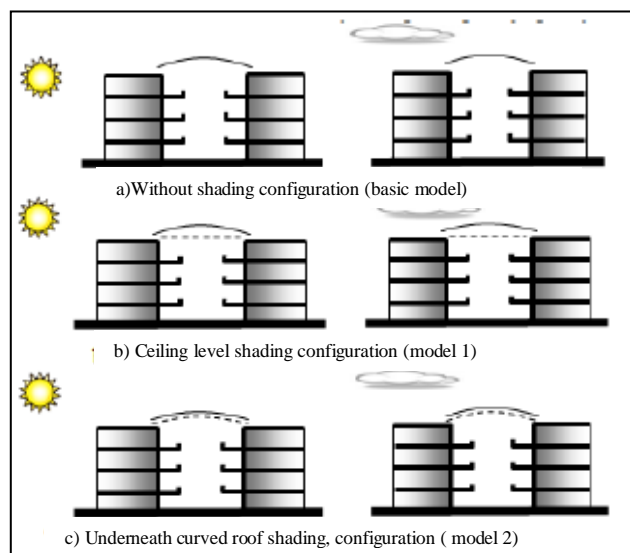


Figure III.14 : Effet de l'occultation sur la température intérieure
(Pichatwatana et Wang, 2013)

Danielski.I et al (2016) ont réalisé des simulations informatiques pour vérifier l'effet de la protection solaire sur la demande de refroidissement spécifique (la demande de refroidissement divisée par zone d'appartement).

Dans cette section, il s'agit de réduire le taux de transmittance solaire à travers la zone vitrée de l'atrium en utilisant des écrans solaires. (lorsque la température intérieure est supérieure à 23 °C). D'après les auteurs, elle a eu un effet significatif sur la demande de refroidissement dans l'atrium.

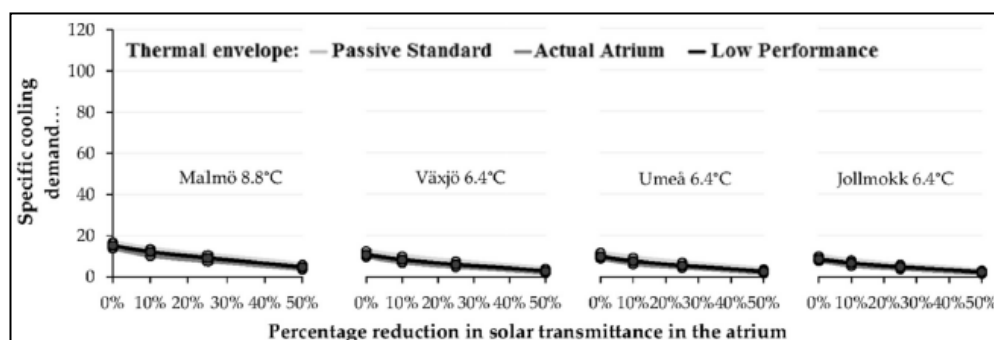


Figure III.15 : L'effet de la protection solaire dans l'atrium sur la demande de refroidissement spécifique pour différents climats (Danielski et al 2016)

III.2.3.10. Atrium et ambiance

Le travail de Daoudi Nadia Samia est porté sur un immeuble à atrium colonial (cas d'Alger). Il s'agit de vérifier l'application d'une démarche interdisciplinaire pour la caractérisation des ambiances architecturales. Parmi les résultats obtenus sont ceux de confort adaptatif d'été et d'automne (voir figure III.16). Globalement, les températures de confort sont acceptables pendant les deux périodes. Cependant, durant l'été, les températures dépassent la limite supérieure de confort, mais l'ambiance est acceptable. Selon cette auteure : « aussi, même si les températures de confort calculées se trouvent en dehors de la zone de confort, et ce entre 25 et 30 °C, nous verrons dans les discussions ci-après que nonobstant certaines recommandations, ces températures peuvent être acceptables » (Daoudi, 2013).

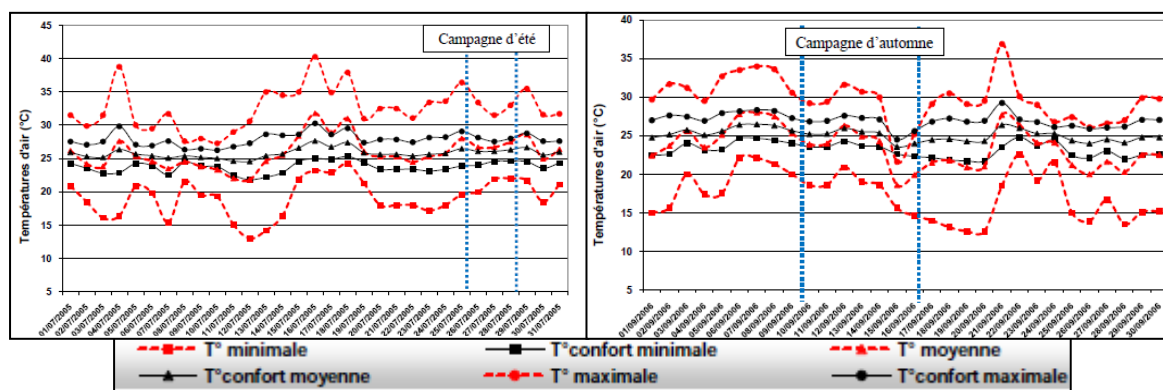


Figure III.16 : Standard de confort adaptatif, à gauche : campagne d'été, à droite : campagne d'automne (Daoudi, 2013)

L'analyse du vécu des usagers est basée sur un échantillon composé de 34 locataires, dont le nombre des femmes avec d'une tranche d'âge comprise entre 25-50 ans (elle représente le taux le plus élevé). Les résultats montrent que l'ambiance thermique est plus ou moins confortable au deuxième étage et au troisième en période estivale. Durant l'automne, le confort touche une population plus large que l'été.

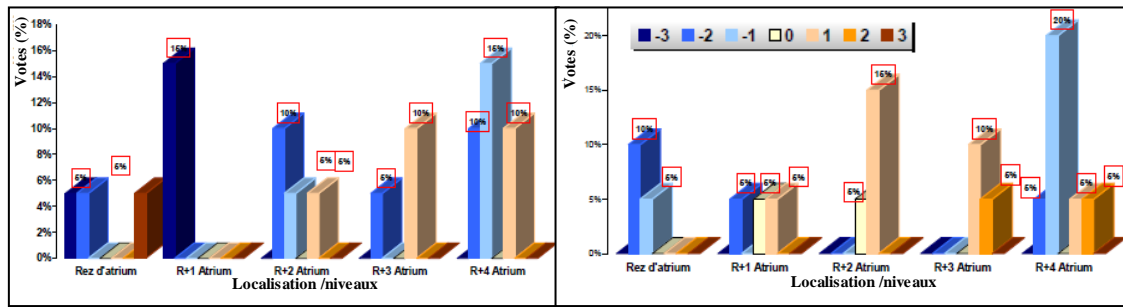


Figure III.17 : Évaluation du degré de satisfaction de l'ambiance thermique, à gauche : confort d'été, à droite : confort d'automne (Daoudi, 2013)

Danielski.I et al (2016) ont soulevé plusieurs avantages de l'atrium dans le bâtiment. L'atrium chauffé et les balcons intérieurs ont été utilisés par plus de 85 % d'entre eux pour les activités sociales impliquant la famille, les amis ou les voisins. Cependant, tous les répondants, sauf un, a convenu que l'atrium chauffé facilite leur interaction plus souvent avec leurs voisins. 90 % ont convenu que l'atrium leur donne un sentiment de « voisinage et d'appartenance » et 65 % ont déclaré que cela procurait un sentiment de sécurité.

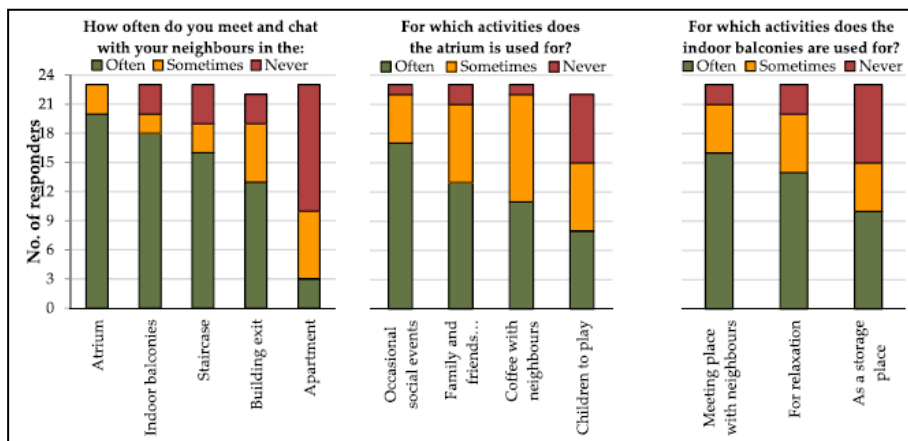


Figure III.18 : Réponse aux questions concernant les aspects sociaux (Danielski et al, 2016)

III.3. Caractérisation des ambiances aérauliques dans les atriums :

III.3.1. Le champ aéraulique :

L'air peut circuler à l'intérieur du volume de l'atrium selon les positions des entrées et des sorties d'air pour créer un champ de vitesses et de directions. Ce champ aéraulique peut avoir une influence sur le champ thermique ou être modifié par celui-ci. Il peut modifier encore les sensations de confort à l'intérieur de l'atrium.

Selon Belmaaziz (2003) : « Il existe plusieurs stratégies de ventilation appliquées aux cas des atriums. Les plus couramment employées sont résumées par Yioshino » (Belmaaziz, 2003).

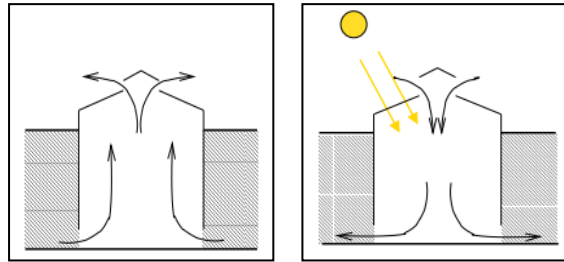


Figure III.19 : à droite la stratégie de ventilation avec préchauffage de l'air dans l'atrium, à gauche la stratégie de ventilation avec extraction d'air dans l'atrium (Humbert, 2002)

La figure ci-dessous (III.20) montre comment les différents niveaux de pression dans le bâtiment créent un effet de tirage. Il évacue l'air et qui, en même temps, fait entrer de l'air frais par les ouvertures inférieures. Ce système d'un rapport coût/efficacité optimal réduit la nécessité de ventilation motorisée ou de climatisation.

L'effet de tirage naturel facilite la ventilation de tout le bâtiment. La géométrie et les gains internes et solaires, peuvent induire de cheminée permettent de ventiler naturellement les espaces adjacents. Il réduit les consommations d'énergie liées au système de conditionnement et aux ventilateurs.

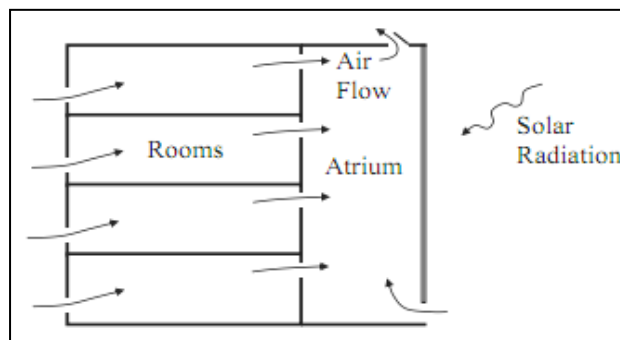


Figure III.20 : La ventilation naturelle dans le bâtiment à atrium (Shafqat, 2012)

III.3.2. Les sortes de ventilation dans les atriums :

Selon Moosavi et al (2014), il existe cinq types de ventilation (figure III.21). Ces mécanismes peuvent ventiler l'atrium et les espaces mitoyens. Ainsi, ce dispositif participe à un Préchauffage de l'air extérieur, comme il peut le refroidir.

- A. Réception d'air de l'environnement et l'expulser à l'extérieur (effet de cheminée).
- B. Réception directe de l'air et le contacter vers les pièces environnantes (fournir air frais)
- C. L'atrium reçoit des airs d'ambiance aux alentours et l'échapper vers l'extérieur (Fournir air frais et conduire l'air stagnant)
- D. L'atrium est directement et indirectement ventilé et échapper l'air vers l'extérieur (Échapper air chaud).
- E. L'atrium est directement ventilé et évacuer l'air à partir du toit (Préchauffage de l'air).

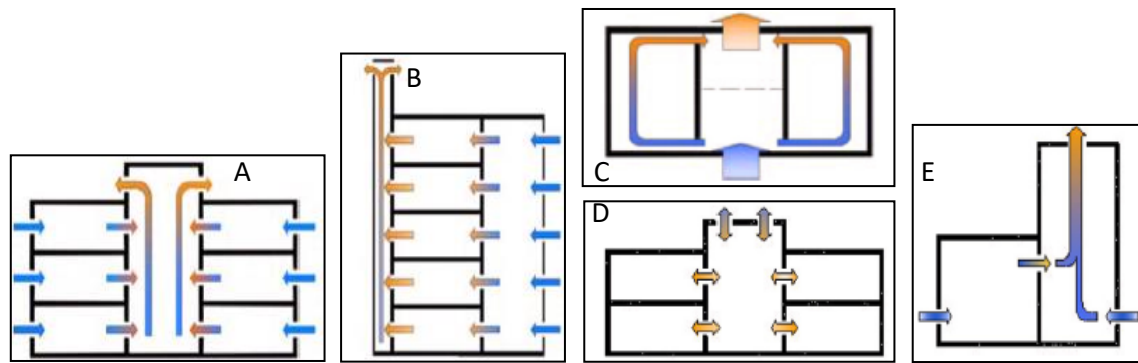


Figure III.21 : Les différents modèles de ventilation dans les atriums (Moosavi et al, 2014)

III.3.3. Stratégies de ventilation adoptée dans les atriums :

L'étude de la ventilation est primordiale sur le plan hygiénique et thermique. La présence de l'atrium modifie l'organisation de la ventilation du bâtiment. Dans ce dispositif, les mouvements d'air dépendent de la saison, du moment de la journée, de la configuration et de l'effet recherché.

En hiver, un préchauffage de l'air neuf extérieur, car celui-ci est moins chaud que l'air de l'atrium. En période ensoleillée, ce dispositif sert de capteur solaire.

Le placement de la prise d'air neuf, la taille, l'orientation des orifices sont des paramètres qui méritent d'être étudiés, tout particulièrement dans les bâtiments où les taux de renouvellement d'air souhaités sont très élevés (laboratoires, salles de spectacles, ...).

En été, on peut tirer profit de l'effet de cheminée afin de créer un mouvement d'air traversant, de l'extérieur vers l'atrium. Lorsqu'il fait très chaud cette thermo-circulation peut être maintenue de nuit afin de refroidir les structures comprises dans l'atrium. Une ventilation efficace pourra s'établir à condition de disposer d'ouvrants au niveau du sol et de la toiture (afin de tirer profit de l'effet de cheminée) : la taille des bouches d'air, leurs emplacements, les vitesses d'air générées sont autant de paramètres à considérer.

Avec des recherches expérimentales sur 14 bâtiments à atrium, Yoshino et al (1995) ont arrivé à des mécanismes pour contrôler les ambiances thermo-aérauliques, de chauffage, protection solaire, ventilation et rafraîchissement. D'après Belmaaziz (2003) : « *il existe plusieurs stratégies de ventilation appliquées aux cas des atriums. Les plus couramment employées sont résumées par Yoshino* » (voir figure III.22). L'application de ceux-ci était sur les planchers et le toit de l'atrium.

D'abord, les techniques de ventilation sont des méthodes passives ou actives localisées. La méthode (a) sert à diffuser l'air conditionné vers le bas du mur au niveau du premier étage. Quant à la deuxième (b), consiste à un plancher réversible qui est utilisé pour chauffer ou rafraîchir surtout le rez-de-chaussée. La troisième méthode (c) permet le rafraîchissement individuel. Les méthodes (d) et (e) sont des procédés appliqués sur le toit (ventilation naturelle et ventilation mécanique respectivement). La dernière méthode (f), un ventilateur convecteur dans les niveaux supérieurs. Concernant les protections solaires intégrées à la surface intérieure du vitrage de l'atrium (méthode g et h).

Enfin, le chauffage de l'atrium s'effectue par des contrôles localisés ou des rideaux d'air (méthode c : contrôle localisé, méthode i : système de rideau d'air pour séparer le grand volume vitré des espaces adjacents, méthode (j) : rideau d'air horizontal au niveau de l'étage du milieu pour empêcher l'air de monter, méthode (k) : diffusion d'air chaud sur les surfaces de verre pour éviter de la condensation).

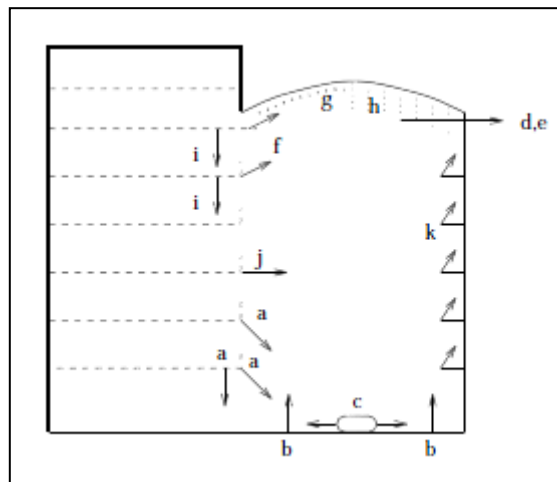
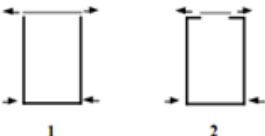
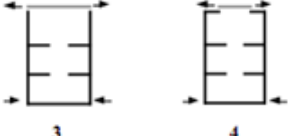
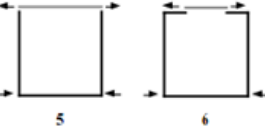
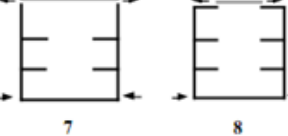


Figure III.22 : Stratégies de contrôle thermo-aéroulrique recensés au Japon d'après Yoshino et al (Humbert, 2002)

Belmaaziz M (2003) a étudié le comportement thermo-aéroulrique de plusieurs atriums disposant deux ouvertures en partie basse près du sol et deux autres en partie haute sous la toiture. Le renouvellement d'air est considéré seulement par ventilation naturelle (par tirage thermique : absence de vent). Le choix des cas d'étude était porté sur un modèle (étroit) et sur deux configurations, lisse et en alvéole.

Aussi, l'auteur a testé deux types d'ouverture vers le ciel (50 % et 100 %). D'après ces données, il a testé 8 variantes, d'une hauteur de R+2 (trois niveaux). La simulation des champs des températures et des mouvements d'air était prise à 13h00.

Tableau III.2 : Les différents cas simulés en ventilation naturelle

Atrium étroit	Configuration lisse		Configuration alvéolaire	
Vitrage zénithal	100 %	50 %	100 %	50 %
Ventilation naturelle	 1 2		 3 4	
Atrium étroit	Configuration lisse	Configuration alvéolaire	Configuration lisse	Configuration alvéolaire
Vitrage zénithal	100 %	50 %	100 %	50 %
Ventilation naturelle	 5 6		 7 8	

La figure (III.23) montre la distribution des températures verticales et l'écoulement de l'air au centre de l'atrium (d'une configuration lisse, étroite et vitrage 100 %). Globalement, on peut constater que les températures de l'air sont entre 34 et 35 °C pour une hauteur de 2 m jusqu'à 9 m, la partie haute et basse, respectivement de 35-44 °C et 30 °C.

Selon le chercheur, « les vitesses d'air les plus importantes apparaissent au niveau des bouches d'air, elles avoisinent 1 m/s (en entrée ou en sortie). Dans le reste du volume, les vitesses sont assez faibles. Près de la paroi Est, les vitesses d'air sont un plus élevées, ce qui correspond à un mouvement d'air ascendant dû à l'ensoleillement de la paroi » (Belmaaziz, 2003).

La deuxième typologie testée était un atrium étroit, mais d'une configuration alvéolaire et vitrage 100 %. L'examen de la figure, présentant la répartition des isothermes et la vitesse de l'air dans le plan vertical précédemment indiqué, permet de constater l'influence de la hauteur sur la vitesse de l'air et les températures. Celles-ci se divisent en deux parties à partir de 6 m. La partie haute (6-9 m) présente les valeurs les plus importantes entre 32 et 47°C. Alors que la partie basse (0,5 et 6 m) est la plus froide, entre 30 et 32 °C.

Pour la vitesse de l'air le même principe qui se répète, les valeurs les plus importantes sont celles qui sont enregistrées à proximité des entrées et des sorties d'air (1 m/s). Le reste du volume marque une vitesse faible, mais à part quelques zones, les planchers du 2^{ème} étage et les parois se distinguent par des vitesses un peu élevées.

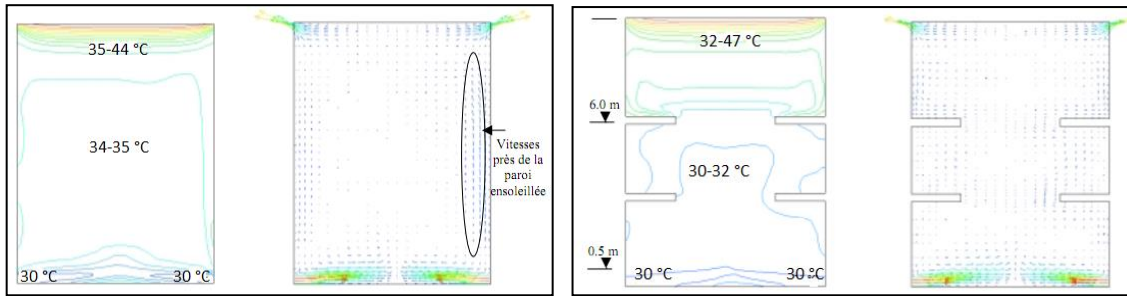


Figure III.23 : à gauche : isothermes et vecteurs de vitesse de l'air (atrium lisse),
à droite : isothermes et vecteurs de vitesse de l'air (atrium alvéolaire), (Belmaaziz, 2003)

III.4. Caractérisation des ambiances lumineuses dans les atriums :

La percée de l'atrium est la source de la lumière naturelle, elle l'a permis de mieux pénétrer à l'intérieur des espaces contigus. Subséquemment, cela conduit à une consommation énergétique réduite. Par ailleurs, la spécificité des ambiances lumineuses dans les atriums et les espaces adjacents sont complexes. Elles dépendent de plusieurs paramètres, qui se varient entre des facteurs extrinsèques et intrinsèques, tels que : le climat, le type de ciel, la forme de l'atrium, les rapports géométries, les cursives, l'orientation, proportion des fenêtres dans les murs de séparation (le pourcentage de la fenestration), qualité du vitrage (la transmission lumineuse de la couverture transparente), la réflectance des surfaces intérieures, l'inclinaison et la réflectivité des murs de séparation. Enfin, ce sont les dimensions de l'atrium qui produisent probablement l'impact le plus important sur la pénétration de la lumière naturelle.

III.4.1. Les paramètres agissant sur la lumière dans les atriums et les espaces adjacents :

Les recherches présentées ci-dessous sur l'ambiance lumineuse des bâtiments à atrium sont concentrées sur son côté quantitatif. Elles sont basées sur la simulation numérique afin de déterminer le FLJ sur le plan horizontal et vertical. D'après Dekay Mark (2010), la qualité de l'éclairage naturel des espaces adjacents à l'atrium dépend des variables suivantes :

- les conditions climatiques : la quantité de lumière disponible pour un climat donné
- Le type du système d'ouverture de la toiture (verre, ouverture, structure) : le degré d'ouverture et la transmission visuelle de la toiture de l'atrium.
- Le rapport largeur/hauteur de l'atrium.
- La réflectivité des surfaces intérieures.
- La taille et la position des ouvertures intérieures : la dimension, position et transmission visuelle des surfaces vitrées donnant sur l'atrium.

III.4.1.1. Les conditions climatiques :

Dekay Mark a donné le FLJ correspond pour les latitudes : 28°-38°, 40°-48°, 50°-52°, 54° respectivement avec les taux suivants : 1.5-2.0, 2.5-3.0, 3.5-4.0 et 4.5 (Dekay, 2010).

III.4.1.2. Les rapports géométries :

a. La configuration de l'atrium :

Lorsque l'atrium est la source de la lumière pour les espaces adjacents, il doit être dimensionné soigneusement. En fait, les caractéristiques géométriques de l'atrium concernent la configuration au niveau du plan (carré, rectangle, circulaire, ...), la taille et les proportions (les indices géométriques de l'atrium).

Erlendsson Örn : « Mais à part les coins de la forme carrée, la forme circulaire offre tout à fait une distribution similaire de la lumière du jour à la forme carrée. La forme triangulaire est la moins favorable des trois formes. On peut toutefois faire valoir que la forme de l'atrium devrait refléter l'ensemble du bâtiment (Erlendsson, 2014).

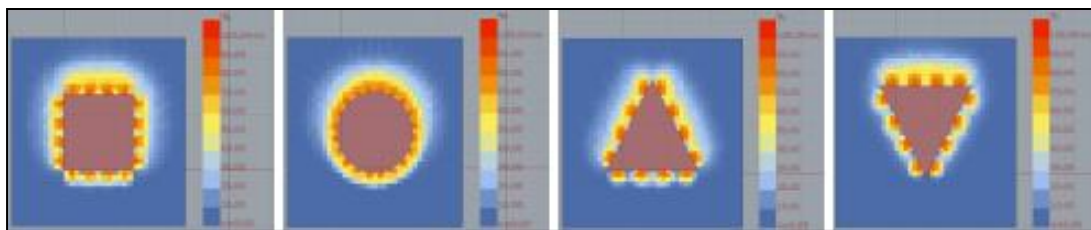


Figure III.24 : Répartition de la lumière du jour comparée entre 4 formes différentes d'atrium (Erlendsson, 2014)

L'étude de Matusiak, Aschehoug et Littlefair (1999), par exemple, prouve que la forme carrée prévoit un FLJ environ 10 % plus que la forme rectangulaire, bien qu'il soit moins éclairé près des coins (Kuan, 2006).

b. Les indices géométriques : (SAR, PAR, WI) :

Ces indices sont liés aux dimensions de l'atrium (longueur L, largeur W et hauteur H). Le PAR (plan aspect ratios : $PAR=(W.L)/H^2$), représente la relation entre les trois dimensions. Le coefficient SAR (SAR : section aspect ratios : H /W), représente le rapport entre la hauteur de l'atrium par rapport à sa largeur. Le WI (Well Index : $[H. (W+L)] / 2 .W.L$) est le PAR et SAR amené ensemble. Les ratios WI et SAR sont considérés comme les facteurs les plus importants pour déterminer la quantité de la lumière de jour qui atteint l'atrium et les espaces adjacents. En général, lorsque WI ou SAR est grand indique que l'atrium est étroit et sa base reçoit moins de lumière avec peu de pénétration de lumière dans les niveaux adjacents inférieurs. Inversement, lorsque WI est petit, cela indique que l'atrium est large par rapport à la hauteur. Donc, les espaces adjacents acquièrent probablement plus

de lumière. La figure présentée ci-dessous est un moyen pour dimensionner un atrium central, éclairé par le haut. Il donne le FLJ moyen dans les pièces adjacentes à l'atrium pour plusieurs formes.

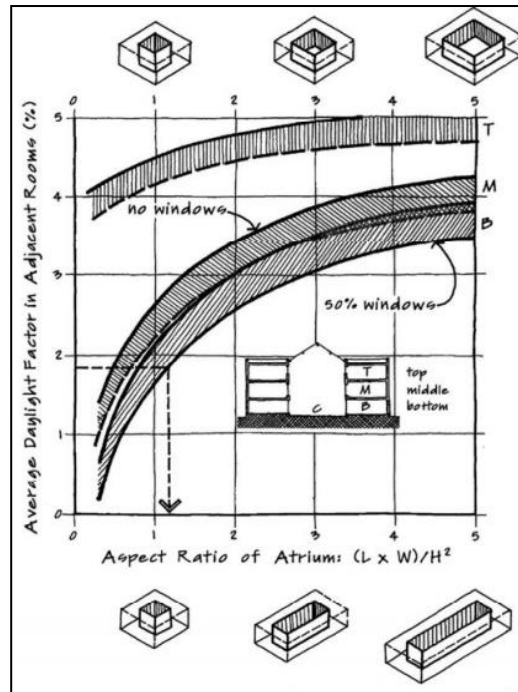


Figure III.25 : L'éclairage dans les espaces adjacents selon la taille de l'atrium (PAR), (Brown et DeKay (2001) cite par DeKay, (2010))

-L'indice (WI) :

Jiangtao D et Sharples.S (2009) ont étudié l'effet de l'indice WI sur le FLJ par le logiciel Radiance. Et cela, afin d'analyser l'impact de la géométrie et de la réflectance de la surface sur les niveaux de lumière du jour vertical sous un ciel couvert selon la norme CIE.

Le travail de ces auteurs consiste à évaluer le FLJ dans l'atrium pour des valeurs différentes de WI (de 0,25 à 1,5) et la réflexion des parois et sols varie entre : 0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8). Le FLJ a été donné pour trois positions horizontales (position basse, moyenne et haute) et pour trois lignes verticales : 10 %, 30 %, 50 % (voir figure III.26).

Les auteurs ont prouvé que plus l'indice WI est grand, plus FLJ se décroît. Donc, les atriums superficiels sont plus éclairés.

Aussi, ils ont déterminé le FLJ vertical et horizontal en maintenant le WI à 1,5 et la réflexion des surfaces à 0,4. Leur conclusion était que le FLJ est plus grand dans la position haute et sur la ligne centrale (50 %). Il se diminue en se dirigeant vers le coin (vers la ligne 10 %). Alors que la position basse présente les valeurs les plus basses pour toutes lignes (de 10 %, 30 % et 50 %). Aussi, ils ont trouvé que le FLJ près de la verrière et sur le point 1/4 h est très remarquable.

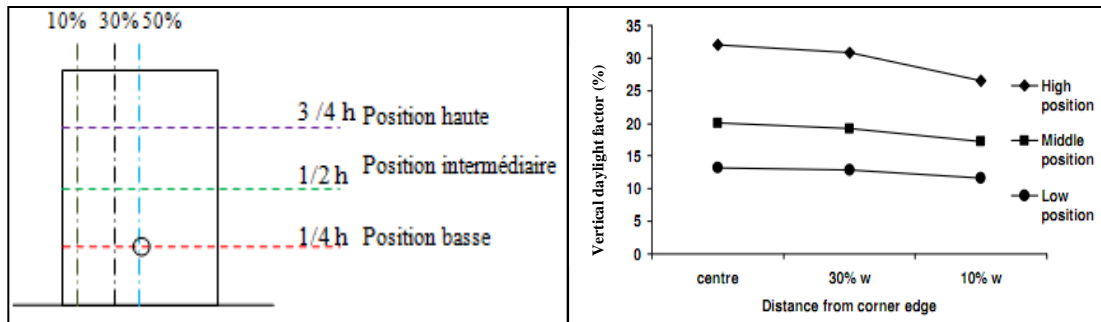


Figure III.26 : à gauche : les points de mesures de FLJ, à droite : facteur de l'éclairage vertical selon les trois lignes horizontales (WI =1.5), (Jiangtao Du et al réadapté par l'auteure)

III.4.1.3. L'inclinaison, la réflectivité des surfaces intérieures de l'atrium :

a. L'inclinaison des murs de séparation :

Les murs de séparation influent considérablement sur la détermination de la quantité de la lumière dans l'atrium et les espaces adjacents. De point de vue réflectivité des surfaces et leur inclinaison (figure III.27).

Reiter et De Herde (2004) ont souligné que « *des murs inclinés à 10°, pour un atrium carré construit de manière à ce que la surface totale des étages soit identique au cas où les murs seraient droits, apportent considérablement plus de lumière au niveau du sol de l'atrium [...]. En général, il est conseillé d'adopter une forme évasée dès que la hauteur de l'atrium dépasse le double de sa largeur. Les murs ne doivent pas être obliques pour autant, il suffit de créer un décalage du mur de façade de l'atrium à chaque étage* » (Reiter et De Herde , 2004).

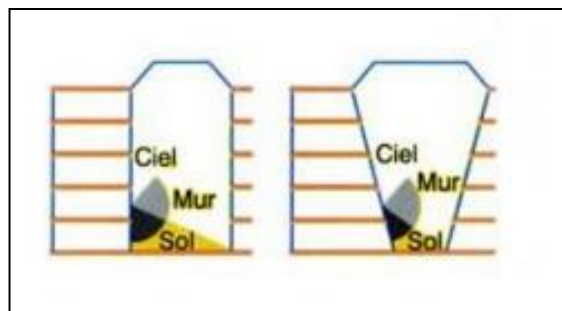


Figure III.27 : Modification de la distribution lumineuse en fonction de l'inclinaison des parois de l'atrium (Reiter et De Herde , 2004)

Selon Erlendsson.O (2014), la forme V présente un atrium plus large au sommet qu'à sa base. Elle apporte une augmentation perceptible de la lumière sur tous les étages. La conception de l'atrium, comme suggéré ci-dessus, n'entraîne pas une meilleure lumière du jour. La lumière est sensiblement mieux sur les plans d'étages supérieurs de la forme X (ils ont plus de vue vers le ciel).

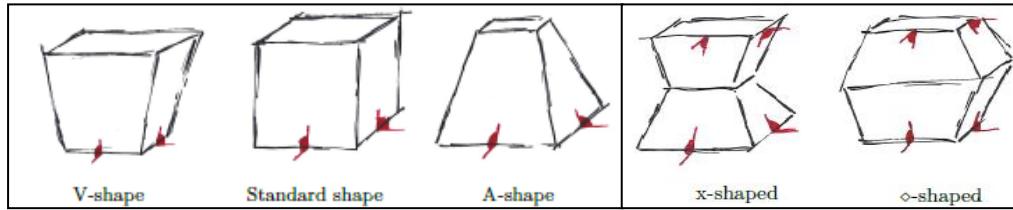


Figure III.28 : .Effet de la conception de l'atrium sur la lumière (Erlendsson, 2014)

b. La réflectivité des murs de séparation

- La réflexion des surfaces de l'atrium :

Détermine la quantité de lumière qui va être réfléchiée vers les étages inférieurs ou transmis aux adjacentes espaces. Cela est lié à la conception de façade de l'atrium qui comprend la réflexion des surfaces, taille des fenêtres et leurs positionnements, l'utilisation de l'éclairage naturel avec des systèmes (étagère lumineuse, boules de lumière). Selon Reiter et De Herde, « *le facteur de réflexion des surfaces exerce une influence primordiale sur la distribution de la lumière dans un atrium. La pénétration en profondeur de la lumière naturelle est privilégiée par des surfaces claires et réfléchissantes. Cet effet est d'autant plus grand que l'atrium est haut. Lorsque l'atrium est profond, le facteur de réflexion des murs est nettement plus important que celui du sol, qui affecte surtout la quantité de lumière reçue par l'étage inférieur* (Reiter et De Herde, 2004).

Selon Nick Baker et al, l'éclairage naturel utile dans les pièces adjacentes à un atrium se compose de la lumière du ciel, de la lumière réfléchiée par les murs de l'atrium et de la lumière réfléchiée par le sol (Baker et al, 2002), voir figure III.29.

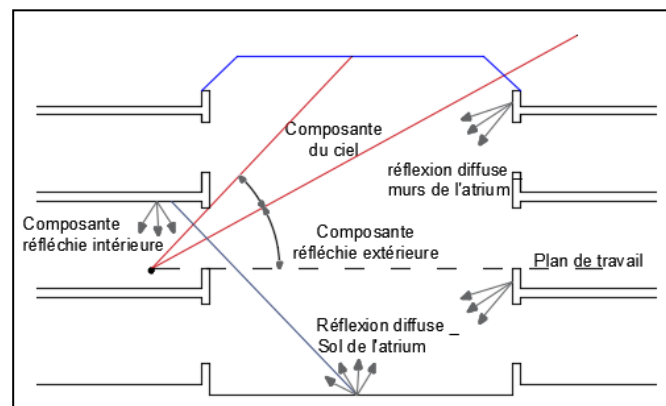


Figure III. 29 : L'éclairage naturel utile dans les pièces adjacentes d'un atrium (Baker et al, 2002, redessiné par l'auteur)

Aussi, Jiangtao et al ont étudié ce paramètre et son effet sur le FLJ v (FLJ selon un axe vertical). Pour montrer les effets de la réflexion des parois de l'atrium sur le FLJ v, les chercheurs ont fixé la réflexion du sol (de l'ordre de 0.2). Aussi, les réflexions des murs

sont différentes (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8). Des prélèvements de FLJ v ont été pris à partir de la position intermédiaire dans l'atrium et suivant trois lignes verticales (10 %, 30 % et 50 %). D'une manière générale, le FLJ v augmente proportionnellement suivant l'accroissement de la réflexion pour toutes les lignes verticales (essentiellement 60 % et 80 %). Les estimations de FLJ v dans la ligne centrale et la ligne de 30% ont presque les mêmes valeurs, mais les résultats de la ligne 10 % diminuent considérablement (figure III.30)

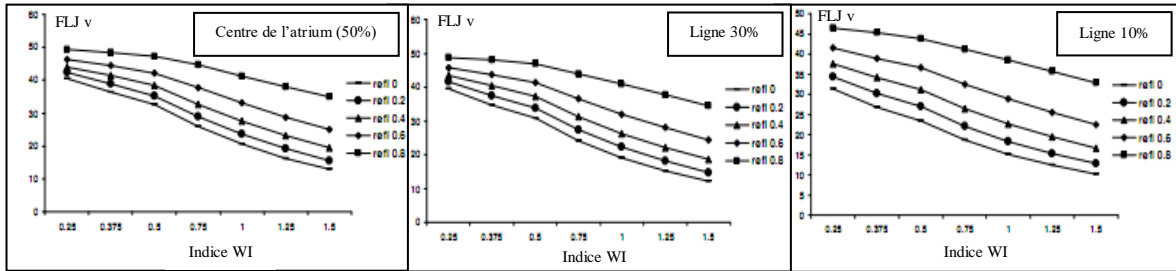


Figure III.30 : L'effet de la réflexion des murs de l'atrium sur le FLJ v (Jiangtao et al, 2009)

Calcagni et Paroncini (2004) ont abordé l'influence de la réflexion des surfaces de l'atrium sur le FLJ. Des simulations ont été effectuées sur 10 atriums (9 formes carrées et une rectangulaire) avec WI de 0,21 à 1,47 en faisant varier la réflexion des murs de 1 %, 50 %, 70 % et 90 %.

Les auteurs ont prédit le FLJ horizontal par le logiciel « Radiance » dans l'atrium et les espaces adjacents à partir d'une distance de 4 m par rapport à la fenêtre de l'espace contigu (l'investigation est sous un ciel couvert). Selon la figure III.31, le FLJ diminue sévèrement lorsque WI augmente à partir de 0,21-0,75, néanmoins, lorsque WI augmente de 0,75 à 1,29, toutes les valeurs de FLJ sont presque similaires. Cela signifie que le changement de la géométrie à ce rang a limité l'influence de la réflectivité des murs sur le FLJ des espaces adjacents. D'autre part, les valeurs FLJ pour les niveaux bas de l'atrium peuvent augmenter considérablement si les parois de l'atrium sont principalement composées de surfaces opaques et réfléchissantes et un indice faible de WI.

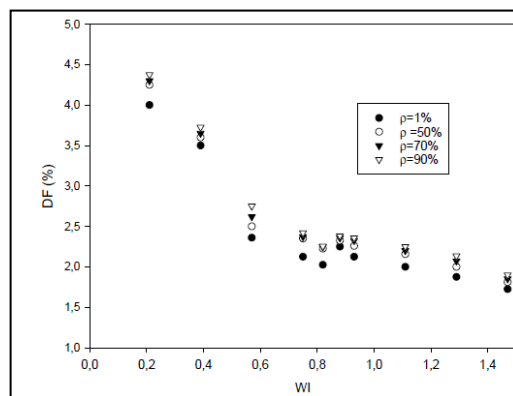


Figure III.31 : FLJ dans les espaces adjacents pour différents taux de réflexion des murs (Calcagni et Paroncini, 2004)

- L'effet de facteur de réflexion du sol :

Jiangtao et al (2009) ont modifié la réflexion du sol comme suit : (0, 0.2, 0.4, 0.6, 0.8), la réflexion des murs est fixée à 0,4. Les trois graphes se comportent presque de la même façon. Avant le point de convergence, l'augmentation de la réflexion du sol agrandit le FLJ. Et toutes les valeurs FLJ se décroissent avec l'augmentation de WI (pour toutes les réflexions). À partir de $WI \geq 1$, les courbes se convergent, et la différence entre les valeurs de FLJ est imperceptible pour toutes les réflexions de sol. Cela indique que la réflexion du sol de l'atrium n'a pas d'influence sur l'atrium profond. Les atriums superficiels, sont les plus éclairés (FLJ est élevé), cela explique que la réflexion du sol influe considérablement sur le niveau d'éclairage des atriums peu profonds.

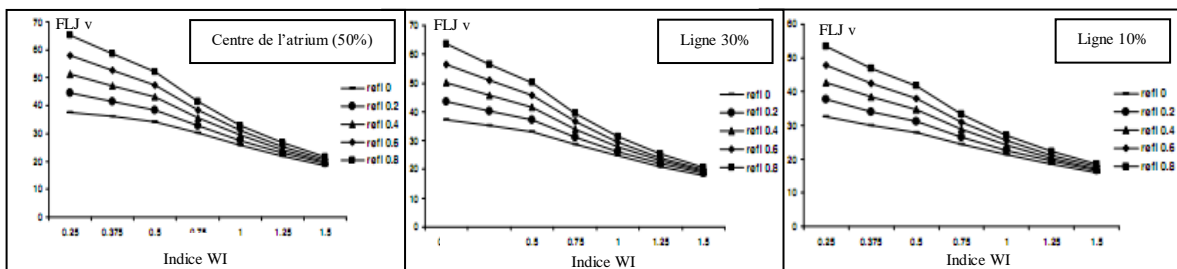


Figure III.32 : effet de la réflexion du sol de l'atrium sur le FLJ v (Jiangtao et al, 2009)

III.4.1.4. La surface de la fenestration :

Il est primordial d'assurer une fenestration suffisante entre l'atrium et les espaces adjacents et d'en valider la zone éclairée naturellement, aussi appelée zone passive. Le degré d'ouverture vitrée de la façade intérieure peut aussi diminuer progressivement du bas vers le haut pour tenir compte de la disponibilité de la lumière naturelle et éviter la surchauffe des espaces situés près de la toiture de l'atrium (Demers et Potvin, 2004).

a. Effet de pourcentage de vitrage des murs d'atrium :

Swinal.S a examiné l'effet de la composition de la façade, en termes de pourcentage de vitrage, sur le facteur de la lumière de jour (FLJ) dans l'atrium et l'espace adjacent. Des simulations ont été effectuées sur un atrium carré, de cinq étages en faisant varier le pourcentage du vitrage de haut vers le bas d'une manière progressive.

L'auteure a conclu que pour un bâtiment de taille moyenne, l'augmentation progressive de vitrage de haut en bas a une influence limitée sur la lumière du jour dans l'atrium et ses espaces adjacents. Aussi, elle a également déduit que la composition de la façade n'influe pas sur l'étage inférieur où plus la lumière du jour est généralement nécessaire. Mais elle peut avoir une influence significative sur les deux étages supérieurs.

Ainsi, pour un immeuble de cinq étages (WI de 0,8), le meilleur résultat était avec les pourcentages d'ouvertures suivants : 60 %, 79 %, 92 %, 98 %, 100 % respectivement pour le 5, 4, 3, 2, 1^{er} étage et le RDC.

Selon Reiter et De Herde : « *les fenêtres des étages supérieurs pourraient être plus petites que celles des étages inférieurs, etc. Adapter la taille des ouvertures donnant sur l'atrium à l'étage auquel elles appartiennent est donc également un élément essentiel de l'efficacité de cet espace de distribution lumineuse. Par exemple, les parois entourant l'atrium d'un bâtiment de 3 étages pourraient être composées d'environ 40 % de vitrage pour le niveau supérieur, 70 % pour le niveau intermédiaire et 90 % pour le niveau inférieur* » (Reiter et De Herde, 2004).

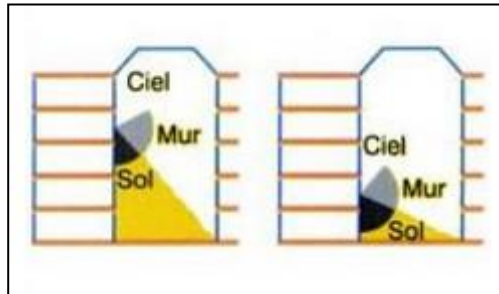


Figure III.33 : Modification de la distribution lumineuse entre les différents étages d'un atrium (Reiter et De Herde, 2004)

Conclusion :

Cet état de l'art aborde de nombreux travaux liés à l'ambiance thermo-lumineuse dans les atriums et les espaces contigus. En général, ce sujet objet de notre recherche est évoqué par plusieurs chercheurs et dans divers climats. L'intérêt de ces études est de vérifier certains paramètres de conception de ce dispositif sur les températures, la consommation d'énergie, FLJ et PMV.

D'après cette littérature sur la dimension thermique des bâtiments à atrium, on peut conclure que les paramètres qui déterminent la réponse thermique d'un atrium et son influence sur le confort des utilisateurs sont nombreux, citons-les :

- La configuration de l'atrium (central, linéaire, intégré...)
- Le type de l'atrium (lisse, en alvéole, partiellement alvéolaire ou partiellement lisse).
- Le type de vitrage et son pourcentage dans le plafond et les fenêtres des parois de l'atrium
- La forme de la verrière (pyramidale, plate, dôme, ...)

- Le ratio hauteur/largeur de la section de l'atrium
- L'orientation des parois séparant l'atrium et ses volumes adjacents (cas des atriiums linéaires) ;
- Les protections solaires des surfaces vitrées ;
- Le taux de ventilation du volume ;
- L'isolation et l'inertie thermique des parois ;
- Le positionnement des espaces praticables dans le volume de l'atrium
- Une ventilation naturelle dans les atriiums peut créer un effet de tirage et donc un abaissement de la température de l'air (elle peut rétablir le confort et minimiser les consommations d'énergies)

Aussi, le travail consiste à montrer que presque tous les indicateurs cités en haut, sollicitent l'ambiance lumineuse :

- La géométrie a un effet important dans la détermination de lumière atteignant l'intérieur de l'atrium et les espaces contigus (WI, SAR). Ainsi, la forme carrée prévoit un FLJ meilleur que la forme rectangulaire.
- Pour mieux éclairer naturellement les espaces adjacents, il faut prévoir un pourcentage décroissant des surfaces de fenêtres donnant sur l'atrium.
- La réflectivité des murs de l'atrium et le sol influent considérablement sur le FLJ. Ceci s'accroît proportionnellement suivant l'augmentation de la réflexion des surfaces.
- L'inclinaison des murs de séparation joue un rôle essentiel, la forme V procure un changement perceptible de la lumière sur tous les étages.

Introduction :

L'investigation in situ explore les phénomènes observés sur place et permet de les expliquer et les jauger scientifiquement afin d'apporter des réponses tangibles aux questions de la recherche. Étant donné que cette étude a pour objectif d'examiner la qualité de l'environnement thermo-lumineux des bâtiments à atrium, un ensemble de méthodes et d'outils complémentaires a été adopté pour des évaluations quantitative (mesures des paramètres climatiques tels que températures de l'air, humidités, vitesses de l'air et éclairagements) et subjective (réactions et adaptations des usagers vis-à-vis des paramètres environnementaux suscités). Pour cette dernière évaluation, on a opté pour l'observation, l'entretien, le questionnaire (des questions fermées) et la photographie. Par contre, la collecte des valeurs quantitatives a été effectuée à l'aide de plusieurs appareils de mesure englobant, hygro-thermomètre, anémomètre et luxmètre. Cette démarche s'aligne fortement avec le parti pris de Jean-Paul Thibaud : *« le thème des ambiances ne peut véritablement se développer dans le champ de la recherche architecturale et urbaine que dans la mesure où des travaux de terrain l'alimentent et le précisent progressivement »* (Adolphe, 1998).

Une exploration assez intégrale sur ce type de bâtiment a été menée au niveau des villes d'Alger, Annaba, Taref et Jijel. Néanmoins, seuls les modèles de cette dernière ont été retenus pour des raisons purement techniques. Ainsi, après un recensement et une analyse de l'ensemble des édifices à atrium à Jijel, des prototypes ont été sélectionnés sur la base de la typologie la plus utile et pratique selon les objectifs prédéfinis dans la recherche.

Le présent chapitre développe les détails du corpus d'étude ainsi que la démarche adoptée pour mener le travail expérimental.

IV.1. Corpus d'études :

En vue de définir les formes des bâtiments à atrium dans la ville de Jijel, on a procédé à des enquêtes sur le terrain en parallèle avec des consultations et entretiens auprès les directions concernées par le suivi de la construction des bâtiments (DUC, DLEP, l'APC, SUCH, les BET, etc), et même des recherches sur Google Maps (<https://www.google.fr/maps/place/Jijel>, 2014). On a recensé essentiellement les équipements (réalisés ou en phase de projets) et de la typologie spatiale de l'atrium (linéaire, central, périphérique, etc). Les édifices passés en revus sont : la maison de la culture, la faculté de droit et des sciences politiques, la faculté des lettres et des langues, le nouveau siège du centre des impôts, l'administration de l'unité principale de la protection

civile, l'hôpital Mohamed Seddik Ben Yahia, le musée de kotama, et un cyber-space de l'université de Tassoust (Tableau IV.1).

Tableau IV.1 : les équipements à atrium de la ville de Jijel

				
Administration de l'unité principale de la protection civile	Faculté de Droit et Sciences Politiques	Faculté des lettres et Langues		
				
Centre des impôts	Cyber-espace / U. de Tassoust-Jijel	Musée Kotama		
				
Institut d'enseignement professionnel	Cour de justice	Contrôle financier	Direction des travaux publics	Maison de la culture
				
Association de Wilaya pour l'insertion scolaire et professionnelle de la Trisomique 21 (AWIT)	Hôpital Mohamed Seddik Ben Yahia			

Dans cette étude, le choix a été porté sur l'atrium central (la maison de la culture et la faculté de droits et des sciences politiques). Cette forme est dictée par le fait qu'ils sont des bâtiments déjà occupés et aussi pour l'accessibilité inconditionnelle accordée par leurs responsables respectifs. Par rapport à ce dernier registre, on s'est basé sur les conclusions de Yoshino et al sur les grands espaces-serres au Japon où ceux-ci constituent le taux de fréquence le plus important (43%) (Yoshino et al cité par Humbert, 2002).

Ainsi, le corpus d'étude, soit les deux bâtiments à atrium central retenus, sont situés à Jijel (climat méditerranéen, voir thèse de magister Boulfani (2010)). Plus précisément, le premier à El Akabi (centre-ville de Jijel), le deuxième à la commune de Tassoust, à 8,4 Km par rapport au centre-ville (voir figures IV.1 et IV.3).

Les bâtiments ont été enquêtés pendant le printemps et l'été 2016 (printemps : 17-22-23-24 mai et été : 18 et 24 juillet) et durant l'hiver 2017 (10-12-15-16 janvier). Ces bâtiments présentent une structure en béton avec des verrières (le 1^{er} bâtiment: une coupole, le 2^{ème} bâtiment: une verrière à double pente). Ces dernières sont dépourvues d'une protection solaire et d'orifices de ventilation. En ce qui concerne les ambiances thermiques chaudes et froides, elles sont assurées par un système de climatisation et de chauffage (mais beaucoup d'appareils de chauffage ne fonctionnent pas). En plus, dans les deux édifices, la ventilation est naturelle, elle se fait par les fenêtres et les portes.

IV.1.1. Présentation de la maison de la culture Omar Oussedik - Jijel :

À l'instar des édifices similaires, la maison de culture Omar Oussedik de Jijel, a pour mission la création, la production et la diffusion artistique et culturelle. Elle se situe au sud-est du centre-ville (dans le site d'El Akabi) et s'étale sur une superficie de 2242.18 m² (figure IV.1). Sa situation sur une altitude de 60 m lui permet d'avoir des belles vues panoramiques vers la mer et le centre-ville de Jijel, mais l'expose aux vents dominants d'hiver (nord-ouest) et d'été (nord-est).



Figure IV.1 : à gauche : situation du bâtiment par rapport au centre-ville

À droite : plan de masse (Google Maps, 2018)

Ce bâtiment est de forme irrégulière, composé de trois niveaux qui s'organisent autour d'un espace central. Il est constitué de deux entités : des locaux multifonctionnels possédant une organisation centrale autour d'un atrium couvert par une coupole (décorée par une peinture florale effectuée par des artisans marocains) et d'une salle de spectacles d'une superficie de 907,83 m².

La répartition verticale des fonctions est comme suit : RDC réservé aux activités d'accueil et d'événements, de la création, d'animation, de spectacle, et d'exposition. Le premier étage regroupe les activités de la création et de la diffusion. Quant au deuxième étage, concerne l'administration (détails en annexe C). Elle se caractérise par la présence d'un jet d'eau, un sol avec un pavage en dalle de sol, les murs d'une couleur crevette de l'intérieur et blanche de l'extérieur. Les façades sont traitées avec un module répétitif, des fenêtres ouvertes par un arc plein cintre ou bien de forme rectangulaire, dotées de brise-soleils mixtes. L'éclairage naturel est omniprésent, surtout au centre de l'édifice, il s'effectue à partir des fenêtres et le dôme de l'atrium. Une ventilation transversale pour le RDC est assurée par deux portes d'accès opposées une isolation acoustique est bien assurée pour la salle de spectacles.



Figure IV.2 : Vues sur la maison de la culture

IV.1.2. Faculté de droit et des sciences politiques :

La faculté de droit et des sciences politiques fait partie de l'ensemble du deuxième pôle universitaire Mohamed Seddik Ben Yahia de Jijel (le pôle de Tassoust), elle se trouve dans la commune de l'Emir Abdelkader, distant environ de 8,4 km du centre-ville de Jijel (côté est). Elle est constituée de deux départements : département de droit et département des sciences politiques. Le bloc en L est orienté nord-sud par rapport à l'axe de la première aile et est-ouest par rapport à celui de la deuxième aile.



Figure IV.3 : à gauche : situation du bâtiment par rapport au centre-ville
À droite : plan de masse (Google Maps, 2017)

L'atrium est caractérisé par sa forme rectangulaire, son orientation est-ouest et sa couverture en structure métallique de type verrière (avec vitrage d'une teinte bleutée). Le RDC comprend des bureaux dont un certain nombre donne directement sur l'atrium.

Le 1^{er} étage est réservé à une salle multifonctionnelle pour enseignants, la bibliothèque et la salle d'informatique des étudiants alors que le second comporte les bureaux de la scolarité des deux départements ainsi que les laboratoires de recherche des enseignants.

Les fenêtres sont protégées par des occultations intérieures amovibles (type stores californiens) permettant un contrôle manuel des radiations solaires incidentes par les espaces intérieurs. Pour la ventilation, elle se fait d'une manière naturelle à travers les ouvrants de l'édifice, mais selon le besoin saisonnier, la climatisation et le chauffage peuvent être actionnés.



Figure IV.4 : Vues sur la faculté de droit et des sciences politiques

IV.2. Conditions de recueil des données:

L'évaluation de l'environnement lumineux et thermique a été structurée sur deux volets : quantitatif et qualitatif. L'analyse quantitative a consisté en un recueil de données climatologiques (température de l'air, l'humidité relative, vitesse de l'air, l'éclairement). Quant à la deuxième, elle englobait les évaluations subjectives émises par les usagers. La sélection des journées de mesures était dictée par plusieurs critères variant entre l'analyse bioclimatique (notamment la nébulosité) et la disponibilité des appareils de mesure.

L'analyse bioclimatique de Jijel a révélé que les mois représentatifs pour chaque période (chaude, froide et modérée) sont le mois de janvier et février pour la période froide, juillet et août pour la période chaude et avril, mai et octobre pour la période modérée (auteur, 2010). Ainsi, la collecte des mesures dans les deux environnements d'étude, a été effectuée durant les mois de mai et juillet (de l'année 2016) et de janvier (de l'année 2017). La campagne de mesures s'est déroulée sur 2 jours en hiver et au printemps et sur une seule journée en été en respectant les mêmes horaires correspondant aux périodes de travail, soit : 8h00-12h00 le matin et 13h00-15h30 l'après-midi. Les prises mesures sont réparties selon deux axes (vertical et horizontal) :

- Sur l'axe vertical, on a enregistré l'ensemble des mesures effectuées selon un fil vertical avec les hauteurs suivantes (0.85 m par rapport au sol), plusieurs points ont été modifiés pour les situer à l'intérieur des espaces entourant (voir figure IV.5)
 - Sur l'axe horizontal, les mesures prises correspondent à celles relevées dans quatre espaces différents : espace extérieur (la prise de mesures a été faite à l'abri), au centre de l'atrium, les espaces contigus (0,5 m, 3 m, sur un plan de travail) et les coursives.
- Les points de mesures du 2^{ème} bâtiment sont illustrés sur l'annexe C.

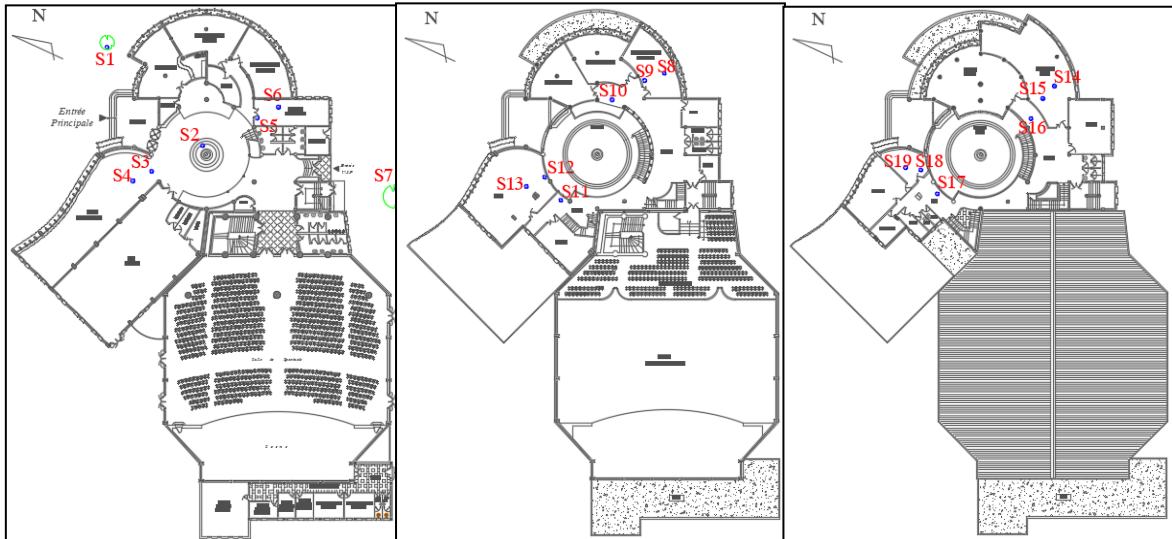


Figure IV.5 : Emplacement de prise de mesures sur l'axe horizontal (maison de la culture)

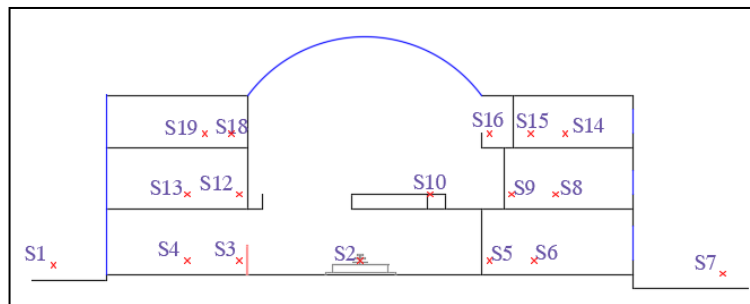


Figure IV.6 : Emplacement de prise de mesures sur l'axe vertical (maison de la culture)

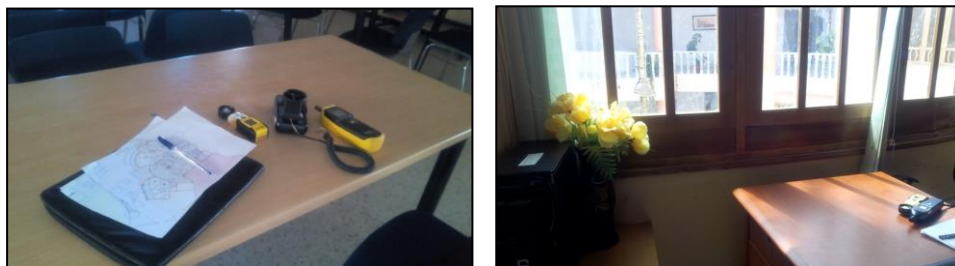


Figure IV.7 : Vues sur des points de prise de mesures

IV.3. Les journées de prise de mesures :

Comme précisé au préalable, les mesures ont été réalisées sur trois périodes, la méthode de campagne de mesure est fondée sur plusieurs scénarios et qui sont :

IV.3.1. Pour le premier bâtiment : la maison de la culture

IV.3.1.1. La période de printemps :

-23-05-2016 : une journée à ciel intermédiaire bleu, les fenêtres et les portes sont fermées.

-24-05-2016 : une journée à ciel clair, les fenêtres et les portes sont fermées, mais à part les ouvrants du RDC.

IV.3.1.2. La période d'été :

-24-07-2016 : une journée à ciel clair, les fenêtres et les portes sont ouvertes.

IV.3.1.3. La période d'hiver :

-12-01-2017 : une journée à ciel intermédiaire bleu, les fenêtres et les portes sont fermées (un des vantaux de la porte était ouvert).

-15-01-2017 : une journée à ciel couvert avec pluie, les fenêtres et les portes sont fermées.

IV.3.2. Pour le deuxième bâtiment : Faculté de droit et des sciences politiques

IV.3.2.1. La période de printemps :

-17-05-2016 : une journée à ciel intermédiaire bleu, les fenêtres et les portes sont fermées

-22-05-2016 : une journée à ciel intermédiaire bleu, les fenêtres et les portes sont fermées, mais à part les ouvrants du RDC.

IV.3.2.2. La période d'été :

-18-07-2016 : une journée à ciel clair, avec les fenêtres et les portes sont tenues ouvertes

IV.3.2.3. La période d'hiver :

-10-01-2017 : une journée à ciel intermédiaire bleu. Les fenêtres donnant sur l'atrium sont ouvertes. Les portes sont fermées (mais à part la porte d'entrée, un seul vantail ouvert).

-16-01-2017 : une journée à ciel couvert, pluvieuse où portes et fenêtres étaient maintenues fermées.

IV.4. Les appareils de mesure :

De multiples instruments de mesure sont utilisés et ont permis un relevé exhaustif des valeurs précises pour chaque paramètre climatique. Il s'agit en l'occurrence, de thermo-hygromètre ChauvinArnoux C.A 846 ; thermomètre TES-1367 ; Thermo-Anémomètre PROVA AVM-07 ; et Luxmètre (figure IV.7). Un résumé des détails techniques de ces différents appareils est présenté dans l'annexe C.



Figure IV.8 : les appareils de mesure utilisés dans la campagne de mesure

IV.5. Précision des appareils de mesure et étalonnage :

Cette opération consiste à déterminer l'écart de mesure entre plusieurs appareils. En effet, il s'agit de comparer les valeurs de nos instruments avec celle d'un étalon qui est la station météorologique "Ferhat Abbas" de Jijel (système de mesures de référence).

Cette opération est importante, les appareils utilisés n'ont des précisions de moindre qualité que ceux de la station météo (figure VI.8) qui sont plus sophistiqués avec un calibrage conforme aux normes internationales. Le tableau (IV.2) affiche les écarts de température de l'air et d'humidité relative enregistrés entre nos appareils et ceux de la station météorologique.



Figure IV.9 : Étalonnage des instruments de mesures utilisé (auteure, 2019)

Tableau IV.2 : Ecart (température et humidité) enregistrés par les appareils utilisés et ceux de la station météo de Jijel.

Paramètres	Station Météo	Thermo-hygromètre C.A 846	Le thermomètre TES-1367
ΔT	Référence	-0,80°C	-1,00°C
ΔHR	Référence	+3,6 %	+6,7 %

IV.6. Profils des résultats de mesures de la maison de la culture :

IV.6.1. Evaluation de l'environnement thermique :

IV.6.1.1. Les résultats de la journée du 23 mai 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 23 mai 2016 :

Les résultats montrent que les températures sont variables selon le paramètre spatio-temporel. Au RDC, le point de mesure S1 présente des valeurs les plus faibles et les moins constantes. À 8h30 et 13h30, il a été enregistré une réduction de la température et un accroissement vers 10h30. Ainsi, il semble que les autres stations suivent les mêmes tendances sauf au point S7 où il a été affiché des températures importantes entre 10h30 et 13h30. Cela explique l'effet du rayonnement solaire sur les températures extérieures dont la valeur maximale est de 24,2 à 13h30 (S7).

Au premier étage, l'allure des courbes obtenue suit approximativement le même sens que celle du RDC. Les valeurs obtenues sont élevées par rapport à celles du RDC, au-delà de la ligne de 21 °C, et cela est surtout l'après-midi (exemple S12 et S13).

Quant au dernier niveau, on enregistre une progression de la température (les valeurs autour de la ligne 22 °C) avec toujours des courbes de directions similaires. La station qui se trouve au niveau de la galerie orientée ouest enregistre des valeurs importantes en fin de journée (Figure IV.3). Malgré ces variations de températures, ces valeurs restent dans les limites de confort (entre 20 et 25, cette gamme est tirée d'après l'analyse bioclimatique de la ville de Jijel, les tables de Mahoney, auteur 2010).

b. Évolution de l'humidité relative, 23 mai 2016 :

D'une manière générale pour les 3 niveaux, il a été observé, une augmentation des humidités à partir de 8h30 puis une baisse à partir de 9h30 jusqu'à 15h30, avec une certaine stabilité relative dans la variation entre 11h30 et 15h30. Aussi, les courbes sont très rapprochées au niveau RDC et 2^{ème} étage ce qui implique qu'il ne s'y produit pas une variation importante dans le degré d'humidité. Le maximum est enregistré pour le point S7 à 9h30 (81 %) et à la même heure le minimum au niveau des S5 et S6 atteint 75,5 % (soit une différence de 5,5 %). Les humidités les plus basses sont observées aux points S1, S5 et S6. Des taux d'humidité variant entre 77,7 % (S10) et 61,1 % (S8) représentatives respectivement des valeurs maximale et minimale (avec des différences sensibles entre les stations) sont notés au 1^{er} étage.

Tableau IV.3 : Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 23 mai 2016)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	<p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	<p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	<p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	<p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	<p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	<p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.6.1.2. Les résultats de la journée du 24 mai 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 24 mai 2016 :

Les températures de l'air intérieures sont élevées par rapport à celles extérieures (S1) sauf pour valeurs prises au niveau du point S2 où il est enregistré des valeurs basses à 9h30 et à 10h30. Au niveau de l'atrium, il a été enregistré la valeur minimale de 20,5 °C à 9h30 et la même valeur a été relevée à 8h30 au niveau du point S1. À partir de 13h30, les valeurs de températures enregistrées dans les trois niveaux décroissent, mais gardent pratiquement les mêmes allures. Au niveau de S1, il est enregistré des différences de températures avec un maximum de 2,7°C à 13h30 entre S1 et S6.

Des écarts remarquables, à 8h30, 10h30 et 13h30, ont été notés pour le premier étage dont le max est signalé depuis la première heure du travail entre S10 et S11 avec une différence 2 °C. Ceci explique la variation des températures dans les galeries orientées est et ouest, où S10 se trouve à l'ombre alors que S11 est exposée aux rayons solaires.

Ce qui est important à noter, c'est que le deuxième étage présente des valeurs élevées par rapport au premier étage, mais les nuances maximales entre les stations de mesure est de 1,2 °C entre S17 et S18, à 13h30.

b. Évolution de l'humidité relative, 24 mai 2016 :

Dans cette journée, on distingue entre les valeurs du RDC et celles des étages. Première mot, les fluctuations d'humidités sont plus remarquables au rez-de-chaussée que celles des autres niveaux, et même les écarts entre les points pour chaque heure sont significatifs essentiellement pour le RDC.

Au RDC, la majorité des valeurs est comprise entre 65 et 75 %, mais pour les étages, les données sont moins élevées (65 et 70 %). S1 et S7 se sont des stations de l'espace extérieur, mais elles notent des enregistrements différents durant toute journée, la valeur minimale est de 61,2 % à 13h30 pour S1 et de 64,7 % pour S7 (soit une différence de 3,5%). Au 1^{er} étage, de 8h30 à 9h30, les humidités ont connu une réduction ensuite elles sont pratiquement stables, enfin il y a une augmentation légère à partir de 13h30. Le maximum est enregistré à 8h30 (72,7 %) dans la galerie (S11) et le minimum est de 13h30 (61,1 %). Au 2^{ème} étage, les valeurs des humidités relatives sont très rapprochées et avoisinent les 65% sauf entre 8h30 à 9h30, où les valeurs enregistrées sont bien différentes.

Tableau IV.4 : Graphes 1,2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4,5 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier étage, 24 mai 2016)

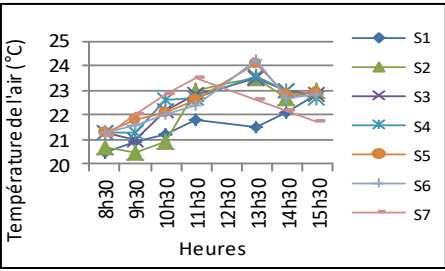
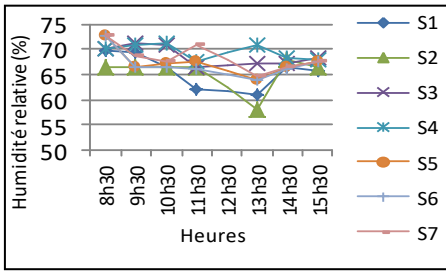
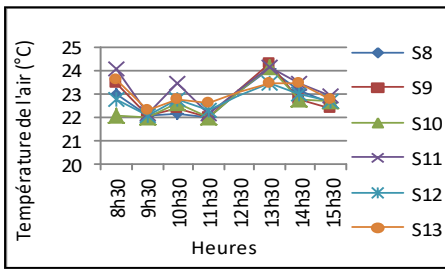
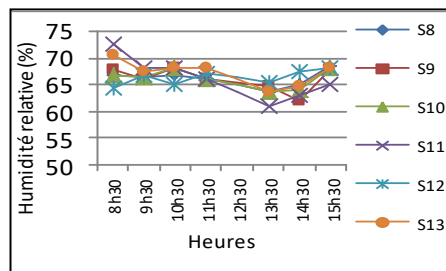
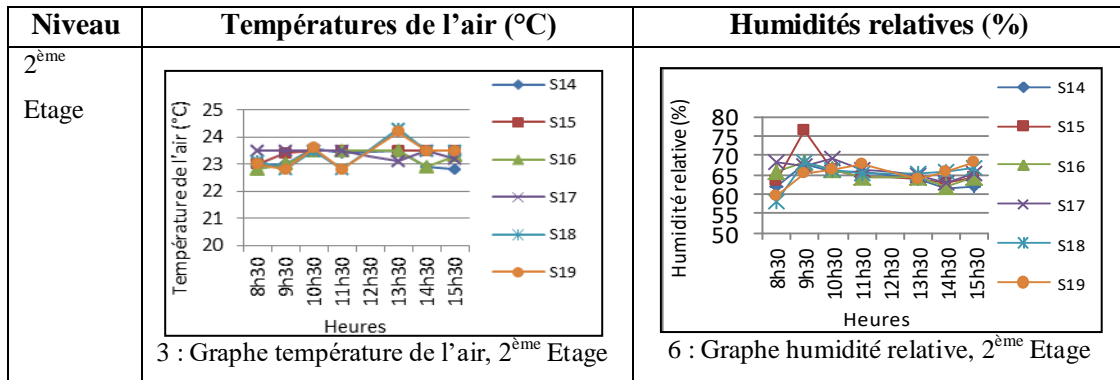
Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>

Tableau IV.5 : Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (deuxième étage, 24 mai 2016)



IV.6.1.3. Les résultats de la journée du 24 juillet 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 24 juillet 2016 :

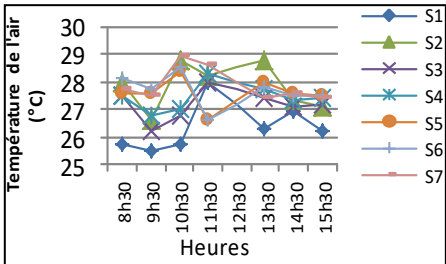
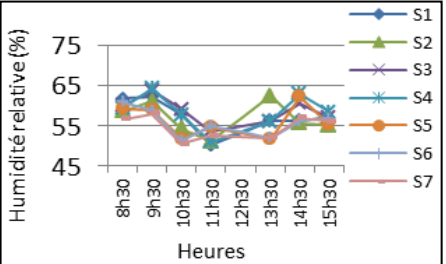
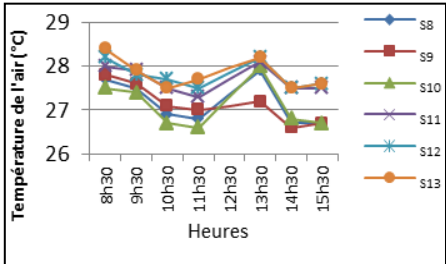
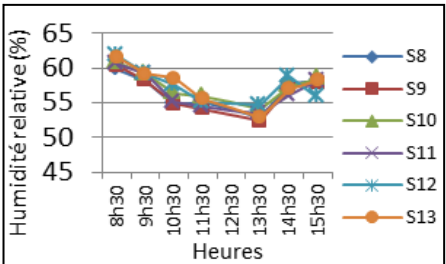
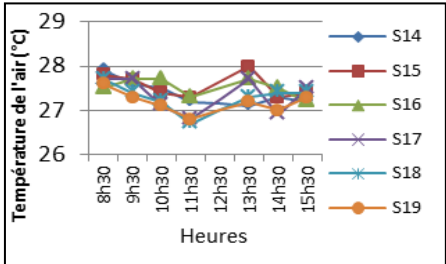
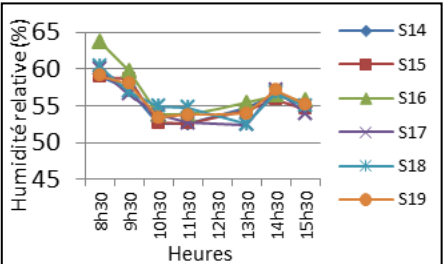
La répartition des températures par niveau est fournie dans le tableau (IV.6). Ces données sont en accord avec la logique, plus on monte vers le haut plus la température est plus élevée, sachant aussi que cette journée était non ventée. Les valeurs du RDC varient entre 25 et 29 °C, pour le premier étage sont entre 26 et 29 °C et enfin pour le deuxième étage, elles se développent entre 26 et 29 °C. La deuxième lecture du graphe nous montre que le RDC présente des écarts remarquables entre les points de mesures extérieurs S1 et S7 (3,2 °C), et la différence entre les points intérieurs S2 et S5 est de 1,6. Aux étages, les différences maximales entre les mesures apparaissent petites. Par exemple, au premier étage est de 1°C entre S9 et S13 quant au deuxième est de 0,9 °C entre S14 et S15.

b. Évolution de l'humidité relative, 24 juillet 2016 :

La lecture préliminaire des courbes montre que la variabilité des humidités se manifeste par un rythme temporel régressif. Pour le RDC, les valeurs d'humidités sont moins stables, elles connaissent des changements alternés entre régression et progression. Le taux minimal est de 50,2 % (S1) à 11h30, cependant, le max est signalé pour le point (S4) à 9h30 avec une valeur de 64,3 %.

Pour le premier et le deuxième étage, elles décroissent dans la journée, mais la pente est beaucoup plus importante durant le matin, de 8h30 à 10h30 ; en effet, on remarque une légère augmentation de l'humidité à partir de 13h30 puis une réduction vers 14h30. De plus, les écarts sont faibles dont le maximum est associé aux points S8 et S13 d'un taux de 3,8 % à 10h30 (le premier étage), pour celui du deuxième étage entre S15 et S16 est de 4,8 % à 8h30.

Tableau IV.6 : Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 24 Juillet 2016)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	 <p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	 <p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

c. Évolution de la vitesse de l'air, 24 juillet 2016 :

Dans les trois graphes, on signale que la vitesse de l'air est variable d'un point à un autre. La valeur la plus élevée est au niveau de S1, S7 et S2 (atrium : ventilation transversale). Les résultats obtenus au niveau du deuxième étage sont aussi considérables par rapport au premier étage, cela est remarquable pour les points de mesure des galeries. Globalement, dans les espaces intérieurs, il y avait seulement une brise très légère (0,5 - 2,23 m/s : selon l'échelle de Beaufort).

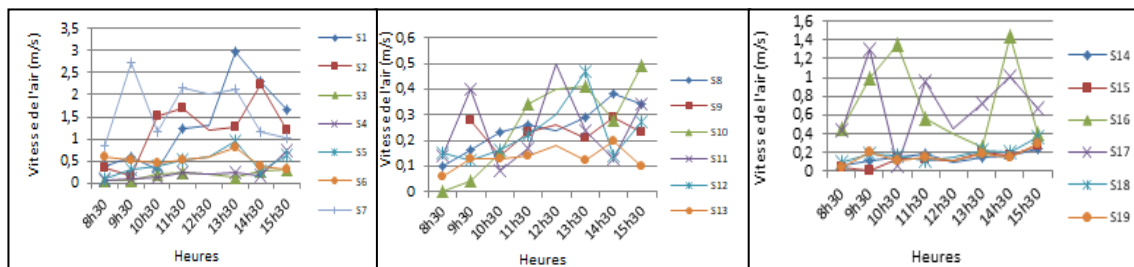


Figure IV.10 : Profils des vitesses de l'air (rez-de-chaussée, 1^{er} et 2^{ème} étage, 24 Juillet 2016)

IV.6.1.4. Les résultats de la journée du 12 janvier 2017 :

a. Évolution de la température de l'air, 12 janvier 2017 :

Le tableau suivant présente l'évolution des températures de la journée 12 janvier 2017. Sur ce graphe, on a soulevé que les valeurs sont presque les mêmes pour chaque niveau, autrement dit les écarts entre les mesures sont faibles. Cela est justifié par la présence d'un grand nombre de personnes à l'occasion de la fête du nouvel an Berbère Yannaer (les visiteurs étaient présents entre 10h00-13h30).

Aussi, on observe en particulier la forme concave des courbes, car il y a une évolution des valeurs croissantes et décroissantes respectivement pendant le matin et l'après-midi.

Des températures maximales peuvent se lire sur le graphe à 11h30 pour tous les points de mesure, en particulier pour les stations : S6 (19 °C), S11 (18,9 °C) respectivement pour le rez-de-chaussée et le premier étage.

b. Évolution de l'humidité relative, 12 janvier 2017 :

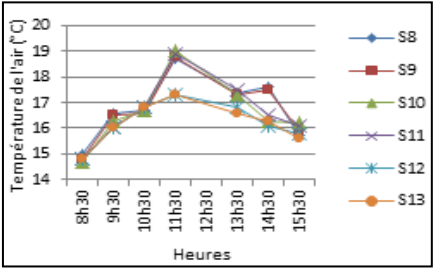
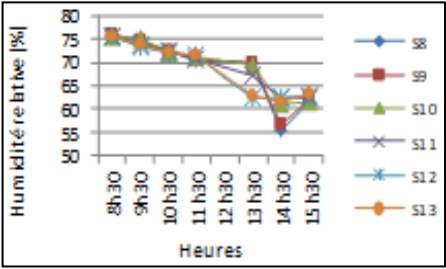
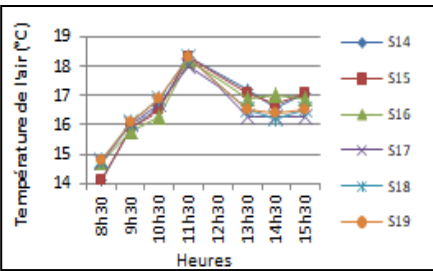
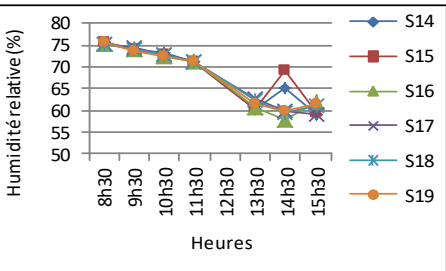
Dans les trois niveaux, les pentes sont en déclin pour toutes les courbes. Il est aussi remarquable de constater un petit changement l'après-midi.

Pour chaque niveau, les écarts des humidités quant à elles sont également moins variables. L'humidité maximale est remarquée à 8h30, elle atteint un taux de 75 %, 75,8 %, 75,6 % respectivement pour le RDC (S2), le premier étage (S8 et S9) et le deuxième étage (S14 et S15) et celle minimale à 14h30 avec les valeurs suivantes : S6 (56,8 %), S8 (55,4 %) et S16 (58 %). En effet, pendant la saison froide, les effets des apports associés à la présence des usagers génèrent et entretiennent une réduction à l'humidité.

Tableau IV.7 : Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, 12 janvier 2017)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	<p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	<p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>

Tableau IV.8 : Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (premier et deuxième étage, 12 janvier 2017)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	 <p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	 <p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.6.1.5. Les résultats de la journée du 15 janvier 2017 :

a. Évolution de la température de l'air, 15 janvier 2017 :

L'évolution journalière des températures d'air permet de dégager un profil en forme de parabole étirée où le sommet est vers le haut. Pour le RDC, on constate que les configurations des courbes coïncident avec l'allure de la station (S1) mais elles sont moins remarquables dans les étages.

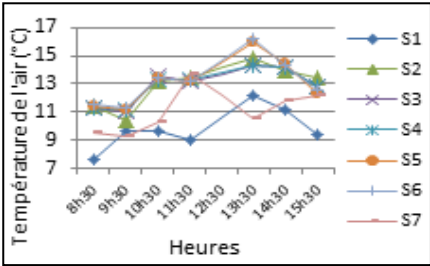
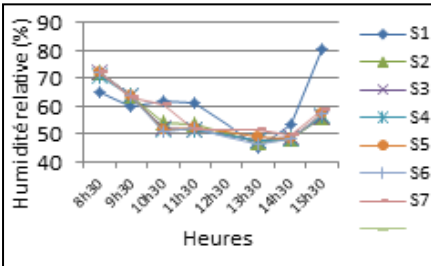
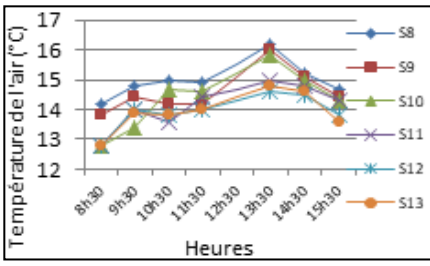
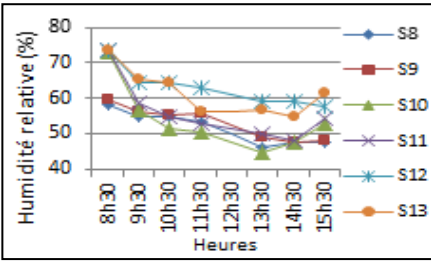
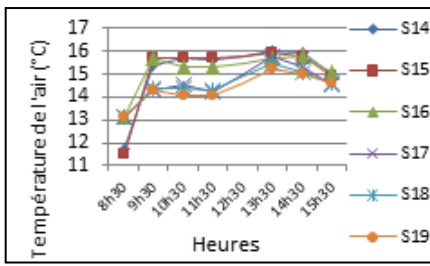
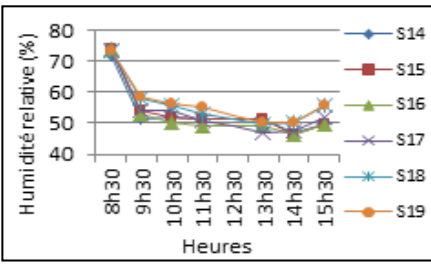
Dans un premier temps, nous remarquons une augmentation de la température de l'air, ensuite une alternance entre réduction et amélioration. Aussi, le rez-de-chaussée dénote les températures les plus faibles, par exemple pour la station S1 à 8h30, la température marque une valeur de 7,7 °C. Alors que les températures aux niveaux supérieurs connaissent des valeurs plus importantes que celles du RDC.

De plus, il existe un décalage environ 1,5 °C entre les points de mesures, l'écart maximal est remarquable entre S8 et S12 à 13h30 (1,6 °C). En effet, les conditions extérieures entraînent les ambiances intérieures et cela est apparent à travers les allures des courbes des différents espaces.

b. Évolution de l'humidité relative, 15 janvier 2017 :

D'après ce tableau, on signale une logique inverse que celle des températures. Les mesures des stations du rez-de-chaussée sont presque toutes identiques. En revanche, la station S1 a enregistré une valeur maximale et deux minimales par rapport aux autres stations respectivement aux horaires et les taux suivants : 15h30 (77,1 %), 8h30 (65,1%) et 13h30 (45,2 %). Il apparaît que les valeurs mesurées aux étages sont en déclin depuis 8h30. De plus, il ne faut pas négliger l'importance des écarts entre les données du premier étage, un écart de 14 % entre S10 et S12 à 13h30. Quant au 2^{ème} étage, tous les points connaissent une réduction brusque entre 8h30 et 9h30. Après cette séquence, on note une réduction légère jusqu'à 14h30 et finalement, une augmentation légère a été remarquée à partir de cette heure.

Tableau IV.9 : Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 15 janvier 2017)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	 <p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	 <p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.6.2. Evaluation de l'environnement lumineux :

Ce tableau permet de distinguer la répartition de la lumière dans l'atrium, les espaces entourés et l'espace extérieur.

IV.6.2.1. Les résultats de la journée du 23 mai 2016 :

Pour la journée du 23 mai, les courbes d'éclairement sont très variables spécialement au RDC, car il y intègre des valeurs de l'espace extérieur (S1 et S7) et de l'atrium (S2 et S3).

Alors, les plus grandes valeurs se situent en extérieur, à l'atrium et dans le hall d'exposition (étant donné qu'il est ouvert à l'atrium).

La valeur maximale est signalée dans la station (S7) à 11h30 avec une valeur de 3 600 lux. On signale dans la même heure la valeur minimale au niveau de la station (S6) soit une valeur de 5,9 lux donc soit une réduction de 610 fois.

Au premier étage, le niveau d'éclairement des stations est aussi différent. Alors que les espaces intérieurs connaissent de faibles illuminations en relation avec celles des galeries et S12. Ces résultats montrent que les espaces exposés d'une manière indirecte au soleil, à travers le vitrage, présentent des valeurs d'éclairement considérables (le cas de S11 et S12). Pour le cas de S10, ce point de la galerie, orienté ouest, est soumis à une lumière indirecte le soir. Néanmoins, les espaces intérieurs présentent des courbes rapprochées, et même superposées (S8 et S9).

Au deuxième étage, la galerie orientée vers l'est a marqué, durant la matinée, le plus grand niveau d'éclairement (S17 : 1830 lux à 10h30), puis la galerie orientée ouest à partir de l'après-midi (S16 : 560 lux à 14h30). Ainsi, les courbes des autres stations prennent les mêmes formes et valeurs.

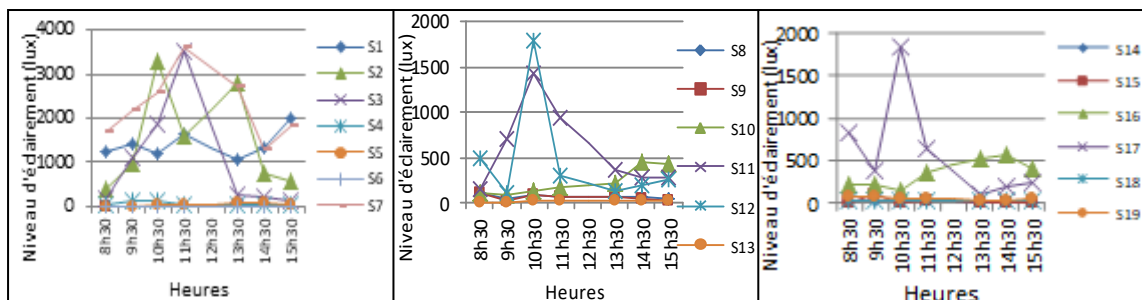


Figure IV.11 : Le niveau d'éclairement pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (23 mai 2016)

IV.6.2.2. Les résultats de la journée du 24 mai 2016 :

D'après ce tableau, le niveau d'éclairage est en fonction des stations (intérieur ou extérieur). Le RDC présente des luminances différentes et importantes particulièrement pour les stations suivantes : S1, S7 (en extérieur), S2 (l'atrium), S3 (hall d'exposition). Alors que les espaces intérieurs S4, S5 et S6 marquent les données les plus faibles, c'est-à-dire la même remarque que celle de la journée du 23 mai 2016. La plus grande valeur observée est pour le point S2 (l'atrium) et cela à 11h30 avec une valeur de 3 000 lux et la valeur la moins élevée est au niveau du point S5 (7,1 lux). Dans cette journée nuageuse, il est important à noter que les stations extérieures ne connaissent pas une grande variabilité d'éclairage.

Le point S3 enregistre des éclairages considérables durant la matinée, en présence du soleil, cependant, à partir de 11h30, il y avait un abaissement (135 lux à 15h30).

Au premier étage, les valeurs associées aux points S10, S11 et S12 sont les plus élevées, cela est dû à l'exposition des deux premiers points à la lumière transmise à travers la verrière et concernant S12 est situé à proximité de la fenêtre.

Au deuxième étage, la répartition de la lumière est presque identique à celle du premier étage. Les deux courbes correspondent aux points situés aux galeries sont bien remarquables sur le graphique et toujours la station de la galerie a enregistré les valeurs les plus grandes.

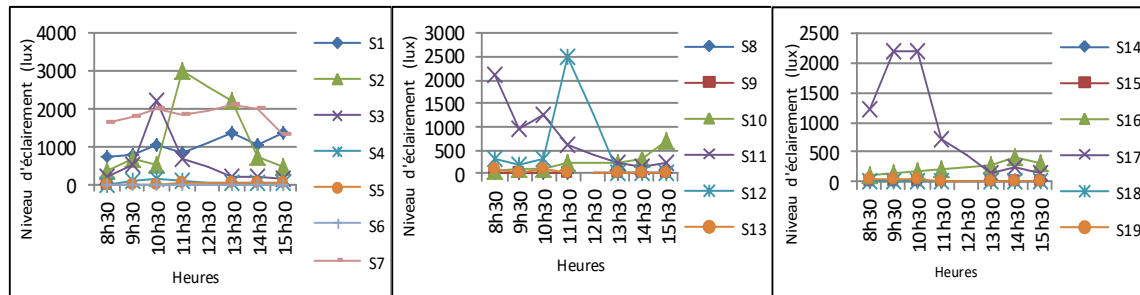


Figure IV.12 : le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (24 mai 2016)

IV.6.2.3. Les résultats de la journée du 24 juillet 2016 :

Pour les conditions climatiques estivales, l'éclairage est plus élevé dans tous les espaces. Les résultats montrent que le niveau d'éclairage est très important aux points suivants : extérieur (S7), atrium (S2), les galeries (S10, S11, S16, S17) et la salle de réception (S12). D'abord, au niveau du RDC, les plus faibles valeurs des éclairages sont enregistrées aux points S6, le max est de 56,8 lux à 8h30 et le max est de 158,7 lux à 15h30. Cela explique que cet espace est mal éclairé.

Au premier étage, la galerie orientée Est reçoit plus d'éclairément depuis 8h30 jusqu'à 13h30, et par contre la galerie dirigée vers l'Ouest a enregistré plus de lumière l'après-midi. Le point S12 révèle un pic à 11h30 avec la valeur suivante (16 260 lux), le point est de 50 cm par rapport à la fenêtre ouverte. Au deuxième étage, la même tendance se répète, les galeries sont bien éclairées alors que l'espace intérieur n'atteint pas l'éclairément nécessaire (ou de confort).

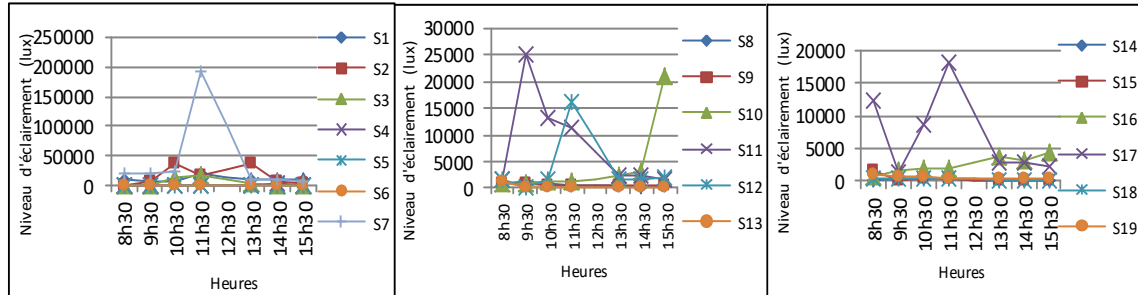


Figure IV.13 : le niveau d'éclairément pour les stations des trois niveaux, campagne d'été (24 juillet 2016)

IV.6.2.4. Les résultats de la journée du 12 janvier 2017 :

La dynamique des courbes est très variable, elle est en fonction de la position du point et l'heure de mesure. Globalement, la lumière est omniprésente en extérieur et au niveau des galeries, notamment pour les stations S1, S7, S10, S11, S16 et S17. Par contre, la quantité de lumière reçu les espaces intérieurs est insuffisante, elle est au-dessous du seuil de confort (elle inférieure de l'intervalle : 300-500 lux). En effet, l'éclairément varie en fonction de l'éloignement par rapport à la fenêtre. Il paraît aussi que plus, on s'éloigne des galeries plus la luminance est faible.

L'éclairément correspond aux deux stations extérieures atteint un maximum à 11h30 et 13h30 respectivement pour S7 (21 900 lux) et pour S1 17020 lux. Alors que le maximum au niveau de l'atrium est signalé à 14h30 de 3 580 lux. Les résultats vont dans le sens de la logique, plus on monte vers le haut, plus le niveau d'éclairément est grand, cela se traduit par un écart entre les différentes valeurs du premier et deuxième étage.

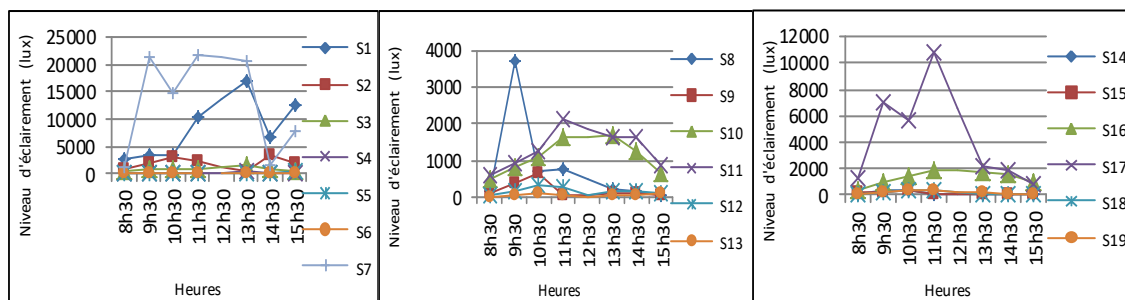


Figure IV.14 : le niveau d'éclairément pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (12 janvier 2017)

IV.6.2.5. Les résultats de la journée du 15 janvier 2017 :

Les mesures obtenues présentent les variations de l'éclairement naturel sur des points différents. Dès les premières heures, les valeurs des luminances sont très faibles et elles varient en fonction de l'éclairement extérieur.

Les niveaux d'éclairement enregistrés aux points S1, S2, S7, S10, S11, S16 et S17 sont très élevés par rapport à ceux relevés sur les autres points. Car ceux-ci sont exposés au soleil direct ou à travers la verrière. Néanmoins, les espaces intérieurs sont mal éclairés, à titre d'exemple à 9h30 sur la station S8, l'éclairement est de 44,9 lux (sachant que ce point est près de la fenêtre).

L'éclairement est important en montant vers le haut, exemple S10 et S16 à 13h30.

On a enregistré peu d'écarts entre les mesures des stations intérieures. Ils atteignent une valeur maximale de 631 lux à 10h30 (un point près de la fenêtre).

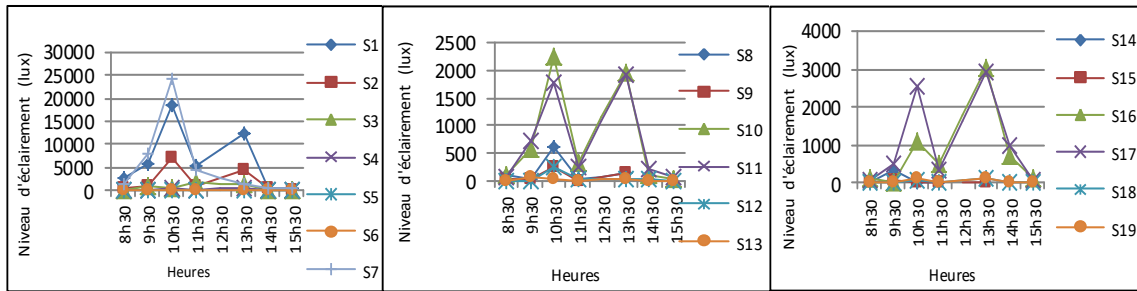


Figure IV.15 : le niveau d'éclairement pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (15 janvier 2017)

IV.7. Profils des résultats de mesures de la faculté de droits et sciences politiques :

IV.7.1. Evaluation de l'environnement thermique :

IV.7.1.1. Les résultats de la journée du 17 Mai 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 17 Mai 2016 :

Les trois graphes montrent les variations des températures horaires durant le temps d'occupation de l'administration par les employeurs. Ils illustrent une allure croissante depuis 8h30 jusqu'à 15h30, mais à part des décroissances faibles à 10h30 et 13h30 pour quelques stations. Les différences entre les stations de mesure sont légères et qui atteignent un maximum au premier étage de 2,3 °C à 15h30, signalé entre S9 et S11. Ainsi, il en ressort que les valeurs de températures au rez-de-chaussée indiquent une évolution douce par rapport aux autres niveaux. Et même le centre de l'atrium affiche des valeurs importantes surtout l'après-midi. Au premier étage, un entrecroisement des courbes de température a été clairement signalé. Le côté orienté Est a connu, dans les premières heures

de la journée, des valeurs les moins élevées, alors qu'après 13h30, les mesures sont les plus élevées (S9 et S10). L'orientation sud prend une position supérieure par rapport aux autres stations. Les stations orientées nord possèdent des températures plus ou moins stables et les mesures du côté ouest sont les moins inférieures. En fait, ces résultats peuvent s'expliquer par la présence des façades vitrées orientées nord et ouest (le côté Est et Sud de l'atrium), ce qui contribue à augmenter les températures de ces zones. Par contre, les températures du deuxième étage sont presque toutes similaires sauf les points 19 et 20 et cela est dû aux apports internes des usagers, le matin et l'après-midi (les étudiants dans la salle d'Internet).

b. Évolution de l'humidité relative, 17 mai 2016 :

Le tableau (IV.10) présente l'humidité relative de toutes les stations de mesure. D'une manière générale, les graphes prennent des rythmes inverses si on les compare avec ceux des températures de l'air. Le traitement des données recueillies pour l'humidité montre que celle-ci se déroule peu à peu surtout l'après-midi, mais on note qu'il y a d'autres stations ne les sont pas tels que S15, S16, S17 et S24. Donc, en début de matinée, l'humidité relative enregistrée à la majorité des stations est supérieure à celles relevées sur toute la journée. Au rez-de-chaussée, les humidités relatives minimales sont enregistrées à la station S1. En ce qui concerne les différences d'humidité sont les suivants : l'écart maximal est signalé à 9h30 au rez-de-chaussée entre S4 et S8 (6,7 %), d'autres taux paraissent importants : 7,2 % à 8h30 au premier étage (entre S9 et S16) et 5,6 % au deuxième étage S17 et S19, à 15h30.

Tableau IV.10 : Graphes 1, 2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier étage, 17 mai 2016)

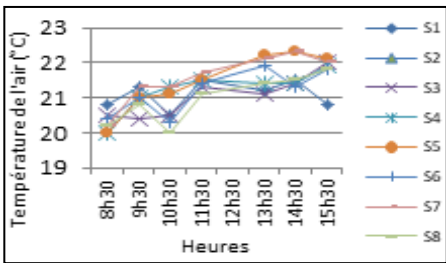
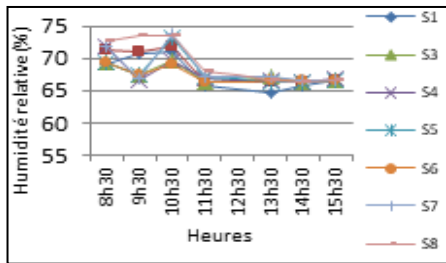
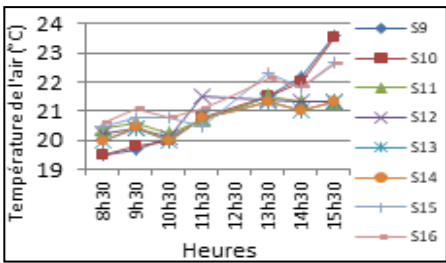
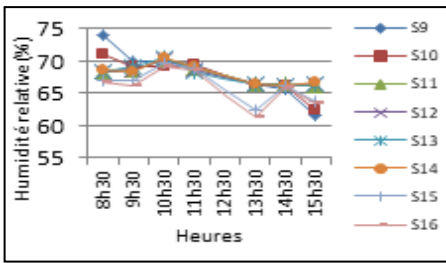
Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>

Tableau IV.11 : Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (deuxième étage, 17 mai 2016)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
2 ^{ème} Etage	<p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	<p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.7.1.2. Les résultats de la journée du 22 Mai 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 22 Mai 2016 :

Dans la deuxième journée de l'investigation, les profils de mesures dans les trois niveaux sont représentés sur les graphes 1, 2 et 3. L'allure générale des courbes montre qu'il y a un effet ascendant à partir de 8h30 sauf quelques courbes (S1, S9, S10, S19 et S20) qui ont enregistré une chute. À noter aussi, les stations S19 et S20 signalent des pics à 9h30, vu des apports intérieurs des étudiants. Au RDC, des températures presque identiques, mais à part la température extérieure. Au premier étage, des variations de valeurs apparaissent entre les points de mesures. Donc, les températures les plus élevées sont enregistrées dans les points S9 et S10, ceci s'explique par l'effet de la grande surface du vitrage exposée aux rayons solaires, façade est de l'atrium et de la façade ouest du bâtiment. C'est le même cas pour les températures mesurées dans le deuxième étage, mais il fait un peu plus chaud. On signale des valeurs supérieures pour S21 et S22, façade ouest de l'atrium.

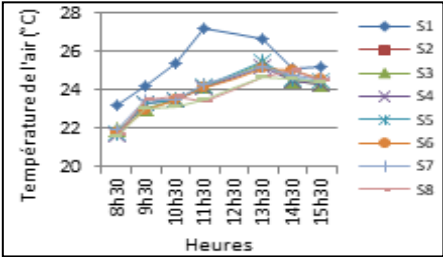
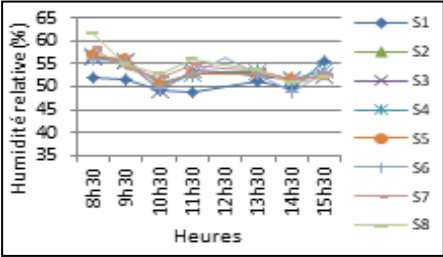
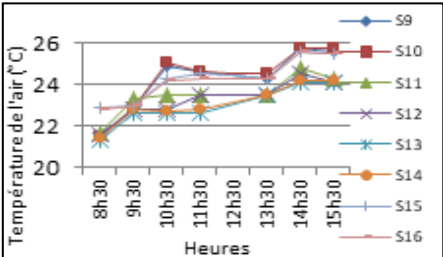
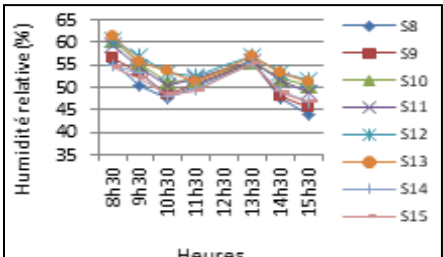
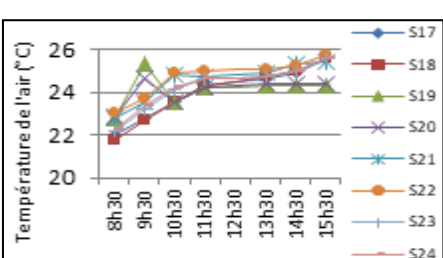
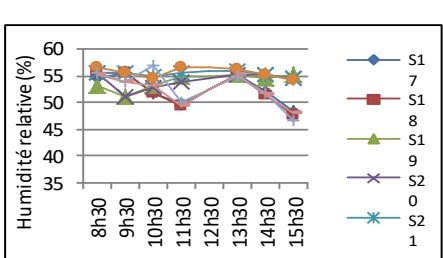
b. Évolution de l'humidité relative, 22 mai 2016 :

D'après ce tableau, on enregistre une récession des mesures horaires en général et en particulier celles des deux périodes de 8h30 à 10h30 et de 13h30 à 15h30.

Pour le RDC, l'humidité de la station S1 offre une allure stable, elle représente la valeur minimale sauf à 15h30. Ainsi, les autres points se rapprochent surtout celles des bureaux (S7 et S8). L'écart le plus important est observé à 8h30 entre le point extérieur S1 et celle de l'espace intérieur S8 avec une valeur de 10,1%. Au premier étage, les valeurs relevées sont parallèles, mais elles sont interrompues à 13h30 où des humidités relatives sont presque identiques. Le plus important écart a été enregistré entre le point S8 et S12 de l'ordre de 7,9 % à 15h30. Le deuxième étage montre un régime un peu différent par

rapport à celui du premier étage. Les valeurs importantes sont associées aux points S22 avec une valeur de 56,7% à 8h30 et 11h30. Les stations S17, S18, S23 et S24 ont les valeurs les moins élevées et les plus variables durant cette journée.

Tableau IV.12 : Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4, 5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 22 mai 2016)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	 <p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	 <p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.7.1.3. Les résultats de la journée du 18 juillet 2016 :

a. Évolution de la température de l'air, 18 juillet 2016 :

Ces graphes (1,2 et 3) tracent les variations des températures de l'air mesurées au niveau du rez-de-chaussée, le premier et le deuxième étage du bâtiment. La lecture préliminaire des courbes nous montre, que les températures dans cette journée d'été étaient en évolution depuis le matin jusqu'à la fin de travail. Bien qu'il y ait des nuances en amplitude entre les températures, nous remarquons que les écarts soulevés au rez-de-chaussée sont très remarquables par rapport à ceux des étages, et cela, car la majorité des points de mesures

sont en extérieur et dans l'atrium. La différence maximale est signalée à 10h30 entre le point S1 et S8 de 3,3 °C. Concernant la température d'air du premier étage, les courbes prennent la forme ascendante. Néanmoins, les amplitudes sont moins importantes par rapport à celles du rez-de-chaussée surtout le matin. Cependant, le dernier niveau enregistre presque le même gabarit, mais ne sont pas les mêmes températures. Il est clair que celles-ci sont grandioses et la majorité des points sont au-delà de 26 °C. Aussi, il est important de noter que les amplitudes sont faibles, le maximum est signalé entre les stations S18 et S20 de 1 °C.

b. Évolution de l'humidité relative, 18 juillet 2016 :

Dans cette journée, les changements des humidités sont variables pour les trois niveaux, on constate dans les premières heures de la journée un développement négligeable, puis une évolution croissante de celles-ci à partir de 11h30, ensuite une diminution est signalée à 14h30 sauf pour les stations suivantes S19, S20. Aussi, on peut dire qu'il n'y a pas de grandes différences entre les valeurs d'humidités signalées entre au rez-de-chaussée.

Par ailleurs, on remarque des écarts importants entre les points de mesure, au premier et au deuxième étage entre 11h30 et 14h30. D'autre part, au premier étage, les écarts entre les valeurs sont assez remarquables. Ainsi, les stations situées à l'est et au nord sont plus humides que les autres côtés (espaces de circulation (S9, S10) et espace de rayonnement de la bibliothèque (S11, S12)).

Tableau IV.13 : Graphes 1, 2 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 18 juillet 2016)

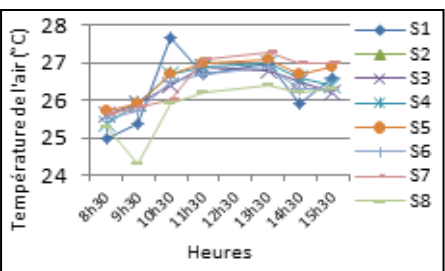
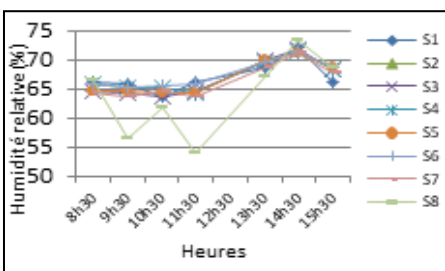
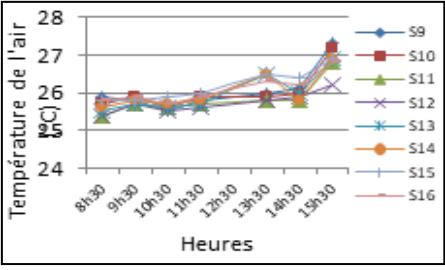
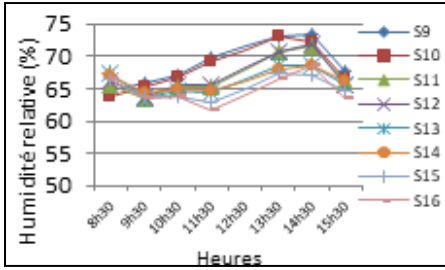
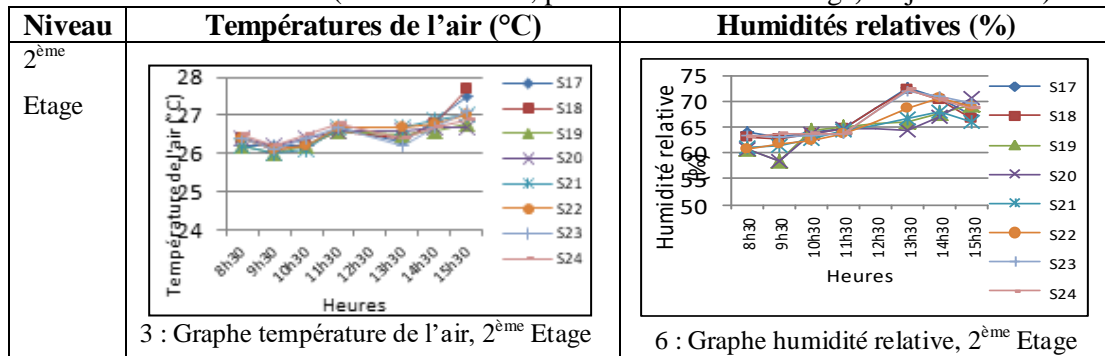
Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>

Tableau IV.14 : Graphes 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 18 juillet 2016)



IV.7.1.4. Les résultats de la journée du 10 janvier 2017 :

a. Évolution de la température de l'air, 10 janvier 2017 :

Durant la période hivernale, les températures sont inférieurs au seuil de confort et les profils sont croissants depuis le matin jusqu'au le soir. Cependant, à 13h30, il y avait une chute, où les températures baissaient sauf S19 et S20. Ceci est dû à la présence des étudiants dans cet espace (8 étudiants dans la salle d'Internet).

Globalement, les différentes courbes du RDC et le premier étage signalent un comportement similaire, les deux prennent la forme concave et convexe. Aussi, la température extérieure était la plus basse entre 8h30 et 13h30. Les profils des températures de l'air enregistrées au deuxième étage sont importants par rapport aux autres niveaux. Ils signalent des écarts plus différenciés que les étages inférieurs.

b. Évolution de l'humidité relative, 10 janvier 2017 :

Donc, les mêmes tendances des courbes ont été observées sur ces graphes par rapport aux autres journées de mesure. Lorsque la température augmente, nous remarquons une réduction de l'humidité et le vice-versa. Les humidités sont mutables pour les trois graphes, surtout pour le premier et le deuxième étage, où nous signalons des pics à 10h30 et 14h30. Néanmoins, les valeurs sont plus ou moins stables entre de 8h30 et 9h30.

Tableau IV.15 : Graphes 1 : Profils des températures de l'air. Graphes 4 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, 10 janvier 2017)

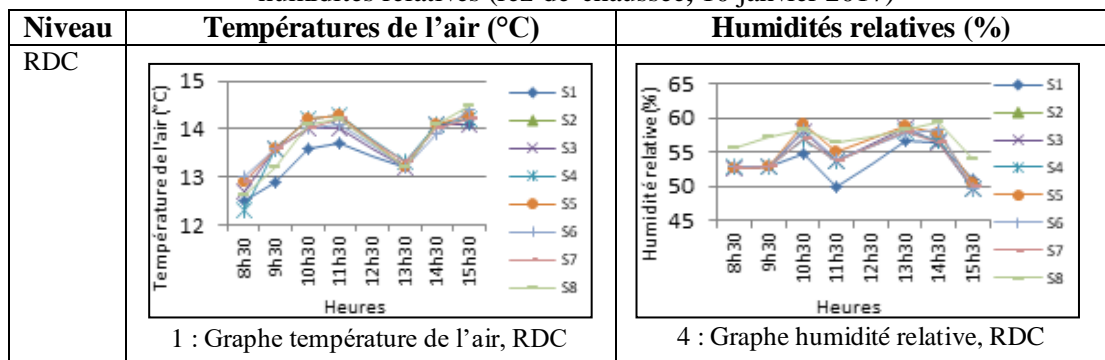


Tableau IV.16 : Graphes 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 5, 6 : Profils des humidités relatives (premier et deuxième étage, 10 janvier 2017)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
1 ^{er} Etage	<p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	<p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	<p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	<p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.7.1.5. Les résultats de la journée du 16 janvier 2017 :

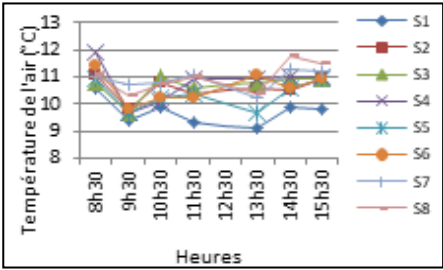
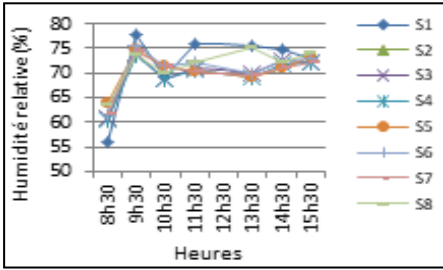
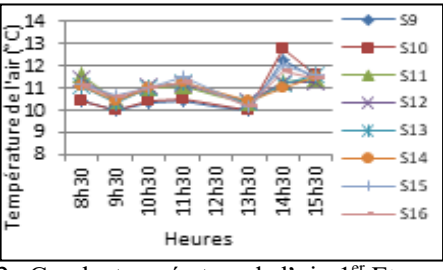
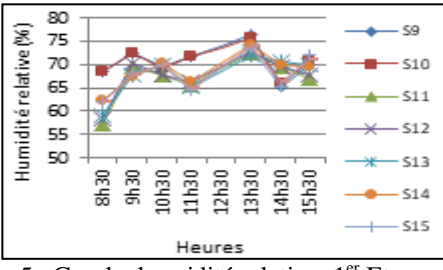
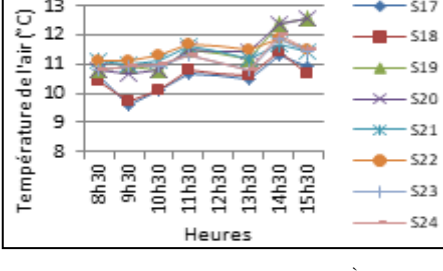
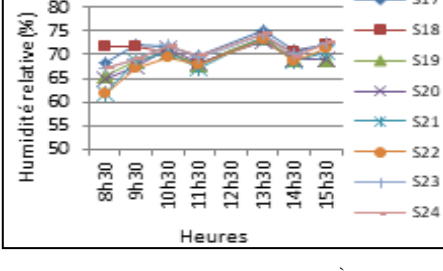
a. Évolution de la température de l'air, 16 janvier 2017 :

Les valeurs de la température de l'air dans tous les niveaux prennent presque les mêmes allures. En ce qui concerne les températures enregistrées au RDC, sont variables d'une station à une autre. L'écart maximal est 2 °C, ceci est remarqué entre les stations S1 et S6 à 11h30. Dans les autres niveaux, les températures sont relativement stables avec un écart faible entre le minimal et le maximal : 1 °C entre S10 et S14 (au premier étage à 14h30) et de 1,9 °C entre S18 et S20 (au deuxième étage à 15h30).

b. Évolution de l'humidité relative, 16 janvier 2017 :

Selon le tableau (IV.17), les résultats sont bien distincts entre le RDC et les autres niveaux. L'évolution des valeurs du RDC est remarquable surtout le matin de 8h30 à 9h30, après les valeurs sont plus ou moins stables pour toutes les stations, mais à part les points S1 et S2 qui connaissent des mesures élevées. Au premier étage, on soulève deux pics à 9h30 et 13h30. Aussi, nous remarquons que les mesures au niveau du couloir (S9 et S10) sont les plus importants. Au deuxième étage, on signale les mêmes tendances que celles du premier étage avec des différences minces entre les mesures. Ainsi, les données du couloir sont les plus élevées et les valeurs minimales sont prises dans S21 et S22.

Tableau IV.17 : Graphes 1, 2, 3 : Profils des températures de l'air. Graphes 4,5, 6 : Profils des humidités relatives (rez-de-chaussée, premier et deuxième étage, 16 janvier 2017)

Niveau	Températures de l'air (°C)	Humidités relatives (%)
RDC	 <p>1 : Graphe température de l'air, RDC</p>	 <p>4 : Graphe humidité relative, RDC</p>
1 ^{er} Etage	 <p>2 : Graphe température de l'air, 1^{er} Etage</p>	 <p>5 : Graphe humidité relative, 1^{er} Etage</p>
2 ^{ème} Etage	 <p>3 : Graphe température de l'air, 2^{ème} Etage</p>	 <p>6 : Graphe humidité relative, 2^{ème} Etage</p>

IV.7.2. Evaluation de l'environnement lumineux :

IV.7.2.1. Les résultats de la journée du 17 Mai 2016 :

Les courbes suivantes représentent le niveau d'éclairement recueilli dans des différents espaces, intérieurs et extérieurs de la faculté de droits et sciences politiques de l'université de Jijel. Sur le graphe du rez-de-chaussée, les plus fortes valeurs d'éclairement sont enregistrées au centre de l'atrium S4, S3 et la station S6 à 13h30 respectivement avec les estimations suivantes 21 528, 16 792 et 13 132 lux. En effet, les plus fortes valeurs ont été relevées sur les points exposés au rayonnement solaire direct et de même elles ont été soumises aux effets de réflexions du vitrage des fenêtres. Mais on signale que les stations S2 et S5, situées à l'atrium, sont moins élevés que les autres points de cet espace (elles

étaient à l'ombre). Quant aux valeurs les plus faibles, sont remarquées aux espaces intérieurs S8 et S9 (deux bureaux donnant sur l'atrium).

Il intéressant de souligner ici la question de l'éclairément en extérieur (S1), ce dernier est moins éclairé que celui de l'atrium, il atteint un maximum de 9 800 lux à 8h30. Ainsi, la luminance est faible et peu variable entre 10h30 jusqu'à 15h30.

En revanche, ces résultats montrent que l'éclairément est très variable dans une journée nuageuse. L'éclairément est important en extérieur, près de la fenêtre (à 50 cm) et sur les points de l'atrium exposé aux rayons du soleil à travers le vitrage.

Au premier étage, on enregistre une autre forme des courbes. Les deux lignes, est-ouest et nord-sud, comportent pratiquement de la même façon par rapport à un axe symétrique. Pendant la matinée, les valeurs des stations S9 et S10, orientées vers le soleil, sont plus élevées que celles de S13 et S14. Pour l'après-midi, on remarque une allure inverse par rapport le matin.

Les autres points, c'est-à-dire celles disposées selon l'axe nord-sud sont presque parallèles et la valeur maximale est enregistrée sur le point S16 : 387 lux à 8h30. Alors que la lumineuse la plus faible est signalé au niveau de la zone orientée nord (S11 et S12). Aussi, on signale que l'éclairément près de la fenêtre, à 50 cm, est plus fort que celui d'une distance de 3 m (S10 et S9 à 8h30 : 1270 lux et 545 lux, soit une différence de 725 lux).

Le deuxième niveau présente des courbes semblables au premier étage, mais les mesures les plus importantes sont remarquées au niveau des stations S18, S21 (les points qui se trouvent à 50 cm par rapport à la fenêtre, orientés vers l'est et l'ouest).

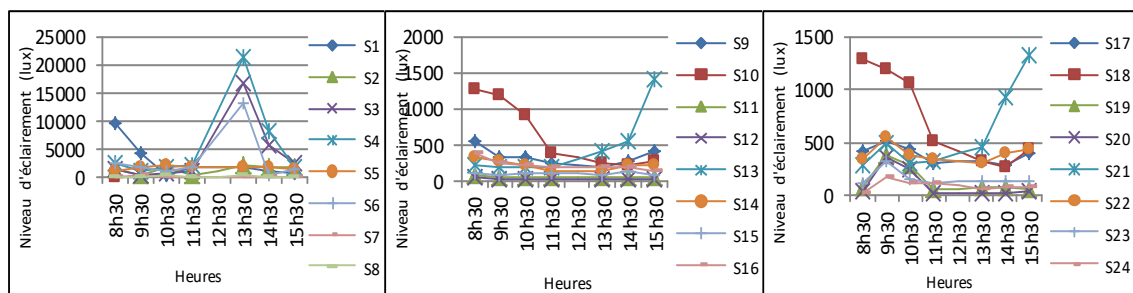


Figure IV.16 : le niveau d'éclairément pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (17 mai 2016)

IV.7.2.2. Les résultats de la journée du 22 mai 2016 :

Les luminances des trois niveaux montrent que le degré d'éclairément est variable. Différentes causes peuvent être à l'origine de cette variation : soit les points sont positionnés en extérieur, soit la disposition des stations peut changer les résultats (zones partiellement ou complètement protégées au soleil). Le RDC présente des mesures élevées

et différentes, elles atteignent une valeur maximale à 11h30 pour S3 (19 268 lux). Aussi, cette campagne affiche que l'éclairage extérieur est moins que celui de l'atrium et cela est dû aux réflexions de la lumière sur le vitrage des fenêtres. Les éclairages des espaces au 1^{er} et 2^{ème} étage étaient par ailleurs, inférieurs aux points distants à 50 cm. Les valeurs maximales aux points S10 et S13 (S10 : 2 368 lux à 10h30 et S13 : 2 045 lux à 14h30). Et pour le 2^{ème} étage, S18 (1 743 lux à 9h30) et S21 (1 969 lux à 14h30). En outre, dans les espaces intérieurs, les luminances sont au-dessous du niveau recommandé.

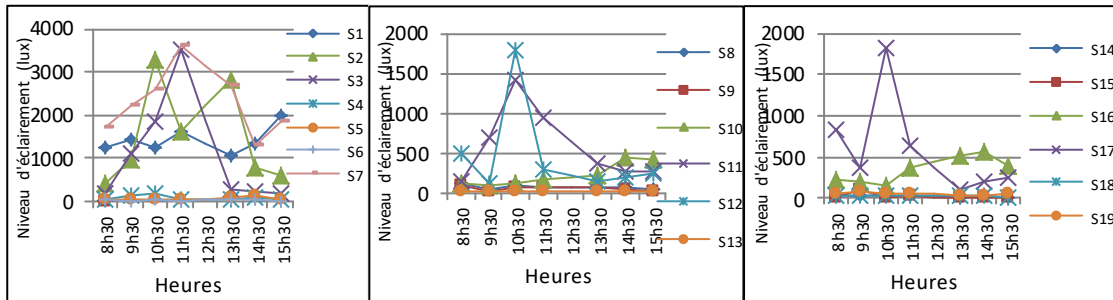


Figure IV.17 : le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne peinarde (22 mai 2016)

IV.7.2.3. Les résultats de la journée du 18 juillet 2016 :

La tendance des courbes est variable, mais on remarque que le rez-de-chaussée est typique étant donné que celui-ci est représenté par des stations situées au rez de l'atrium, une station extérieure et deux stations intérieures. Pour les autres niveaux, les allures sont plus ou moins identiques. Au RDC, les courbes correspondent aux points S1, S4, S5 et S6 prennent les valeurs maximales. Des valeurs considérables pour les points de mesure situés dans l'atrium, dont la valeur maximale atteint à 11h30 au niveau des stations S4 et S5 (18 450 lux). Pour les mesures intérieures sont les plus faible. Les tendances observées dans les étages sont presque les mêmes. Au premier étage, les points situés dans le côté est prennent les valeurs les plus élevées (S9 et S10) et de même pour le deuxième étage (S17 et S18). En fin de journée, elles ont été diminuées par rapport à ce qu'elles étaient le matin, en raison de l'abaissement progressif de la hauteur du soleil.

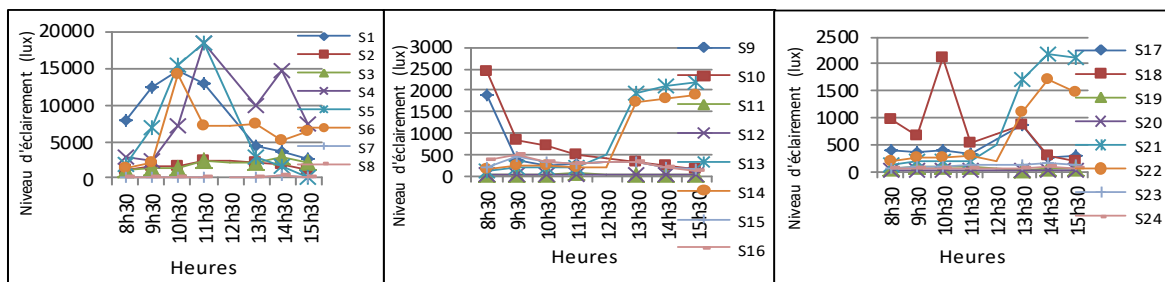


Figure IV.18 : le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'été (18 juillet 2016)

IV.7.2.4. Les résultats de la journée du 10 janvier 2017 :

Sur l'ensemble de la campagne de mesure d'hiver, les données sont timidement importantes, mais à part quelques points pour tous les niveaux.

Au RDC, les valeurs sont petites, sauf S1 (un maximum de 20400 lux à 10h30). En effet, les mesures intérieures n'ont pas excédé 50 lux (pour S7 et S8). En raison des conditions d'ensoleillement dans cette journée, les mêmes remarques se répètent dans les autres niveaux, mais à part S14, S25, S24, S23, S22. Cependant, ces mesures restent au-dessous du seuil de recommandation fixé à 500 lux (selon la norme NBN EN 12464-1), (Energie plus, 2018).

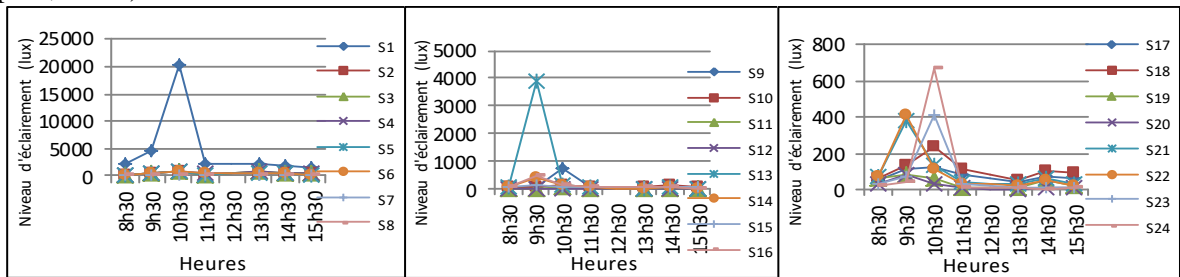


Figure IV.19 : le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (10 janvier 2017)

IV.7.2.5. Les résultats de la journée du 16 janvier 2017 :

Toujours le RDC a connu des valeurs assez fortes où on a remarqué un maximum de 4 210 lux à 10h30 (S1). Et le reste des points restent avec des valeurs faibles toute la journée surtout en ce qui concerne les stations des deux bureaux (S7 et S8).

En effet, les mesures intérieures, c'est-à-dire des étages, n'ont pas excédé 61,2 et 85,7 lux respectivement pour S11 et S18. Cela explique les conditions nuageuses du ciel de cette journée. Enfin, ces mesures restent en dessous du seuil recommandé.

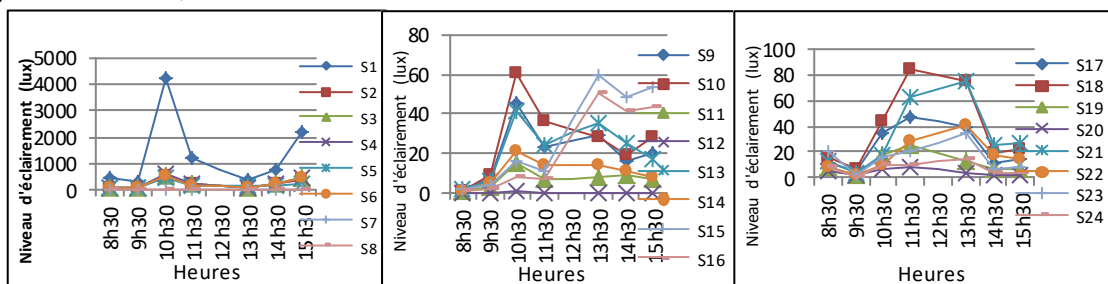


Figure IV.20 : le niveau d'éclairage pour les stations des trois niveaux, campagne d'hiver (16 janvier 2017)

Conclusion :

Dans ce chapitre, on a présenté les détails d'évaluation des ambiances thermo-lumineuses dans les édifices à atrium central. L'étude concerne des campagnes de mesures climatiques liées aux ambiances citées ci-dessus.

- Les parties exposées au soleil, indirectement, à travers la verrière connaissent des températures importantes (l'atrium, les coursives, le point à 0,5 m). De ce fait, on peut dire que l'atrium est l'espace le plus sensible parmi les espaces intérieurs d'un bâtiment atrium. Aussi, il y a un effet ascendant des températures intérieures des trois niveaux, depuis le RDC jusqu'à le 2^{ème} étage.

- À ciel clair et en absence d'un courant d'air, les paramètres physiques de l'environnement suivent une forme parabolique, avec une valeur maximale à midi. Dans les journées partiellement couvert et couvert ces données n'ont pas une logique unique (forme en zigzag, exemple : 24 mai et 15 janvier)

- Les humidités relatives ne s'évaluent pas rapidement par rapport à la température de l'air et l'éclairement.

- Le niveau d'éclairement extérieur dépend de l'environnement immédiat. Les valeurs les plus importantes de l'éclairement sont remarquées au niveau de l'atrium, l'espace extérieur, près de les fenêtres (à 0,5 m) et les coursives. Ainsi, la lumière s'améliore avec la hauteur (cela est très clair au niveau des points de mesure des coursives).

- Selon les paramètres testés, le 2^{ème} cas présent des températures intérieures plus considérable que 1^{er} cas. De même, on a remarqué une amélioration du niveau d'éclairement pour le 1^{er} bâtiment.

Durant la première séquence, on a traité les données du 1^{er} cas, la maison de la culture, dont on a tiré les conclusions suivantes :

• *Au printemps :*

- Les températures intérieures sont entre 20-25 °C pour le printemps.

- Des températures extérieures différentes, une différence maximale est de 2,7 °C. Et cela est dû à leurs emplacements, la première se trouve exposé au vent et la deuxième est dans la zone de dépression de celui-ci.

- Les températures intérieures sont variables le long de la journée à ciel intermédiaire, alors que la journée à ciel clair, les températures s'élèvent progressivement.

- Le cumul de chaleur se décharge rapidement lorsqu'une ventilation transversale est assurée (la rentée des employés). Ceci provoque un abaissement de la température de l'air.

-L'évolution des humidités se fait d'une manière inverse en relation avec les températures de l'air, elles sont aussi au-delà des limites de confort.

Le niveau d'éclairement, en général, est acceptable pour certains espaces et d'autres sont inférieurs aux valeurs recommandées.

- **En été :**

-Les températures intérieures sont élevées par rapport aux celles extérieures (S1), elles s'évaluent en montant vers le haut.

-Les températures de l'air se dépassent de 1 °C de l'intervalle de confort, elles se développent entre 25 et 29 °C (selon l'analyse du climat de la ville de Jijel par les tables de Mahoney, la température de confort estivale est entre 21-28 °C)

-Les humidités sont presque dans les limites de confort.

-La vitesse de l'air est intéressante dans l'espace extérieur, l'atrium et les coursives du 2^{ème} étage), mais généralement ces valeurs sont considérées comme une brise légère selon l'échelle de Beaufort. Et pour les espaces intérieurs, la vitesse est qualifiée comme une très légère brise.

- L'éclairement est important au niveau de l'atrium, l'espace extérieur et les coursives.

- **En hiver :**

-Les températures de l'air sont très basses par rapport aux deux autres périodes étudiées. Elles sont au-dessous des gammes recommandées du confort. Des humidités importantes presque pour tous les espaces, elles sont à la limite du confort et au-delà de celle-ci.

-La présence d'un nombre important des usagers peut s'élever les températures et minimiser l'humidité, et presque tous les points de mesures sont similaires en absence de ventilation naturelle.

-L'éclairage naturel est faible et le niveau d'éclairement est au-dessous de la norme, sauf dans l'atrium et ses coursives (mais il est supérieur à 20 lux :limite de perception).

Pour le deuxième cas d'étude, les résultats de l'investigation présentent aussi :

- **Au printemps :**

-La forme des courbes de températures ascendante pour les trois saisons étudiées. Sauf que la période hivernale est peu perceptible par rapport aux autres saisons.

-Dans cette atmosphère, malgré la température extérieure commence à se baisser, les températures intérieures continuent à se progresser (charges internes et les échanges radiatifs de grandes longueurs d'onde de la verrière).

- Les humidités relatives prennent des courbes descentes, à l'inverse des températures.

-le centre de l'atrium représente un point important d'illumination.

- ***En été***

-Les températures de l'air s'évaluent rapidement sans dépasser les limites du confort estival, avec des écarts peu perceptible entre les points de mesure.

-Une élévation des températures est accompagnée par une augmentation des valeurs de l'humidité relative, elle est entre 60 et 70 %.

-L'atrium a connu les plus grands niveaux d'éclairément (effet aggravé par les réflectivités des rayons du soleil sur les murs et le verre des fenêtres). Cependant, le RDC a soulevé des éclairéments très bas.

- ***En hiver***

-Il n'y a pas une grande différence entre les températures des trois niveaux. Alors que les températures du RDC sont les faibles. Et pour les deux étages, les points qui se trouvent à 0,5 m par rapport à l'atrium sont les plus sensibles aux variations de celui-ci.

- Les valeurs des humidités sont au-delà de l'intervalle de confort.

-En hiver, le niveau d'éclairément est très bas, il est au-dessous du seuil de perception. Il peut atteindre jusqu'à 1,4 et 1,3 lux.

Introduction :

L'analyse subjective est un complément important à l'évaluation objective dans la recherche traitant du confort environnemental à l'intérieur ou à l'extérieur d'un espace. La dimension subjective permet aussi de mieux cerner des phénomènes parfois non décelables avec des appareils de mesure. Au niveau de cette recherche et pour avoir une vision globale du caractère des ambiances thermo-lumineuses dans les espaces d'étude (maison de la culture et la faculté de droit et des sciences politiques) il a été procédé à une investigation subjective à l'aide de la technique du questionnaire (annexe C). Se voulant simple et sans ambiguïté, il a été développé sur quatre parties, la première et la deuxième partie consistent à identifier les informations regroupant les données sur l'espace (le numéro du bureau, l'heure et les conditions de remplissage de questionnaire) et des données liées l'employeur (la fonction, l'âge, le genre). En ce qui concerne la troisième et la quatrième partie, elles se rapportent à l'estimation des ambiances thermiques et lumineuses à travers des questions fermées (à réponse unique, à réponses multiples) et des questions ouvertes (l'échelle de Likert et celle d'Osgoog¹¹). Il y a aussi des questions conditionnelles liées à des réponses précédentes. À la fin, le questionnaire est clôturé par une proposition à l'enquêté de donner une conclusion en lui laissant de répondre à sa guise dans un petit commentaire.

Pour ce faire, l'enquête proprement dite a été précédée un travail pilote à travers duquel un questionnaire test a été administré à un échantillon réduit. Celui-ci a permis de vérifier et de sélectionner les indicateurs pertinents tout en assurant la clarté, la compréhension et le réagencement de la structure du questionnaire final.

En résumé, l'enquête subjective vise à déterminer l'influence des conditions thermiques et lumineuses sur le bien-être et le comportement des employés dans les lieux investigués lors des campagnes de mesure soit l'évaluation objective. L'objectif principal de cette démarche consistait à déterminer la corrélation entre les paramètres physiques de l'environnement thermo-lumineux, le ressenti réel et l'attitude des usagers.

D'une manière générale, pour l'évaluation de la dimension ambiante il a été fait appel aux facteurs : perception et comportement, espace architecturé et paramètre physique. Plus

¹¹ La première propose des items d'évaluation, l'autre une évaluation chiffrée

précisément, pour jauger subjectivement l'espace thermique, trois types de questions ont été retenus : perception, évaluation, préférence et expression de l'acceptabilité (selon la norme 10551). De plus, l'étude comprend les réactions comportementales, physiologiques et technologiques des occupants.

D'un autre côté, pour procéder à l'investigation subjective de l'ambiance lumineuse, on a adopté des échelles d'évaluation conventionnelle de sept points. Ainsi, il est aussi question d'estimer le confort lumineux vis-à-vis de la lumière naturelle. Bien que sur 180, seuls 166 formulaires ont été instruits pour les deux bâtiments, ils sont considérés comme étant l'échantillon représentatif en référence au fait qu'il représente 92 % des employés.

V.1. Evaluation de l'environnement thermo-lumineux par les usagers : maison de la culture

V.1.1. Période de printemps : 24/05/2016

Dans cette journée, le nombre total des usagers était 34. On a recensé 61,76 % des participants sont de sexe masculin, et 38,23 % de sexe féminin.

V.1.1.1. Évaluation l'environnement thermique par les travailleurs :

a. Évaluation de la température par les travailleurs :

La figure V.1 montre le pourcentage des sensations, les agréments et les préférences des usagers de la maison de la culture durant la période printanière. Les valeurs de sensation se balancent entre les déclarations (neutre : 41,17 % et légèrement chaud : 44,11 %) avec des taux petits pour les jugements : légèrement froid, chaud et très chaud. Quant aux valeurs de l'agrément, elles varient entre acceptable (58,82 %), légèrement inacceptable (38,23 %) et seulement un taux de 2,94 % pour l'estimation : très inacceptable. Les préférences indiquent que les plus importantes valeurs ont été enregistrées respectivement pour les votes sans changement et un peu plus froid, tandis que les valeurs les moins élevées ont été enregistrées pour les votes un peu plus froid et plus froid.

D'après ce graphique, on remarque qu'il y a une concordance logique entre les trois genres de votes. À titre d'exemple, la sensation "neutre" représente 40 %. De ce fait, les usagers sont plus positifs envers l'évaluation acceptable et beaucoup de personnes ne veulent aucun changement.

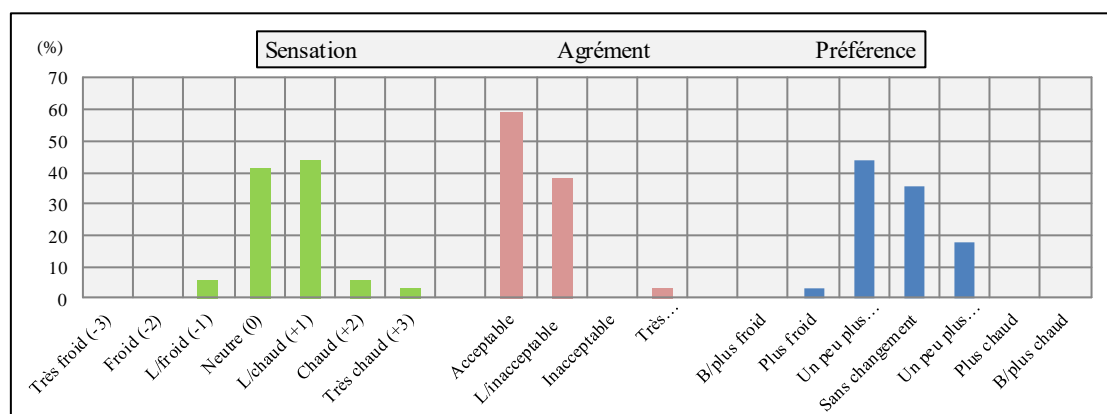


Figure V.1 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 24/05/2016)

b. Évaluation de l'humidité par les travailleurs :

D'après les réponses des usagers, on a trouvé un taux de 58,82 % déclare que le climat intérieur est humide et 41,17 % sent qu'il n y a pas d'humidité.

Selon les données représentées sur le graphique, on observe un pourcentage élevé pour les sensations : légèrement humide, humide et neutre respectivement avec les taux : 47,05 %, 28,58 %, 28,58 %. Pour les évaluations d'agrément, les employés expriment que c'est légèrement acceptable (58,82 %), acceptable (23,52 %), inacceptable (8,82 %), très inacceptable (8,82 %). De ce fait, les personnels cherchent à avoir moins d'air humide sauf un taux de 2,94 qui propose plus d'air humide.

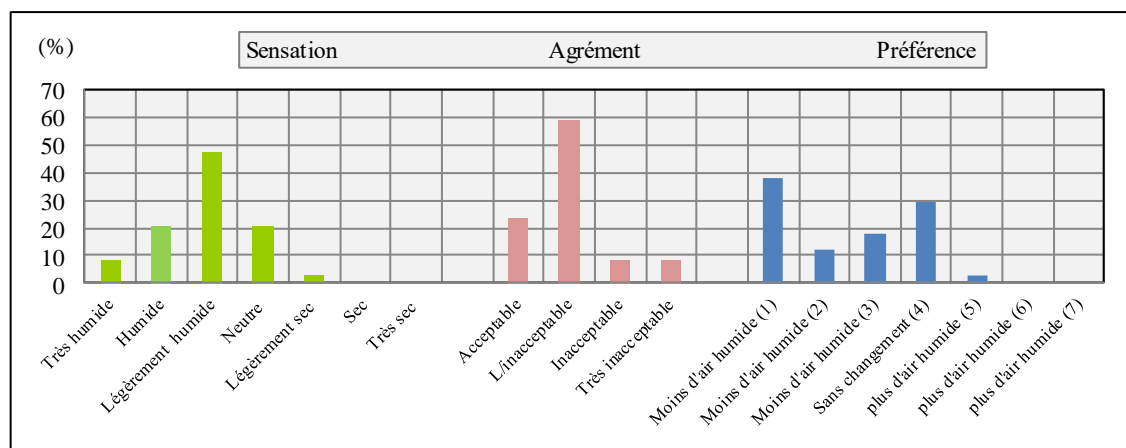


Figure V.2 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 24/05/2016)

c. Évaluation de la vitesse de l'air par les travailleurs :

Pour la majorité des sujets enquêtés (58,88 %), il y avait un mouvement de l'air et le reste ne le sent pas 41,1 %. Dans l'ordre, les sensations les plus remarquées sont : calme, moyen et léger.

Ainsi, leur évaluation était acceptable et légèrement acceptable (47,05 % et 35,29 %). Seulement un taux de 11,76 % et 5,88 % déclarent respectivement que le climat est inacceptable et très inacceptable. Pour les votes de préférence, les sujets aiment d’avoir une ambiance sans changement 47,05 % et surtout un environnement avec plus de mouvement d’air dans leurs bureaux.

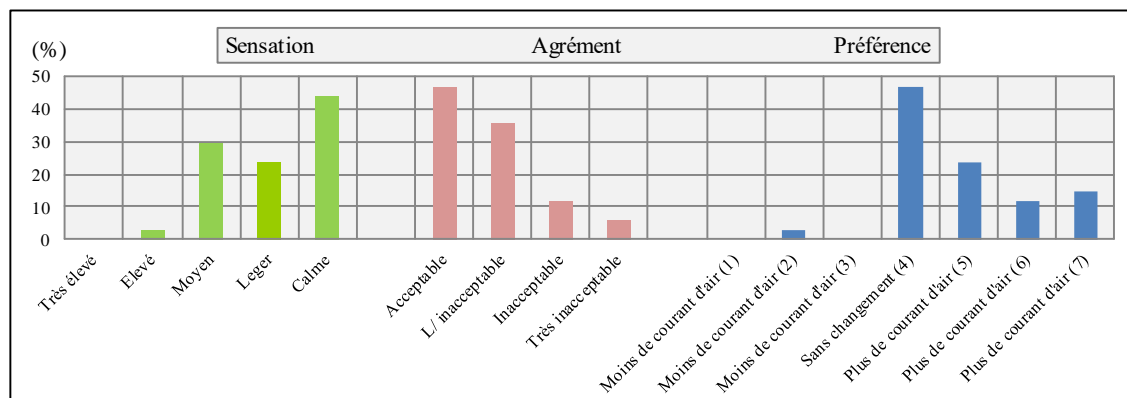


Figure V.3 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l’air (le 24/05/2016)

d. Évaluation de l’ambiance globale :

Selon les figures présentées ci-dessus, les salariés étaient dans un climat modéré vis-à-vis de la température et la vitesse de l’air, mais le facteur humidité était un problème signalé pour la majorité des travailleurs. Ces résultats sont en conformité avec la satisfaction des usagers en tenant compte de ces paramètres physiques, donc, on enregistre les déclarations suivantes : satisfaisant avec un taux de 50 %, légèrement satisfaisant 41,17 %, insatisfaisant 5,88 % et très insatisfaisant 2,94 %.



Figure V.4 : Evaluation de l’ambiance globale (le 24/05/2016)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

Cette période printanière est marquée par des températures modérées, elles n’avaient pas dépassé les 25 °C. C’est la raison pour laquelle les ajustements des usagers sont répartis sur plusieurs choix.

Pour les ajustements personnels, on notera d'abord que les actions d'ouvrir les ouvertures, éteindre les lampes et boire de l'eau sont les principales. Ensuite, il vient au deuxième plan les réactions : fermer les stores, ouvrir les stores, le nomadisme et fermer les ouvertures. Les adaptations technologiques quant à elles sont représentées par mettre en marche le climatiseur et contrôler son fonctionnement.

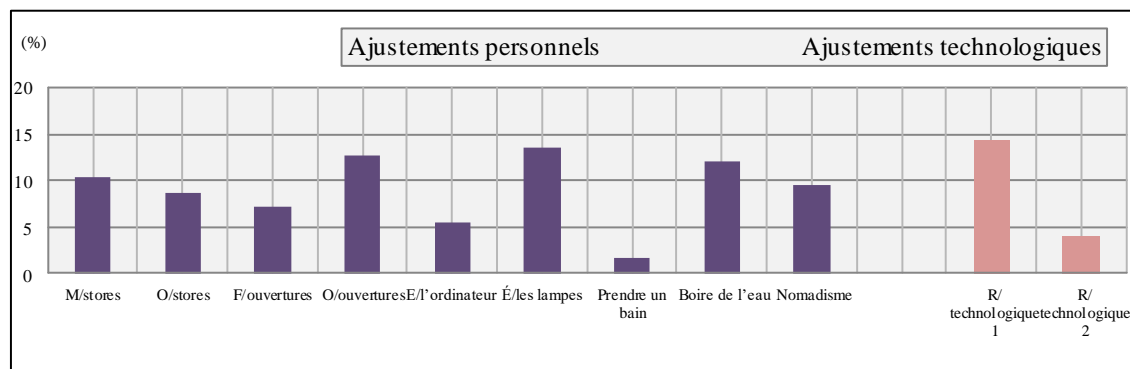


Figure V.5 : Adaptations comportementales et technologiques (le 24/05/2016)

f. Acclimations physiologiques :

D'après le questionnaire, on a trouvé que 64,7 % des personnes ont évoqué leur gêne vis-à-vis de la sueur et les autres ne l'ont pas senti. Ce phénomène physiologique est considéré comme gênant pour beaucoup de personnes (52,94 %). Les autres évaluations ont été associées aux termes suivants : un peu (20,58 %) et pas tellement (26,47 %).

En effet, la réaction "changement des vêtements" paraît importante (70,58 %). Aussi, il a été remarqué que ce comportement est chez les employés évaluant positivement cette gêne par "un peu" et "beaucoup".

Donc, le malaise engendré par la sueur représente un problème très remarquable chez les sujets dans ce bâtiment. Si on combine ce graphe avec celui de l'humidité et la vitesse de l'air, on peut dire que ces réponses sont logiques, c'est-à-dire, dans un climat humide avec des vitesses de l'air faible, l'ambiance sera étouffante.

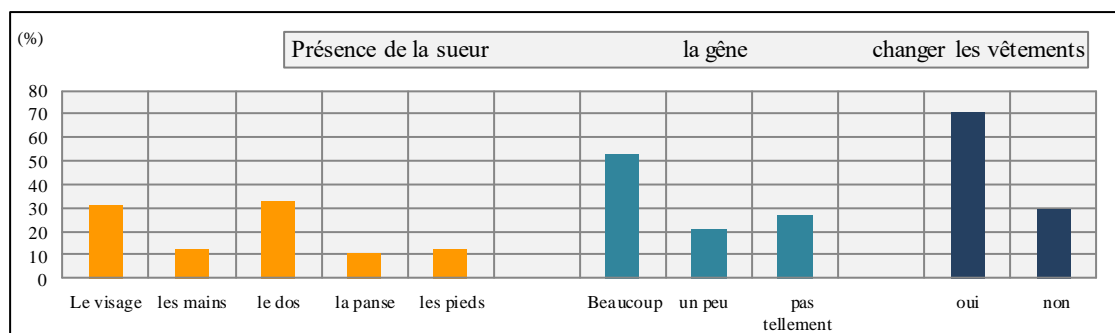


Figure V.6 : Ajustements physiologiques (le 24/05/2016)

V.1.1.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel

En se basant sur les réponses des salariés, la majorité travaille sur les deux moyens (le papier et l'ordinateur : sur l'ordinateur 26,47 %, sur le papier 23,54 %).

a. Évaluation de la luminosité des bureaux :

Les travailleurs ont répondu sur la quantité de lumière comme suit : équilibré (64,7 %), légèrement sombre (11,76 %), légèrement lumineux (8,82 %) et lumineux (14,7 %)

Pour eux, elle est bien répartie (oui : 73,52 %, non : 26,47 %). Il en ressort que le rendu des couleurs était moyen (50 %), bon (44,11 %) et faible (5,88 %).

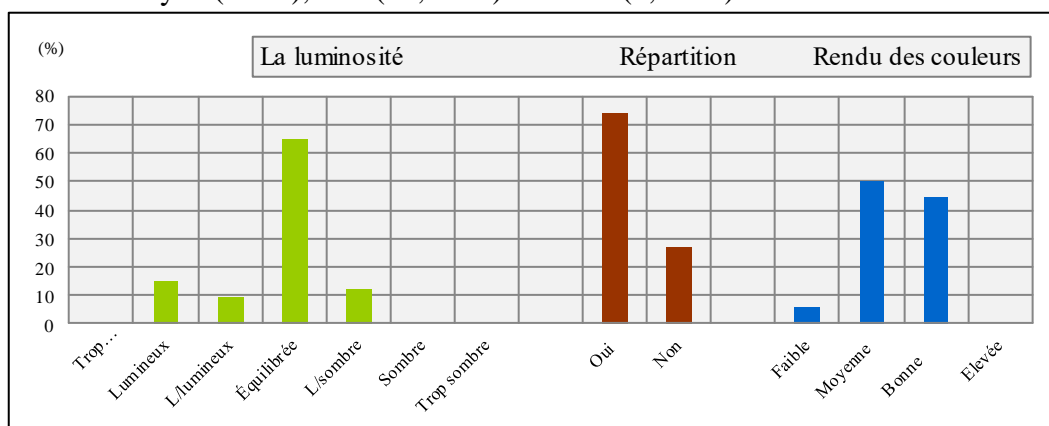


Figure V.7 : Evaluation de la luminosité des bureaux (le 24/05/2016)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires

D'après la figure V.8, 29,41 % des usagers ont signalé l'absence d'éblouissement. Néanmoins, seuls 29,41 % les ont estimé importantes et 23,52 % les ont évalué faible (peu). En ce qui concerne les ombres gênantes, 70,58% des personnes interrogées déclarent l'absence de ces anomalies visuelles. La présence des taches solaires gênantes sur le plan de travail est soulevée par les taux : 35,29 % un peu et 8,82 % modérément. Alors, 55,88% des participants ne les remarquent pas. Ceci est plus fréquent le matin.

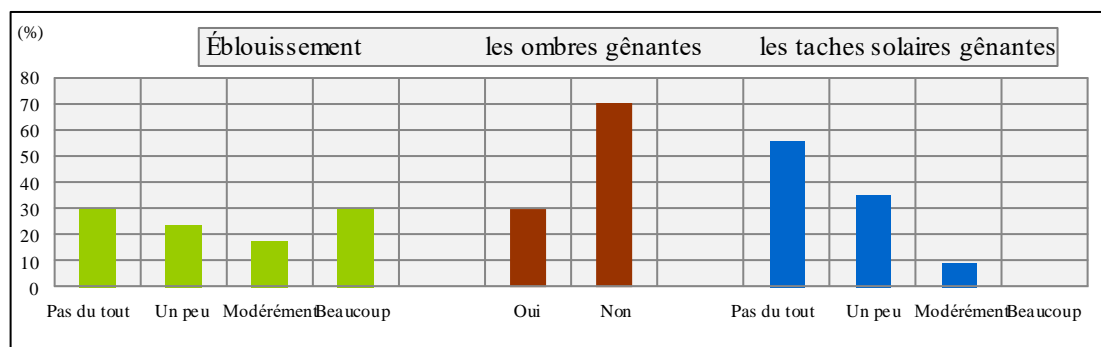


Figure V.8 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires (le 24/05/2016)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

D'après les employés, la différence d'intensité lumineuse peut être qualifiée par les termes suivants : doux (44,11 %), juste imperceptible (23,52 %), imperceptible (23,52 %) et un peu fort (8,82 %).

D'une manière globale, les pourcentages enregistrés montrent aussi que l'éclairage général est ressenti comme agréable et très agréable, mais à part quelques appréciations négatives (très désagréable).

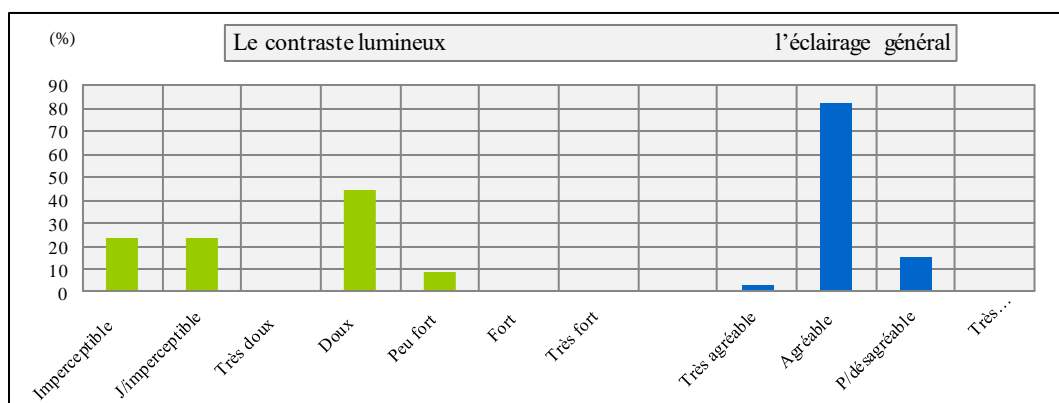


Figure V.9 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 24/05/2016)

V.1.2. Période d'été : 24/07/2016

Il s'agit d'analyser les mêmes phénomènes observés antérieurement, et qui mettent en évidence l'effet des facteurs physiques sur les sensations et les réactions des travailleurs.

Dans cette journée, le nombre total des usagers était 26. On a recensé 50 % des participants sont de sexe masculin, et 50 % de sexe féminin. Pour les ouvertures, les fenêtres et les portes sont fermées, mais à part les ouvrants du RDC.

V.1.2.1. Évaluation de l'environnement thermique par les usagers

a. Évaluation de la température par les travailleurs :

Selon la figure V.10, on enregistre que les employés trouvent que le climat est chaud (50 %), légèrement chaud (26,92 %), neutre (19,23 %) et seulement 3,84 % considèrent que la température de l'ambiance est légèrement froide. L'évaluation subjective des usagers est variée sur les expressions suivantes : acceptable, légèrement acceptable, inacceptable et très inacceptable respectivement avec les pourcentages suivants : 26,92 %, 50 %, 19,23 % 3,84 %. Enfin, il en ressort que la grande majorité souhaite un environnement sans changement, un peu plus froid et plus froid. Ces évocations apparaissent logiques par rapport à la situation chaude de cette journée.

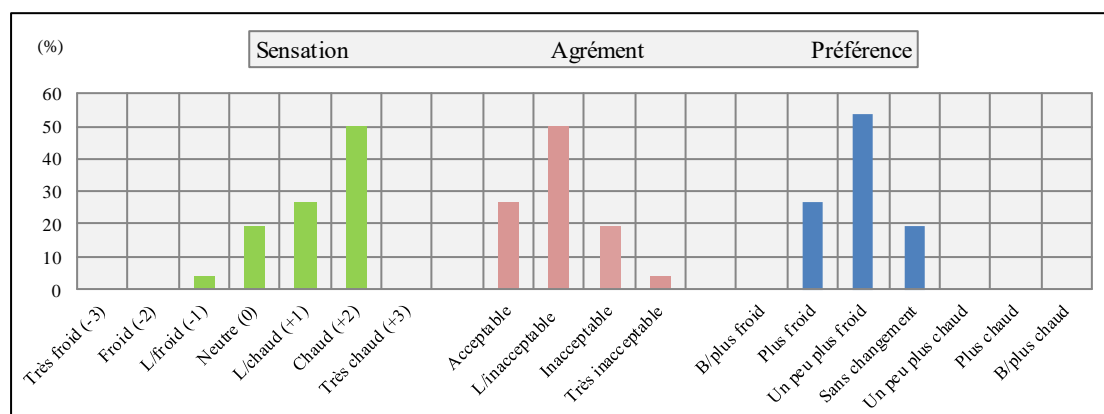


Figure V.10 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 24/07/2016)

b. Évaluation de l’humidité par les travailleurs :

Les votes des sujets sont repartis entre trois sensations distinctes, très humide (19,23 %), humide (46,15 %) et légèrement humide (34,61 %).

Ainsi, les résultats montrent la satisfaction de 11,53 % des répondants. Cependant, 53,84 % déclarent que l’humidité est légèrement inacceptable, 30,76 % des personnes la perçoivent comme inacceptable et 3,84 % évoquent l’impression de très inacceptable. Dans ce type d’ambiance, les gens aiment d’avoir moins d’air humide et uniquement, 3,84 % ne veulent pas un changement.

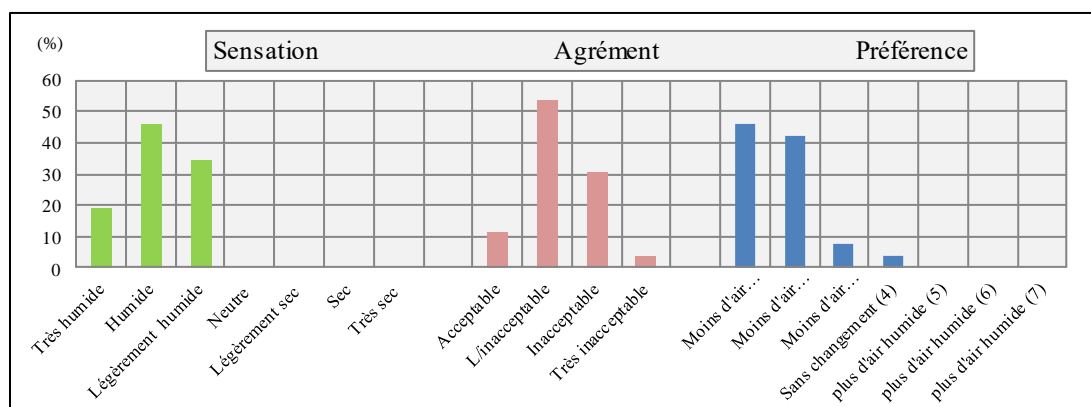


Figure V.11 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l’humidité (le 24/07/2016)

c. Évaluation de la vitesse de l’air par les travailleurs :

L’analyse de la vitesse de l’air à travers les usagers nous montre que les participants la perçoivent comme calme, léger et moyen respectivement avec les pourcentages suivants : 19,23 %, 30,76 %, 23,07 %. Malgré cela, les usagers déclarent que le mouvement de l’air est acceptable (30,76 %) et légèrement inacceptable (57,69 %). Néanmoins, il y a des appréciations négatives comme inacceptable (7,69 %) et très inacceptable (3,84 %). Les

autres sentaient que l'ambiance est légèrement acceptable (57,69 %). Leurs demandes sont d'avoir un plus de courant d'air. Comme on peut le remarquer sur la figure, des évocations très négatives vis-à-vis de cet environnement (il s'agit d'avoir plus de courant d'air avec une préférence extrême).

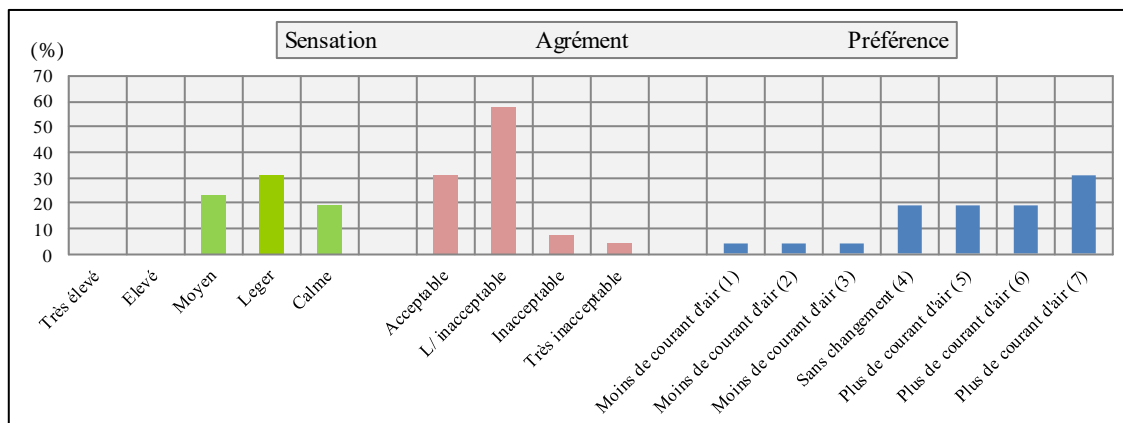


Figure V.12 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 24/07/2016)

d. Évaluation de l'ambiance globale :

D'après les estimations de la majorité des usagers, cette journée d'été était chaude et humide avec une vitesse de l'air légère surtout. De ce fait, leurs évaluations globales de l'ambiance thermique se varient entre : légèrement satisfaisant 57,69 %, satisfaisant 26,92 %, insatisfaisant 11,53 % et très insatisfaisant 3,84 %.

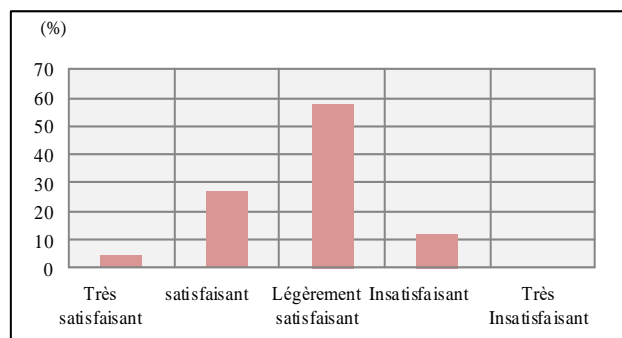


Figure V.13 : Evaluation de l'ambiance globale (le 24/07/2016)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

Les réactions comportementales les plus manifestées sont : boire de l'eau (15,38 %), ouvrir les ouvertures (12,50 %), fermer les stores (11,53 %). D'autres sont considérées comme secondaires : éteindre les lampes (8,65 %) nomadisme (7,69 %), fermer les ouvertures (6,7 %), éteindre l'ordinateur (4,8 %). En ce qui concerne les actions technologiques, elles

dépendent de mettre en marche le climatiseur (21,15 %) et le contrôle du fonctionnement de ces moyens (8,65 %).

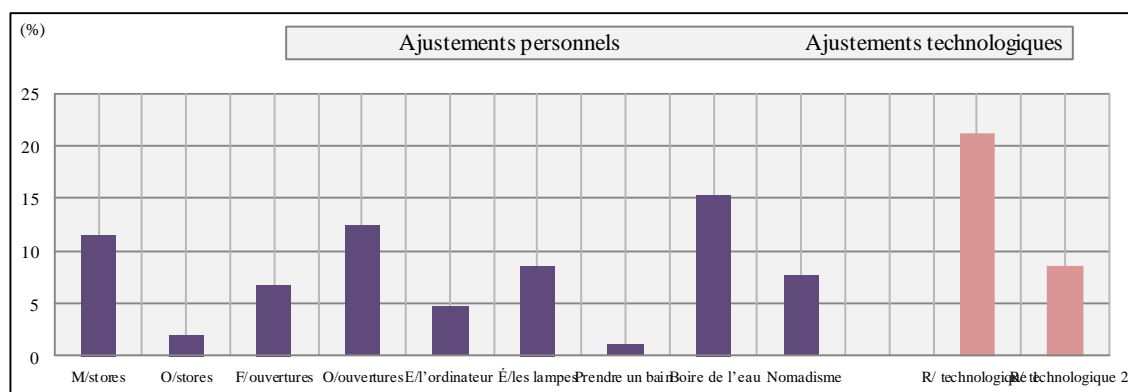


Figure V.14 : Adaptations comportementales et technologiques (le 24/07/2016)

f. Acclimations physiologiques :

Les usagers sont ennuyés par la sueur (96,15 %). Ils décrivent leur gêne en qualifiant la situation comme "gênante", beaucoup : 69,23 %, un peu : 23,07 % et pas tellement de 7,69 %. Sa présence touche surtout le visage et le dos, les mains, la panse et les pieds viennent en deuxième degré. Aussi, ils arrivent même à changer leurs vêtements (69,23 %).

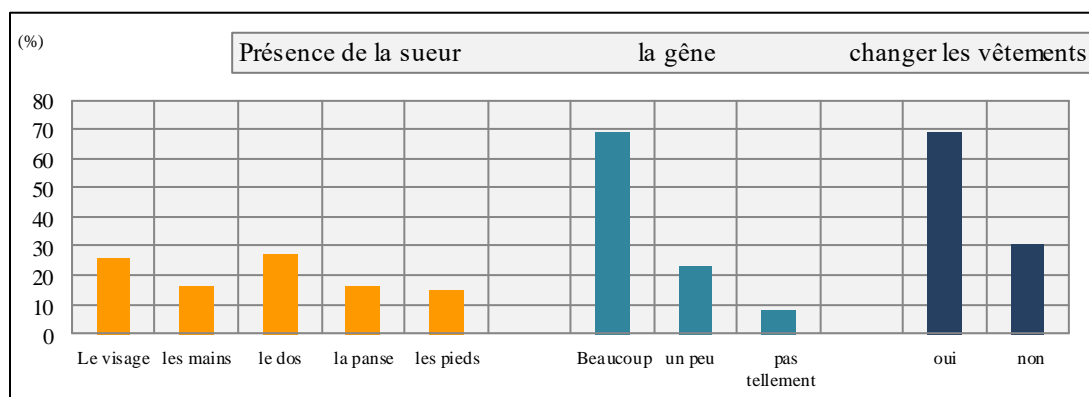


Figure V.15 : Ajustements physiologiques (le 24/07/2016)

V.1.2.2. Analyse de l'environnement lumineux par les usagers : l'éclairage naturel

a. Évaluation de la luminosité des bureaux :

Pour la luminosité, on remarque que l'espace est bien éclairé vu les expressions des salariés. Alors, les participants percevaient le climat lumineux comme équilibré 46,15 %, légèrement lumineux. Cependant, 15,38 % trouvent que le climat est légèrement sombre. Aussi, la plupart des intervenants déclarent que cette lumière est bien répartie dans le bureau et le rendu est : bon 65,38 %, moyen 26,92 % et faible 7,69 %.

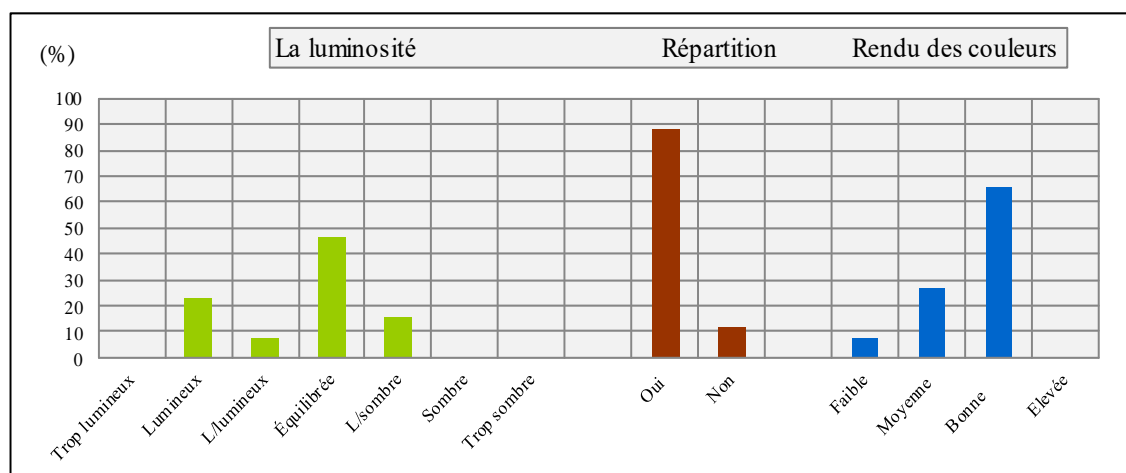


Figure V.16 : Evaluation de la luminosité des bureaux (le 24/07/2016)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires :

D'après la figure V.17, on peut dire que l'éblouissement est très fréquent dans les bureaux, et cela vu leurs estimations : beaucoup modérément et un peu.

En outre, les pourcentages sur la perception des ombres gênantes ne sont pas importants où on a enregistré 19,23 %.

La présence des taches solaires gênantes sur le plan de travail est soulevée par les taux : 57,69 % un peu et 13,04 % beaucoup. Seuls 30,76 % des participants ne les remarquent pas. Ceci est plus fréquent le matin (55,55 %), l'après-midi (44,44 %).

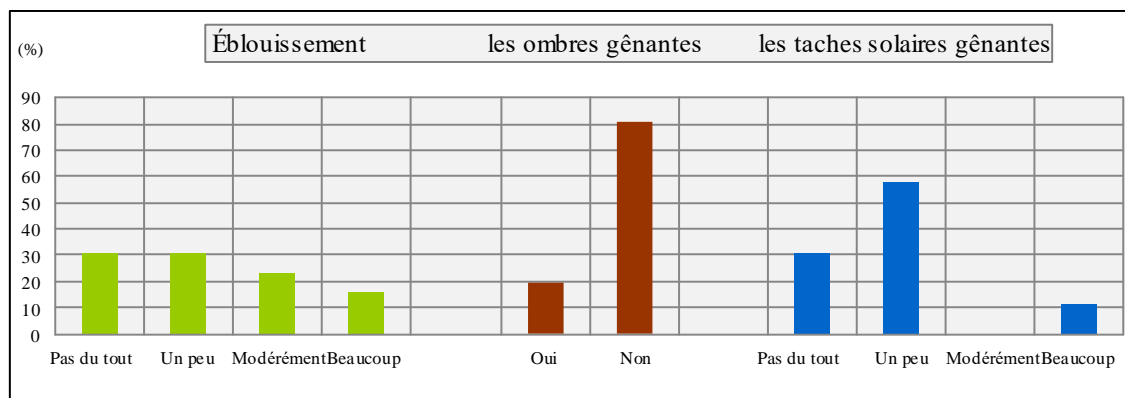


Figure V.17 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires (le 24/07/2016)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

Les réponses concernant l'évaluation du contraste lumineux montrent qu'elles se varient entre : doux (42,3 %) très doux (7,69 %), juste imperceptible (23,07 %) et imperceptible (23,07 %) et peu fort (3,84 %). La plupart des usagers considèrent que le climat est agréable (96,15 %).

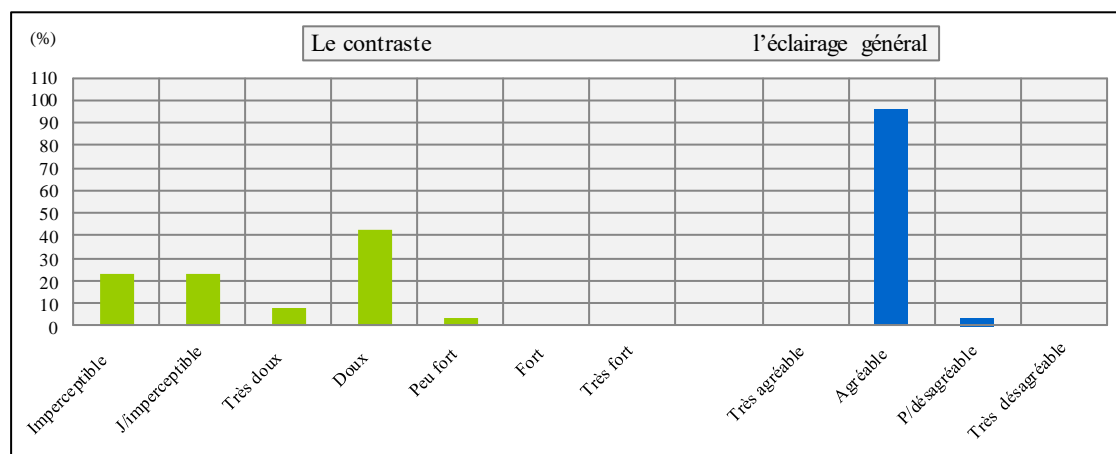


Figure V.18 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 24/07/2016)

V.1.3. Période d'hiver : 15/01/2017

Dans cette journée, le nombre total des usagers était 16. On a recensé 50 % des participants sont de sexe masculin, et 50 % de sexe féminin.

V.1.3.1. Analyse de l'environnement thermique par les usagers

a. Évaluation de la température par les travailleurs :

Dans la partie investigation in situ, le graphe de la température a permis d'appréhender la nature froide de cette journée. En fait, les réponses des sujets sont divisées en deux votes : neutre et froid. Ce dernier quant à lui est réparti entre : légèrement froid, froid et très froid. À partir des sensations déclarées, les usagers trouvent que le climat est : acceptable (43,75 %), légèrement inacceptable (37,5 %) et inacceptable (18,75 %). Les environnements préférés sont représentés par deux votes sans changement (18,75 %) et un peu plus chaud (81,25 %).

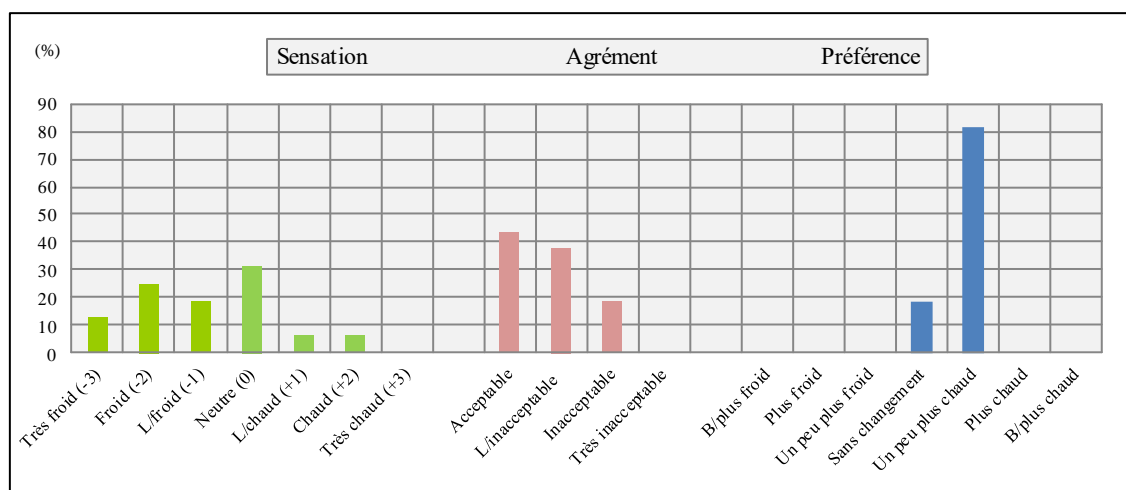


Figure V.19 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 15/01/2017)

b. Évaluation de l'humidité par les travailleurs :

Le 15/01/2017 était une journée non seulement froide mais aussi humide. Les réponses des employés sont : très humides, humide, légèrement humide, neutre et sec. Malgré ça, les salariés trouvent que le climat est acceptable (50 %), légèrement acceptable (37,5 %), inacceptable (12,5 %). Néanmoins, beaucoup de gens cherchent à avoir moins d'air humide et (37,5 %) ne veulent aucun changement.

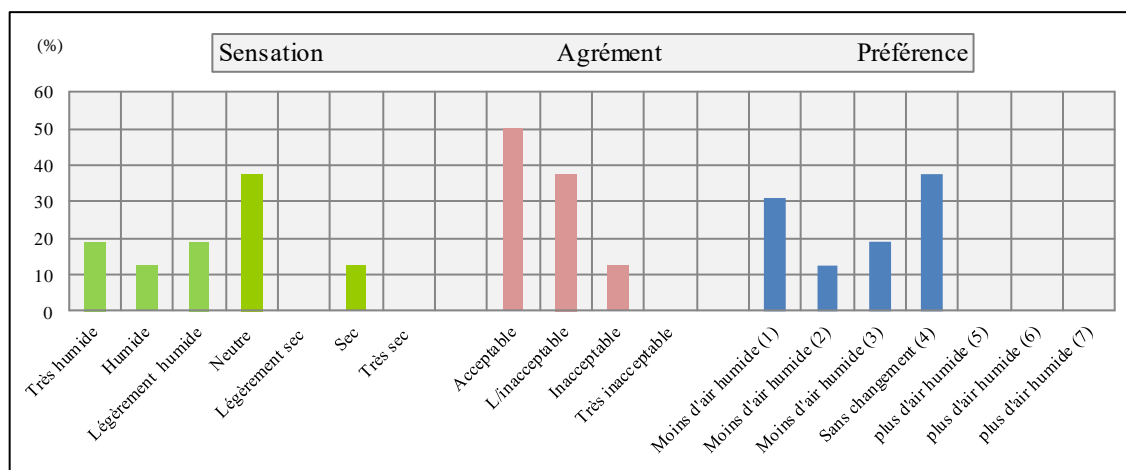


Figure V.20 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 15/01/2017)

c. Évaluation de la vitesse de l'air par les travailleurs :

Les résultats montrent que 43,75 % des travailleurs sentent un mouvement de l'air et un ensemble de 56,25 % ne le perçoivent pas. Le graphe ci-dessous synthétise les sensations utilisées pour décrire le climat ressenti vis-à-vis de la vitesse de l'air. Elles sont réparties entre calme (37,5 %), léger (18,75 %), moyen (31,25 %), et élevé (12,5 %), 68,75 % des salariés déclarent que l'environnement intérieur est acceptable et 31,25 % des usagers déclarent que le climat est légèrement inacceptable. Les environnements préférés sont basés sur les choix suivants : sans changement 68,75 % et moins d'air humide.

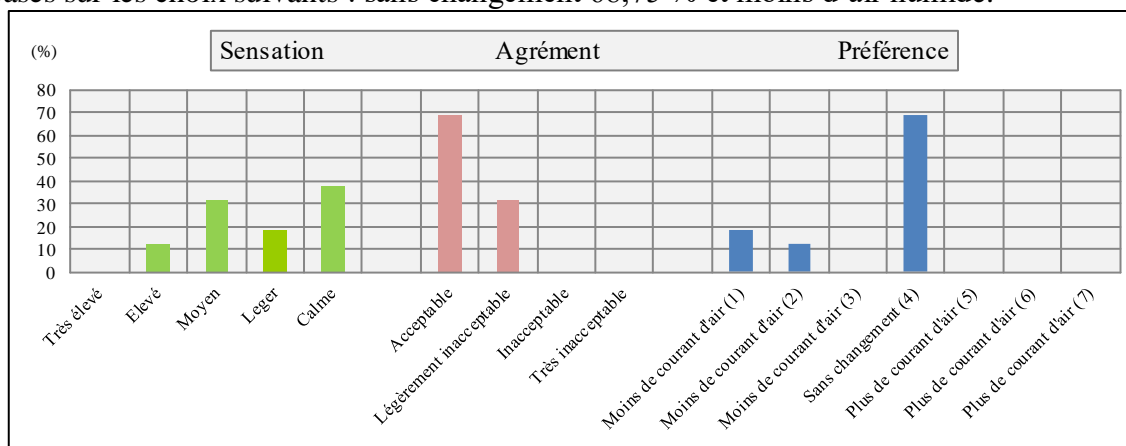


Figure V.21 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 15/01/2017)

d. Évaluation de l'ambiance globale :

Compte tenu de tous les paramètres cités ci-dessus, le taux de satisfaction des occupants est reparti comme suit : un grand pourcentage des travailleurs déclarent que l'ambiance globale est satisfaisante (62,5 %). La déclaration légèrement satisfaisant vient en deuxième position (31,25 %) et en dernier la déclaration très insatisfaisante (6,25 %).

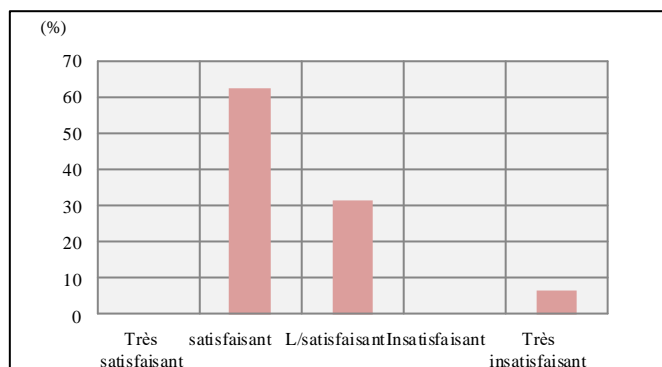


Figure V.22 : Evaluation de l'ambiance globale (le 15/01/2017)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

En cette journée d'hiver, l'adaptation comportementale la plus manifestée est : allumage de l'éclairage l'électrique (68,75 %). D'autres réactions moins importantes sont : fermeture des ouvertures (18,18 %), posture contractée (9,09 %), nourriture (10,9 %), nomadisme (9,09 %), fermeture des stores (5,45 %). Les adaptations technologiques sont marquées surtout par l'emploi du chauffage et le climatiseur pour améliorer l'ambiance intérieure, elles sont quantifiées par un taux de 81,25 %.

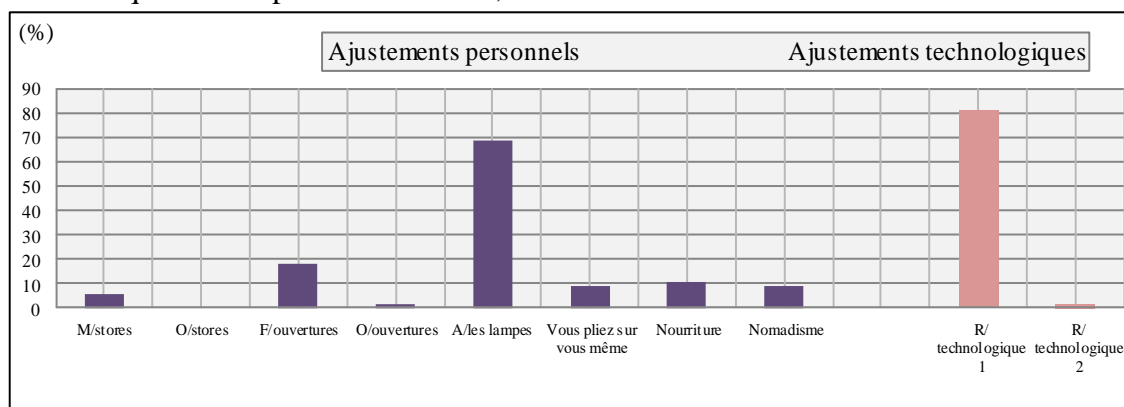


Figure V.23 : Adaptations comportementales et technologiques (le 15/01/2017)

f. Acclimations physiologiques :

Les frissons, ces réponses automatiques au froid sont remarquées chez 68,75 %. Le sondage a montré que manifestement, la gêne est perçue comme étant un peu pour 62,5 %, pas tellement pour 31,25 % et beaucoup pour un taux de 6,25 %.

Aussi, on a recensé deux pathologies liées au froid, le changement de la couleur de la peau et les maux de tête. Pour la première, le taux des employés qui ont répondu positivement est de 56,25 % (43,75 % : non). Quant à la deuxième, seuls 37,5 % aperçoivent des maux de tête. Des attitudes comportementales, comme l'ajout des vêtements, leur permettent d'affronter cette ambiance froide, dont 56,25 % ont répondu par oui (43,75 % : non).

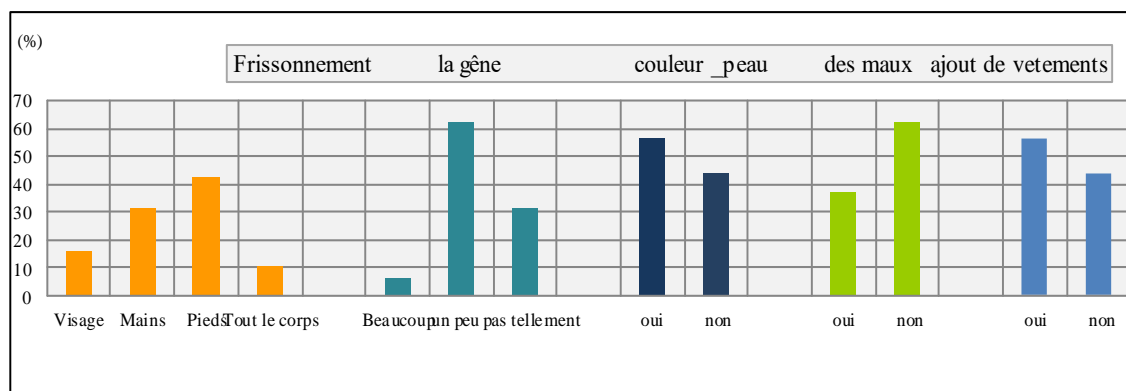


Figure V.24 : Ajustements physiologiques (le 15/01/2017)

V.1.3.2. Analyse de l'environnement lumineux par les usagers : l'éclairage naturel

a. Évaluation de la luminosité des bureaux :

Les résultats de cette étude font apparaître aussi que la lumière intérieure est équilibrée (56,25 %), lumineuse (18,75 %), légèrement sombre (18,75 %). En réalité, seuls 6,25 % des salariés trouvent que la lumière est légèrement lumineuse.

Par ailleurs, 87,5 % des participants considèrent que la lumière est bien distribuée. Et le reste ne trouve pas une uniformité lumineuse dans leur espace de travail. En ce qui concerne le rendu des couleurs, les salariés soulignent que celui-ci est bon, moyen et faible selon les pourcentages suivants : 44,11 %, 50 %, 5,88 %.

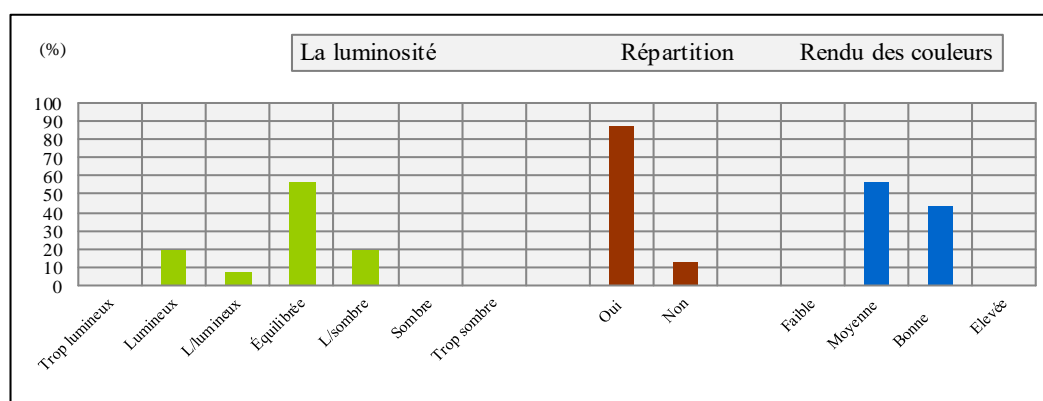


Figure V.25 : Evaluation de la luminosité des bureaux (le 15/01/2017)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires

Généralement, les usagers se sentaient à l'aise vu leurs réponses concernant l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires gênantes.

En ce qui concerne l'éblouissement, 6,25 % représente la déclaration un peu et les autres ne sentent pas de cette altération visuelle (93,75 %).

Aussi, les mêmes pourcentages sont remarqués au niveau de la présence des ombres gênantes, où (93,75 %) des personnes questionnées répondent par non.

Il est intéressant de noter que plus de 60 % des personnes interrogées ne sont pas gênés par les taches solaires. Seuls 25 % les aperçoivent un peu et 6,25 % les sentent beaucoup. Ceci est plus fréquent le matin (80 %).

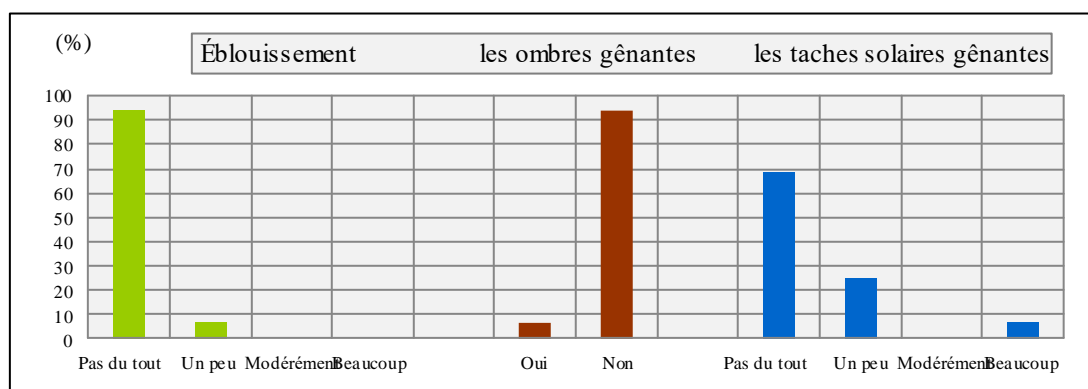


Figure V.26 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires (le 15/01/2017)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

L'appréciation subjective de la luminance est globalement douce (62,5 %), mais il y a des employés qui la considèrent comme forte, très douce, juste imperceptible et imperceptible.

Les résultats montrent que l'éclairage général est agréable (82,35 %), très agréable (2,94 %) et un peu désagréable (14,7 %).

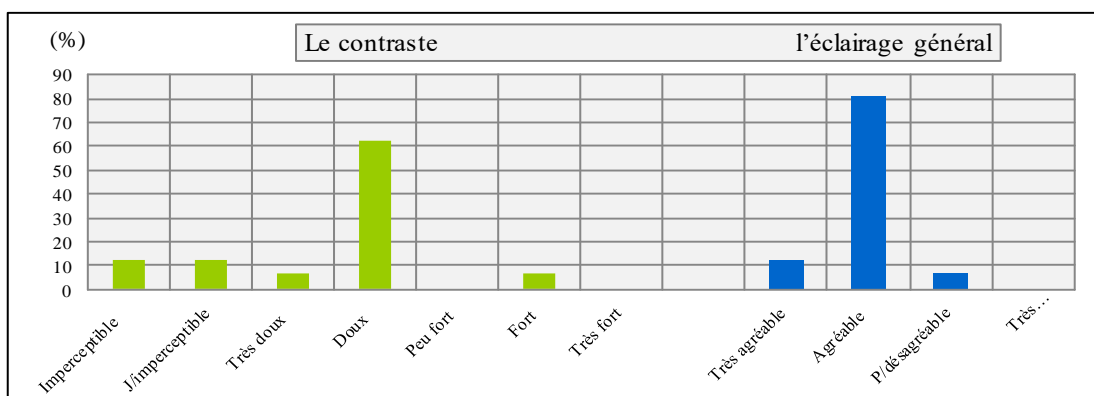


Figure V.27 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 15/01/2017)

V.2. Évaluation de l'environnement thermo-lumineux par les usagers : Faculté de droit et sciences politiques :

V.2.1. Période de printemps : 17/05/2016

V.2.1.1. Évaluation de l'environnement thermique par les usagers

a. Évaluation de la température par les usagers :

La figure ci-dessous (V.28) présente les sensations, les agréments et les préférences vis-à-vis de la température. En fonction de la température, les personnes interrogées déclarent que l'ambiance est : légèrement chaud 35,13 %, neutre 24,32 %, légèrement froid 18,91 %, chaud 10,81 % et très chaud 10,81 % respectivement avec les pourcentages suivants :

D'une manière générale, les occupants trouvent que le climat est acceptable 48,64 %. Les autres considèrent qu'il est légèrement inacceptable, inacceptable, et très inacceptable.

De point de vue des préférences, les sujets cherchent un peu plus de froid.

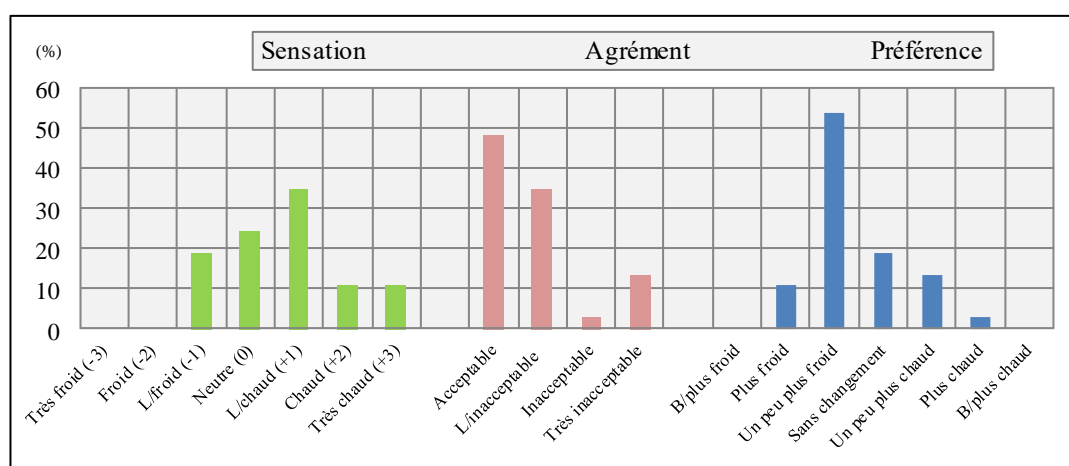


Figure V.28 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 17/05/2016)

b. Évaluation de l'humidité par les usagers :

Selon la figure suivante, plus 30 % des personnes interrogées ont jugé que le climat est humide et légèrement humide, et les autres l'ont trouvé très humide, neutre et légèrement sec. 48,64 % des personnes interrogées ont trouvé que cela est légèrement inacceptable, 29,72 % acceptable, 13,51 % inacceptable et 8,1 % très inacceptable.

Aussi, les préférences des usagers se repartaient pour les votes : moins d'air humide, sans changement et un minimum pour le vote plus d'air humide. Ce paramètre est parmi les facteurs environnementaux les plus désagréables par les usagers.

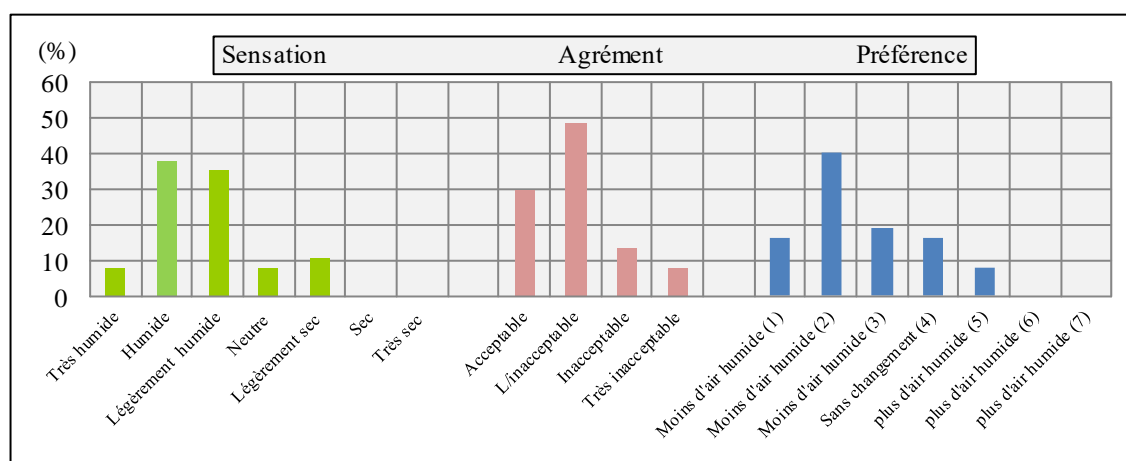


Figure V.29 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 17/05/2016)

c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers :

Presque la moitié considère que l'ambiance est calme. Le reste sentait qu'il y avait une vitesse légère de l'air et moyen. Leurs évaluations étaient acceptable et légèrement acceptable (56,75 % et 32,43 %), seulement un taux de 8,1 % et 2,7 % déclarent respectivement que le climat est inacceptable et très inacceptable.

Pour les votes de préférence, les sujets aiment avoir une ambiance sans changement 47,05% et surtout un environnement avec plus de mouvement d'air dans leurs bureaux (des préférences extrêmes).

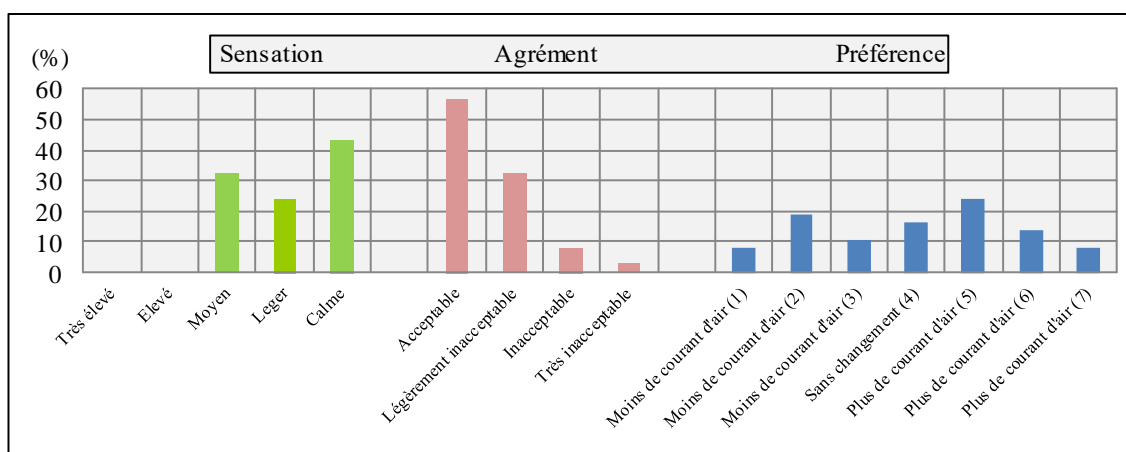


Figure V.30 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 17/05/2016)

d. Évaluation de l'ambiance globale :

À l'instar de la caractérisation des sensations thermiques des usagers, les évaluations concernant l'ambiance globale sont : légèrement satisfaisant 48,64 %, insatisfaisant 24,32%, satisfaisant 21,62 % et très insatisfaisant 5,4 %.

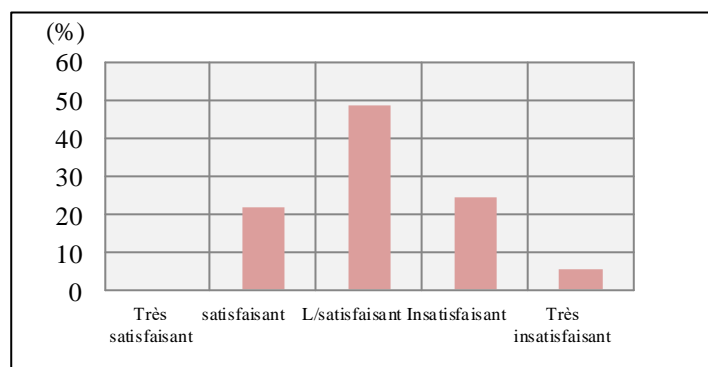


Figure V.31 : Evaluation de l’ambiance globale (le 17/05/2016)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

D’après la figure ci-dessous, on a enregistré essentiellement les ajustements comportementaux suivants : prendre un bain, ouvrir les ouvertures, éteindre les lampes, boire de l’eau et fermer les stores.

En ce qui concerne les réactions technologiques, 22,72 % des personnes interrogées mettent en marche le chauffage et le climatiseur. Et 9,09 % contrôlent le fonctionnement de ces appareils.

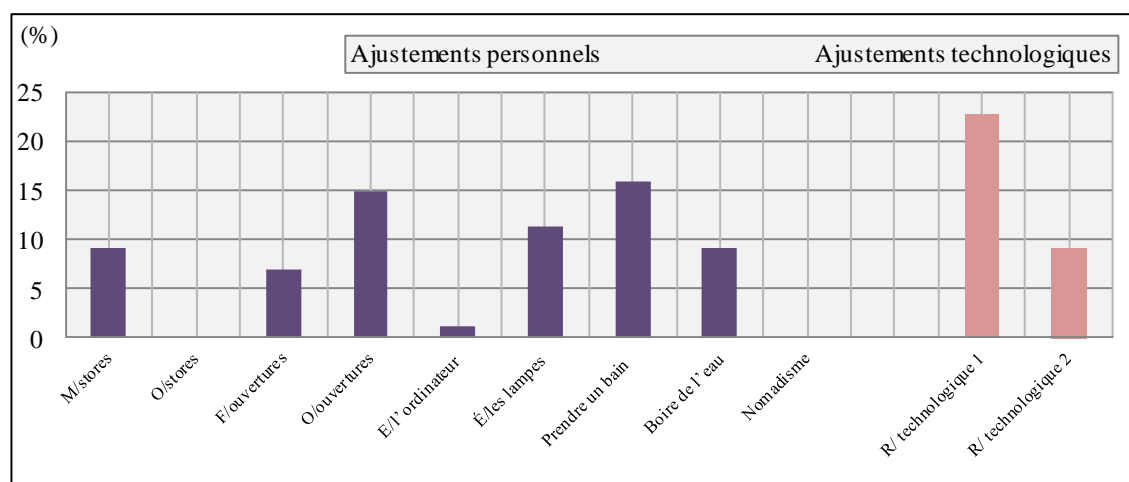


Figure V.32 : Adaptations comportementales et technologiques (le 17/05/2016)

f. Acclimations physiologiques :

Les parties du corps incommodées par la sueur sont : le visage 30,5 %, les mains 30,5 %, les pieds 20,33 %, le dos 13,55 %, la panse 5,08 %.

Le sondage a révélé que manifestement, beaucoup de gêne est perçue par 38,98 %, contre un peu pour 16,94 % et pas tellement pour 6,77 %.

Des attitudes comportementales, comme le changement de vêtements a été confirmé par 54,05 %.

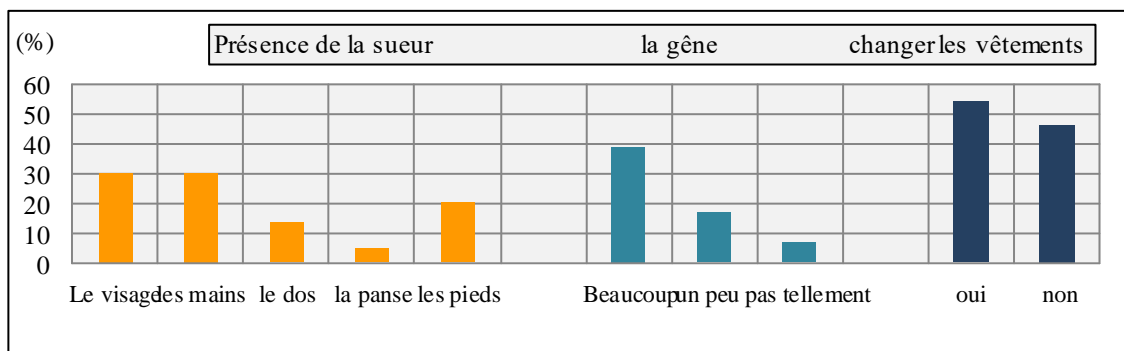


Figure V.33 : Ajustements physiologiques (le 17/05/2016)

V.2.1.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : éclairage naturel

La majorité des travailleurs utilisent l'ordinateur et le papier dans leur travail 40,54 %. D'après les votes des salariés, la lumière est globalement convenable 60,71 %.

a. Évaluation de la luminosité des bureaux : l'éclairage naturel

Dans ce bâtiment, l'espace est considéré comme bien éclairé : équilibré 35,13 %, lumineux 32,43 %, légèrement lumineux 13,51 %, trop lumineux 13,51 %, légèrement sombre (5,4 %). Aussi, les résultats montrent que cette lumière est bien répartie 94,59 %, alors que le rendu des couleurs est divisé entre deux votes : bon 55,88 % et moyen 44,11 %.

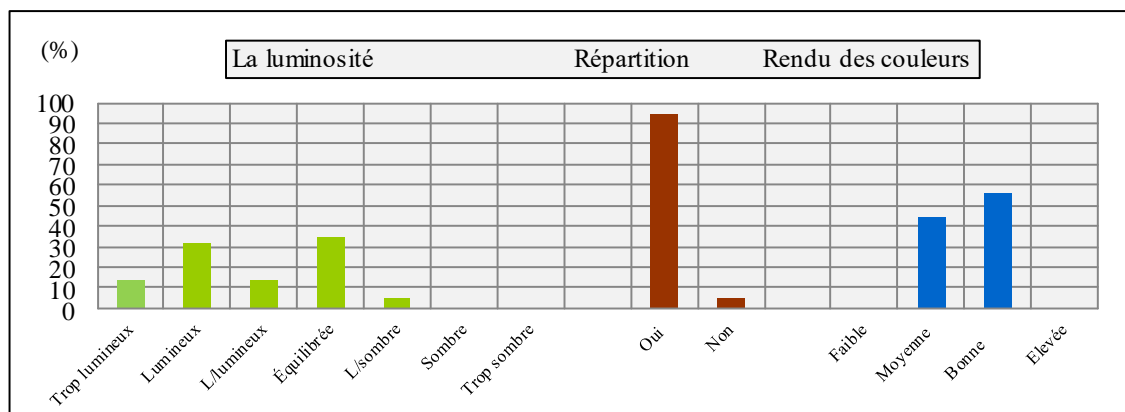


Figure V.34 : Evaluation de la luminosité des bureaux (le 17/05/2016)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires

Dans cette étude, l'éblouissement est perçu par un nombre assez bien de personnes (un peu : 32,43 % et modérément : 18,91 %). Aussi, cette difficulté de voir en présence de lumière n'est pas signalée pour un ensemble de travailleurs estimé par 21,62 %.

D'autres problèmes visuels remarqués sont les ombres gênantes et les taches solaires gênantes. Pour les ombres gênantes, les usagers ont les estimés comme absents

78,37 %. Quant aux taches solaires gênantes, le problème est clairement signalé (un peu : 37,83 %, beaucoup 21,62 et modérément : 5,4 %). Ces taches solaires ont été signalées surtout l'après-midi : 62,5 %.

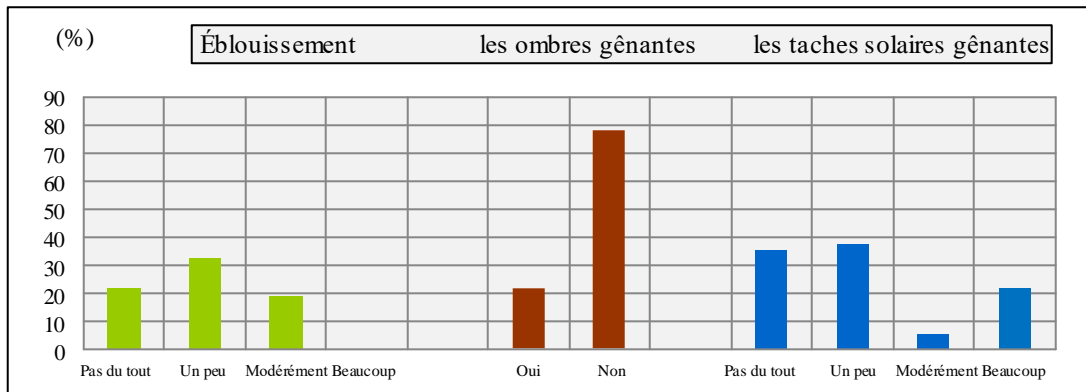


Figure V.35 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires (le 17/05/2016)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

L'atmosphère lumineuse est variable dans le temps et l'espace, vu la diversité de réponses des travailleurs : juste imperceptible 27,02 %, doux 27,02 %, imperceptible 24,32 %, un peu fort 10,81 % et très fort 10,81 %.

Aussi, les sujets estiment cette ambiance lumineuse comme agréable 70,27 % et très agréable 5,4 %. Hormis, il y a des petits pourcentages avec des évaluations négatives. Et ceci est en accord avec les appréciations citées ci-dessus.

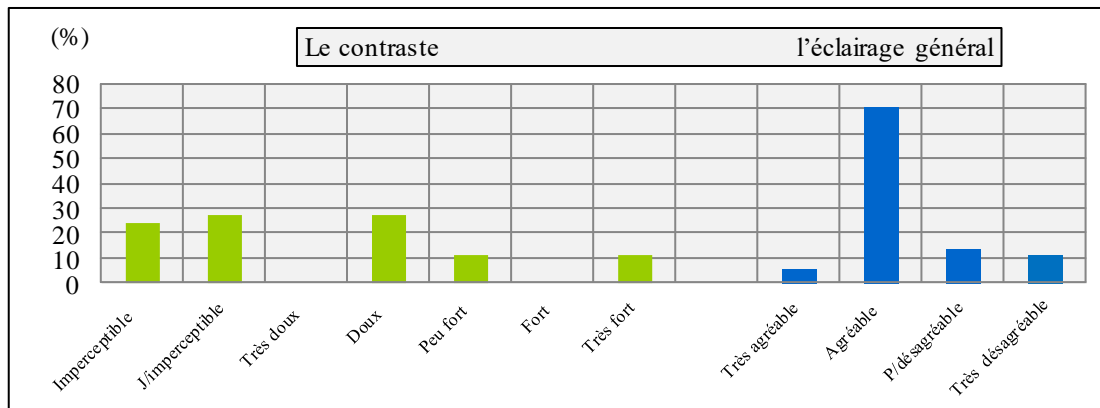


Figure V.36 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général(le 17/05/2016)

V.2.2. Période d'été : 18/07/2016

V.2.2.1. Évaluation de l'environnement thermique par les usagers

Dans cette journée, le nombre total des usagers était 14. On a recensé 64,28 % des participants sont de sexe masculin, et 35,71 % de sexe féminin. Les ouvertures, portes et fenêtres, étaient ouvertes.

a. Évaluation de la température par les usagers :

On a enregistré que les usagers trouvent que le climat est légèrement chaud 57,14 %, chaud 14,28 %, très chaud 14,28 %, neutre (7,14 %), et légèrement froide 7,14 %. L'évaluation subjective des sujets est variée par les expressions suivantes : légèrement acceptable, inacceptable, acceptable et très inacceptable respectivement avec les pourcentages suivants : 50 %, 21,42 %, 14,28 %, 14,28 %. Enfin, il en ressort que la grande majorité souhaite un environnement un peu plus froid, sans changement et un peu plus froid.

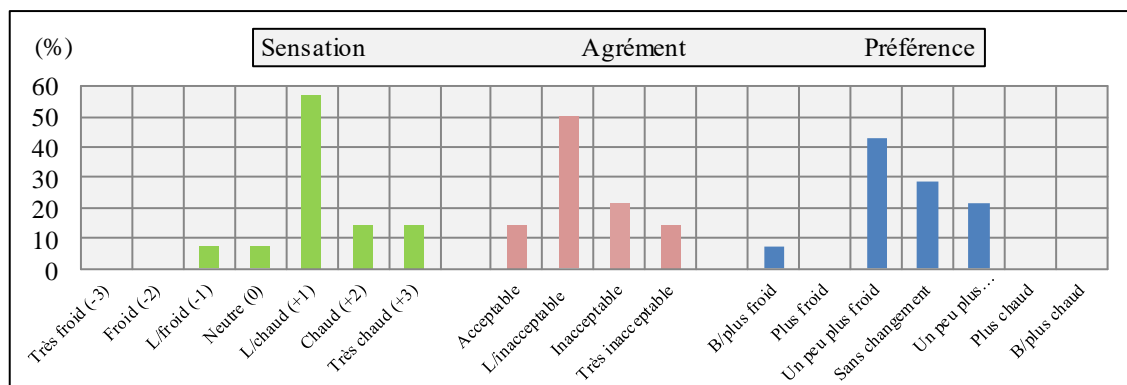


Figure V.37 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 18/07/2016)

b. Évaluation de l'humidité par les usagers :

Les votes des sujets sont repartis entre quatre sensations distinctes : légèrement humide (42,85 %), légèrement sec 28,57 %, neutre (14,28 %), humide 14,28 %.

Ainsi, les salariés trouvent que le climat est légèrement inacceptable 57,14 %. Cependant, 28,57 % déclarent que l'humidité est inacceptable, et 14,28 % des personnes la perçoivent comme très inacceptable. Dans ce type d'ambiance, les gens n'aiment pas le changement 57,14 %. D'autres cherchent d'avoir moins d'air humide et uniquement 7,14 % veulent plus d'air humide.

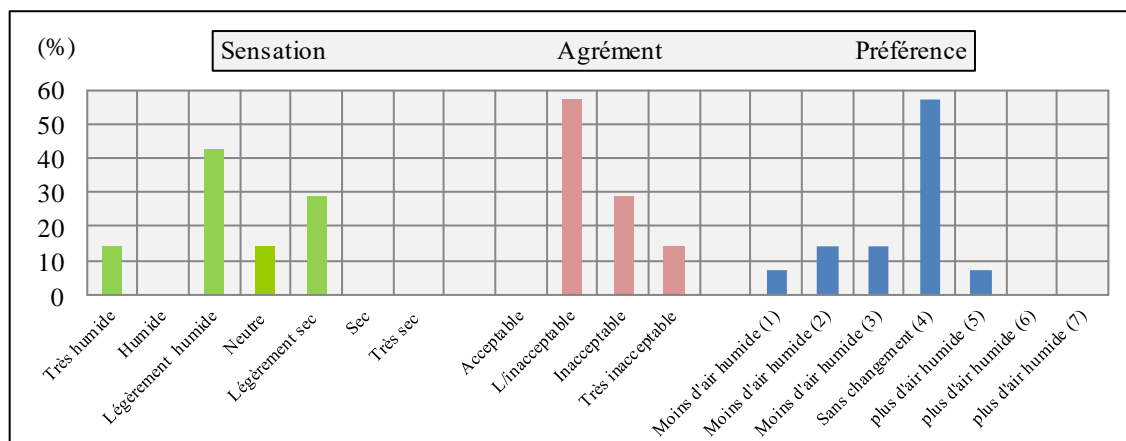


Figure V.38 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 18/07/2016)

c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers :

D'une manière générale, les usagers trouvent que le mouvement de l'air est calme, moyen et léger respectivement avec les pourcentages suivants : 50 %, 14,28 %, 35,71 %. Leurs évaluations de l'environnement aéraulique étaient avec les déclarations suivantes : légèrement inacceptables, inacceptable, acceptable et très inacceptable. En signalant que l'évaluation légèrement inacceptable était la plus citée.

Pour les votes de préférence, les sujets aiment avoir plus de mouvement d'air et 35,71 % ne cherchent pas le changement de la vitesse de l'air.

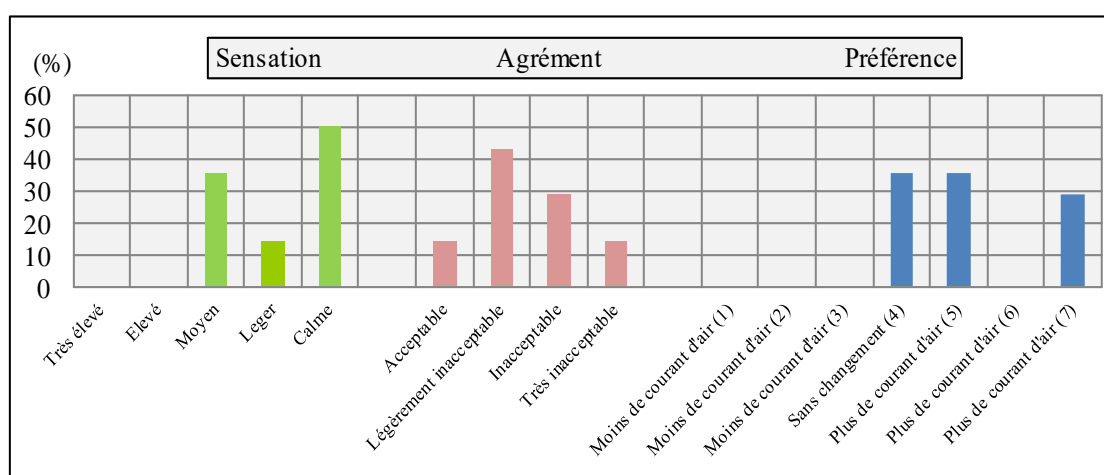


Figure V.39 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 18/07/2016)

d. Évaluation de l'ambiance globale :

D'après les estimations de la majorité des usagers, cette journée d'été était chaude et humide avec une vitesse de l'air calme surtout. De ce fait, leurs évaluations globales de l'ambiance thermique se varient entre : légèrement satisfaisant 42,25 %, satisfaisant 21,42%, insatisfaisant 21,42 % et très insatisfaisant 14,28 %. Donc, les données climatiques de cette journée ont été interprétées positivement par les occupants.

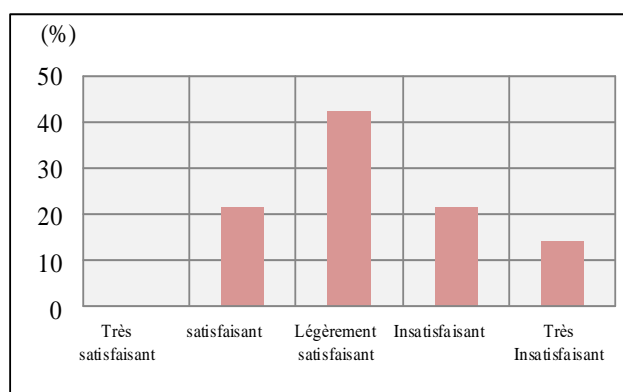


Figure V.40 : Evaluation de l'ambiance globale (le 18/07/2016)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

L'adaptation à cette ambiance d'été est surtout avec les mécanismes suivants : mettre les stores, ouvrir les ouvertures et éteindre l'ordinateur. Ainsi, un minimum préfère de fermer les fenêtres. D'une part, il y a des personnes qui protègent l'environnement intérieur vis-à-vis des rayons solaires en mettent les stores. D'autre part, le même nombre préfère d'ouvrir les fenêtres en cherchant la ventilation de l'espace. Aussi, l'emploi des moyens techniques pour rétablir le confort est faible (26,47 %).

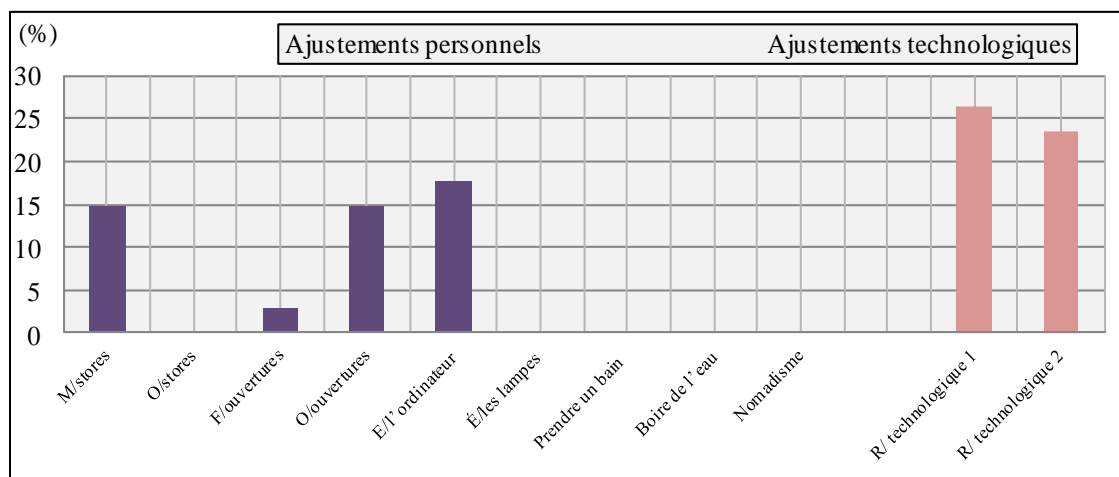


Figure V.41 : Adaptations comportementales et technologiques (le 18/07/2016)

f. Acclimations physiologiques :

Le problème de la sueur est fréquent chez les usagers pour les deux bâtiments. On a recensé : 78,57 % de réponses positives. Les occupants décrivent leurs gênes engendrées par la sueur en qualifiant la situation par gênante : beaucoup, un peu et pas tellement respectivement avec les valeurs suivantes : 7,14 %, 42,85 % et 50 %.

L'évaluation globale de cette adaptation physiologiques touche les parties du corps suivantes : le visage, le dos ensuite la panse et enfin les pieds et les mains. Beaucoup de gens sont gênés par ce phénomène, ils arrivent même à changer leurs vêtements (69,23 %).

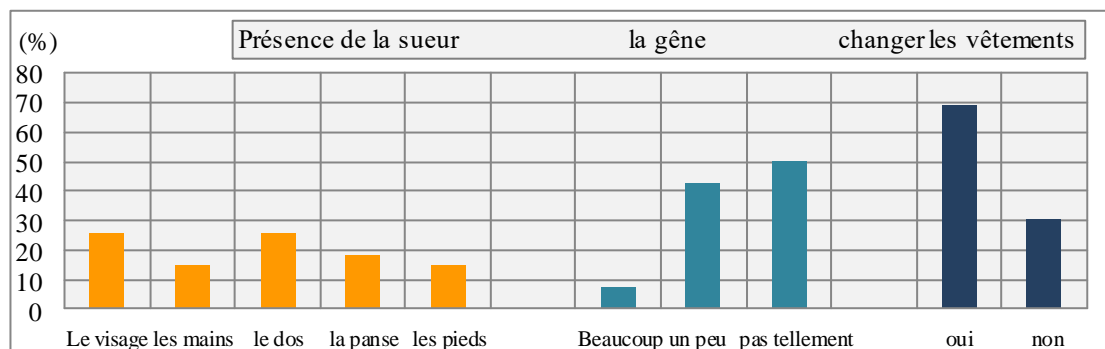


Figure V.42 : Ajustements physiologiques (le 18/07/2016)

V.2.2.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : l'éclairage naturel

a. Évaluation de la luminosité des bureaux :

Pour la luminosité, nous remarquons que l'espace est bien éclairé vu les expressions des salariés. Alors, les participants percevaient le climat lumineux comme équilibré 64,28 %, lumineux 14,28 %, trop lumineux 14,28 %. Cependant, 7,14 % trouvent que le climat est légèrement sombre. Aussi, la plupart des intervenants disent que cette lumière est bien répartie dans le bureau 92,85 %. Le rendu de couleurs est : bon 64,28 %, moyen 21 %, 42 % et faible 14,28 %.

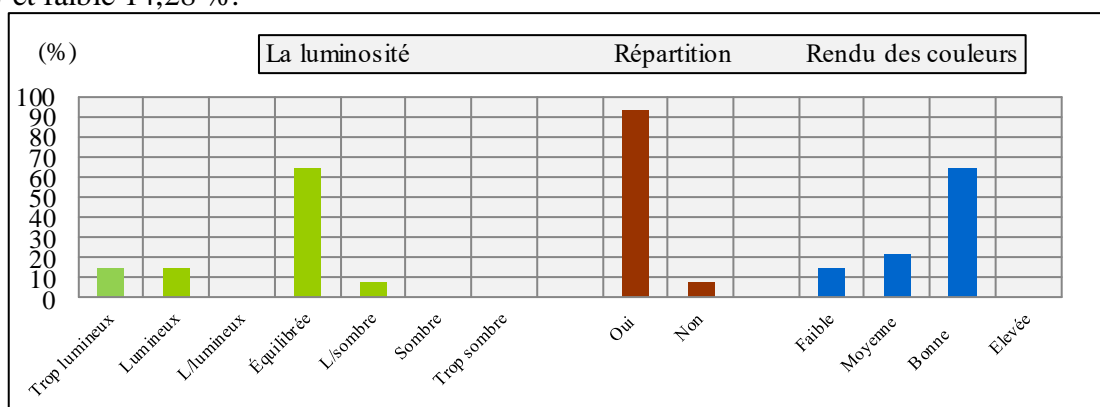


Figure V.43 : Evaluation de la luminosité (le 18/07/2016)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires

solaires : d'après cette figure, on peut dire que l'éblouissement est très fréquent dans les lieux de travail des usagers, et cela vu leurs estimations : modérément 28,57 %, un peu 28,57 % et beaucoup 21,42 %. En outre, les pourcentages sur la perception des ombres gênantes sont moyennement importants (42,85 %). Pour les taches solaires, 14,28 % des gens jugent qu'elles ne les dérangent pas dans leurs espaces. Par contre 50 % des sujets déclarent qu'elles les dérangent un peu, 14,28 % modérément et 12,42 % beaucoup. Ceci est plus fréquent l'après-midi : 91,66 %.

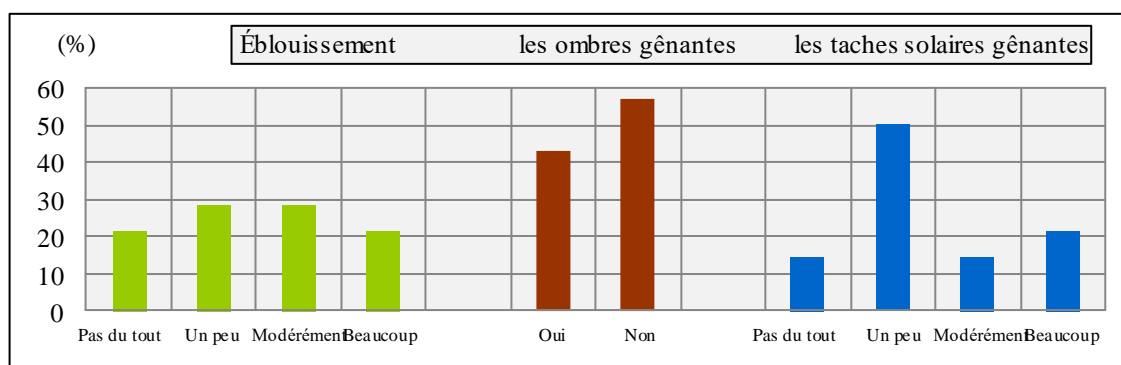


Figure V.44 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les taches solaires (le 18/07/2016)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

Les réponses concernant l'évaluation du contraste lumineux montrent qu'il se varie entre : doux 50 %, peu fort 28,57 %, très doux 7,14 %, juste imperceptible 7,14 % et très fort 7,14%. La plupart des usagers considèrent que le climat est agréable 64,28 %. Aussi, nous remarquons les votes suivants : un peu désagréable 28,57 % et très désagréable pour 7,14%.

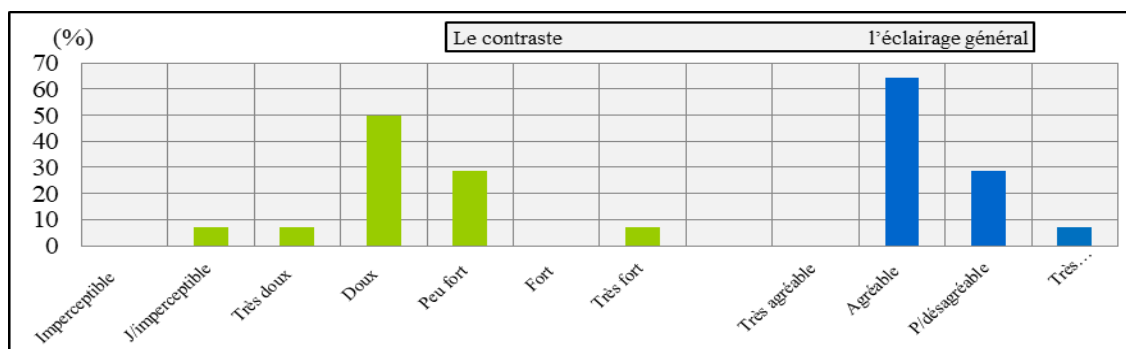


Figure V.45 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 18/07/2016)

V.2.3. Période d'hiver : 10/01/2017

V.2.3.1. Évaluation de l'environnement thermique par les usagers

Dans cette journée, le nombre total des usagers était 23. On a recensé 34,78 % des participants sont de sexe masculin, et 65,21 % de sexe féminin. Les ouvertures, portes et fenêtres, étaient fermées.

a. Évaluation de la température par les usagers :

D'après la figure suivante, les réponses des sujets sont réparties en plusieurs votes : neutre, légèrement froid, froid, et très froid. À partir des sensations déclarées, 43,47 % des personnes interrogées ont estimé que le climat est légèrement inacceptable, 34,78 % l'ont trouvé acceptable. 13,04 % des personnes interrogées l'ont trouvé inacceptable, et 8,69 % très inacceptable. Les environnements préférés sont représentés par trois votes : sans changement (4,34 %), un peu plus froid (34,78 %) et un peu plus chaud.

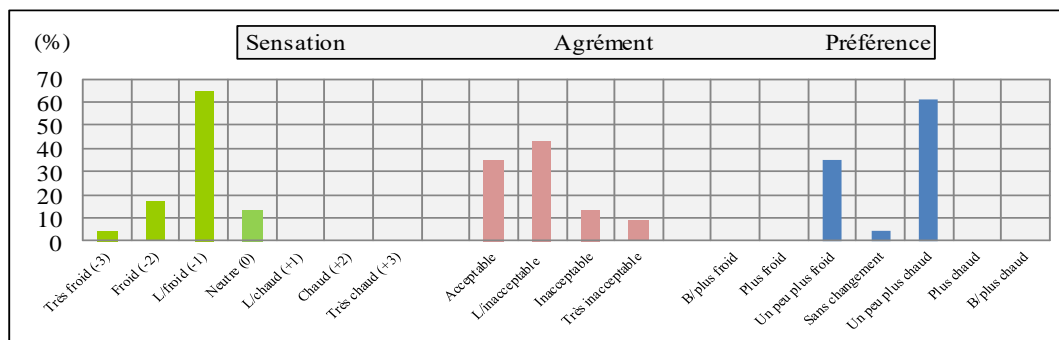


Figure V.46 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la température (le 10/01/2017)

b. Évaluation de l'humidité par les usagers :

D'après les reposes des usagers, le taux de l'humidité est globalement : légèrement humide 39,13 %, neutre 26,08 %, très humide (13,04 %), humide (13,04 %) et légèrement sec (8,69 %). Pour les agréments, on note que 56,52 % des salariés trouvent le climat est légèrement inacceptable, inacceptable (21,73 %), très inacceptable (17,47 %) et acceptable (4,34 %). Cependant, beaucoup de gens cherchent à avoir moins d'air humide et (34,78 %) ne veulent aucun changement.

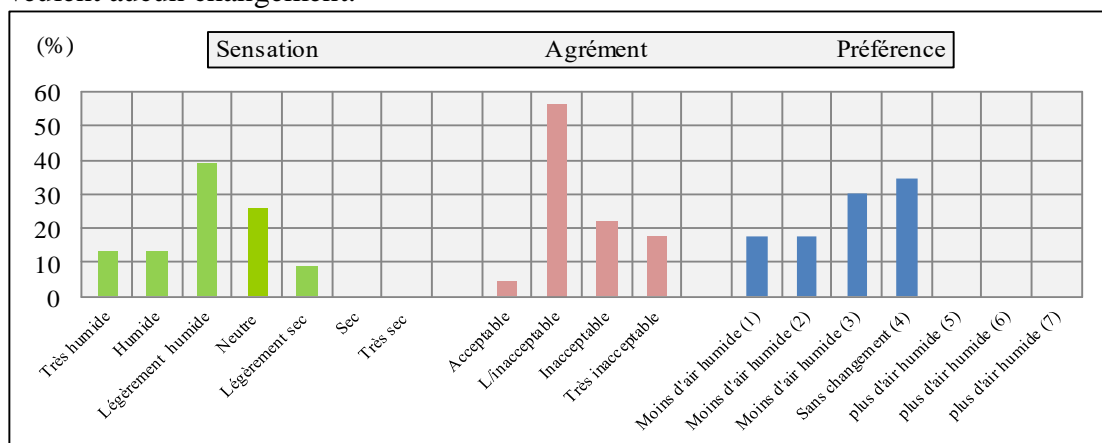


Figure V.47 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de l'humidité (le 10/01/2017)

c. Évaluation de la vitesse de l'air par les usagers :

Les résultats montrent que 60,86 % des sujets sentent un mouvement de l'air et 39,13 % ne le perçoivent pas. Globalement, les usagers trouvent que le mouvement de l'air est calme, léger et moyen respectivement avec les pourcentages suivants : 26,08 %, 30,43 %, 34,78 %. Sans oublier qu'il y a un minimum qui déclare que la vitesse de l'air est 8,69 %. Leurs évaluations étaient : acceptable 43,47 %, légèrement inacceptable 34,78 %, inacceptable 13,04 % et très inacceptable 8,69 %. Les environnements préférés sont les suivants : sans changement 34,78 %, plus de courant d'air 4,34 % et le reste cherche moins d'air humide.

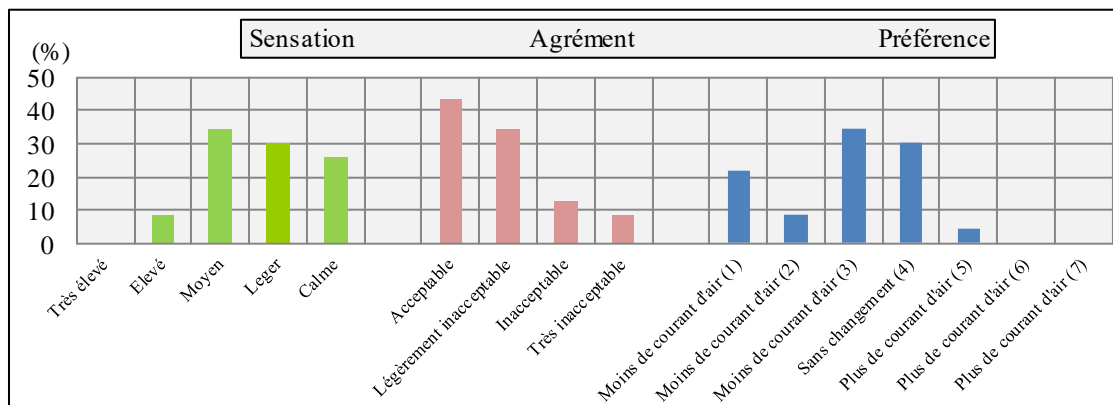


Figure V.48 : Distribution du vote de sensation, agrément et préférence vis-à-vis de la vitesse de l'air (le 10/01/2017)

d. Évaluation de l'ambiance globale :

La majorité des personnes interrogées ont choisi la réponse intermédiaire (légèrement satisfaisant 62,21 %). Ainsi, très peu de personnes ont trouvé la situation très insatisfaisante 8,69 % et insatisfaisant 17,39 %. Et seulement 8,69 % les personnes interrogées trouvent la situation : satisfaisant.

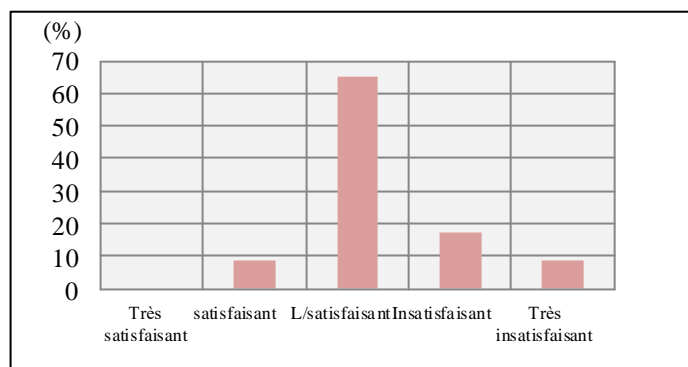


Figure V.49 : Evaluation de l'ambiance globale (le 10/01/2017)

e. Adaptations comportementales et technologiques :

Les réactions comportementales les plus manifestées sont : fermeture des ouvertures (21,73 %), allumage de l'éclairage électrique (15,94 %), posture contractée (11,59 %), nourriture (11,59 %), fermeture des stores (10,14 %), nomadisme (8,69 %).

En ce qui concerne les réactions technologiques, 10,14 % des personnes interrogées mettent en marche le chauffage et le climatiseur. Et 2,89 % contrôlent le fonctionnement de ces appareils.

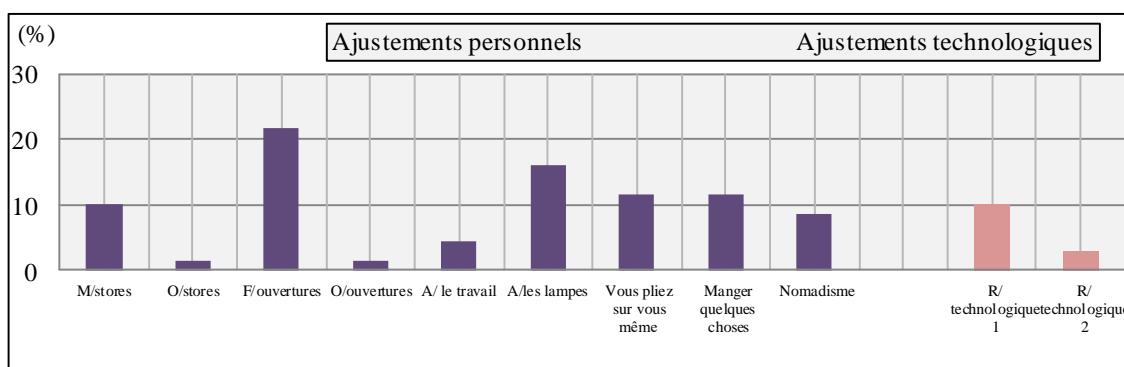


Figure V.50 : Adaptations comportementales et technologiques (le 10/01/2017)

f. Acclimations physiologiques :

Les parties du corps incommodées par le froid (frissonnement) sont : les mains 32 %, les pieds 28 %, le visage 12 %. D'un autre côté, 28 % ressentent un frissonnement général sur tout le corps.

Le sondage a révélé que manifestement, peu de gêne est perçue par 72,22 %, contre beaucoup pour 22,22 % et pas tellement pour 5,55 %. Ainsi, des symptômes causés par le froid comme le changement de couleur de la peau 52,17 %, et des maux de tête 30,43 %. Des attitudes comportementales, comme l'ajout de vêtements permettant de supporter les ambiances froides sont confirmées par 43, 47 %.

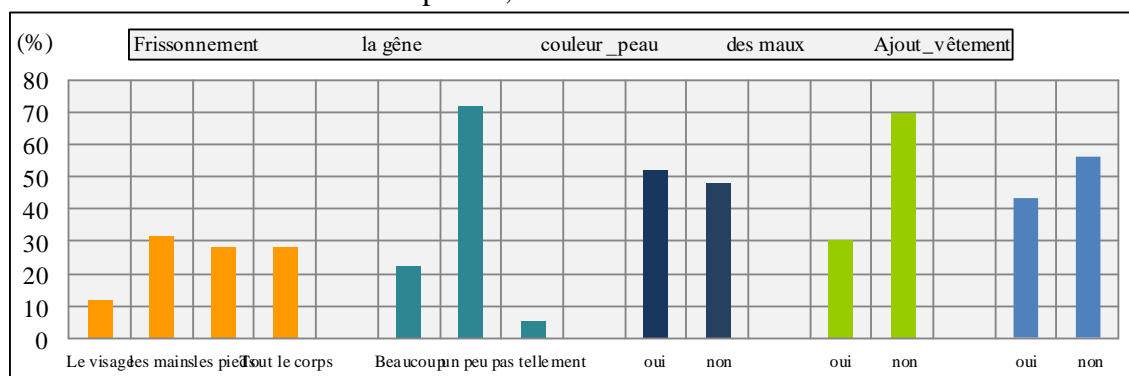


Figure V.51 : Ajustements physiologiques (le 10/01/2017)

V.2.3.2. Évaluation de l'environnement lumineux par les usagers : l'éclairage naturel

a. Évaluation de la luminosité des bureaux :

Les mêmes remarques constatées que celles de la maison de la culture concernant la luminosité des espaces, mais avec des pourcentages différents. Ceux-ci sont : équilibré (60,86 %), lumineux (17,39 %), légèrement sombre (13,04 %), et seulement 4,34 % des salariés trouvent que la lumière est légèrement lumineuse et le même pourcentage pour l'évaluation trop lumineuse. Par ailleurs, 60,86 % les participants considèrent que la lumière est bien distribuée. Et le reste trouve qu'il n'y a pas une uniformité des niveaux d'éclairage dans leur espace de travail. En ce qui concerne le rendu des couleurs, les usagers soulignent que celui-ci est bon, moyen faible et élevé respectivement avec les taux suivants : 46,66 %, 40 %, 6,66 %, 6,66 %.

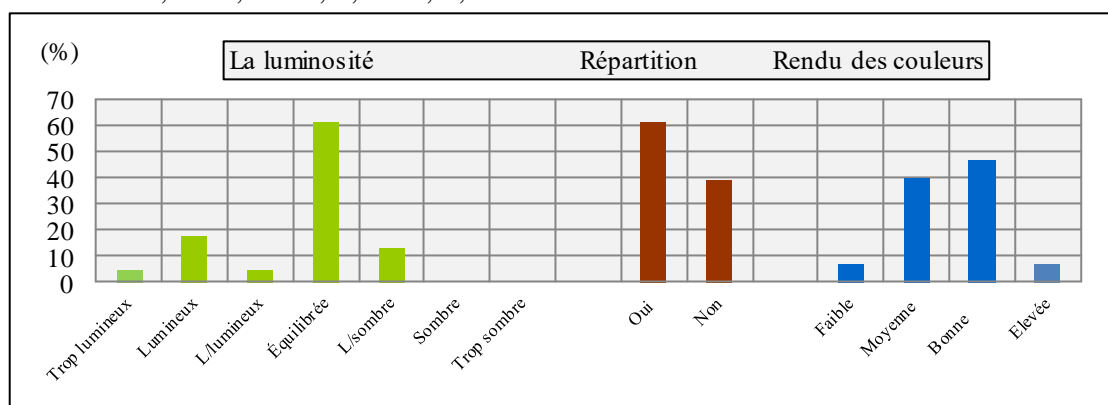


Figure V.52 : Evaluation de la luminosité des bureaux (le 10/01/2017)

b. La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires

En ce qui concerne les ombres gênantes, 78,26 % des personnes interrogées déclarent l'absence de ces anomalies visuelles. La présence des taches solaires gênantes sur le plan de travail est soulevée par les taux : 52,17 % un peu et 13,04 % modérément. Seuls 34,78% des participants ne les remarquent pas. Ceci est plus fréquent l'après-midi : 66,66 %. 69,56 % des usagers ont signalé l'absence d'éblouissement et d'ombres gênantes alors que seuls 4,34 % les ont estimées importantes et 26,08 % les ont évaluées faible (peu).

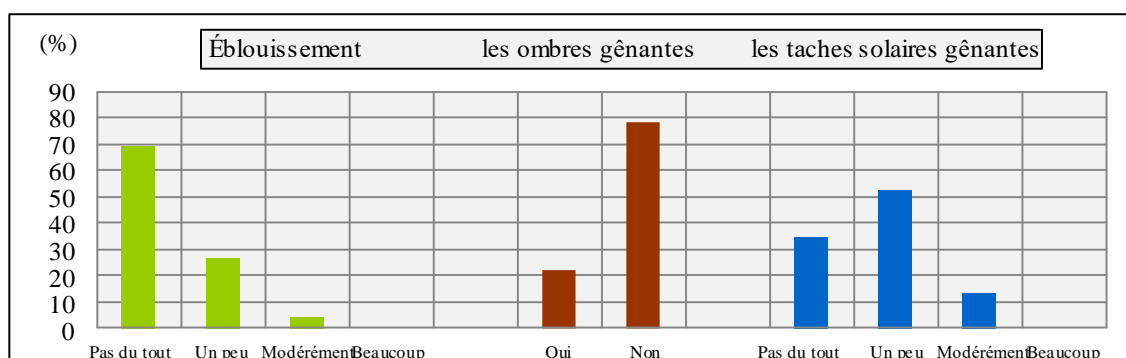


Figure V.53 : La gêne provoquée par : l'éblouissement, les ombres gênantes et les tâches solaires (le 10/01/2017)

c. Évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général :

Le contraste lumineux est représenté par les appréciations suivantes : légèrement imperceptible 43,47 %, doux 39,13 %, imperceptible 13,04 % et 4,34 % peu fort.

Il est intéressant de relever que l'éclairage général est agréable 65,21 %, plutôt désagréable 30,43 % et très agréable 4,34 %.

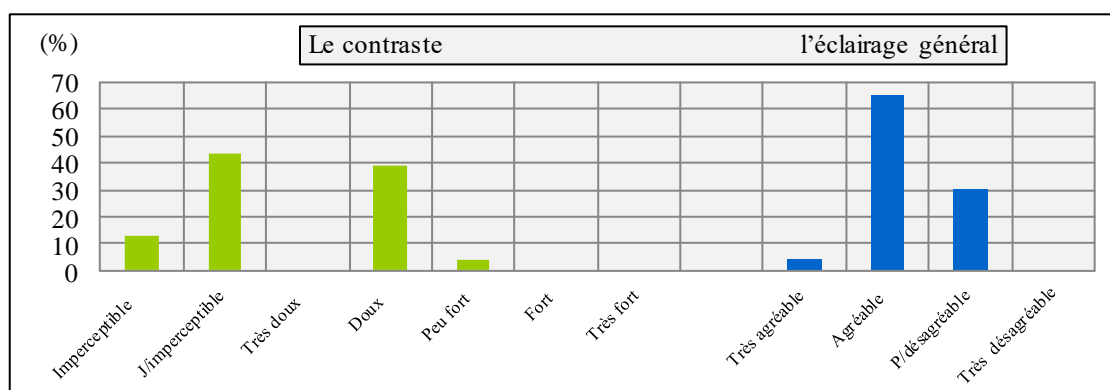


Figure V.54 : L'évaluation du contraste lumineux et l'éclairage général (le 10/01/2017)

Conclusion

Dans l'évaluation subjective de l'environnement thermo-lumineux par les usagers (en l'occurrence les employés) des deux bâtiments d'étude, l'intérêt était porté sur les réactions de thermorégulations, de gênes ou satisfaction physiologiques, comportementales et interactions humaines (faisant appel parfois aux moyens technologiques) en vue d'étudier les confort thermiques et lumineux par l'approche adaptative.

Globalement, cette investigation a révélé les déductions suivantes :

- ***Au printemps :***

Le climat thermique est confortable, mais les usagers sont gênés par le taux élevé de l'humidité occasionnant des sueurs parfois très inconfortables. Comme solution, ils recourent aux moyens de rafraîchissement (boisson de l'eau, ventilation à travers l'ouverture des fenêtres et le retrait des occultations tels que les stores).

Pour le cas de l'ambiance lumineuse, les occupants ont exprimé leur satisfaction à son égard et l'ont qualifié d'équilibrée et ont confirmé (à l'exception de peu de personnes) d'un côté l'absence d'ombres gênantes, de taches solaires et d'éblouissement et de l'autre un bon rendu de couleur ainsi qu'une uniformité conforme dans la répartition lumineuse.

- ***En été :***

En été, l'environnement physique thermique n'est plus aux normes de confort et évolue vers le niveau chaud. De plus, l'humidité représente un problème majeur provoquant la sensation de moiteur et le tout résulte en ambiance thermique, généralement insatisfaisante.

Dans ces conditions, les usagers se protègent des rayons du soleil et cherchent à avoir un courant d'air. Cela à travers les actions suivantes : ouverture des fenêtres, fermeture des stores. Boire de l'eau représente une action très répétée pour les deux bâtiments.

Pour les deux bâtiments, plus de 60 % des travailleurs transpirent, en qualifiant la situation de très gênante.

De point de vue ambiance lumineuse, l'espace est évalué comme lumineux avec une bonne répartition de la lumière, mais avec des éblouissements gênants pour plus de la moitié des usagers qui affirment (à plus de 75%) qu'ils ne sont pas ennuyés par les ombres gênantes. Il reste que l'éclairage est jugé en général agréable avec un contraste lumineux (doux,

imperceptible pour le 1^{er} bâtiment, et doux et un peu fort pour le deuxième). Néanmoins quelques enquêtés ont confirmé être incommodés par les taches solaires.

- *En hiver :*

En hiver, la dimension thermique est froide et humide avec un courant d'air calme à léger. Les usagers considèrent que l'atmosphère est satisfaisante de manière générale avec une préférence pour moins d'air humide. Leurs adaptations physiologiques à cet environnement sont observées à travers des réactions naturelles telles que les frissonnements du corps, le changement de la couleur de la peau et les maux de tête.

Les adaptations comportementales sont, pour le premier bâtiment : ajouter des vêtements et allumer les lampes. Pour le deuxième édifice : ajouter des vêtements et fermer les fenêtres. Une lumière hivernale non-éblouissante, équilibrée, avec contraste lumineux doux, bien répartie et un rendu de couleurs moyen. Ainsi, il n'y a pas d'inconfort provoqué par les ombres ou taches solaires. Les occupants estiment en général l'éclairage comme agréable.

Introduction :

La simulation informatique est un outil de recherche qui peut être très utile aux architectes, et surtout dans le domaine de la bioclimatique. Pour Caroline Lecourtois, « *l'informatique, en architecture, est apprise en tant qu'outil de représentation et de communication du projet* » (Lecourtois Caroline, 2008). Elle permet, à l'aide d'un prototype virtuel, de prédire des résultats, que ce soit pour la lumière, le vent, la thermique, etc. Et même de prévoir les consommations énergétiques et les performances d'un système donné. Donc, ce moyen de recherche offre la possibilité de comparer plusieurs variantes entre elles. Il est donc nécessaire de savoir ce que l'on cherche pour utiliser l'outil de façon optimale et éviter, finalement, de perdre du temps et maîtriser le déroulement des calculs. On rejoint les paroles de Chatelet.A et al « *Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture...), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix* ». (Chatelet, Fernandez et Lavigne, 1998)

Autrement dit, avec la simulation, on peut réduire la réalité, avec ses composantes, à un modèle réduit sur lequel nous pouvons modéliser, simuler, et même optimiser certains paramètres.

Dans ce chapitre, on a opté de travailler avec le logiciel « Archiwizard ». Celui-ci permet de travailler sur des maquettes numériques créées par les logiciels BIM ¹². Sa flexibilité réside dans la mesure où il permet d'exécuter sur la même modélisation 3D, des simulations de différentes natures : thermiques, lumineuses, énergétiques. Ces calculs sont référés aux méthodes de calcul réglementaires et normatives.

Notre choix est dictée aussi par le fait que ce logiciel nous a permet de faire des sélections architecturales afin de comprendre leurs effets sur les ambiances thermo-lumineuses.

¹² Building Information Modeling

VI.1. La méthode de la simulation et la modélisation :

La simulation représente un vaste champ pour les recherches en architecture et plus précisément dans le domaine de la bioclimatique. Elle permet la modélisation et la visualisation des phénomènes naturels. En fait, cette méthode est un procédé complexe, mettant en jeu une fonction de variables enchevauchées, et même évolutifs dans une dimension tempo-spatiale, autrement dit, plusieurs paramètres à assembler et à rationaliser. Ainsi, la simulation numérique représente au pas de temps le comportement du bâtiment en fonction des conditions climatiques, de l'occupation des locaux et des caractéristiques thermo-physiques des matériaux de construction, etc.

Elle permet de déterminer les solutions techniques en optimisant les conditions de confort et les performances énergétiques d'un bâtiment neuf ou existant. Dans ce cas, nous citons les paroles de Chatelet A et al « *Pour l'architecte, la simulation doit permettre de valider rapidement des options fondamentales (implantation, structure, ouverture...), d'explorer et de commencer à optimiser certains choix* » (Chatelet A, 1998).

VI.2. Présentation du logiciel de simulation : Archiwizard 2019 (7.0.1) version Premium :

La modélisation de l'ambiance thermo-lumineuse du bâtiment a été réalisée via le logiciel Archiwizard 2019. En outre, il sert à compléter la méthode expérimentale et le travail de terrain. Cet outil permet d'effectuer des simulations en matière énergétique et environnementale : potentiel solaire, les apports solaires, l'éclairage naturel, valider la conformité réglementaire, optimiser le confort d'usage. Archiwizard a été conçu pour faire des simulations à la base des bâtiments en 3D et des visualisations des calculs. Ce logiciel sert à calcul trois type de calculs :

Performance thermique de l'enveloppe (déperditions et ponts thermiques), performance énergétique du bâtiment (besoins et consommations énergétiques) et calculs d'éclairage et de solaire. Ces calculs sont assurés par : simulation temps réel (optimisation bioclimatique, performance énergétique et confort d'usage), RT2012 (Calcul réglementaire pour les bâtiments neufs), RT Existant (Calcul réglementaire pour les bâtiments existant), ACV (Analyse de Cycle de Vie), EN12831 (Déperditions et dimensionnement), STD (Simulation Thermique Dynamique avec le moteur EnergyPlus).

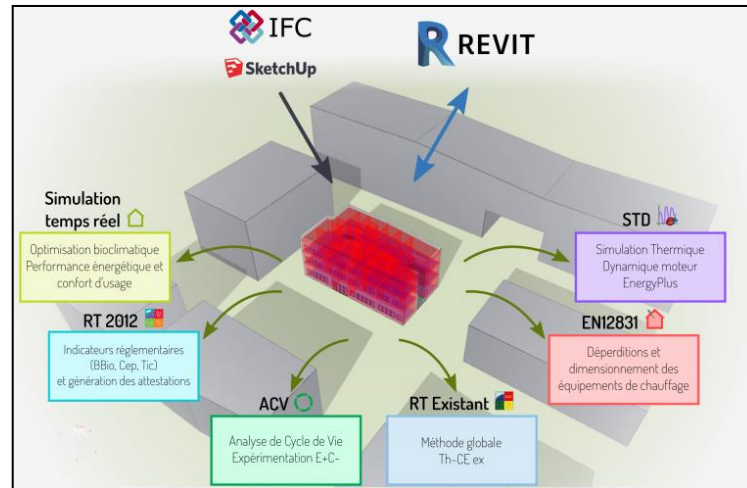


Figure VI.1 : les calculs du logiciel Archiwizard (Graitec archiwizard, 2021)

VI.2.1. Conception de la fenêtre Archiwizard:

La fenêtre du logiciel est décomposée en quatre zones : en haut est l'ensemble des menus de réglage et d'enrichissement de la 3D (projet, outils, RT 2012, analyse de cycle de vie, EN 12831, STD-EnergyPlus, affichage des résultats, production de rapports, bibliothèque, aide), au centre : visualisation de la maquette numérique, à gauche : une barre déroulante et en bas : barre de présentation de quelques résultats rapides. Les menus quant à eux sont se constituent par des onglets.

Dans une première opération, il s'agit de transférer le projet SketchUp vers ArchiWIZARD (synchroniser le projet). Lors de l'importation du 3D, il faut préciser ces éléments : climat, date de construction du bâtiment, usage du bâtiment, les éléments de structures de la 3D (définir les objets : parois, vitrage, cadre de baie, remplissage opaque de baie, environnements et objets). Ensuite, on a personnalisé l'échelle de la scène.

Le climat de Jijel n'est pas disponible sur ce logiciel. C'est pour cela, on a établi notre propre climat avec le logiciel Meteonom (7.3). Les données météo sont fournies dans le format TMY2 (Typical Meteorological Year version 2).

Après l'ouverture du fichier, il faut aussi régler d'autres paramètres qui sont : l'orientation du bâtiment, l'altitude, environnement (sol et objets extérieurs) et les matériaux de construction. On a créé notre propre matériaux, en introduisant ses catégories et caractéristiques thermiques (conductivité thermique $W/(m.k)$, masse volumique kg/m^3 et capacité $J/(kg.K)$, (voir annexe D)).

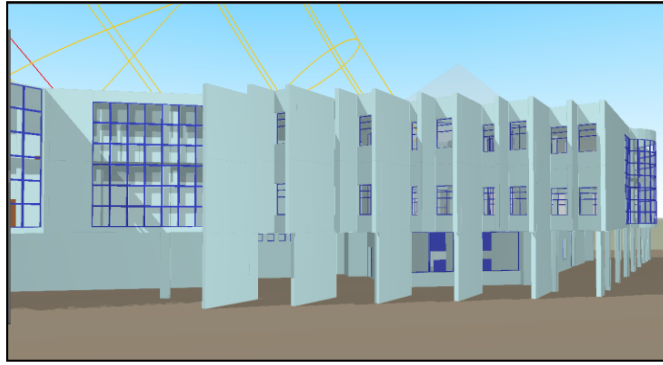


Figure VI.2 : Vue 3D de la maquette numérique

VI.2.2. Simulation thermo-énergétique du bâtiment :

Le travail est effectué sur les menus "Projet" et "STD-EnergyPlus". Dans le menu "Projet", on affecte des matériaux de construction (opaque et vitré) aux éléments du bâtiment. Aussi, il s'agit d'effectuer des zones thermiques et des scénarios d'occupation (chauffage et refroidissement, système de ventilation, eau chaude sanitaire, système d'éclairage et contributions internes). Le deuxième menu "STD-EnergyPlus" concerne plutôt le lancement de la simulation en précisant la période (le nom, la date exacte, nombre de jour et le début de la simulation, pas de temps).

VI.2.3. Simulation de l'éclairage naturel :

Dans cette partie, la visualisation de la lumière naturelle est faite par une carte d'éclairage. Il s'agit d'un rectangle d'analyse qu'on l'obtient par un simple glissement de la carte sur la vue 3D en cliquant sur le menu outils-cartes d'éclairage. Pour voir le niveau d'éclairement ou bien les valeurs de FLJ, il suffit de faire une coupe dynamique à l'aide de menu projet-caméra. Aussi, on peut manipuler un ensemble de paramètres dans la fenêtre d'édition, tels que : le redimensionnement en une forme polygonale, distance par rapport au sol, orientation, résolution, rendu de la carte, seuil FLJ, changer la position de la carte d'éclairage, verticale par exemple, etc.

Ce logiciel fait des calculs de l'éclairage naturel à la base de ciel couvert CIE type 16 (Overcast Sky- "Traditional Overcast Sky") et CIE type 5 (ciel uniforme - "Sky of uniform luminance"), (selon la norme EN ISO 15469). Aussi, il permet de calculer la puissance à installer dans un espace, le confort lumineux et l'autonomie lumineuse. Ceci est effectué à la base de l'éclairage naturel, éclairage artificiel et les scénarios d'occupation (selon le besoin de chaque espace en matière d'éclairage).

VI.3. Les résultats de la simulation :

Elles constituent l'ensemble des informations fournies par le logiciel à l'issue d'une exécution, zone par zone (figure VI.3). Dans le présent chapitre, on a simulé les paramètres qui nous semblent pertinents à tester dans le cadre de l'analyse paramétrique de l'atrium et qui sont : le type de vitrage de la verrière (simple vitrage, double vitrage et triple vitrage), les dimensions spatiales de l'atrium (hauteur), le système d'occultation de la verrière, les apports internes et la ventilation naturelle.

Le modèle choisi pour la simulation est le deuxième bâtiment (faculté de droits et des sciences politiques), étant donné que cette forme est la plus fréquente (configuration rectangulaire au niveau du plan et une verrière à double pente : 69,23%). Dans tous les scénarios proposés, il est considéré comme un bâtiment naturellement ventilé, sans chauffage ni climatisation (sauf pour le cas de la comparaison de la consommation énergétique annuelle pour un paramètre donné).

Le système de ventilation adopté est une ventilation naturelle due aux infiltrations d'air. Il s'agit d'entrée d'air avec un coefficient de perméabilité fixé à 1,7 m³/h.m² (locaux professionnels).

Les niveaux d'éclairement et FLJ sont pris au centre de l'atrium (à 1 m de hauteur). Pour les pièces mitoyennes, on a pris les valeurs à 1 m de la fenêtre.

Tableau VI.1 : nombre des usagers et matériels informatiques pour chaque espace

Espace	usagers	Appareils informatiques
RDC :		
Pièce 1-7	1	/
Pièce 1-4	1	/
Pièce 1-9	1	2 photocopieurs (200 w)
Pièce 1-3	3	Un ordinateur (150 w)
Pièce 1-7	1	/
Pièce 1-12	1	Un ordinateur (150 w)
Pièce 1-10	1	/
Pièce 1-2	1	/
Pièce 1-11	1	/
Pièce 1-8	2	/
1^{er} étage :		
Pièce 2-1	3	/
Pièce 2-5	2	/
Pièce 2-2	4	Un ordinateur (150 w) + imprimante Laser (15 w)
2^{eme} étage :		
Pièce 3-9	1	/
Pièce 3-8	1	Un ordinateur (150 w)
Pièce 3-1	1	Un ordinateur (150 w)
Pièce 3-7	2	/
	3	Deux ordinateurs (300 w)

Aussi, on a estimé que ce modèle est occupé par 30 usagers avec des appareils informatiques (voir le tableau VI.1). Pour étudier l'effet d'un paramètre sur l'ambiance thermo-lumineuse, on a sélectionné l'atrium et quelques espaces environnants (bureau au RDC, salle multifonctionnelle des enseignants au 1^{er} étage et la salle des enseignants au 2^{ème} étage (voir annexe C)), ils sont indiqués sur le tableau VI.2. Les résultats de ces calculs sont effectués pour les journées du 21 juin et 21 décembre à 14h00 (heure où la température et l'éclairement sont élevés).

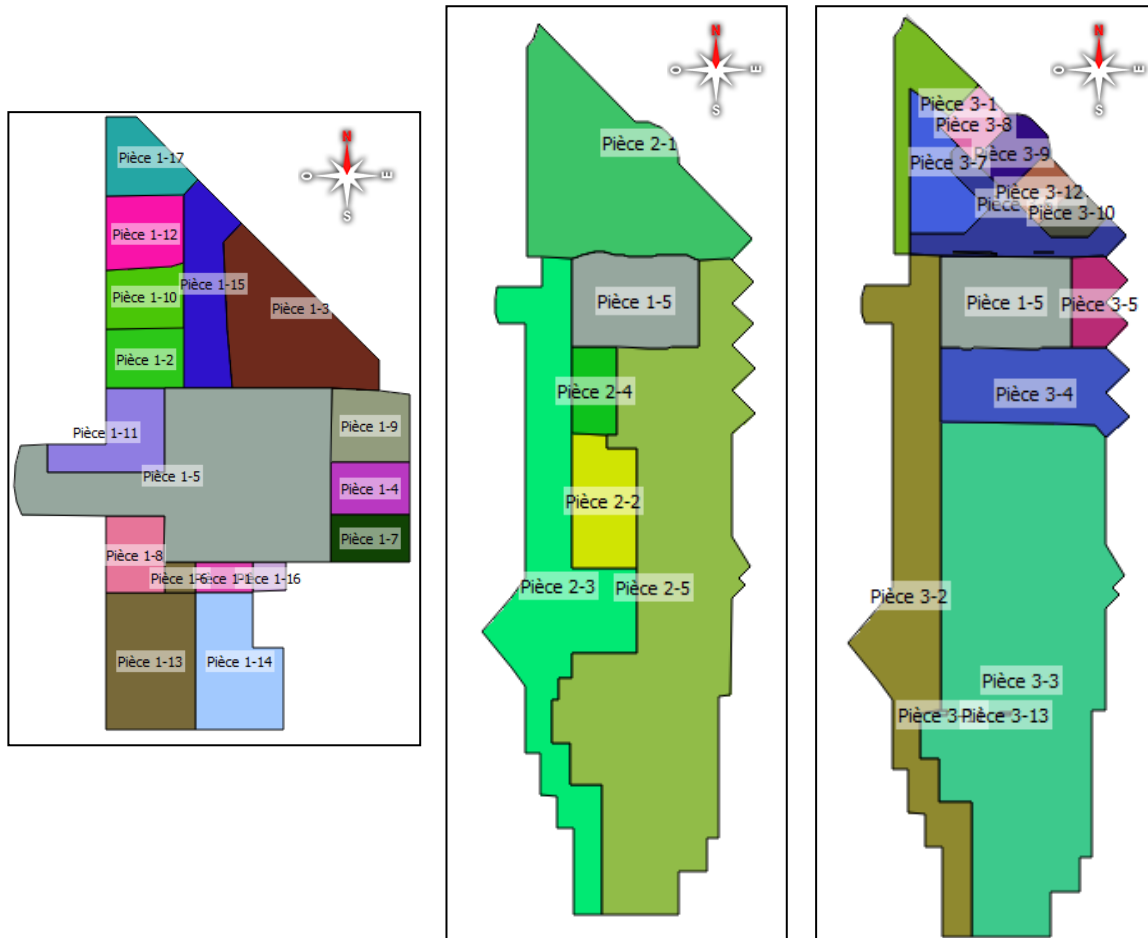


Figure VI.3 : Le zonning-Archiwizard, Faculté de droit et des sciences politiques

Tableau VI.2 : les espaces concernés par la prise des températures et d'éclairement naturel

Espace	Orientation
RDC :	
-Atrium : pièce 1-5	Au centre
-Bureau 2 : Pièce 1-8	Est
1^{er} étage :	
-Salle de lecture-enseignants : pièce 2-1	Sud
2^{ème} étage :	
-Salle de réunion-enseignants : pièce 3-5	Ouest

VI.3.1. Effet du type de vitrage de la verrière :

VI.3.1.1. Analyse thermique du bâtiment en été :

On présente dans cette partie les résultats des évaluations thermo-énergétiques des scénarios proposés. Les valeurs prises à 14h00.

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium :

Avant d'entamer la comparaison entre les températures des différents niveaux, il est opportun de présenter le comportement thermique de l'atrium durant la période estivale (voir figure VI.4). D'après ce graphe, nous remarquons une grande différence entre la température extérieure est celles de l'atrium, l'écart maximal est signalé à 15h00 entre la température extérieure et la température de l'atrium avec simple vitrage (12,54 °C).

Aussi, le comportement thermique des atriums est différent entre jour et nuit, il est complètement inversé. En journée, les températures les plus hausses sont celles de l'atrium avec simple vitrage. En revanche, durant la nuit, les valeurs seront les plus basses.

Cela explique le phénomène de piégeage de la chaleur par le vitrage, plus il est épais plus il sera incapable de décharger cette chaleur cumulée pendant la nuit.

En outre, une différence légère est remarquée entre le simple vitrage et le double vitrage. Une réduction maximale de températures entre l'atrium avec simple vitrage et celui de triple vitrage est de 2,35°C à 14h00.

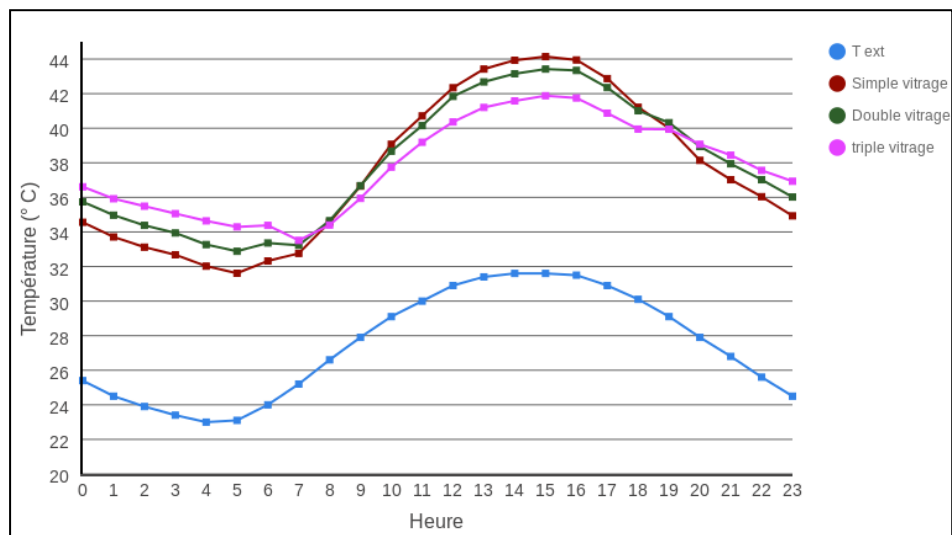


Figure VI.4 : Températures de l'air au niveau de l'atrium en été : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

c. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus :

La figure VI.5 montre la température de l'air à 14h00 des zones suivantes : atrium, espace au RDC (bureau 2), espace au 1^{er} étage (salle multifonctionnelle pour enseignants) et espace au 2^{ème} étage (salle des enseignants).

L'atrium a connu les températures les plus élevées pour les trois types de vitrage, pour le simple vitrage (43,93 °C), double vitrage (43,15 °C), et triple vitrage (41,58 °C). Pour les espaces contigus, plus on monte vers le haut, plus la température est importante. Néanmoins, l'écart de température est considérable surtout au niveau de l'atrium et le 2^{ème} étage.

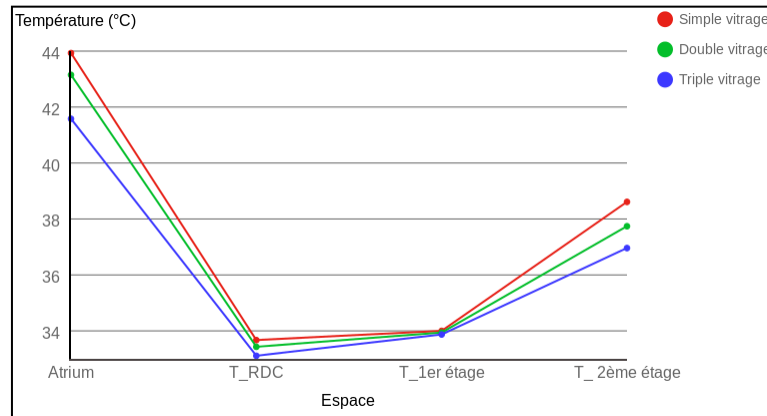


Figure VI.5 : Températures de l'air en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

c. Analyse de la température opérative :

La figure VI.6 propose les températures opératives dans différents points cités ci-dessus. Premièrement, l'atrium a connu les plus grandes valeurs. Deuxièmement, les températures verticales intérieures prennent une forme ascendante, depuis le RDC jusqu'à le 2^{ème} étage. Pour le simple vitrage, toutes les températures sont plus élevées que celles enregistrées pour le double vitrage et le triple vitrage. En outre, les écarts entre les valeurs sont imperceptibles au niveau du RDC (bureau 2) et le 1^{er} étage. Pour les bâtiments naturellement ventilés, ASHRAE standard 55 propose une plage de températures opératives acceptables en fonction de la température mensuelle moyenne de l'air extérieur (dans notre cas est de 23,95 °C). Cet intervalle est de 21,75-28,6 °C, donc toutes les températures dépassent cette gamme.

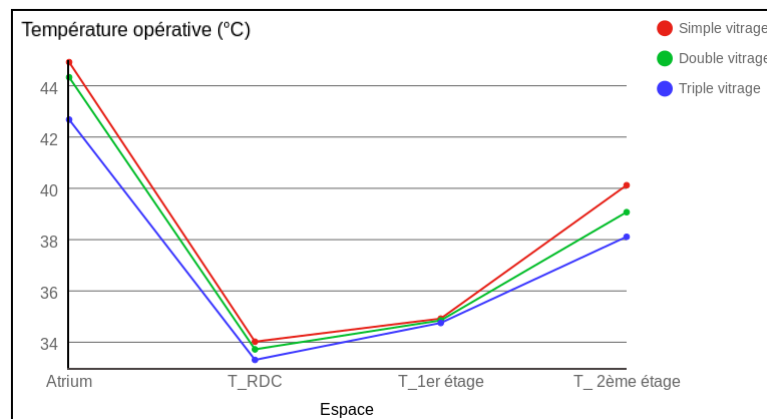


Figure VI.6 : Températures opérative en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

VI.3.1.2. Analyse thermique du bâtiment en hiver :

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium :

Les tendances ici ne sont pas les mêmes que celles de la période estivale. Le bâtiment avec verrière triple vitrage comporte mieux par rapport au climat, il possède les valeurs les plus élevées. Et la courbe du bâtiment avec simple vitrage prend une position inférieure. Mais globalement, les trois types de vitrage servent à chauffer l'atrium. Les écarts maximaux entre les températures de l'atrium et l'espace extérieur sont les suivants : simple vitrage (6,87 °C à 16h00), double vitrage (7,49 °C à 23h00), triple vitrage (9,47 °C à 6h00). Encore, des différences de températures entre les types de vitrages analysés, elles deviennent plus importantes durant la nuit. En outre, ces écarts ne sont pas importants entre le simple vitrage et le double (environ 1 °C).

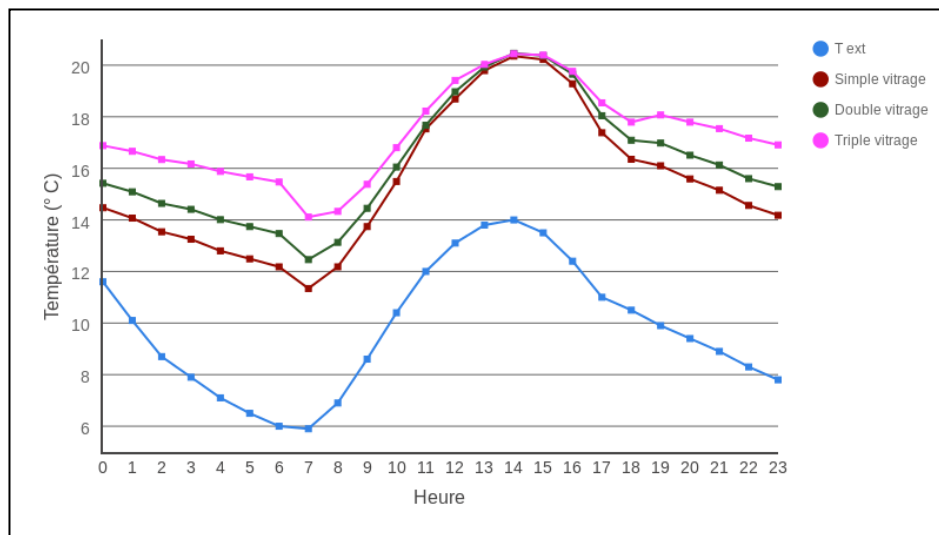


Figure VI.7 : Températures de l'air au niveau de l'atrium en hiver : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus :

En hiver, la température extérieure est de 14 °C à 14h00. Les résultats fournis dans cette partie reprennent de façon analogique avec ceux de la période estivale avec des différences remarquables au niveau de l'atrium et l'espace au RDC. Pour l'atrium, les températures sont presque similaires. En ce qui concerne le point au RDC, on remarque des températures plus élevées que celles du point au premier étage, donc les valeurs ne prennent pas une forme ascendante. De même, les écarts de températures entre les trois bâtiments est léger, un maximum est remarqué sur le point au 2^{ème} étage (de 0,42 °C entre le simple vitrage et le triple).

Donc, en hiver, il est clair que l'effet du type de vitrage sur les températures de l'air intérieures est perceptible, voir négligeable par rapport à la période estivale.

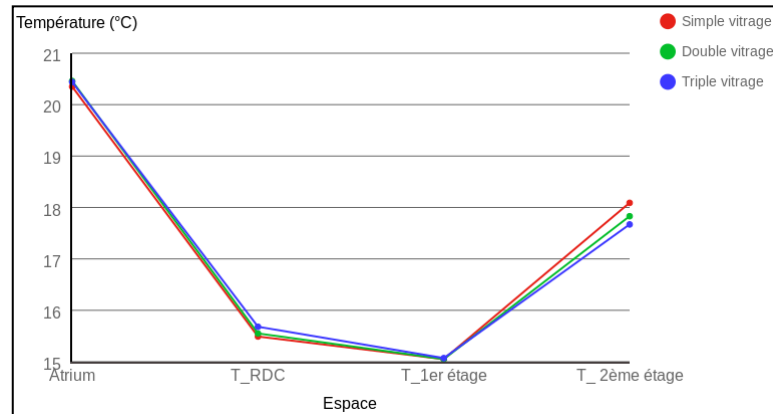


Figure VI.8 : Températures de l'air en hiver au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

c. Analyse de la température opérative :

En hiver, les températures opératives sont importantes au niveau de l'atrium et le point au 2^{ème} étage. Mais les écarts entre les valeurs des trois types de vitrage et peu perceptible.

Selon ASHRAE standard 55 la plage de températures opératives acceptables est de 17,9-24,75 °C (la température mensuelle moyenne de l'air extérieur : 11,40 °C).

Devant ces données, les températures de confort sont assurées au niveau de l'atrium et de la salle des enseignants dans le 2^{ème} étage. Les autres points, aussi, ne sont pas très loin de cet intervalle.

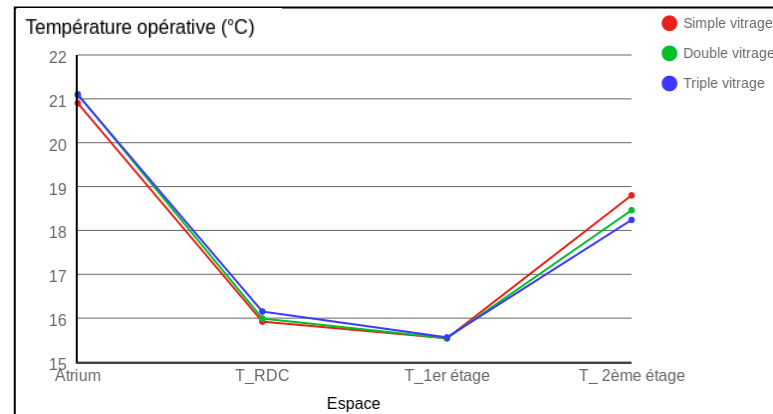


Figure VI.9 : Températures opérative en hiver au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

VI.3.1.3. Analyse de la consommation d'énergie annuelle (chauffage et refroidissement) :

Dans la figure VI.10, les besoins énergétiques annuels de chauffage sont plus considérables que les besoins de refroidissement. Ainsi, les résultats montrent que le total annuel de besoins de chauffage et refroidissement est plus élevé pour le simple vitrage, ensuite le

double vitrage et enfin le triple vitrage, selon les valeurs suivantes : 797 896 KWh, 782571 KWh, 764 898 KWh. Dans notre cas, nous avons considéré que le bâtiment est naturellement ventilé, donc, la consommation d'énergie par les équipements de CVC (chauffage, ventilation et climatisation) est de 175,63 KWh/m².an (simple vitrage), 172,25 KWh/m².an (double vitrage) et 168,36 KWh/m².an (triple vitrage).

Étant donné que le bâtiment n'a pas d'installation de l'eau chaude sanitaire et le besoin en éclairage est calculé par le logiciel (46 778 KWh soit 10,29 KWh/m².an). Les trois bâtiments sont considérés comme des bâtiments classe D, ils sont assez énergivores en énergie avec une assez bonne performance énergétique, car la consommation est entre : 151 à 230 kWh/m² par an (CADIERGUES Roger, Guide refcad : nr06.a). Mais la performance est encore mieux pour le bâtiment avec verrière triple vitrage.

Les résultats fournis dans le graphe reprennent, de façon identique, la forme générale des histogrammes, mais avec des écarts entre les besoins en chauffage et de refroidissement. Le 1^{er} histogramme correspond aux besoins énergétiques en utilisant le simple vitrage. Pour les besoins de chauffage, ces valeurs sont plus importantes que celles de l'histogramme 3 avec un écart maximal de 2223 KWh (janvier).

Aussi, le besoin en énergie pour le refroidissement est plus important. Le bâtiment avec simple vitrage demande plus d'énergie pour le rafraîchissement, dont l'écart est de 81 184 KWh (août). Donc, le bâtiment avec simple vitrage demande plus d'énergie que celui du triple vitrage (soit un rapport de 4,13 %).

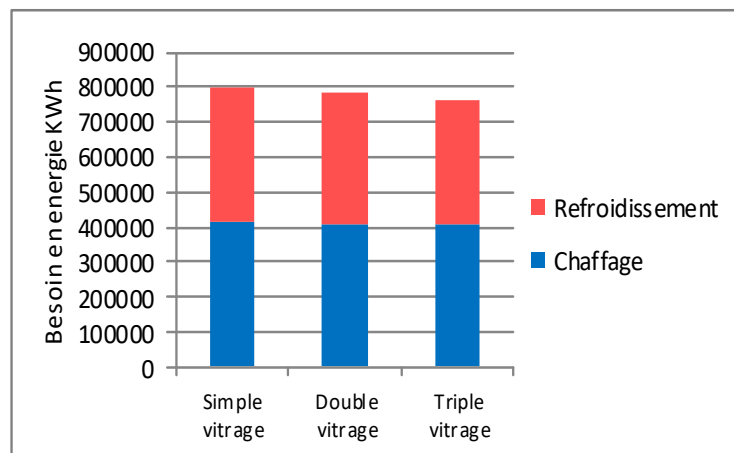


Figure VI.10 : Besoin de chauffage et de refroidissement annuels : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

VI.3.1.4. Analyse de la lumière naturelle en été :

a. Éclairage horizontal au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage

Les effets observés précédemment, pour le cas de la température, restent évidemment similaires. En fait, il y a une réduction de l'éclairage pour le cas du bâtiment avec double et triple vitrage, pour l'espace central et les pièces mitoyennes (voir figure VI.11). Cet écart est remarquable essentiellement pour le RDC de l'atrium (entre le bâtiment avec une verrière de triple vitrage et simple vitrage est de 9481 lux). En outre, une différence assez importante au point au 2^{ème} étage (salle des enseignants) est 1713 lux, ceci s'explique par sa proximité de la verrière de l'atrium. Et le minimum est au niveau d'un espace au RDC (bureau 2). Sur ce point, on remarque la valeur la plus faible (225 lux).

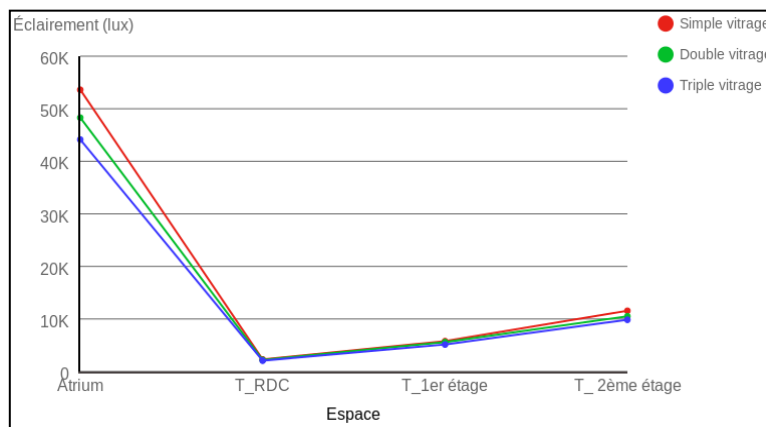


Figure VI.11 : Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

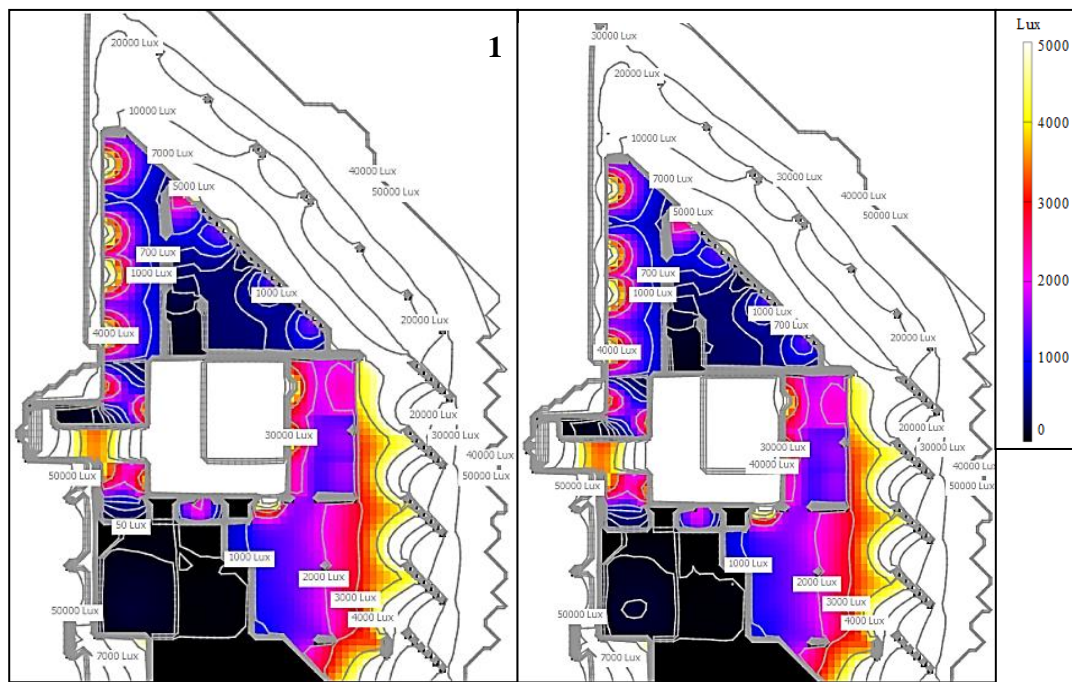


Figure VI.12 : Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC : simple vitrage (1), double vitrage (2)

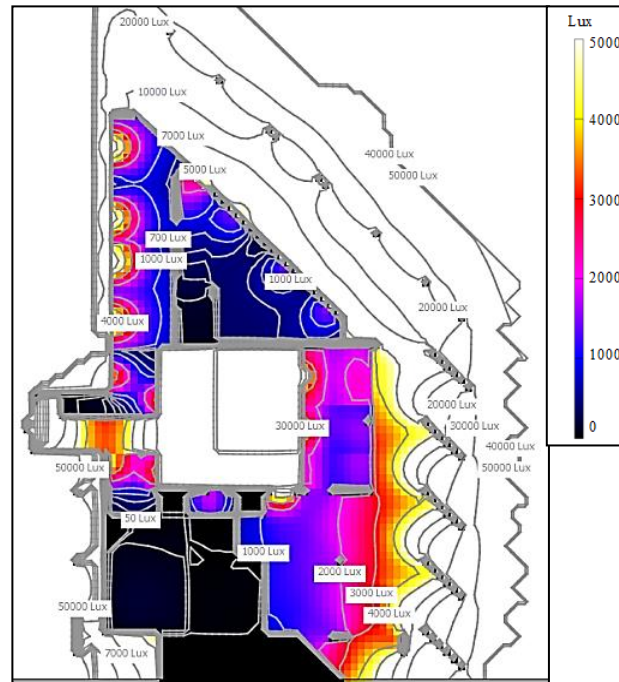


Figure VI.13 : Niveau d'éclairage horizontal en été au RDC : triple vitrage

b. Éclairage vertical au niveau de l'atrium :

L'éclairage sur le plan vertical, des trois types de vitrage, est représenté dans les figures (VI.14 et VI.15). Des variations de valeurs apparaissent entre les luminances au niveau de l'atrium des trois bâtiments.

Les plus élevés sont enregistrés dans bâtiment avec simple vitrage, et les plus faibles dans le bâtiment avec triple vitrage. Cela est clair en remarquant les courbes isolux de l'éclairage naturel dans l'atrium, on note une hausse des courbes vers le haut pour la courbe du double vitrage et surtout pour celle du triple vitrage. À titre d'exemple : au milieu de l'atrium (au niveau du sol), l'éclairage est de : 19 451 lux, 17 735 lux, 16 232 lux respectivement pour le simple, double et triple vitrage. De même, l'espace mitoyen a connu un abaissement de l'éclairage, cette différence est claire essentiellement entre l'illustration 1 et 3.

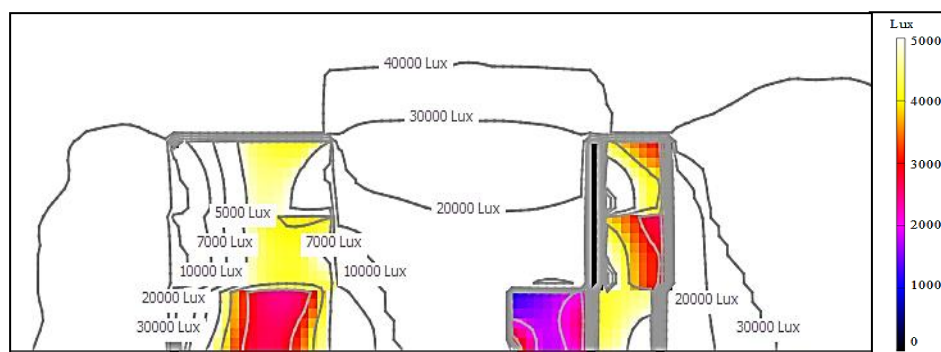


Figure VI.14 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en été : simple vitrage

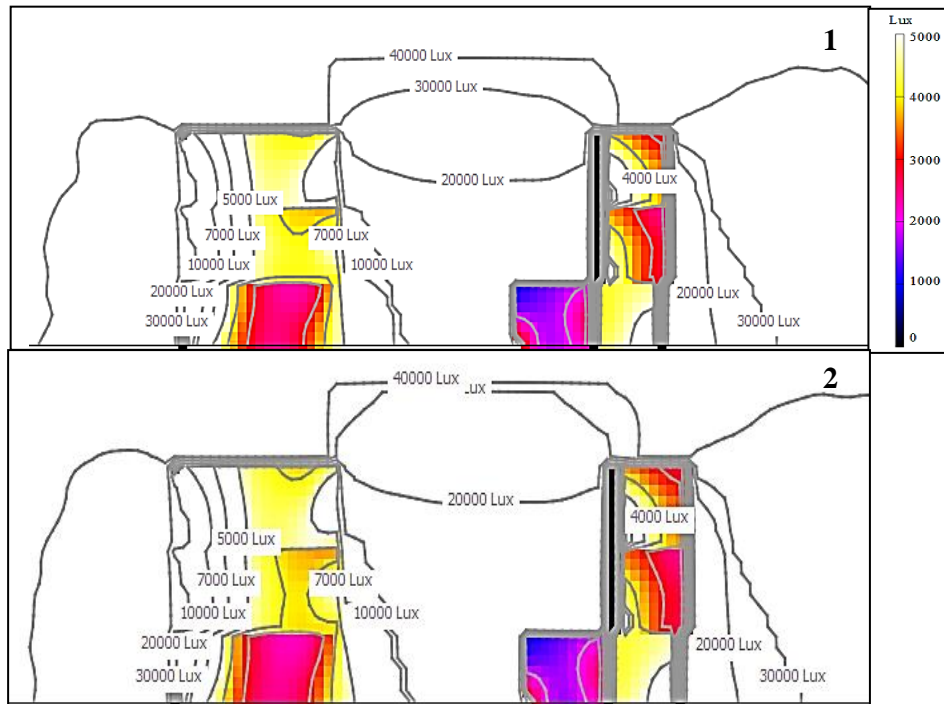


Figure VI.15 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en été : double vitrage (1) et triple vitrage (2)

c. FLJ au niveau de l'atrium et les espaces contigus :

Pour le FLJ, le graphe ci-dessous reprend la même forme que le graphe de l'éclairage horizontal (figure VI.11). Ce taux dépasse le niveau conventionnel pour les points suivants : l'atrium et l'espace qui se trouve au 2^{ème} étage pour les trois types de vitrage. Selon le site Energie plus, ces valeurs sont considérées comme élevées et très élevées (atrium et le point au 2^{ème} étage). Dans ces deux cas, le confort de travail est adapté à plus de 50 % des heures de travail, mais risques d'éblouissement. Donc, seulement l'espace qui se trouve au RDC, son FLJ est modéré. En outre, il est adapté à moins de 50 % des heures de travail (<https://energieplus-lesite.be/theories/eclairage12/physique-lumiere/facteur-de-lumiere-du-jour/>)

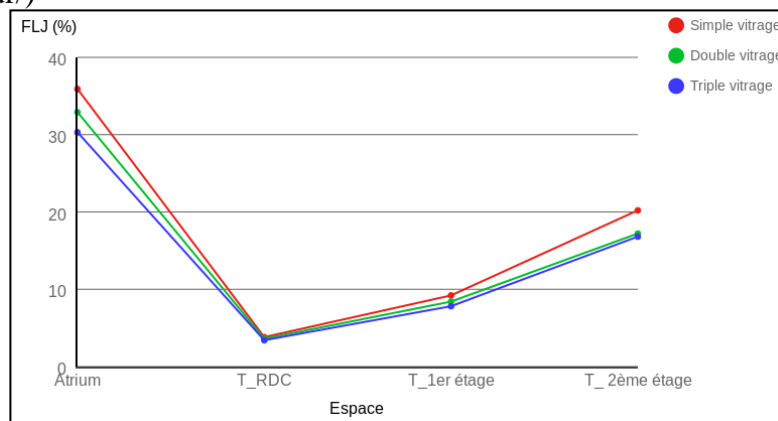


Figure VI.16 : FLJ en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

VI.3.1.5. Analyse de la lumière naturelle en hiver :

a. Éclairage horizontal au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage

En hiver comme l'été, presque les mêmes allures. Aussi, les écarts entre les différents types de vitrage tendent à être similaires. Cependant, les nuances entre les deux périodes, elles se trouvent au niveau des éclairagements.

En hiver, l'éclairage est faible par rapport à l'été, une valeur maximale enregistrée au niveau de l'atrium avec une verrière simple vitrage de 7380 lux. Les écarts les plus élevés sont signalés sur les points suivants : l'atrium et au 2^{ème} étage.

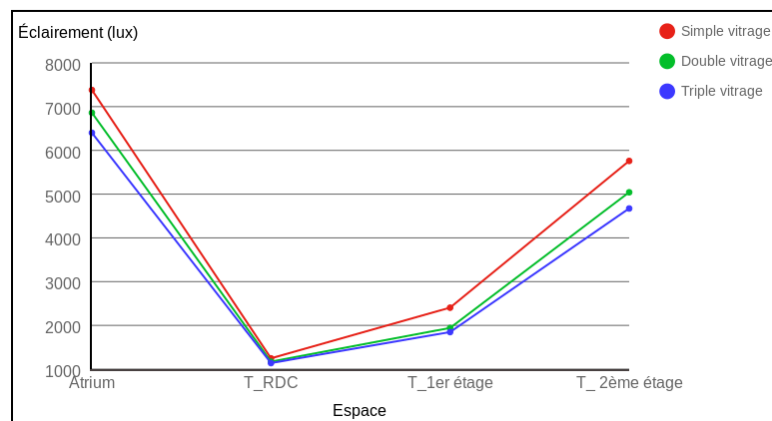


Figure VI.17 : Niveau d'éclairage horizontal en hiver au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

b. Éclairage vertical au niveau de l'atrium :

Les niveaux d'éclairage sont moins importantes en hiver. Dans les trois cas illustrés ci-dessous figure VI.18 et figure VI.19, l'éclairage vertical est stratifié depuis le sol jusqu'à la verrière, c'est-à-dire plus qu'on monte vers le haut plus le niveau d'éclairage augmente. Ainsi, la lumière est élevée dans le 1^{er} cas, ensuite le 2^{ème} cas et enfin la 3^{ème} variante.

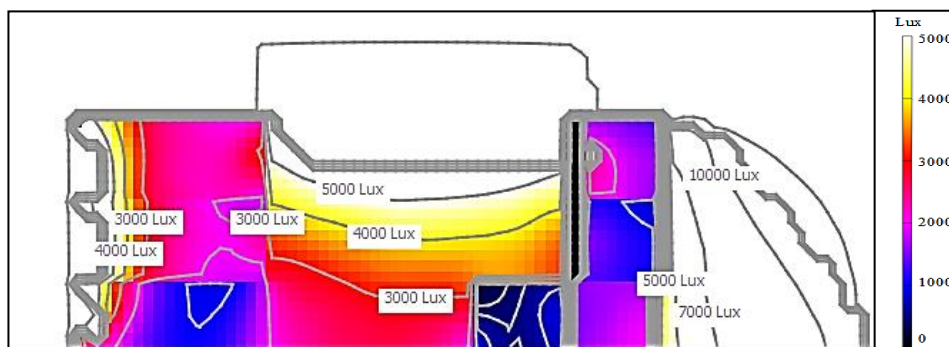


Figure VI.18 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en hiver : simple vitrage

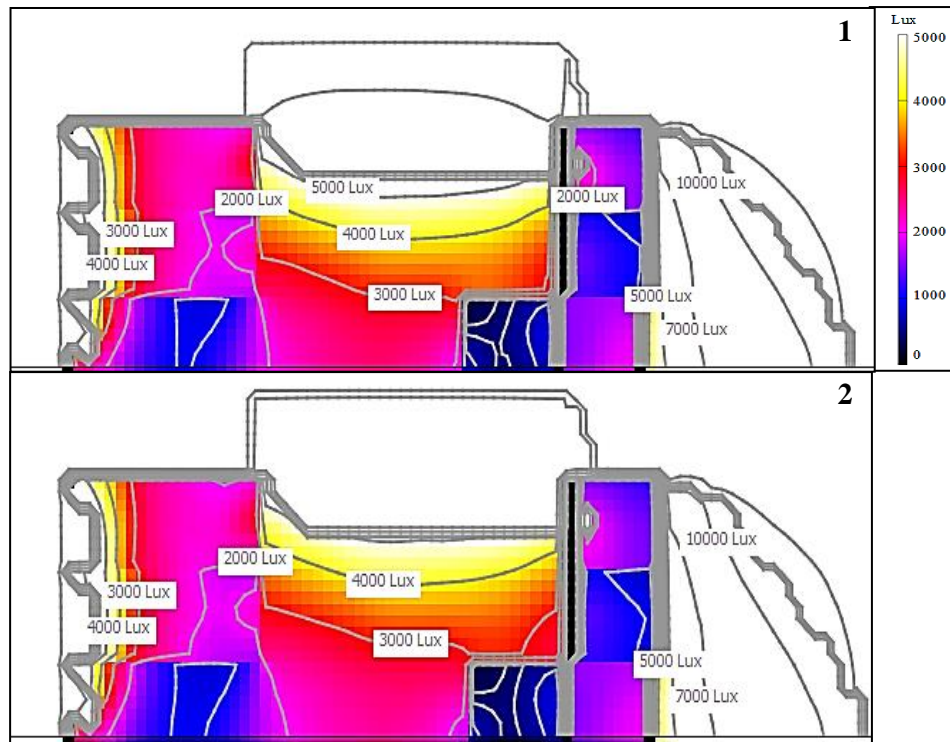


Figure VI.19 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium, en hiver : double vitrage (1) et triple vitrage (2)

c. FLJ au niveau l'atrium et les espaces contigus :

Cette figure se ressemble à celle du VI.17. Toujours l'atrium prend la supériorité dans les valeurs de FLJ. Le maximum est de 35,9 % (vitrage simple), et le minimum est de 4,9 % sur le point intérieur au RDC (vitrage triple). Selon ces données, seulement l'espace qui se trouve en RDC et au 1^{er} étage ne risquent pas d'avoir de l'éblouissement. Aussi, les différences entre les valeurs de FLJ du double et triple vitrage ne sont pas perceptibles, cela est remarquable pour le RDC et 1^{er} étage.

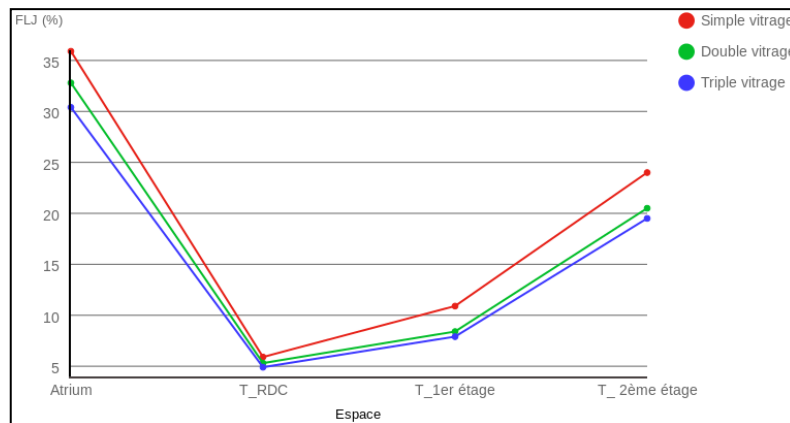


Figure VI.20 : FLJ en hiver au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

VI.3.2. Effet de la hauteur de l'atrium :

Dans cette section, il s'agit de vérifier l'effet de la hauteur sur les températures de l'air, la consommation énergétique (chauffage et refroidissement) et l'éclairage de l'atrium et les espaces adjacents. Pour cela, on a comparé les résultats de trois bâtiments de différentes hauteurs : R+2 (représente l'état initial), R+4 et R+6 (voir figure VI.21). Afin de mieux comprendre l'effet de la hauteur sur les ambiances thermiques, on a considéré que les apports internes des trois bâtiments sont nuls. Pour les étages supplémentaires, leur conception reproduit le même plan du 2^{ème} étage.

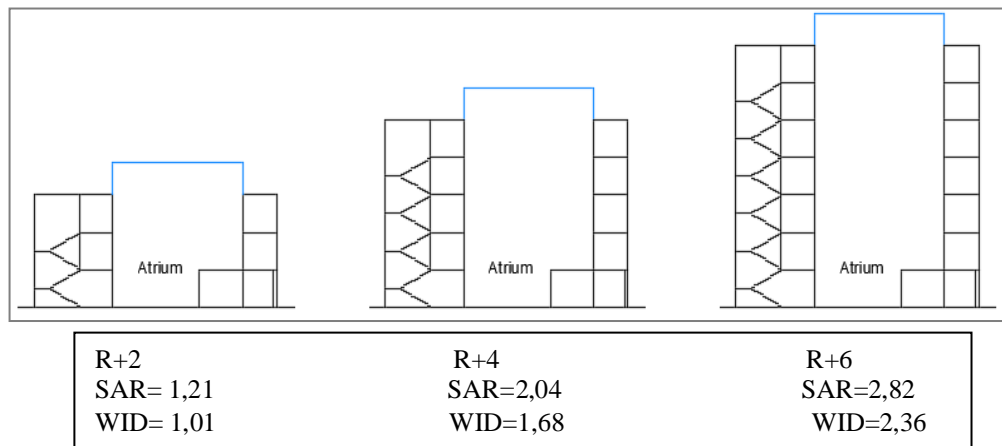


Figure VI.21 : Types de hauteurs testées : R+2, R+4 et R+6

VI.3.2.1. Analyse thermo-énergétique du bâtiment :

a. Effet de la hauteur sur les températures intérieures en été :

Selon les graphes présentés ci-dessous, une supériorité visible de la température intérieure du bâtiment en R+2 par rapport aux autres modèles. Cela concerne celles de l'atrium et le point simulé en RDC (43,24 °C et 33,43 °C soit un écart de 9,81 °C). Des écarts sont remarqués entre les températures de l'atrium, surtout entre le 1^{er} cas et le 3^{ème} cas (1,52 °C). En ce qui concerne les points au 1^{er} étage et au 2^{ème} étage, ces valeurs sont moins considérables que celles des autres bâtiments (R+4 et R+6). Cela explique que l'atrium sera une chambre chauffante pour les espaces contigus lorsqu'il est plus profond.

Aussi, les résultats obtenus montrent clairement l'effet d'abaissement des températures des derniers niveaux (le point au 4^{ème} étage pour le bâtiment en R+4 et deux points pour celui en R+6). Ce phénomène thermique explique que les espaces les plus hauts échangent de la chaleur avec l'environnement extérieur étant donné que ceci est moins chaud que l'atrium (température de l'air extérieure est de 31,6 °C). En plus, ces pièces possèdent plus de surface d'échange avec l'espace extérieur (voir figure VI.23).

Donc, les pièces supérieures de l'atrium sont plus sensibles aux températures de l'ambiance extérieure que celle de l'atrium.

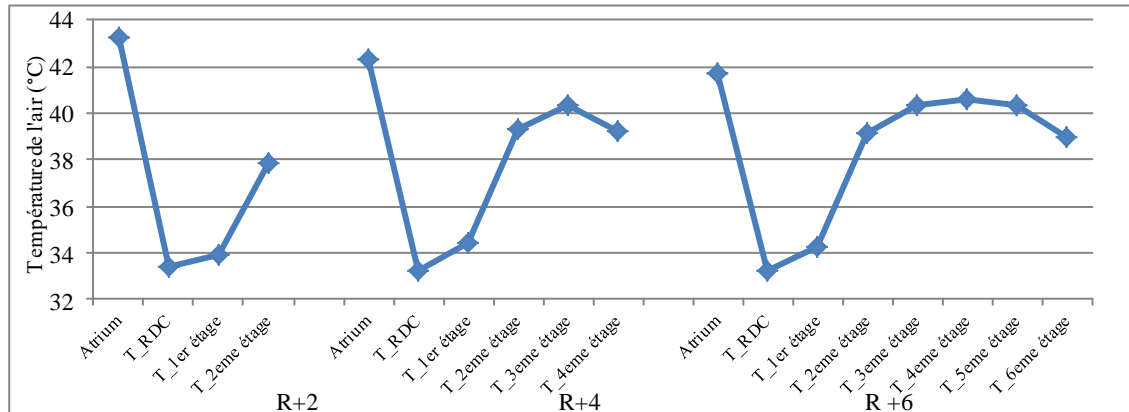


Figure VI.22 : Températures de l'air de l'atrium et les espaces contigus : R+2, R+4, R+6 (période estivale)

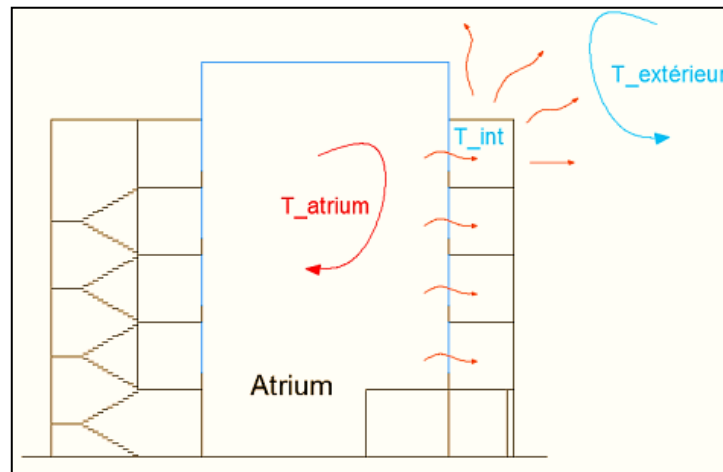


Figure VI.23 : les déperditions thermiques des pièces hautes de l'atrium

b. Effet de la hauteur sur les températures intérieures en hiver :

En hiver, presque les mêmes constats restent valables, mais à part quelques nuances au niveau des points au RDC et au 1er étage. En effet, on remarque que la température au RDC est supérieure ou égale que celle au 1^{er} étage. De même, les amplitudes ne sont pas assez importantes que celles de la période estivale.

Dans cette période, l'écart entre température de l'atrium et un point au RDC est de 4,34 °C (le cas d'un bâtiment en R+2).

Les déperditions thermiques des espaces supérieurs n'est pas important en comparaison avec la période d'été (le cas du bâtiment R+6 est de 0,6 °C entre 6^{ème} étage et 5^{ème} étage).

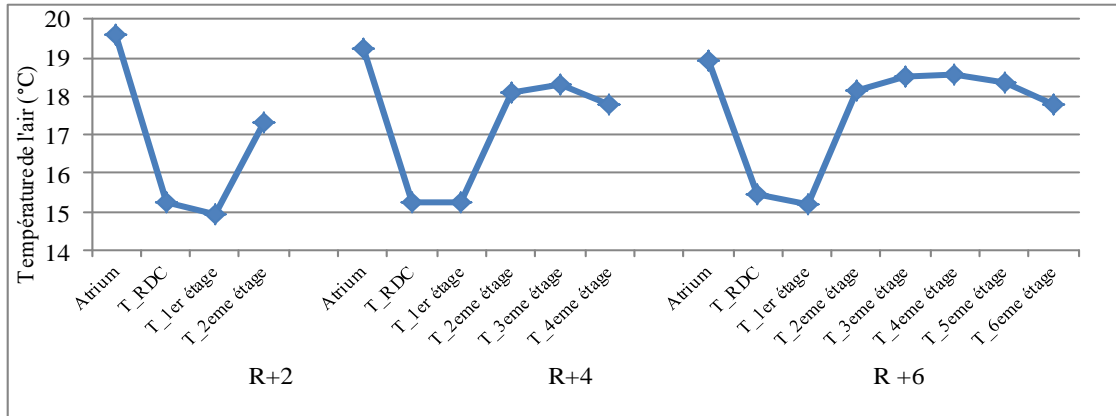


Figure VI.24 : Températures de l'air et les espaces contigus :
R+2, R+4, R+6 (période hivernale)

c. Analyse de la consommation d'énergie annuelle (chauffage et refroidissement) :

Selon la figure VI.25, les besoins en énergie annuelle, chauffage et refroidissement, suivent un principe de gradin selon la hauteur du bâtiment (R+2, R+4 et R+6). Pour les besoins en chauffage, les différences ne sont pas considérables entre les trois modèles. Par contre, les besoins en refroidissement connaissent une augmentation très importante. La différence entre le premier cas et le deuxième est presque le double et entre le premier et le troisième est environ le triple. En conséquence, il faut bien penser à la période de surchauffe annuelle pour les atriums profonds. Car ce dispositif est la source de chaleur en été et donc de l'inconfort. En examinant la figure VI.26, il en ressort que l'atrium consomme une grande partie de l'énergie du bâtiment pour le refroidissement. Cela peut être traduit en chiffres : 14,73 %, 9,29 % et 6,81 % respectivement pour les bâtiments en R+2, R+4 et R+6. C'est-à-dire, l'ajout de deux niveaux pour le bâtiment peut réduire les consommations annuelles de refroidissement par de 5,44 % (le cas de l'atrium). Durant la période d'hiver, l'atrium comporte positivement, des réductions en chauffage en ajoutant des étages. Cette situation est un peu moins grave pour les pièces adjacentes (figure VI.27). On prend l'exemple d'un espace au RDC, les besoins en refroidissement se décroissent en ajoutant des étages. Le cas du bâtiment R+4 peut réduire la consommation en rafraichissement de 10,04% par rapport au 1^{er} cas. Quant au 3^{ème} bâtiment, il engendre un abaissement de 11,75%. Selon les besoins en énergie mensuelle, voir graphe annexe D, les quantités s'augmentent avec l'addition de nouveaux étages. Cela se voit clairement avec les valeurs de refroidissement durant la période de surchauffe annuelle. Ce qui confirme toujours l'effet de l'atrium à chauffer le bâtiment de plus en plus.

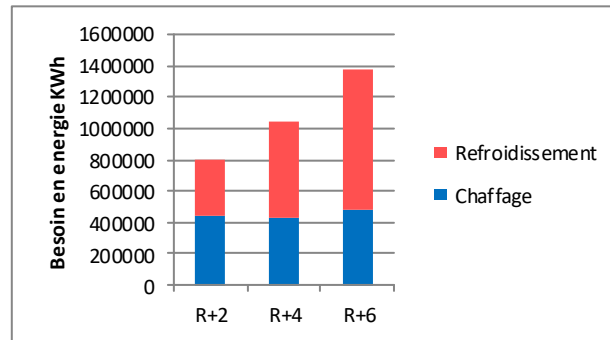


Figure VI.25 : Besoin de chauffage et de refroidissement annuels :
R+2, R+4 et R+6

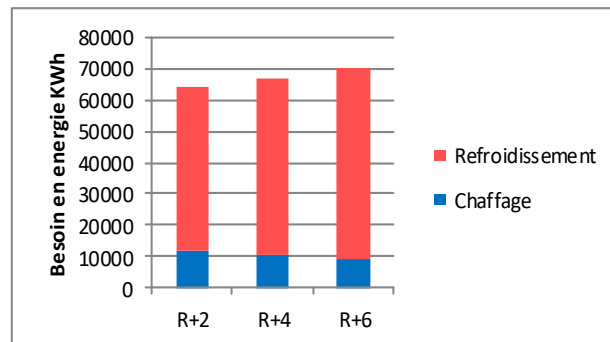


Figure VI.26 : Besoin de chauffage et de refroidissement annuels de l'atrium
R+2, R+4 et R+6

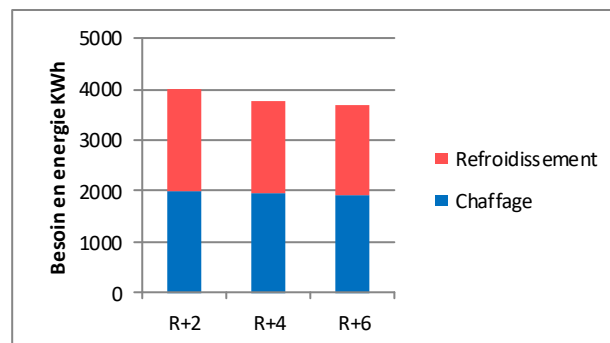


Figure VI.27 : Besoin de chauffage et de refroidissement annuels d'un espace au RDC :
R+2, R+4 et R+6

VI.3.2.2. Analyse de la lumière naturelle :

a. Analyse de l'éclairage horizontal : été et hiver

En été, le développement du niveau d'éclairage s'effectue par régression selon le nombre des étages. À titre d'exemple, au centre de l'atrium, les valeurs sont les suivantes : 30 000 lux, 10 000 lux et 5 900 lux respectivement pour les bâtiments R+2, R+4 et R+6. Ceci est expliqué par l'effet d'ombres des murs de l'atrium, elles sont importantes au niveau du bâtiment R+6. Sur la figure VI.28 et figure VI.29, on peut remarquer des taches solaires qui se décroissent en surface, au niveau de l'atrium (pour le modèle en R+6, une petite tache sur un coin de l'atrium et sur le mur orienté ouest).

En hiver, l'éclairage diminue presque le double sur l'espace central. Par d'exemple, les courbes isolux sont de 7 000 lux, 3 656 lux et 2 137 lux dans l'ordre suivant : R+2, R+4 et R+6. Et cela a un effet automatique sur les quantités d'éclairage des pièces adjacentes. On confirme cela par les couleurs qui tendent à être bleu foncé pour le bâtiment en R+6 (voir figure VI.31).

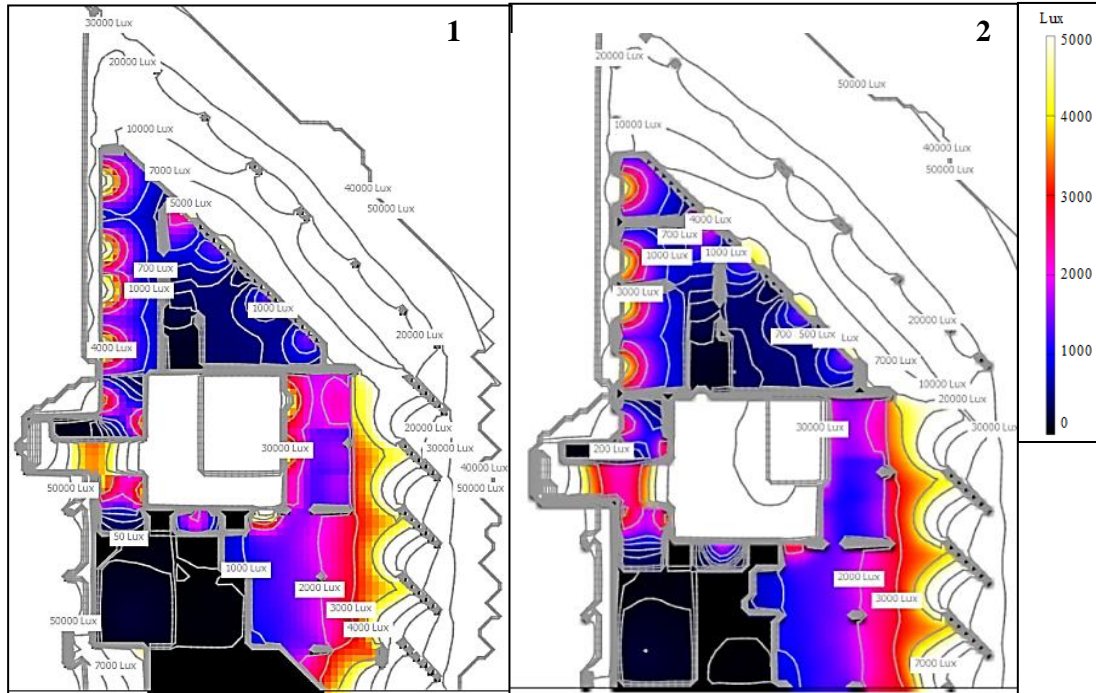


Figure VI.28 : Niveau d'éclairage horizontal du RDC à 14h00 en été : R+2 (1), R+4 (2)

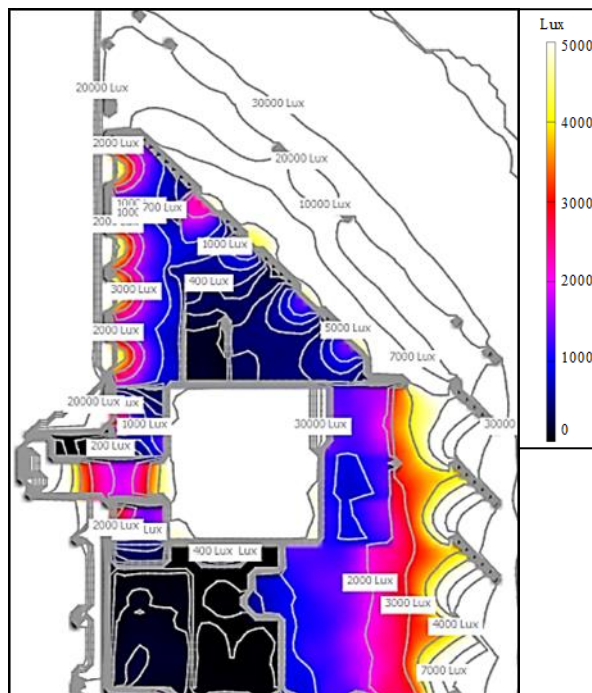


Figure VI.29 : Niveau d'éclairage horizontal du RDC à 14h00 en été :R+6

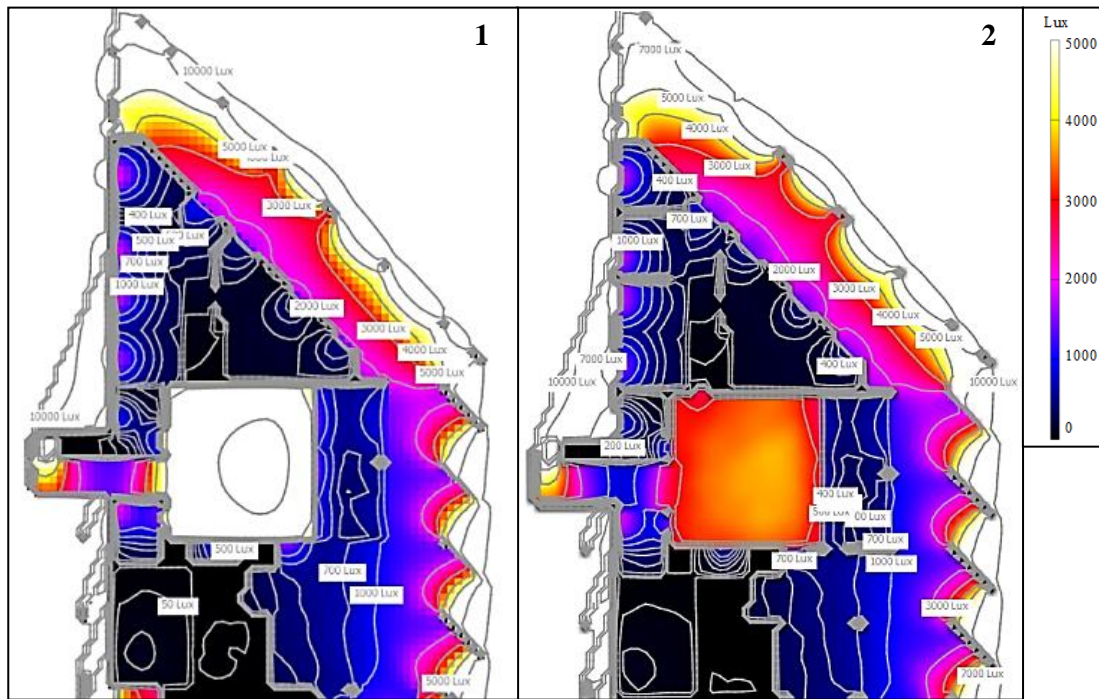


Figure VI.30 : Niveau d'éclairage horizontal du RDC à 14h00 en hiver : R+2 (1), R+4 (2)

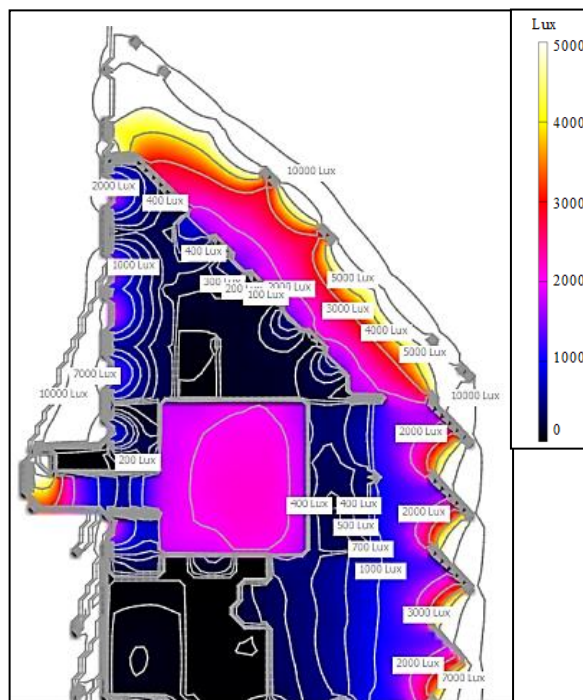


Figure VI.31 : Niveau d'éclairage horizontal du RDC à 14h00 en hiver :R+6

b. Analyse de l'éclairage vertical : été et hiver

En été, sur le plan vertical, les plus fortes valeurs de l'éclairage ont été remarquées au niveau de l'atrium avec trois niveaux (figure VI.32). Plus précisément de forts éclairagements sur les points exposés au rayonnement solaire, et les valeurs les plus faibles aux points à

l'ombre. Ensuite, le bâtiment en R+4 prend une position intermédiaire entre le 1^{er} cas et le 3^{ème}. Alors que ce dernier a connu, au niveau du RDC, les valeurs les moins élevées. En hiver, la lumière se décroît considérablement avec l'élévation de l'atrium. Sur les figures de cette période (VI.33), l'atrium en lui seul a connu des éclairagements moins de 1000 lux (le cas du bâtiment en R+6). Et les pièces mitoyennes connaissent un abaissement de la lumière : 274 lux (dans une pièce au RDC à 1 m de la fenêtre), le même espace avec une valeur de 580 lux (R+2).

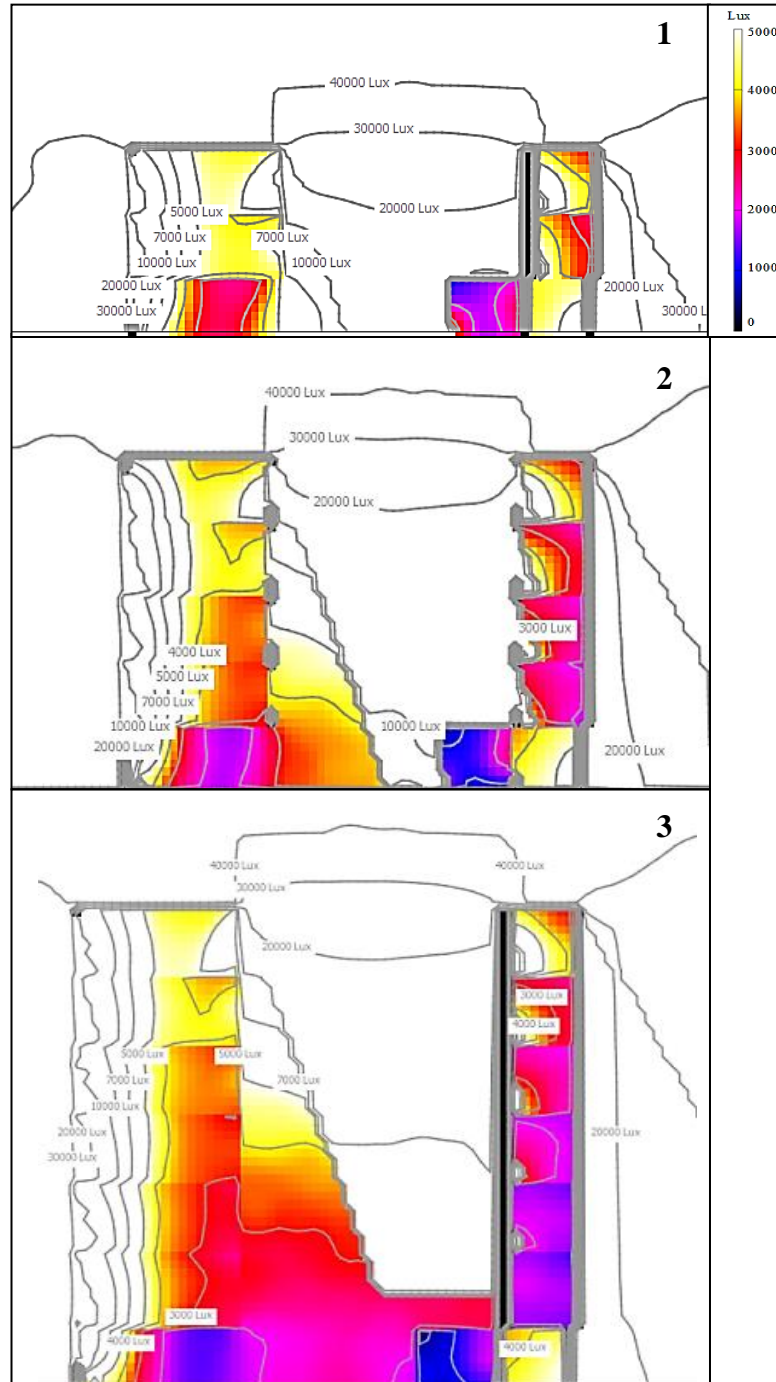


Figure VI.32 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium à 14h00 en été:
R+2 (1), R+4 (2) et R+6 (3)

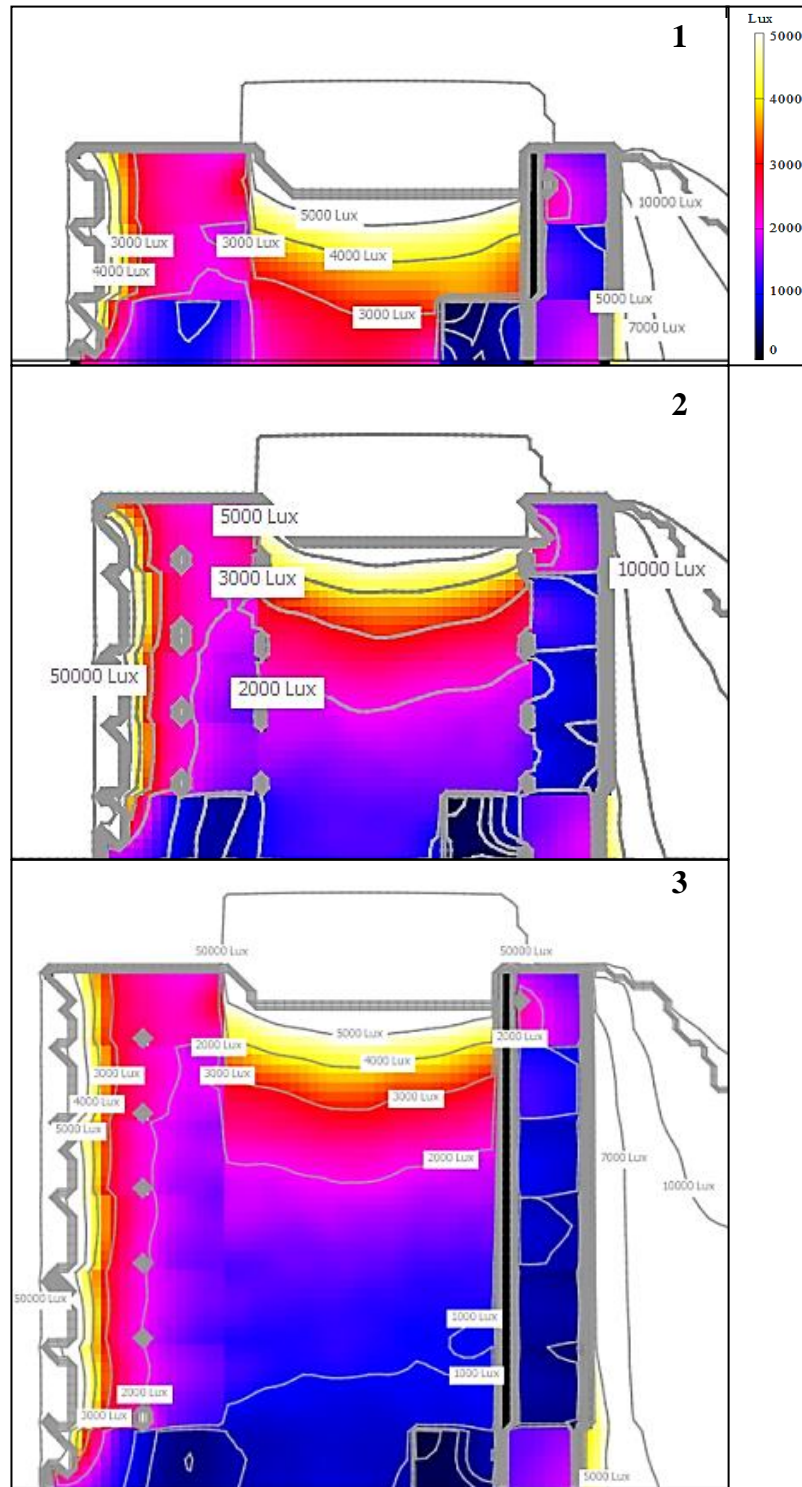


Figure VI.33 : Niveau d'éclairage vertical au centre de l'atrium à 14h00 en hiver : R+2 (1), R+4 (2) et R+6 (3)

VI.3.3. Effet du type d'occultation solaire en été :

Dans cette section, on a proposé trois genres de protections extérieures, et qui sont : store vénitien extérieur, store vénitien intégré et store extérieur en toile avec coffre (voir les détails sur figure VI.34 et tableau VI.35). La simulation concerne seulement la période estivale.

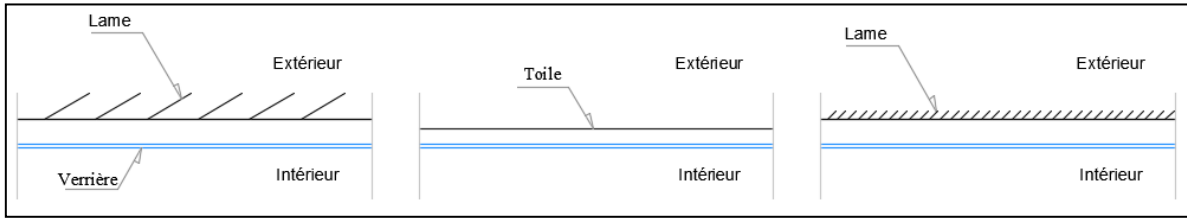


Figure VI.34 : Types d'occultations simulées

Tableau VI.35 : Détails sur les protections simulées

Caractéristiques	Store vénitien extérieur	Store vénitien intégré	Store extérieur en toile
R (m ² .k/w)	0,08	0,19	0,08
Dimension (cm)	Largeur : 10 Espacement : 10	Largeur : 2,3 Espacement : 2	/
Inclinaison (°)	30	45	/
Couleur	Gris clair	Gris clair	Gris clair
Distance par rapport au verre (cm)	5	5	3
Propriété optique (%)	Lumineux : 18 Solaire : 18 Thermique : 18	Lumineux : 22 Solaire : 22 Thermique : 22	Lumineux : 40 Solaire : 40 Thermique : 40

VI.3.3.1. Analyse thermo-énergétique du bâtiment :

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium :

Selon la figure présentée ci-dessous (VI.35), les plus importantes températures d'air sont remarquées au niveau du bâtiment sans protection. Les températures extérieures sont moins élevées que les celles intérieures.

L'intégration des stores améliore les températures en les rapprochant aux valeurs de confort. On peut ainsi les classer du plus efficace au moins performant comme ceci : store vénitien extérieur, store vénitien intégré et store vénitien en toile. Des écarts très sensibles sont visibles entre les températures du bâtiment sans protection et celui du bâtiment avec des stores vénitiens extérieurs (de 10,14 °C à 15h00).

D'après le même graphique, on peut dire que l'occultation est nécessaire durant la période diurne, principalement pendant la période de surchauffe journalière. Et cela est essentiellement durant la période de 10h00 à 16h00.

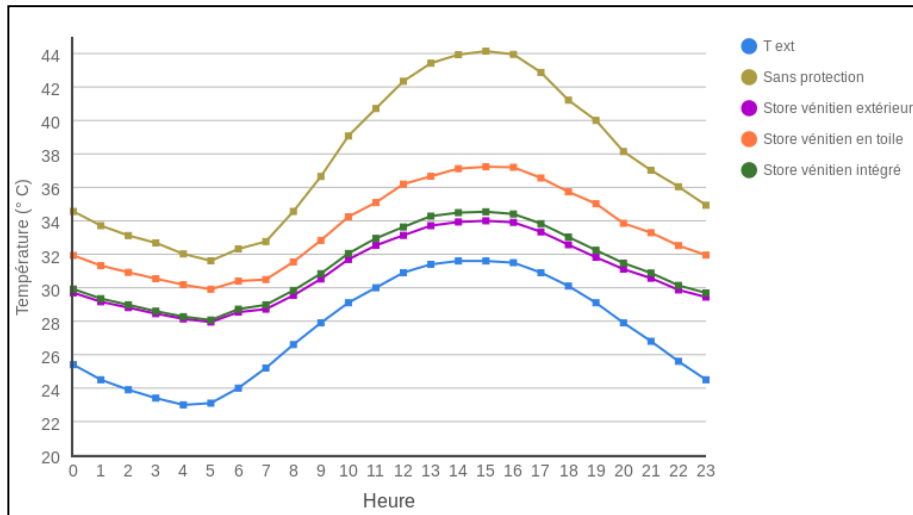


Figure VI.35 : Températures de l’air au niveau de l’atrium en été : Sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré

b. Comparaison entre températures de l’air au niveau l’atrium et les espaces contigus

La figure VI.36 présente les températures de l’air dans l’atrium et trois autres espaces qui se trouvent sur les trois niveaux du bâtiment. D’abord, la protection peut réduire les températures d’une manière significative. Ces améliorations sont plus sensibles pour l’atrium et le point au 2^{ème} étage.

Aussi, l’occultation peut minimiser les températures des pièces mitoyennes par les écarts suivants : 0,66 °C et 5,33 °C (entre l’atrium sans protection et l’atrium avec extérieur en toile).

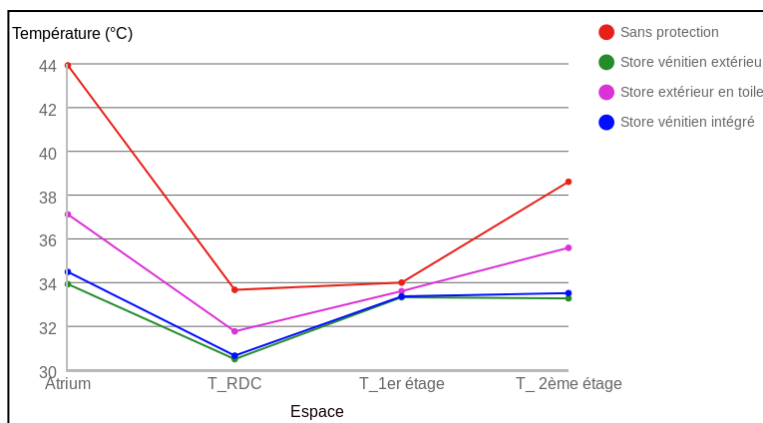


Figure VI.36 : Températures de l’air en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré

c. Analyse de la température opérative dans l’atrium et les espaces contigus :

Ces températures sont au-delà de la limite de confort. L’atrium sans protection présente les valeurs les plus élevées de températures opératives.

En revanche, on peut dire que l'incorporation des stores vénitiens extérieurs et les stores vénitiens intégrés développent davantage la température de confort de l'atrium et les espaces contigus. Ainsi, il y a une différence remarquable entre les valeurs des stores vénitiens et les stores en toile.

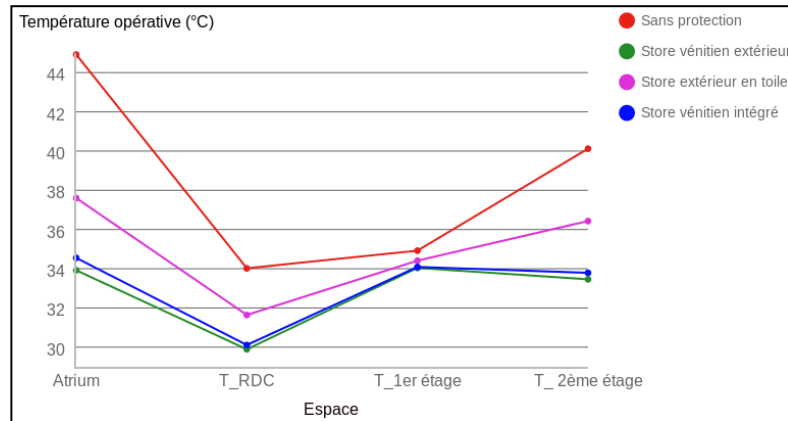


Figure VI.37 : Températures opérative en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : Sans protection, store vénitien extérieur, store en toile, store vénitien intégré

d. Analyse de la consommation d'énergie en période chaude :

Pour mieux savoir l'effet des protections sur la consommation d'énergie pour le refroidissement, on a opté pour le calcul de l'ensemble des besoins pour les mois chauds de la ville de Jijel. D'après notre recherche de magistère, on a analysé le climat de Jijel selon plusieurs méthodes. Selon le modèle d'Olgay, cette ville possède une zone de sur-échauffement représentée par ces 4 mois : juin, juillet, août, septembre.

La figure VI.38 indique que l'occultation de la verrière par les stores vénitiens extérieurs minimise l'énergie en refroidissement par un taux de 19,23 %, 12,33 % (store vénitien en toile), et 17,99 % (store vénitien intégré).

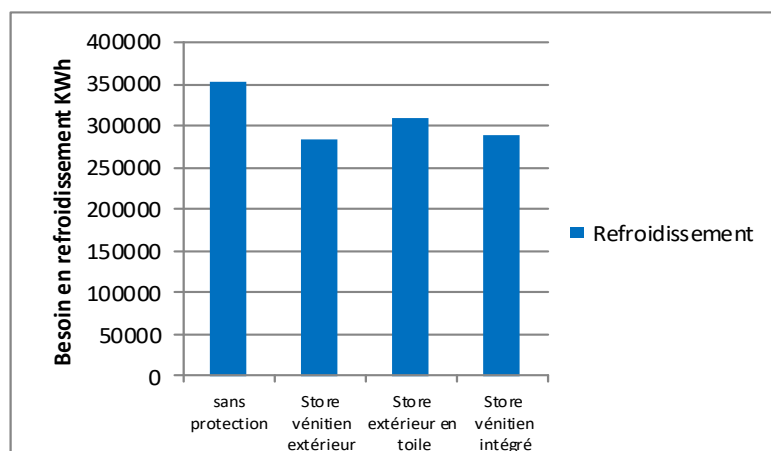


Figure VI.38 : Besoin en refroidissement pour les mois chauds : sans protection, store vénitien extérieur, store vénitien en toile, store vénitien intégré

VI.3.4. Effet des apports internes :

VI.3.4.1. Effet des apports internes en période de sur-échauffement :

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium

Selon la figure VI.39, l'occupation du bâtiment a engendré un décroissement léger de la température. La différence la plus élevée est obtenue à 16h00 avec une valeur de 0,7 °C.

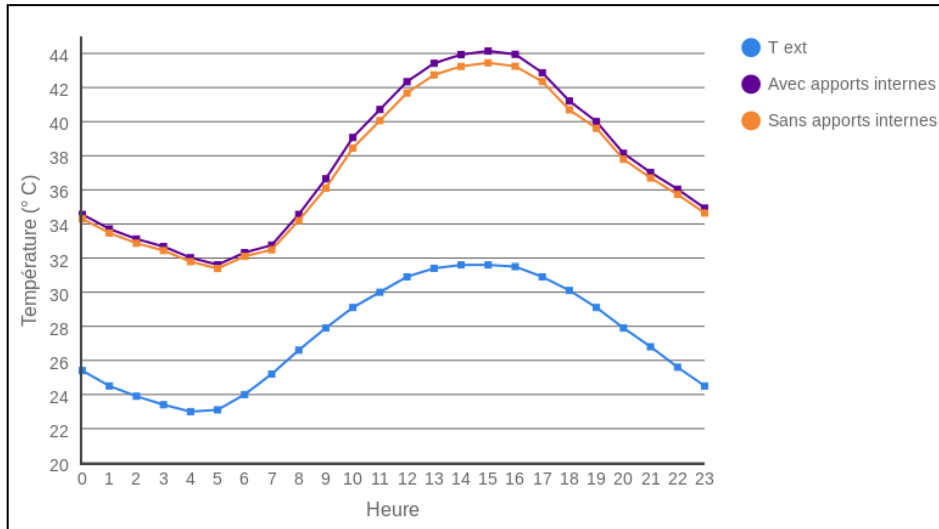


Figure VI.39 : Températures de l'air au niveau de l'atrium en été : Avec apports internes, sans apports internes

b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus

Les températures de l'air obtenues pour un bâtiment sans charges internes, se caractérisent par un abaissement légèrement sensible pour l'atrium et le point au 2^{ème} étage (l'amplitude maximale est de 0,69 °C, remarquée au niveau de l'atrium). Aussi, les amplitudes sont très légères pour les points au RDC et le 1^{er} étage (0,11 °C sur le point au 1^{er} étage), (voir figure VI.40).

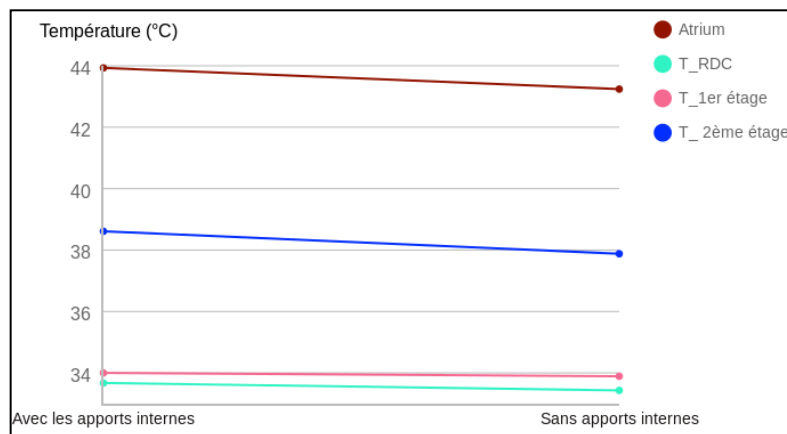


Figure VI.40 : Températures de l'air en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : Avec apports internes, sans apports internes

c. Analyse de la consommation d'énergie en période de sur-échauffement :

Pour le cas des besoins en refroidissement, les résultats sont perceptibles. L'absence des occupants et les appareils informatiques participent à une réduction de 5,3 % des énergies pour la période chaude.

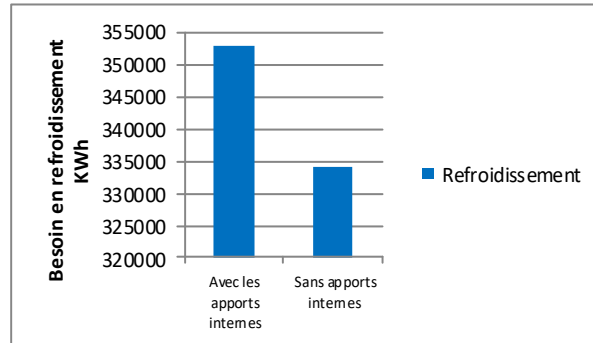


Figure VI.41 : Besoin en refroidissement pour les mois chauds :
Avec apports internes, sans apports internes

VI.3.4.2. Effet des apports internes en période sous échauffée :

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium

Durant la période froide de l'année : janvier, février, décembre, mars, les écarts entre les deux températures de l'air des deux atriums sont faibles, le maximum est relevé à 14h00 avec une valeur de 0,75 °C. Durant la nuit, les différences sont faibles et invariables, les deux courbes sont parallèles (figure VI.42).

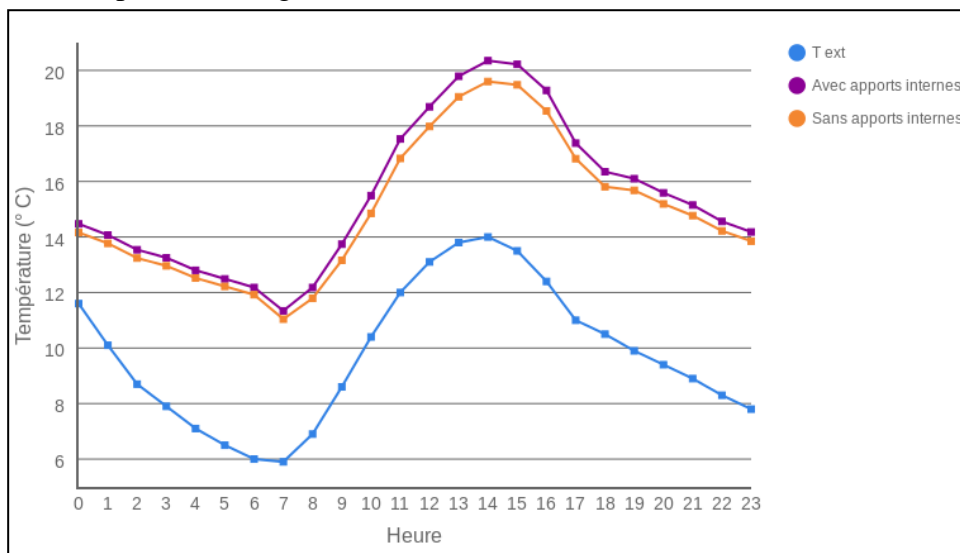


Figure VI.42 : Températures de l'air au niveau de l'atrium en hiver :
Avec apports internes, sans apports internes

b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus : d'après la figure VI.43, des variations d'amplitudes apparaissent dans les températures d'air d'une façon similaire à la période estivale avec des différences superficielles.

Donc, les plus éminentes sont enregistrées pour l'atrium et le point au 2^{ème} étage, dans l'ordre suivant : 0,76 et 0,78 °C. Ainsi, on peut dire que cette élévation de valeurs est bénéfique en cette période, sachant que les températures ne dépassent pas les seuils de confort.

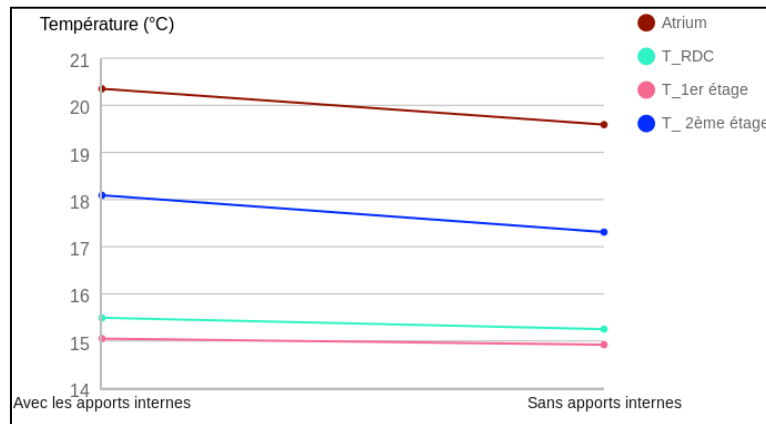


Figure VI.43 : Températures de l'air en hiver au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : Avec apports internes, sans apports internes

c. Analyse de la consommation d'énergie en période sous échauffée :

La simulation des apports internes montre que ses effets sont acceptables pour la période hivernale, étant donné qu'il y a une réduction des consommations énergétiques pour le chauffage. Cette diminution est de 5,6 % par rapport aux besoins d'un bâtiment sans charges internes.

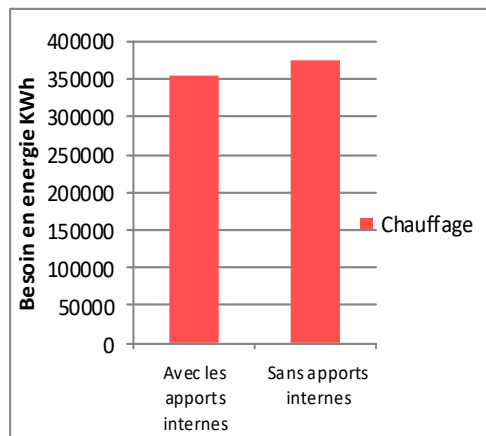


Figure VI.44 : Besoin en chauffage pour les mois froids : Avec apports internes, sans apports internes

VI.3.5. Effet de la ventilation naturelle en été :

a. Analyse de la température de l'air au niveau de l'atrium

Selon la figure ci-dessous, on peut déduire deux principes. D'une part, les infiltrations d'air peuvent réduire les températures pendant la nuit, d'une amélioration significative qui peut atteindre jusqu'à 2,68 °C à 5h00. D'autre part, la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres, durant la période diurne, participe à un abaissement des températures, un

maximum est relevé à 14h00, de 2,35 °C. Pendant la nuit, l'ouverture des fenêtres n'est pas efficace.

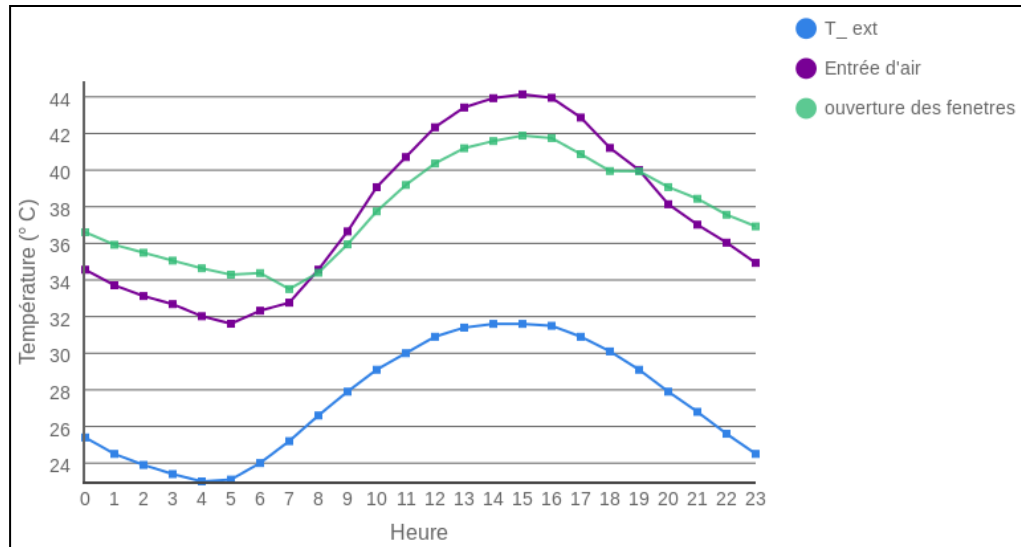


Figure VI.45 : Températures de l'air au niveau de l'atrium selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres

b. Comparaison entre températures de l'air au niveau l'atrium et les espaces contigus

Selon la figure VI.46, on constate que la variation des températures intérieures est différente d'un espace à un autre. Les plus remarquables sont au niveau de l'atrium et le point au 2^{ème} étage. Cela revient au nombre important des fenêtres, ce qui participe à un déplacement de l'air de l'intérieur vers l'extérieur. Donc, ce mouvement permet un abaissement de la température sachant qu'à cette heure l'environnement extérieur est plus frais que ces deux espaces. Des amplitudes peuvent atteindre de 2,35 °C (atrium) et de 1,65 °C (2^{ème} étage). L'espace au 1^{er} étage marque les écarts les plus faibles (0,13 °C). Cela revient à sa surface très grande (413,6 m²) et son orientation (côté sud).

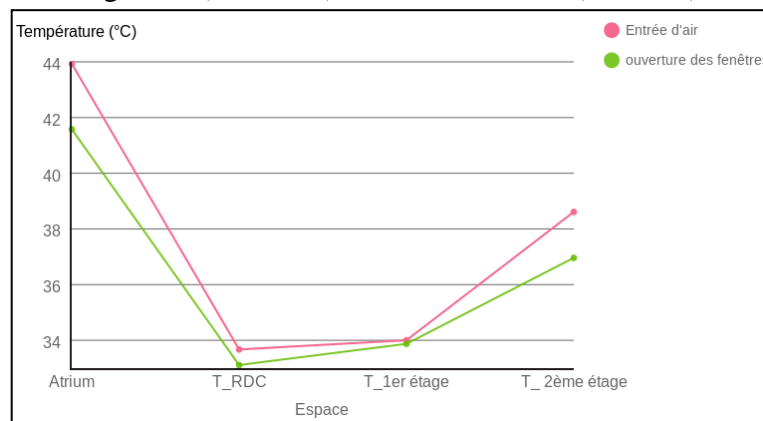


Figure VI.46 : Températures de l'air en été au RDC, 1^{er} étage et 2^{ème} étage : selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres

c. Analyse de la consommation d'énergie en période de sur-échauffement

La ventilation naturelle à travers l'ouverture des fenêtres permet de réduire les besoins en rafraîchissement. Cette diminution est de 7,07 % par rapport à un bâtiment possédant des ouvrants fermés (figure VI.47)

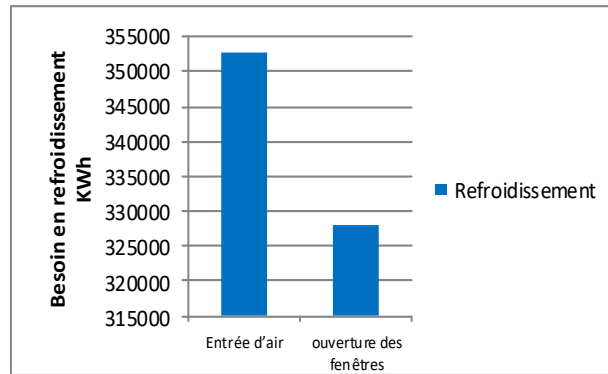


Figure VI.47 : Besoin en refroidissement pour les mois chauds : selon le type de ventilation naturelle : Entrée d'air, ouverture des fenêtres

Conclusion :

Dans ce chapitre, le travail s'articule sur des simulations avec le logiciel Archiwizard, en traitant quelques paramètres liés aux ambiances thermo-lumineuses (la température de l'air, la température opérative, la consommation d'énergie, le niveau d'éclairage et le FLJ, pour n'importe quel moment de l'année).

Le traitement des résultats de simulations a été fait sur un cas de l'investigation in situ. Le travail comprend deux périodes, l'été et l'hiver, en faisant changer des paramètres liés à l'atrium, essentiellement à sa hauteur et la verrière. Ce dernier est la source de la lumière et de la chaleur, donc on a préféré de faire des scénarios en relation avec ce toit vitré. Selon les scénarios testés, on a déduit ce qui suit :

La simulation d'un cas d'étude de l'investigation in situ avec ses conditions réelles nous montre qu'une grande différence entre température extérieure et celle de l'atrium en été. Elle est de l'ordre de 12,33 °C à 14h00 et pour les espaces contigus a connu de faible à moyenne amplitude de 2,07 °C à 7,01 °C. Cela remonte à la journée choisie et au scénario de l'investigation in situ et de la simulation. Par contre, en hiver, les écarts sont faibles. Le plus important écart est de 6,35 °C pour l'atrium. Et les pièces adjacentes avec les valeurs suivantes : 1,49 °C et 4,09 °C respectivement pour l'espace au RDC et l'autre au 2^{ème} étage.

- **Type de vitrage de la verrière :**

Selon les types de vitrages testés, le comportement thermique de l'atrium est différent selon la période de la journée (nuit, jour) et la saison.

En été, pendant la période diurne, le triple vitrage présente une influence nettement perceptible sur les températures intérieures. Il permet d'une réduction maximale de 2,35 °C à 14h00 en comparaison avec le simple vitrage. Durant la nuit, cet effet sera renversé, l'atrium connaît des valeurs supérieures avec l'emploi du triple vitrage.

En hiver, son comportement est complètement différent. Les températures d'un atrium triple vitrage sont les plus élevées, ensuite le double et enfin le simple vitrage. En journée, les températures sont presque les mêmes, surtout à midi. Le plus important écart a été relevé pendant la nuit (3,29 °C à 6h00 entre le simple vitrage et triple vitrage).

La température de confort, en été, n'est pas atteinte, car toutes les valeurs sont au-delà des limites fixées par ASHRAE standard 55. Dans la période hivernale, il y avait une amélioration des températures vers la zone de confort.

Sur le plan énergétique, le triple et le double vitrage minimisent la consommation d'énergie annuelle, chauffage et refroidissement. Mais le premier type est le plus performant.

Sur le plan éclairage naturel estival, l'atrium est un espace inondé par la lumière pour tous les types de vitrage. Aussi, les écarts sont importants pour l'atrium et de faibles différences ont été relevées aux points intérieurs. En hiver, l'atrium est encore inondé par la lumière naturelle, mais avec une faible amplitude par rapport à l'été.

- **Hauteur de l'atrium :**

Les températures de l'atrium et les espaces contigus sont conditionnés par la hauteur du bâtiment. Plus il est élevé, plus les températures seront moins considérables, essentiellement, en été. En ajoutant 4 niveaux au bâtiment peut réduire la température au niveau de l'atrium de 1,52 °C. En hiver, cette réduction est plus faible, elle est de 0,66 °C seulement. On a constaté une stratification de températures intérieures, c'est-à-dire l'évolution des températures des espaces adjacents, dont le dernier niveau ne suit pas cette logique pour un bâtiment en R+4 et les deux derniers pour un autre plus profond (R+6). Les écarts sont plus importants en période estivale que celle hivernale.

Les besoins en énergie annuelle, chauffage et refroidissement, sont importants pour le bâtiment en R+4. L'atrium participe à augmenter le besoin en refroidissement du bâtiment. Dans la période de surchauffe, il fonctionne comme une chambre chaude qui produit de la

chaleur. Ce phénomène est très remarquable pour un atrium profond (exemple : le cas en R+6). L'atrium en lui seul dépense beaucoup d'énergie annuelle pour le refroidissement, de l'ordre respectivement de 14,73 %, 9,29 % et 6,81 % pour les cas R+2, R+4 et R+6. Pour l'espace contigu au RDC, on peut dire que l'augmentation de la hauteur par deux niveaux peut réduire la consommation en rafraîchissement environ 10 %.

De point de vue d'éclairage, en été, l'espace est inondé par la lumière, surtout l'atrium. L'addition de deux niveaux peut régler le niveau d'éclairage pour l'atrium et les espaces mitoyens. Ainsi, un bâtiment avec sept niveaux peut ajuster les valeurs sans toucher les limites recommandées (été et hiver).

- *Effet de l'occultation de la verrière :*

Le système d'occultation solaire est très bénéfique pour la période sur-échauffante car il peut réduire les températures intérieures de l'atrium et les pièces contigus. L'impact généré par les stores vénitiens extérieurs procure les meilleurs résultats en matière de températures de l'air, température de confort et le besoin en refroidissement (réduction de 10 °C). Aussi, les stores vénitiens intégrés viennent en deuxième position. Ainsi, les protections diminuent les consommations énergétiques pour le rafraîchissement par les taux suivants : 19,23 %, 17,99 %, 12,33 % respectivement pour stores vénitiens extérieurs, store vénitien intégré et store vénitien en toile.

- *Effet des apports internes*

En été, la présence des usagers apporte de la chaleur dans le bâtiment. Cette augmentation est de 0,7 °C pour l'atrium, et pour les espaces contigus est plus faible.

En hiver, les occupants participent à augmenter les températures d'air de 0,75 °C pour l'atrium. Ses effets se voient aussi sur les consommations énergétiques, ils peuvent les réduire à 5,6 % en hiver et les augmenter en été à 5,3 %.

- *Effet de la ventilation naturelle*

La ventilation naturelle, par le biais d'ouvrir les fenêtres, a un effet significatif sur les températures de l'air en particulier sur deux points, l'atrium et au 2^{ème} étage. 24 983 Watts de chaleur gratuite ont été évacuées à travers cette manipulation sur les fenêtres. On peut traduire cela en chiffres, ce décroissement est de 7,07 % en comparaison à un bâtiment possédant des ouvrants fermés (des fuites d'air seulement).

Conclusion générale :

Cette recherche se positionne clairement dans le champ des ambiances architecturales in situ en général, et les ambiances thermo-lumineuses spécifiquement. D'une part, elle propose un développement théorique sur les concepts prééminents de l'axe crucial de la présente étude, qui sont « atrium » et « ambiance thermo-lumineuse ». D'autre part, le manuscrit présente une investigation in situ sur des bâtiments à atrium sous un climat méditerranéen du littoral. Il est pour but d'analyser quelques paramètres physiques de l'environnement dans ce dispositif et les espaces contigus. De même, il s'agit de déduire la dimension cachée de l'environnement architecturé à travers les messages sensibles des usagers.

La partie théorique s'intéresse à la notion d'atrium. Ceci était incorporé dans la conception des bâtiments depuis l'antiquité, mais il semble également qu'au fil de la période moderne, que sa vocation ait été supplantée par celle de la verrière. Aujourd'hui, l'emploi du vitrage est accentué de plus en plus dans les pays développés et du tiers-monde. Les bâtiments à atrium occupent une place privilégiée dans la conception des bâtiments dans toute sorte de climats. En effet, son emploi est lié à plusieurs bénéfices d'ordre fonctionnel, social, économique, et même d'embellissement.

Dans les bâtiments à atrium, des phénomènes environnementaux coexistent simultanément, à la fois thermique, aéraulique, lumineux, etc. Le concept « Ambiance » est une notion garnie de sens, elle englobe plusieurs significations comme atmosphère, climat, environnement, etc. Sur l'ensemble de ces connotations, il y a des termes proches au sens du mot « ambiance » d'autres sont distants.

La notion de confort ainsi que celle de l'ambiance ne sont pas dissociables. Traiter l'ambiance thermique passe avant tout par l'évaluation du degré de satisfaction des usagers à leur environnement thermique. Pour ce faire, plusieurs méthodes ont été proposées, telles que : l'approche statique et adaptative. La première méthode considère que le climat intérieur est stable, c'est-à-dire le climat est climatisé toute l'année. Quant à la deuxième, elle est applicable dans les édifices naturellement ventilés. Elle est pour but d'analyser les ajustements comportementaux, physiologiques et psychologiques des individus dans un climat donné, cela veut dire l'étude du bâtiment en situation réelle.

L'ambiance lumineuse est née de l'interaction de la lumière avec l'environnement physique en créant des émotions chez les usagers. De cela, on parle de la quantité et de la qualité de la lumière dans l'espace architectural. En effet, elle combine la triade : besoin, confort et agrément. Étudier une ambiance lumineuse à l'intérieur d'un bâtiment, passe avant tout par une analyse sur la quantité de lumière fournie par source d'illumination. Ceci est assuré par plusieurs dispositifs, tels que les fenêtres latérales, les ouvertures zénithales (sheds, serres, lanterneaux), etc.

L'ambiance in situ nécessite des recherches concentrées intensément sur la dimension sensorielle des usagers et leurs comportements. En ce sens, elle dépasse la simple lecture du contexte physique. Grâce à son cachet dynamique, objectif et subjectif, complexité, variabilité dans une dimension spatio-temporelle. Cela rend les études sur l'ambiance pluridisciplinaire qui font le recours à plusieurs domaines d'investigation.

L'efficacité thermo-lumineuse d'un bâtiment à atrium dépend de plusieurs paramètres, citons entre autres les indices géométriques, la configuration de l'atrium, les caractéristiques de la verrière (la forme, type de vitrage, système d'occultation), système de ventilation, les propriétés des murs de l'atrium (pourcentage surfacique des fenêtres donnant sur l'atrium, la réflectivité des murs et le sol et leur inclinaison).

Les résultats de l'investigation in situ nous aident à mieux comprendre notre thématique. Pour cela, la recherche sur terrain a été appuyée sur des mesures in situ et de l'enquête par questionnaire. Le travail de terrain a met en lumière les conclusions suivantes:

-D'une manière générale, dans un atrium non ventilé de grande dimension (d'une hauteur de trois niveaux), les effets thermiques ne sont pas très sensibles, tel que l'effet régulateur et l'effet tampon thermique. Aussi, l'effet de tirage thermique est manquant. Ainsi, les atriums peuvent être des régulateurs thermiques en hiver, car ils permettent de transposer la chaleur aux espaces contigus à travers la verrière. En été, ils s'échauffent l'ambiance à cause de l'effet de serre. Dans ce cas, les atriums non ventilés n'exécutent pas leur effet « convertible ». Donc, c'est seulement la stratégie du chaud qu'ils jouent.

-Les effets thermo-lumineux sont plus perceptibles l'été que l'hiver, ils s'évaluent selon les deux axes (stratification verticale et horizontale des paramètres physiques). En fait, les pièces des étages supérieurs et les galeries (couloirs) reçoivent plus de lumière et de

chaleur grâce à leurs proximités de la verrière. Bien que les températures de l'air soient dans l'intervalle de confort, les usagers demeurent insatisfaits en été. Ils sont incommodés par l'humidité qui se manifeste à un niveau physiologique par la « sueur » qui est un indicateur pertinent pour l'évaluation de l'ambiance chaude.

-Aussi, le point critique qui l'en ressort du climat méditerranéen de Jijel, de ces dernières années, est la question de taux d'humidité très élevé (environ de 65 %). Chose signalisée auparavant dans ma thèse de magistère. Cette situation est aggravée par une atmosphère de faibles courants d'air et de températures élevées.

-Les résultats de l'investigation confirment que les réactions comportementales des sujets sont commandées par le type d'ambiances régnées dans l'espace (ambiance modérée, chaude et froide). Ainsi, dans des climats modérés, les adaptations comportementales sont multiples et variées. En outre, les usagers du 2^{ème} bâtiment ont qualifié leur environnement thermique par plusieurs appréciations. Cela a multiplié leur manière d'agir vis-à-vis d'un environnement donné.

-L'évaluation subjective du confort thermique démontre que les sujets utilisent les échelles de sensation, d'agrément et de préférence d'une façon proportionnelle (Corrélation des jugements perceptifs voir annexe C). Ils ont suivi une logique de gradin : une sensation qualifiée comme « chaud », correspond à une évaluation « d'inacceptable », et la préférence est « d'avoir plus froid ». Si l'ambiance est très chaude, on aura des réponses de très inacceptable, la préférence est d'avoir beaucoup plus de froid. En outre, d'après les réponses des sujets, on peut conclure que le 1^{er} bâtiment est plus satisfaisant par rapport au 2^{ème}.

-La différence entre les deux bâtiments est plus claire en analysant les estimations subjectives. Donc, le volet sensoriel donne plus de précision sur l'interaction usager-paramètre environnemental et donc sur le vécu de l'espace conçu.

-Ainsi, la lumière est un facteur environnemental très variable surtout au niveau de l'atrium. Les espaces contigus sont dépendants de celui-ci selon une échelle spatio-temporelle.

-Dans notre cas, malgré les atriums sont dotés d'un rapport entre la largeur et la hauteur de 1 :1 ne procurent pas un éclairage suffisant pour les espaces adjacents et cela est remarquable en hiver pour les espaces aux RDC. Donc, il peut être un régulateur lumineux

pour les niveaux supérieurs au printemps et en été, sachant que dans la période estivale, des anomalies visuelles peuvent se produire (éblouissement, voir annexe C)

De point de vue subjectif, l'environnement lumineux a été qualifié comme agréable pour les deux bâtiments, il est caractérisé par une lumière équilibré avec un rendu de couleurs bon à moyen.

Dans cette recherche, des différences saisonnières ont été soulevées pour l'ensemble des paramètres climatiques. Dans ce qui suit l'ensemble des conclusions par période :

- *Période estivale :*

-Les températures connaissent un accroissement léger en montant vers les étages supérieurs. Globalement, elles sont dans l'intervalle de confort (21-28°C). Mais les bâtiments ne se comportent pas d'une manière positive vis-à-vis du climat, car les différences entre les températures intérieures et extérieures n'atteignent pas le pourcentage fixé par Givoni (la température intérieure est moins que la température extérieure avec un rapport de 10 à 15 %). Sachant que ces écarts sont plus faibles pour le deuxième cas (un écart maximal pour le 1^{er} cas est de 3,1 °C à 10h30, le 2^{ème} cas est de 1,8 °C).

Ces températures sont qualifiées comme : chaud, légèrement chaud. De ce fait, leurs agréments se limitent surtout dans les votes suivants : inacceptable, légèrement inacceptable. Ainsi, leurs préférences étaient d'avoir un peu plus froid et sans changement.

-Des humidités relatives comprises entre 50 et 75 % et cela est un peu au-delà du seuil du confort. De plus, pour eux, l'air est humide (légèrement inacceptable et inacceptable). Donc, leurs préférences étaient d'avoir moins d'air humide.

-La vitesse de l'air est qualifiée, généralement, comme : moyen et léger (le 1^{er} cas : elle ne dépasse pas 2,23 m/s dans les espaces intérieurs) et calme (2^{ème} cas). Donc, pour le 1^{er} cas, il est acceptable et légèrement inacceptable et la plupart aime plus de courant d'air et une minorité qui ne voulait aucun changement. Pour le 2^{ème} cas, les vitesses d'air sont considérées comme inacceptables.

- Les comportements des usagers résident dans la manipulation des ouvertures (ouvrir, fermer), les protections (mettre les stores intérieurs). Une différence est remarquée entre les deux édifices étudiés. Les usagers du 1^{er} bâtiment ont exprimé d'autres réactions qui sont : boire de l'eau et le déplacer vers un autre local. Pour le deuxième cas, un intérêt des occupants est porté sur l'action d'éteindre l'ordinateur. En ce qui concerne les actions technologiques, elles dépendent de mettre en marche le climatiseur, et même de contrôler le réglage de celui-ci. En outre, on peut déduire que la majorité de la population testée

transpirais (75 %) et les usagers décrivent leurs gênes engendrées par ce phénomène physiologique. Ils arrivent même parfois à changer leurs vêtements.

-En été, la lumière est omniprésente. L'espace extérieur, l'atrium, les coursives et les points près de la fenêtre atteignent les quantités les plus élevées. De même, les espaces mitoyens assurent un éclairage suffisant sauf les espaces au RDC, il est au-dessous des limites recommandées. Cela est remarqué en particulier pour l'atrium de la faculté de droits et sciences politiques. La qualification de la lumière est jugée comme éblouissante, on a trouvé plus de 65 % de la population est ennuyée par l'éclat de la lumière. Ainsi, des taches solaires ont été soulevées pour la moitié des sujets.

- ***Période de printemps :***

-Dans les cas étudiés, les températures intérieures sont dans les limites de confort (20-25 °C). Elles sont subordonnées par les températures extérieures dont l'écart entre celles-ci et les températures intérieures ne dépassent pas 2,8 °C pour les deux cas étudiés. Durant cette période, les sujets ont déclaré que la température est légèrement chaud, acceptable, un peu plus froid.

-Les valeurs des humidités sont globalement élevées. Pour le 1^{er} cas est entre 55-80% et le 2^{ème} bâtiment est de 45-75 %. Malgré ces intervalles, les usagers ont évalué l'environnement différemment. Les sujets du 1^{er} cas, estiment que l'atmosphère est légèrement humide et neutre. Alors que pour le 2^{ème} bâtiment, les usagers trouvent cela humide et légèrement humide. Mais les acceptations et les préférences sont presque les mêmes, il s'agit de légèrement inacceptable et moins d'air humide.

-La vitesse de l'air était également évaluée comme : calme, acceptable, sans changement.

-Vu les conditions mentionnées ci-dessus, les sujets des deux bâtiments n'estiment pas l'ambiance générale de la même façon. Le 1^{er} bâtiment, 50 % d'évaluations positives ont exprimé leurs satisfactions envers l'environnement thermique. Cependant, pour le 2^{ème} bâtiment, presque la moitié ont déclaré que c'était légèrement insatisfaisant.

-Les réactions des sujets au printemps sont variées et réparties sur plusieurs choix. On peut les résumer comme suit : ouvrir/fermer les fenêtres, éteindre les lampes, l'emploi de l'eau (boire et prendre un bain), mettre/enlever les stores. De point de vue acclimatation physiologique, plus de 60% des personnes interrogées transpiraient dans cette période, et cela, pour eux est beaucoup gênant.

-Les résultats de l'éclairage naturel montrent que les valeurs les plus importantes de l'éclairage sont remarquées au niveau de l'espace extérieur, atrium et les coursives.

Aussi, les espaces contigus ont connu une évolution d'éclairiments par niveau, les valeurs les plus élevées sont au 2^{ème} étage. Alors que le RDC a soulevé des valeurs inférieures aux seuils recommandés. Des pics d'illumination peuvent être présentent dans l'atrium et les coursives et cela est dû aux réflexions de la lumière sur les fenêtres du dispositif.

D'après les usagers, l'éblouissement est moyennement présent dans les deux cas, mais il est surtout dans le 1^{er} cas (atrium avec coupole en verre). Environ 30 % ont été ennuyé par les taches solaires.

- **Période d'hiver :**

-Les températures sont très basses (de 9 à 16 °C pour les deux cas). Elles sont au-dessous des limites de confort pour cette période (20-25 °C). Les votes de sensations sont : neutre, froid (1^{er} bâtiment) et légèrement froid (2eme bâtiment). Malgré cette diversité de sensations, une grande partie des réponses portent sur les évaluations acceptable et légèrement inacceptable. De ce fait, ils désirent d'avoir un peu plus chaud et sans changement (bâtiment 1) et un plus chaud (bâtiment 2).

- Les valeurs des humidités relatives sont élevées et elles dépassent les estimations de confort (le 1^{er} cas de 40-80 % et le 2^{ème} cas de 50-75%). Elles ont été qualifiées comme humide et neutre (acceptable, légèrement inacceptable et inacceptable). Donc, la majorité voulait moins d'air humide.

-Pour le courant d'air, on a soulevé les mêmes constats que ceux de la période estivale. Sauf pour les évaluations de préférences, en hiver, les sujets cherchent moins de courant d'air.

-Selon les usagers, les réactions comportementales au sein d'une ambiance froide sont les suivants : allumer les lampes, fermer les ouvertures. En ce qui concerne les actions technologiques, elles dépendent de mettre en marche le climatiseur et le chauffage. Les réponses physiologiques remarquées chez les occupants sont les frissons.

-En hiver, le niveau d'éclairément est très bas dans les espaces intérieurs (surtout le niveau inférieur). Il est au-dessous du niveau recommandé. En outre, l'espace extérieur a connu les valeurs les plus intéressantes. Les gênes de la lumière sont absentes, il n'y avait pas de source éblouissante ni d'ombres gênantes.

Il s'est avéré que la simulation a ouvert d'autres champs de vision sur la présente étude en complément avec la recherche in situ. D'après les scénarios proposés, on peut cibler les orientations suivantes :

- **L'atrium** est un design de réemploi, il sert comme un distributeur de l'espace et modificateur de l'ambiance, ses dimensions et sa verrière se sont des indicateurs clés dans son comportement thermo-lumineux qui doivent être incorporés dans la conception architecturale des bâtiments à atrium.

- ***Effet de système d'occultation***

Les stores vénitiens extérieurs améliorent les températures des espaces intérieures en les réduisant par 10 °C (cas de l'atrium). Quant à la consommation énergétique de rafraîchissement, ce type d'occultation diminue l'énergie par 19,23 % (par rapport à un bâtiment sans protection).

- ***Effet du type de vitrage***

Le type de vitrage de la verrière influe considérablement sur les températures intérieures, et même sur les consommations énergétiques et le niveau d'éclairement. Le simple, le double et le triple vitrage se comportent différemment selon la saison et l'heure de la journée.

- En été, pendant la période diurne, le triple vitrage peut réduire jusqu'à 2,35 °C en comparaison avec le simple vitrage. Durant la nuit et en absence de ventilation, ce type de verre ne permet de déstocker la chaleur cumulée. En période hivernale, les écarts les plus pertinents sont durant la nuit (3,29 °C à 6h00 entre le simple vitrage et triple vitrage).

-La température de résultante sèche est supérieure à la gamme de confort fixée par ASHRAE standard 55 en été. Par contre durant la période d'hiver, elle s'évolue vers les limites de confort

-Sur le plan énergétique, le triple vitrage réduit les besoins annuels en énergie, chauffage et refroidissement d'un taux de 4,13 % par rapport au cas réel.

-L'atrium est un espace immergé par la lumière pour tous les types de vitrage. Aussi, les espaces contigus ont connu de faibles valeurs avec le triple vitrage. En outre, la lumière en hiver est aussi présente, mais avec une ampleur moins que la période estivale.

- ***Effet de la hauteur :***

La hauteur de l'atrium suggère des effets considérables sur les températures intérieures. La simulation du cas réel montre que les températures de l'atrium atteignent ou dépassent 40 °C à 14h00, rendant cet espace et les pièces adjacentes inconfortables.

Surélever l'atrium de deux niveaux a entraîné des variations de température, d'éclairement et de consommation d'énergie intéressantes. Ainsi, les résultats sont encore mieux avec un atrium de sept niveaux (réduction de la température de l'atrium de 1,52 °C en été et de 0,66°C en hiver).

-Les derniers niveaux des espaces contigus disparaissent de la chaleur à travers les parois vu que la température de l'atrium est encore plus que l'environnement extérieur. Ce phénomène est remarquable, en particulier, en été.

-Les résultats montrent que l'atrium non ventilé est un consommateur de l'énergie annuelle pour le refroidissement.

-La lumière est lumineuse dans l'atrium. Dans la période estivale, elle dépasse les seuils recommandés même pour les pièces mitoyennes (sauf le RDC). La surélévation du bâtiment peut entraîner une amélioration sensible des niveaux d'éclairage pour l'atrium et en particulier les espaces adjacents.

•*Effet de la ventilation naturelle*

En absence de ventilation, ce dispositif ne peut en aucun cas être système de refroidissement par contre, il peut aggraver les températures de l'atrium et les espaces contigus. Sur le plan énergétique, la ventilation naturelle par l'ouverture des fenêtres peut réduire le besoin en refroidissement de 7,07 % en relation avec bâtiment ventilé par les fuites d'air seulement.

•*Effet des apports internes*

Les charges thermiques des usagers et les équipements participent à modifier la température de l'atrium avec une valeur environ 0,7 °C en été et 0,75 °C en hiver. Ainsi, l'effet des charges internes est moins perceptible pour les espaces contigus.

Ses influences touchent les besoins en énergie. Il s'agit de réduire la consommation de chauffage par 5,6 % et augmente le besoin en refroidissement avec 5,3 %.

Recommandations :

Par rapport à la nature de la présente recherche, qui se balance entre la dimension quantitative et qualitative, certains résultats peuvent être traduits en un ensemble de recommandations, en citant entre autres :

-Il est intéressant de souligner que l'insertion de cette forme architecturale est faite sans aucune idée sur son comportement dans le domaine des ambiances (le cas de Jijel) . Des atriums fermés sans ventilation ont aggravé la sensation de gêne chez les usagers. Pour cela, on recommande de prévoir une ventilation transversale afin de créer « l'effet de cheminée » à l'intérieur de ce dispositif.

- Les phénomènes physiques sont très remarquables l'été plus que l'hiver. De ce fait, les études doivent être plus focalisées sur cette période.
- La verrière de l'atrium représente un indicateur clé dans les ambiances thermo-lumineuses. En fait, le choix doit être porté sur des types de vitrage de faible transfert de chaleur et qui sont perméables à la lumière (triple vitrage F.E).
- La protection de la verrière en été est indispensable. On recommande de mettre des stores vénitiens extérieurs amovibles.
- Les indices WI et SAR sont des indicateurs géométriques essentiels pour l'évaluation de l'ambiance thermo-lumineuse.
- La hauteur permet une réduction de la température et de la consommation énergétique. Vu que le problème de ce climat est bien en été, il est nécessaire d'éviter les atriums superficiels (un atrium en R+4 sera une forme intéressante).
- Il faut bien penser aux caractéristiques des fenêtres étant donné que celles-ci sont les plus manipulées par les sujets durant les trois périodes étudiés (été, hiver et printemps).
- Le vécu des occupants influe sur les déclarations des usagers (la mémoire thermique). La pré-enquête est motif de compréhension de l'ambiance générale.
- L'évaluation un environnement humide et en absence un courant d'air passe par une évaluation conjuguai de deux paramètres : la température et l'humidité.
- Pour la ville de Jijel, en été, les gens sont incommodés par l'humidité qui se manifeste à un niveau physiologique par la « sueur ». On recommande d'évaluer le degré de satisfaction des usagers par cet indicateur (l'ambiance chaude).

Lignes directrices pour des recherches futures :

En Algérie, les atriums sont actuellement de plus en plus réemployés dans la conception des bâtiments du tertiaire dans le climat méditerranéen, et même aride. Mais il se manifeste que son design est obéi à des soucis esthétiques que technique et fonctionnel. En outre, ce dispositif est doté d'un comportement complexe dans le domaine des ambiances architecturales. De cela, on propose d'autres futures pistes de recherches qui s'attache et accompli la présente étude.

- Optimiser le comportement thermo-lumineux de l'atrium central et cela, à travers la proposition de plusieurs scénarios et l'élaboration d'une analyse paramétrique plus ou moins détaillée, cela permet de faire un guide pour la conception des atriums.

- Étant donné que son apparition est en prolifération continue, on suggère d'analyser d'autres atriums dans la ville de Jijel, et même dans un autre climat.

-Il est aussi intéressant de faire des corrélations entre température de l'air et quantité de lumière et leurs effets sur les sensations des usagers.

-Assembler la recherche sur l'ambiance thermique à celle aéraulique en traitant l'ambiance thermo-aéraulique dans les atriums. Cela peut aider à mieux comprendre le comportement thermique de l'atrium spécialement et le bâtiment en général.

-On voit actuellement l'intérêt d'analyser les consommations d'énergie du bâtiment, à travers des investigations in situ.

- Comprendre l'effet du manque d'éclairage naturel sur les consommations énergétiques de l'éclairage artificiel

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

I. Ouvrages :

- Adolphe Luc (1998).** «Ambiances architecturales et urbaines», in les cahiers de la recherche architecturale et urbaine, n° 42/43, édition parenthèses. Pp 8-50-53-78
- Badoux J.-L. et al (1996).** Architecture climatique équilibrée : Conception, démarche et dimensionnement, Programme d'action PACER-Energies renouvelables, Editions Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne. 137p
- Bahrmann Henri et MANG HO Van (1972).** L'ambiance urbaine, Centre de recherche d'urbanisme, Paris.
- Baker Nick, Steemers Koen (2005),** Energy and Environment in Architecture: A Technical Design Guide. Edition : Taylor & Francis e-Library, 2005. Disponible sur <https://www.researchgate.net/publication/238226332>
- Beaud.S, Weber.F (2003),** Guide de l'enquête de terrain. Éditions la découverte, Paris, 2003
- Blanc Nathalie (2008).** Vers une esthétique environnementale, Editions Quae, Paris, 80 p. <https://books.google.dz/books?isbn=2759201120>
- Bodart Magali (2007).** L'éclairage naturel des bâtiments, in Les Cahiers de l'Urbanisme N° 66, Université catholique de Louvain. 49 p
- Boudreault Pierre W. et DENIS Jeffrey (2007).** Identités en errance : multi-identité, territoire impermanent et être social, éditions les presses de l'université de Laval, 141p.
- Camous Roger, WATSON Donald (1979).** L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montréal, Canada,
- Chatelet A, Fernandez P, Lavigne P (1998).** Architecture climatique, une contribution au développement durable, Tome 2 : concepts et dispositifs, édition EDISUD, Aix de Provence, France, p : 133
- Cousin Jean, L'espace vivant (1980).** Introduction à l'espace architectural premier, Edition Moniteur, 146 p
- Damelincourt Jean-Jacques, ZISSIS Georges, CORBE Christian et PAULE Bernard (2010).** Éclairage d'intérieur et ambiances visuelles, Edition LAVOISIER / TEC ET DOC. pp 223-229

- Dubet Alice (2013).** Qu'est-ce que la lumière pour les architectes ?, Archibooks/
Bookstorming, 1^{er} édition, p 6
- Einführung Mit einer, Spalt von Johannes (1985).** Atrium, édition : Wepf & Co. AG,
Verlag, Basel
- Frances Robert (1962).** Le développement perceptif édition : Presses Universitaires de
France,
- Fenneteau Hervé (2015).** L'enquête : entretien et questionnaire, 3e édition, Edition
DUNOD
- Germann Georg (1991).** Vitruve et le vitruvianisme: introduction à l'histoire de la théorie
architecturale, presses polytechnique et universitaires romandes, 18 p
- Givoni Baruch (1978).** L'homme, l'architecture et le climat. Editions du Moniteur ; Paris,
pp 84-93
- Grange Joseph (1999).** The City: An Urban Cosmology, édition State University of New
York, 69 p
- Hamdan Ahmad Mohd, Tajuddin Haji Mohamad Rasdi Mohamad (2000).** Design
Principles of Atrium Buildings for the Tropics , Université de technologie, Malaysia.
<https://books.google.com/books?isbn=9835201803>
- Izard J.L (2001).** Architecture H.Q.E méditerranée, soleil, eau, vent, végétation, revue
internationale d'architecture, Le Carré bleu, numéro 1/2, 2001
- Kerslake D. McK (1972).**The Stress of Hot Environments, edition of Cambridge
University Press. 223p
- Liebard Alain et De Herde André (2005).** Traité d'architecture et d'urbanisme
bioclimatiques- Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable, Le
Moniteur Editions. pp 27-43b
- Moser Gabriel (2009).** Psychologie environnementale : Les relations homme-
environnement, éditions de l'université de Boeck, 107 p
- Narboni Roger (2006).** Lumière et ambiances : Concevoir des éclairages pour
l'architecture et la ville, Le Moniteur. pp 14-15-21
- Nerlich Brigitte (1993).** Avant-Propos : la sémantique historique au XIXe siècle, en
Allemagne, en Angleterre et en Franc, in Histoire Épistémologie Langage, tome 15,
Numéro 1, 6 p.
Disponible sur (http://www.persee.fr/doc/hel_0750-8069_1993_num_15_1_2366)
- Norberg-Schulz Christien (1985).** Habiter vers une architecture figurative, édition Electa
Moniteur, paris, 13 p

- Parsons Ken (2003).** Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance, éditions *Taylor & Francis Group*, 2^{ème} édition. pp 33-395
- Pinto Jorge Cruz (2010).** Eloge de vide, éditions le carré bleu, 19p
- Rapoport Amos (1972).** Pour une anthropologie de la maison, édition Dunod, Paris, 87-116
- Ravereau André (2001).** Le m'Zab une leçon d'architecture, éditions Sindbad-Actes Sud, 96 p
- Reiter Sigrid, De Herde André (2004).** L'éclairage naturel des bâtiments, Édition : Presses universitaires de Louvain, pp 96-101-102
- Roulet Claude-Alain (2004).** Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments. Les presses polytechniques et universitaires romandes, CH-1015 Lausanne, 5 p
- Rousseau Jean-Jacques (1827).** Œuvres complètes de Jean-Jacques Rousseau, avec des éclaircissements et des notes historiques, tome 1, volume 3, édition Henri Feret libraire, Paris, 243 p
- Santamouris Mat (2013).** Environmental Design of Urban Buildings: An Integrated Approach. Disponible sur: <https://books.google.com/books?isbn=1849771162>
- Scheerbart Paul, Daniel Payot (1995).** L'Architecture de verre, édition Circé.
- Schittich Christian et al (2001).** Construire en verre, édition presses polytechniques et universitaires romandes CH-1015 Lausanne, Suisse, pp 143-144
- Spalt Johannes (1985).** Atrium: Five Thousand Years of Open Courtyards , édition: Wepf & Co.AG, Verlag, Basel, 7-8-14-15 p
- Spitzer Leo (1948).** Essays in historical semantics, Edition S.F. Vanni, 180 p. In (<https://books.google.dz/books?hl=fr&id=HwM2AQAIAAJ&focus=searchwithinvolume&q=ambiance>)
- Stellman Jeanne Mager (2000).** Encyclopédie de sécurité et de santé au travail, Volume 2, éditions Bureau international du Travail. pp 18-19
- Van Campenhoudt.L et Quivy R (2011).** Manuel de recherche en sciences sociales. Editions Dunod, 4e édition, paris, 2011. 167 p
- Vergara.L, Tomasella G.M.D (2001).** Reconnaître les styles architecturaux, éditions de VECCHI S.A, paris, 2001

II. Articles :

- Abdulac Samir (2011).** Les maisons à patio : Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines in ICOMOS, 282 p
- Amphoux Pascal (2006).** Une "Expertise Ambiance" est-elle possible ? Réserves, propositions et plaidoyer, pp 2-3. Disponible sur (hal-00980727)
- Audas Nathalie (2008).** Le rôle de l'affect dans l'ambiance ressentie, 1st International Congress on Ambiances, Grenoble. 214 p. Disponible sur : (<https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00833921/document>), consulté le (07/11/2016)
- Augoyard Jean-François (2004).** Vers une esthétique des ambiances, disponible sur : <https://territoiresthetiques.files.wordpress.com/2016/03/confc3a9rence-jean-franc3a7ois-augoyard.pdf>, consulté le 29-07-2018
- Augoyard Jean-François (2008).** Introduction aux actes du colloque "Faire une ambiance", actes du 1er congrès international sur les ambiances, Grenoble, France. 11 p
- Augoyard Jean-François,** Les ambiances : concepts fondamentaux et problématiques interdisciplinaires. D.R.CNRS, CRESSON - Ecole d'Architecture de Grenoble, 26 p
- Baker Nick and Standeven Mark (2001).** A behavioural approach to thermal comfort assessment, International Journal of Solar Energy, , vol.19. pp 21-35
- Bandarin Francesco (2004).** Jardins botaniques royaux de Kew (Royaume-Uni de Grande-Bretagne et d'Irlande du Nord), édition UNESCO
- Bing Chen et Kang Jian (2011).** Acoustic Comfort in Shopping Mall Atrium Spaces -A Case Study in Sheffield Meadowhall,
<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2004.9697033>
- Brager G. S et De Dear R (1998).** Climate, Comfort, & Natural Ventilation: A new adaptive comfort standard for ASHRAE Standard 55
- Chelkoff Grégoire (2012).** L'ambiance sensible à l'architecture : paradoxes et empathies contemporaines, actes du 2nd congrès international sur les ambiances, Montréal 2012, Canada. 27 p
- De Dear Richard and Brager, G. S (1998).** Developing an adaptive model of thermal comfort and preference, UC Berkeley,
- Demers Claude MH et Potvin André (2004).** L'atrium : espace bioclimatique viable en milieu nordique, Esquisses, bulletin d'information de l'Ordre des Architectes du Québec, Novembre-janvier, volume 15, numéro 4,

- Dekay Mark (2010).** Daylighting and urban form: an urban fabric of light, *Journal of Architectural and Planning Research*. 37 p
- Drozd Céline et al (2008).** Les ambiances dans la conception architecturale : une “histoire” de représentations. In *faire une ambiance*, Grenoble, France, 2 p. (https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs_00418340/document)
- Faure Daniel (2006).** Confort visuel, Centre de Ressources enviroBOITE. 1p. Disponible sur file:///C:/Users/PC/AppData/Local/Temp/0606_confort_visuel_Faure_V1-1.pdf
- Gritch Todd et Eason Brian (2016).** Atria Systems, in *Whole Building Design Guide 2016*, (https://www.wbdg.org/design/env_atria.php)
- Hegron Gérard, TORGUE Henry (2008).** Ambiances architecturales et urbaines- de l’environnement urbain à la ville sensible, 2008. pp 1-2-5. Disponible (hal-00995472).
- Humphreys Michael and Fergus Nicol (1998).** Understanding the adaptive approach to thermal comfort. 2 p
- Itai Danielski , Gireesh Nair , Anna Joelsson , Morgan Froling (2016).** Heated atrium in multi-storey apartment buildings, a design with potential to enhance energy efficiency and to facilitate social interactions, in *Building and Environment*, volume 106, 352-364
- Jiangtao Du, Steve Sharples (2009).** Computational simulations for predicting vertical daylight levels in atrium buildings, in *Eleventh International IBPSA Conference Glasgow, Scotland, 2009*
- Jiangtao Du, Steve Sharples et Neil Johnson (2011).** A model study of the daylight and energy performance of rooms adjoining an atrium well
- KASSAB.T (1998)** .Evolution du patio dans la maison d’habitation individuelle en Algérie" in : *les cahiers de l’EPAU, Habitat*, n° 7/8, octobre, 51 p
- Kittitach Pichatwatana et Fan Wang (2013).** Modelling Analysis of Thermal Performance of Internal Shading Devices for a Commercial Atrium Building in Tropical Climates, in *3rd International Conference on Ecological, Environmental and Biological Sciences (ICEEBS'2013)* April 29-30, Singapore
- Laouadi. A, Atif M.R, Galasiu A (2002).** Towards developing skylight design tools for thermal and energy performance of atriums in cold climates, in *Building and Environment* 37 (2002) 1289 – 1316
- Laperche Valérie et al (2014),** outils de mesure sur site : quel besoin et quelles mesures pour quelle utilisation ?. Disponible sur :

<https://www.ademe.fr/sites/default/files/assets/documents/etat-art-outils-mesures-sur-site.pdf>

- Lecourtois Caroline (2008).** Enseigner la conception architecturale assistée par ordinateur, thème 4, in Séminaire international sur l'architecture et le développement durable, université de Biskra. 473 p
- Matusiak. B, Aschehoug. Ø et Littlefair. P (1999).** Daylighting strategies for an infinite long atrium: an experimental evaluation
- Mudri Ljubica (2002).** De l'hygiène au bien-être, du développement sans frein au développement durable ambiances lumineuses, Paris, Ecole d'architecture de Paris-Belleville, p 1-3
- Ouard Thomas (2008).** Essai sur le "Faire une ambiance" en architecture, Sep 2008, Grenoble, France. 2 p
- Qunfei Zhu, DA Yan (2007).** Dynamic simulation of atrium thermal environment aiding building design, in Building Simulation
- Rachel Thomas (2008).** Qualifier les ambiances architecturales et urbaines.1er Congrès international sur les ambiances, Grenoble, France, 39 p
- Song K D, Kim M S, and Park J S (sans date).** Evaluation the indoor environment of a design-stage atrium building through physical scale model measurements and numerical analyses, 415 p
- Svidt, K., Heiselberg, P., & Hendriksen, O. J (1996).** Natural Ventilation in Atria: a case study. Université de Aalborg: Département de la Technologie du bâtiment et ingénierie structurale, Technologie environnementale intérieure, Numéro 55, Volume R9647. 3 p
- Thellier Françoise (2003).** Les outils d'évaluation du confort thermique, in journée d'études SFT / CSTB, 5 p
- Thibaud Jean-Paul (2001),** La méthode des parcours commentés. Disponible sur :
https://www.researchgate.net/publication/255703222_La_methode_des_parcours_commentes
- Thibaud Jean-Paul (2003).** La parole du public en marche, Armand Colin, Collection «Sociétales », Paris, 2003. 118 p
- Thibaud Jean-Paul (2012).** Petite archéologie de la notion d'ambiance, in Communications, Volume 90, Numéro 1, pp 155-156-158
- Thibaud Jean-Paul (2010).** La ville à l'épreuve des sens, pp 5-7 (halshs-00502591).

Voeltzel Anne et al (2001). Thermal and ventilation modelling of large highly-glazed spaces, Revue Energy and Buildings, Numéro 33, P 121

III.Guides, Normes et référentiels :

Architecture climatique équilibrée : Conception, démarche et dimensionnement, Programme d'action PACER-Energies renouvelables, Editions Office fédéral des questions conjoncturelles, 3003 Berne, 1996. 137 p

Bâtiments Tertiaires- Démarche HQE, CSTB - avril 2015, confort hygrothermique, 298p

Confort visuel des lieux de travail, Union des caisses nationales de sécurité sociale - UCNSS .Disponible sur : <https://fr.calameo.com/read/000899869f50ec2fabd47>

Guide de l'éclairage naturel zénithal : pour les bâtiments industriels, commerciaux et tertiaires, GIF Lumière, 2018, 14 p

Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments, bâtiments tertiaires. Disponible sur : https://www.certivea.fr/uploads/documents/3b5504GP_REF_NFHQEBT_NEUF_20150619.pdf

Guide d'aide à l'interprétation et à l'amélioration des résultats des mesures sous les ciels et soleil artificiel du CSTC. BODART Magali et DENEYER Arnaud (sans date). 15p

Étiquetage et certification énergétiques, Guide refcad : nr06.a, CADIERGUES Roger : Disponible sur <https://media.xpair.com/auxidev/nR06a.pdf>

ISO 10551, Ergonomics of the physical environment— Subjective judgement scales for assessing physical environments, Second edition, 06-2019. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui#iso:std:iso:10551:ed-2:v1:en>

ISO 11079, Ergonomie des ambiances thermiques — Détermination et interprétation de la contrainte liée au froid en utilisant l'isolement thermique requis du vêtement (IREQ) et les effets du refroidissement local. Disponible sur : <https://www.iso.org/obp/ui/fr/#iso:std:iso:11079:ed-1:v1:fr:fn:3>

La lettre internationale, ADEME, N 38, septembre, 2016. Disponible sur : <https://fr.calameo.com/books/0045994990985e9da6c27>

Les guides BIO-TECH, Eclairage naturel, ARENE, 2014, pp 19-52-53. Disponible sur : <https://www.arec-idf.fr/nos-travaux/publications/guide-bio-tech-leclairage-naturel.html>

L'instruction technique n° 263, relative à la construction et au désenfumage des volumes libres intérieurs dans les établissements recevant du public (2001).

Disponible sur : https://batiss.fr/content/uploads/rglt-secu-30juin2017/Batiss_Securite_Incendie_IT263-20071217-V.pdf. Consulté le 18/08/2017

Manuel pratique de l'éclairage, Zumtobel Lighting GmbH, 3e édition révisée Juillet 2017. Disponible sur <https://www.zumtobel.com/PDB/teaser/FR/Lichthandbuch.pdf>

Référentiel technique de certification "Etablissement de santé, groupe CSTB - juillet 2005, 138-161 p

Terrier Christian et VANDEVYVER Bernard (1999) : L'éclairage naturel, fiche pratique de sécurité ED 82, "Travail et Sécurité", 4 p. Disponible sur : https://www.frareg.com/cms/wp-content/uploads/illuminazione_naturale_inrs.pdf

IV. Thèses de Magistère et Doctorat :

Constans Aurélia (2012). Lumière naturelle réactrice d'ambiances, mémoire S6, ENSA Montpellier, 2012. 19 p

Belmaaziz Mohamed (2003). Les ambiances thermo-aérauliques dans les atriums linéaires. Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet, Thèse de Doctorat, ENSA Nantes, 2003.34 p

Boulfani Warda (2010). Les ambiances thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio-cas d'étude : maisons à patio (Jijel), Université de Biskra, 2010

Daoudi Nadia Samia (2013). Bilan et perspectives de la démarche interdisciplinaire appliquée à la caractérisation des ambiances et leur rapport au vécu (Cas d'un édifice à atrium colonial d'Alger, Thèse de Doctorat, EPAU, 2013

Erlendsson Orn (2014). Daylight Optimization: A Parametric Study of Atrium Design, Early Stage Design Guidelines of Atria for Optimization of Daylight Autonomy, Master's Degree Project Royal Institute of Technology, Sweden, June 2014

Humbert Myriam (2002). Impact des paramètres de conception sur le confort d'été des grands espaces serres, thèse de Doctorat, Institut national des sciences appliquées de Lyon, 2002, p 28-32-35-36

Kuan Soon lay (2006). Daylighting of atria in singapore, thesis of master of arts, University of Singapore, 2006. 66p

- Mabb John (2001).** Modification of atrium design to improve thermal and daylighting performance, thèse de Master en sciences appliquées (recherche), université de technologie de Queensland, Décembre 2001, 27 p
- Miguet Francis (2000).** Paramètres physiques des ambiances architecturales, Un modèle numérique pour la simulation de la lumière naturelle dans le projet urbain, thèse de doctorat, Université de Nantes, 2000, 42 p
- Nicholas Mak (1991).** Thermal stratification in atria, Bachelor of Engineering thesis, Department of Engineering, University of Wollongong, 1991.21 p
- Richieri Fabrice (2008).** Développement et paramétrage de contrôleurs d'ambiance multicritère, L'institut National des Sciences Appliquées de Lyon, thèse de Doctorat, 2008 , 28 p
- Shafqat Hussain (2012).** Numerical investigations of the indoor thermal environment in atria and of the buoyancy- driven ventilation in a simple atrium building, Department of Mechanical and Materials Engineering, Queen's University, Canada, July 2012.
- Swinal Samant (2011).** A parametric investigation of the influence of atrium facades on the daylight performance of atrium buildings, thesis of Doctorat, University Nottingham, December 2011. 26 p
- Thellier Françoise (1989).** Modélisation du comportement thermique de l'homme et de son habitat. Une approche de l'étude du confort, thèse de Doctorat, Université Paul Sabatier - Toulouse III, 1989. 40 p. Disponible sur : tel-00993580
- Wall M (1996).** Climate and Energy Use in Glazed Spaces, rapport TANK - 96/1009, université de Lund, Sweden, 1996, 54 p

V. Dictionnaires et Glossaire :

- Centre national de ressources textuelles et lexicales.** Disponible sur : [http : //www.cnrtl.fr/definition/cortile](http://www.cnrtl.fr/definition/cortile), consulté le 13/10/2016
- Dictionnaire de Français Larousse :** [http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais /atrium/6169?q=atrium#6147](http://www.larousse.fr/dictionnaires/francais/atrium/6169?q=atrium#6147), consulté le 20/01/2013
- Ginouves René,** dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. Tome III. Espaces architecturaux, bâtiments et ensembles, publications de l'école française d'Athènes et l'école française de Rome, Volume 84, 1998, p 164
- Glossaire techno-science,** disponible en ligne : <http://www.techno-science.net/?onglet=glossaire&definition=4414>, consulté le 13/10/2016

VI. Cours en ligne et site Internet :

Balez Suzel. L'éclairage naturel, première partie : Principes de base, 2007. Disponible sur : <https://docplayer.fr/1942556-L-eclairage-naturel-premiere-partie-principes-de-base.html>

Balez Suzel. L'éclairage naturel 2^{ème} partie : Stratégies et prédétermination, 15 p. Disponible sur : <https://docplayer.fr/3895715-L-eclairage-naturel-2eme-partie-strategies-et-predetermination.html>

Bernard Paule, Dispositifs d'éclairage naturel, cours, École polytechnique fédérale de Lausanne. 2007. Disponible sur: https://moodle.epfl.ch/file.php/3371/DOCUMENTS/COURS_THEORIE/Dispositifs_Eclairage.pdf

Faure Daniel. Confort visuel, 2006. Disponible sur : <http://www.enviroboite.net/confort-visuel-generalites>

Tixier Nicolas. Notions de confort thermique (principes, limites et outils, Cours n° 05, ENSAG. Disponible sur : <http://www.grenoble.archi.fr/cours-en-ligne/tixier/L5C-05-confort.pdf>

Energie plus : <https://www.energieplus-lesite.be>

<http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00038628.2004.9697033>

<http://www.enviroboite.net/confort-visuel-generalites>, consulté le 20/11/2013

<https://bibamous.skyrock.com/2497580091-Une-maison-DOUIRA-a-la-Casbah.html>, consulté 02/06/2021

<https://blogue.som.ca/lentretien-individuel-et-lentretien-de-groupe/>

<https://calatrava.com/>. Consulté : Avril 2021

<https://cadline.fr/formation-en-ligne/Archiwizard/274306/>. Consulté Mars 2021

<https://www.techniques-ingenieur.fr/base-documentaire/archives-th12/archives-le-second-oeuvre-et-l-equipement-du-batiment-tiacc/archive-2/dispositifs-d-eclairage-naturel-c3316/ouvertures-en-facade-c3316niv10005.html>

<http://www.aprue.org.dz/eco-bat.html>

ANNEXE A

1. Article publié sur la revue SMC, intitulé : the thermal ambiances of atrium buildings : case of the mediterranean climate**Abstract**

This study is clearly positioned in the field of architectural ambiances in situ; it proposes a short development on the thermal environments of a famous architectural device "the atrium", in the Mediterranean climate. Likewise, it presents an exploration of the hidden dimension of the atmosphere through sensitive messages of the architectural environment. In this regard, the user occupies the central place of this concern, through the analysis of their thermal statements: sensation, agreement and preference, according to the ASHRAE Scale.

In situ investigation is based on measurements of temperature and relative humidity and the distribution of questionnaires among all employees of an atrium building. Thus, a colossal interest is focused on the sensations, the acceptabilities and the preferences of the employees by working the correlations between these perceptive judgments.

Overall, according to the users, this space exhibits a satisfactory thermal atmosphere in the summer and winter.

Key words: thermal environments; atrium; sensitive messages; Mediterranean climate, architectural ambiances in situ.

Introduction

Buildings with glass: verandas, greenhouse, atrium, etc. They present atypical buildings in terms of their shape, function and beauty. The atrium has occupied a privileged place in the imagination of architects [1]. By definition, the atrium is a particularly interesting configuration for very large buildings or when the urban density is high [2].

Thermally, in this intermediate space, several physical phenomena can occur, such as convection, conduction and radiation. The latter has an effect on the thermal properties of the atrium. According to BELMAAZIZ.M, solar radiation has a great influence on the thermal environment of an atrium [3]. However, a building that unsuitable for its climate (e.g. a hotel of a big international chain with an atrium without solar protection) tends to overheat in the hot season and to be cold in the cold season. An expensive retrofitting is necessary to ensure well-being in this building, consuming large amounts of energy to ensure comfort, sometimes just acceptable [4].

Ambience and atrium

Generally, the term atrium is often used to refer enclosed space open to the sky of the Roman house. The word, borrowed directly from Latin, was used to designate, in archaeological language, the large room normally found after the vestibule, a covered room with a large rectangular zenithal opening in the ceiling, the *compluvium* [5]. According to the national centre for textual and lexical resources, ambience is the quality of the environment (material, intellectual, moral) that surrounds and conditions the daily life of a person or a community [6]. Similarly, this concept with its plurality of meanings is used to designate several notions, such as: milieu, atmosphere, environment, climate, decor... According to Jean-François AUGOYARD, the limitation of the list of analogous terms: the rejection of terms that are too general because of the lexical field or too supra-disciplinary (conditions, situation, society, group...) [7].

Luc Adolphe adds that: "an architectural or urban atmosphere is the synthesis, for an individual and a given moment, of the multiple perceptions suggested by the place that surrounds him" [8].

Thermal of atrium Building

Currently, the atrium is becoming one of the most sought-after and attractive spaces in architectural design, particularly in tertiary buildings: schools, universities, museums, shopping mall, etc. Generally, the environmental phenomena that characterize every climate require processes that serve both to protect from excessive sunlight during the hot period and to expose to the sun's rays during the cold period. According to Camous R and Watson D: "Buildings adapted to their climate are generally relatively open and have direct relation to their immediate environment, whether through windows, greenhouses or patios, the question is how to combine such techniques to reduce energy consumption, but also to improve comfort and quality of space" [9]. Moreover, the atrium acts as a buffer space between the interior and the exterior, creating a quality microclimate for people and plants [10]. According to Hussain. S, the initial design stage of an energy-efficient atrium building in order to obtain a comfortable indoor thermal environment [11]. He adds in another search : In hot and humid weather, a building would require a significant height in order to induce a sufficient pressure gradient caused by temperature difference for efficient buoyancy-driven ventilation [12].

The different scales of subjective judgment of thermal comfort

The direct evaluation of thermal sensations and dissatisfactions related to this environment is made possible here by the psychological approach deduced from answers given to questionnaires whose specifications are presented and discussed in the standard [13].

The ISO 10551 standard proposes the construction and use of scales of judgment relating to the subjective aspect of thermal comfort or thermal stress [14]. For assessing thermal sensation, the most widely used scales are the Bedford scale and the ASHRAE scale (see table 1).

Table. 1 - Thermo-sensory judgments scales (Mathieu BONTE, 2014) [15]

Bedford Scale (comfort)	ASHRAE Scale (sensation)
Much too warm (7)	Hot (+3)
Too warm (6)	Warm (+2)
Comfortably warm (5)	Slightly warm (+1)
Comfortable (4)	Neutral (0)
Comfortably cool (3)	Slightly cool (-1)
Too cool (2)	Cool (-2)
Much too cool (1)	Cold (-3)

Presentation of the case study

The in situ investigation was carried out in the town of Jijel (Algeria). It has a Mediterranean climate with hot and humid summers, mild and rainy winters. For the choice of the case, the culture house was selected as the study model. It is located to the east of the city centre.

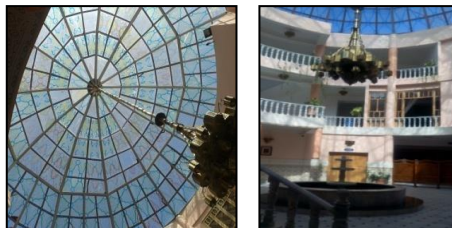


Fig. 1 - Interior views of the building

Conditions for data collection and population surveyed

The assessment of the thermal environment was structured on two methods of analysis: quantitative and qualitative. The quantitative analysis concerns the collection of climatological data (air temperature, relative humidity). In this section K. Parsons said: to evaluate human thermal environments, it may be necessary to quantify the environment [16].

As for the second, it depends on the judgments given by the users of the building.

The measuring instruments used are: the thermo-hygrometer Chauvin Arnoux C.A 846 and the thermometer TES-1367. The collection of hourly measurements was carried out over these two periods (24 July 2016 and 15 January 2017). For each day the hourly measurements were taken during the working hours of the employees (from 8:00 a.m to 12:00 p.m and from 13:00 p.m to 15:30 p.m). The measurements are taken at 1 m from the ground (see the measurement points on the plans).

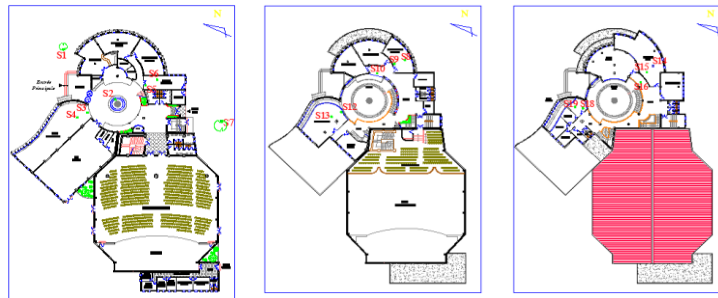


Fig. 2 - Selected measurement points (author, 2016)

Modalities of an ambient phenomenon in situ

Profiles of measurement results: Summer 2016

Temperature evolution

These data agree with the logic, the temperature is higher when we show up. The ground floor values vary between 25 and 29°C, for the first stage, they are between 26 and 29°C and finally for the second stage they develop between 26 and 29°C. While the external temperature present the lowest values (S1). This confirms two things: the thermal stratification is not really noticeable, thus, the heat was trapped inside the building due to the glass roof. Also, since the first hour of work, we have been reporting high temperatures. In fact, this is due to the building's inability to cool the envelope overnight (unventilated atrium)

Adaptation to this thermal environment is managed by a set of behavioral, technological and physiological adjustments.

So, we notice for the main behavioral reactions: open the openings, putting on the blinds, drinking water, closing the openings, shutting down the computer for a while, moving to another cooler office. As for technology stocks, they depend on turning on the air conditioner (21.15%)

For physiological adjustments, workers describe their discomfort caused by sweat by qualifying the situation as: embarrassing: a lot, a little and not so much.

Evolution of air humidity

A preliminary reading of the curves shows that the variability of the humidities is manifested by a regressive temporal rhythm. For the ground floor, the humidity values are less stable. The first and second floors, they decrease during the day, but the slope is much steeper in the morning, from 8:30 a.m to 10:30 a.m.

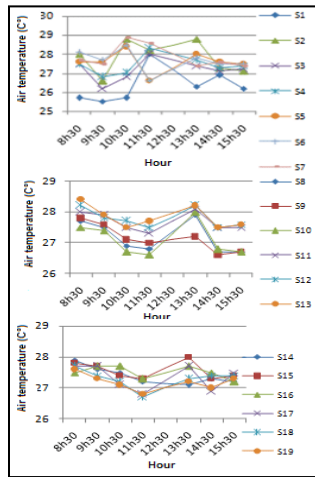


Fig. 3 - Evolution of air temperature in the three levels of the building (24 July 2016)

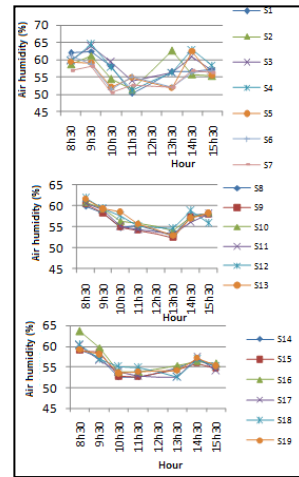


Fig. 4 - Evolution of relative humidity in the three levels of the building (24 July 2016)

Profiles of measurement results: Winter 2017

Temperature evolution

The daily change in air temperatures results in a stretched parabolic profile with the top facing upwards. For the ground floor, we find that the curve configurations coincide with the station of outside temperature (S1) but are less noticeable on the upper floors.

Behavioral reactions affect: turning on lights (68.75%), closing openings 18.18%, bending over the body 9.09%, eating food 10.9%, moving to another space (9.09%), set the blinds 5.45%, open the openings 1.81%. Technological reactions are mainly marked by the use of heating and air conditioning to improve the indoor environment (81.25%).

Chills were among the most responded physiological mechanisms in employees (68.75%). Next, we report a rate of 56.25% and 37.5% for pathologies: change in skin color and headaches. For this reason, we find that the action (adding clothes) presents 56.25%.

Evolution of air humidity

According to this graph, we report an inverse logic to that of the temperatures. The measurements of the ground floor stations are almost all identical. It appears that the values measured on the floors have been declining from 8:30 a.m.

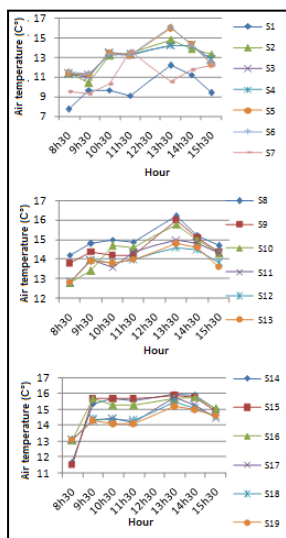


Fig. 5 - Evolution of air temperature in the three levels of the building (15 January 2017)

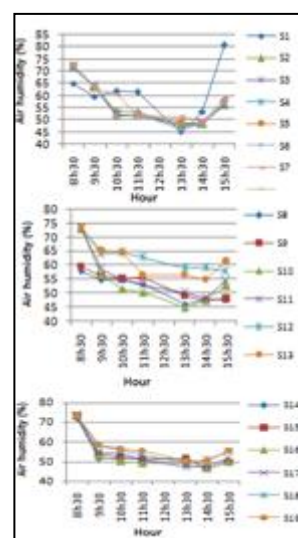


Fig. 6 - Evolution of relative humidity in the three levels of the building (15 January 2017)

The sensitive messages of the architectural space

In this part of the article, we are interested in the interpretation of the sensitive reality of the users on the basis of ISO 10551 [17].

In fact, the subjective estimation of thermal sensations is normalized according to three scales of subjective judgments that provide reliable and comparable data on the subjective aspect of thermal comfort or thermal stress.

Evaluation of the physical environment by employees: summer period

During the summer period, we distributed a total of 26 questionnaires. We record that employees find the climate to be warm (50%), slightly warm (26.92%), neutral (19.23%) and only 3.84% consider the office temperature to be slightly cool.

Their subjective assessments were, in general, slightly acceptable, and it emerged that the vast majority wished for an unchanged, slightly cool environment.

Also, we found that the users felt that the air is humid (100%). The results show only 11.53% of respondents was satisfied. As a result, people like to have less humid air. Analysis of the air speed shows that participants perceive it as calm, light and medium. This was slightly unacceptable to them (57.69%). For preferences, their requests are mainly to have more air flow.

So, according to the employees, the climate is hot and humid. This situation is aggravated because of the large surface of the atrium (unventilated and unprotected).

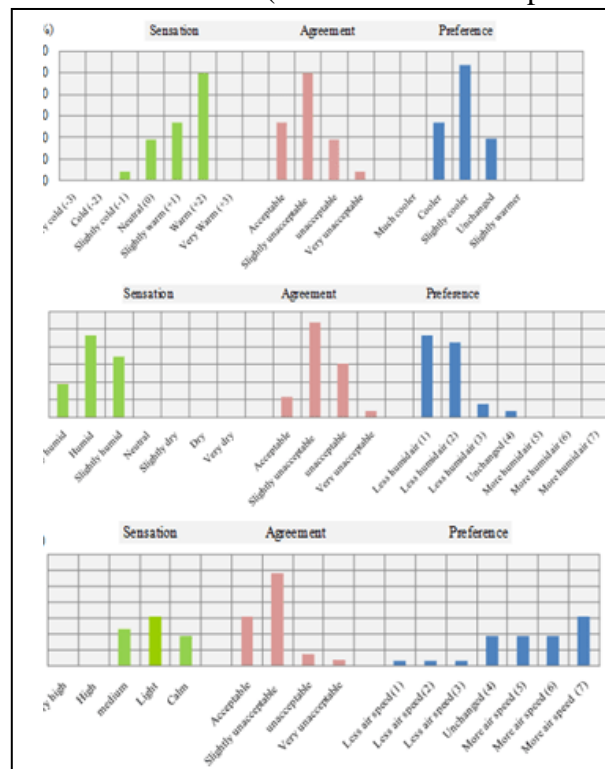


Fig. 7 - Perceptual, evaluative and preferential judgments about air temperature, air humidity, air speed (24 July 2016)

Evaluation of the physical environment by employees: winter period

The total number of employees was 16. The temperature graph allowed us to understand the cold nature of this day. In fact, the responses of the subjects are divided into two types of voting: neutral and cold.

Based on the sensations declared, users find the climate to be: acceptable (43.75%), slightly unacceptable (37.5%) and unacceptable (18.75%). Preferred environments are represented by two votes slightly warmer (81.25% slightly warmer (81.25%) and unchanged (18.75%).

That is to say, in winter, the atrium plays its role "warming strategy". It makes it possible to recover solar gains which can then be transferred to adjacent spaces.

The staff fined the ambience: very wet, damp, slightly wet, neutral and dry. Despite that, employees find the climate acceptable (50%), slightly acceptable (37.5%), unacceptable (12.5%). However, many people are looking for less air humid.

The results show that 43.75% of workers feel air movement. Ai flow is: calm (37.5%), medium (31.25%). With 68.75% of employees stating that the indoor environment is acceptable. The essential preference is: no change 68.75% and less air flow.

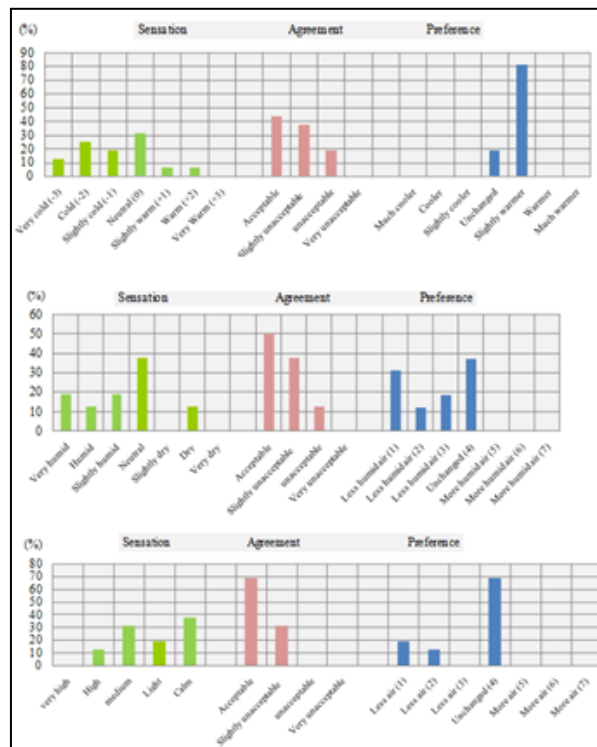


Fig.8 - Perceptual, evaluative and preferential judgments about air temperature, air humidity, and air speed (15 January 2017)

Correlation of Perceptual Judgments: summer Period (24 July 2016)

Air temperature: the relationship between sensation and acceptability shows us that slightly cool, neutral and slightly warm sensations are the most acceptable. Only one subject prefers more coldness.

But for the other appreciations, the search is to have slightly cool and without change are the most noticed.

The air humidity: the sensation of very humid corresponds to unacceptable and very unacceptable. The preferences are in harmony with the sensations and also with the acceptability of the employees. For example, the sensation of very humid gives a vote of unacceptable and a preference for less air humid.

Air speed: taking into account the air flow, the atmosphere is acceptable and slightly unacceptable but despite this the employees like to have more air flow especially for the perception: calm

ANNEXES

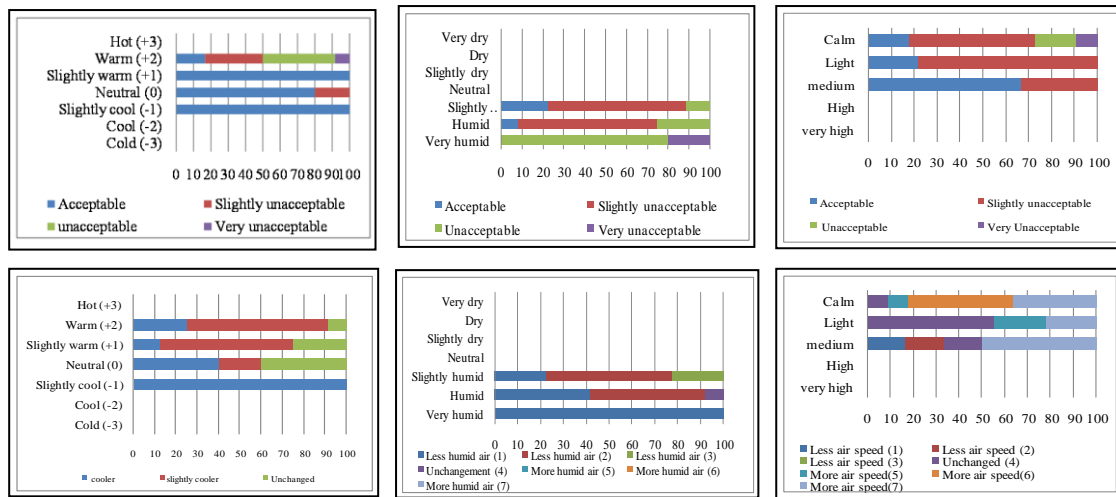


Fig. 9 - Distribution of acceptability and preference votes according to air temperature, air humidity and air speed sensation votes (summer)

Correlation of perceptual judgments: winter period (15 January 2017)

Air temperature: the votes indicate an acceptable atmosphere for hot and very warm sensations. The other ambiances, from neutral to very cold, have unacceptable and slightly unacceptable votes. Indeed, the preferences are mainly the search for slightly warm.

Humidity of the air: on the whole, despite the humid atmosphere, the subjects report that the ambience is acceptable and slightly unacceptable except for the humid and very humid votes. On the other hand, their demands were to have less air humid (apart from the neutral and slightly humid votes).

Air speed: On the one hand, subjects report that air speed is acceptable and slightly unacceptable for all types of air currents. On the other hand, their desires are to have less air flow, a set for participants don't want any change.

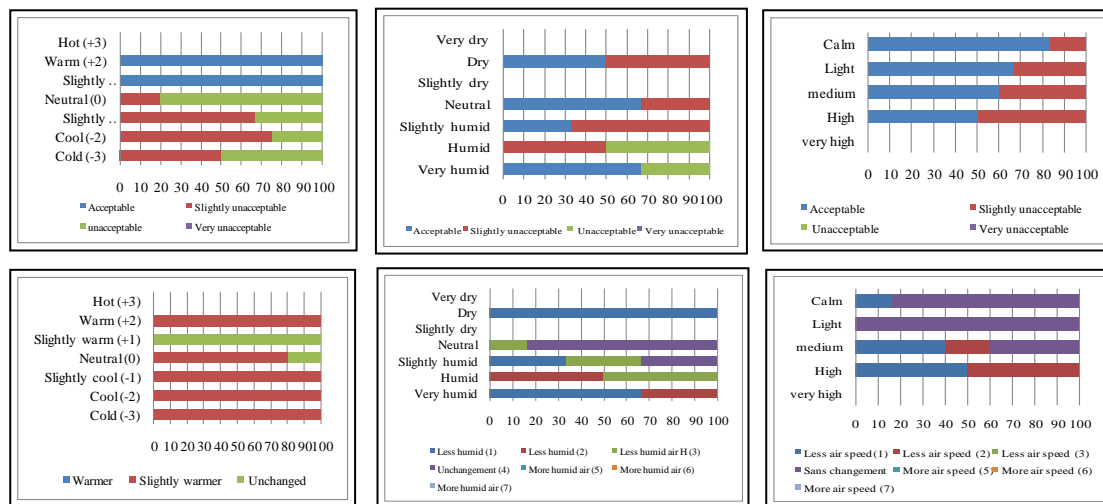


Fig. 10 - Distribution of acceptability and preference votes according to air temperature , air humidity and air speed sensation votes (winter)

Conclusion

"Ambience" is a meaningful concept, encompassing diverse principles that can create the foundation for interdisciplinary research. In atrium buildings, environmental phenomena coexist simultaneously, both thermal, aerualic; luminous, etc. In our case, we have reached the following conclusions:

- In a large atrium with a height of three levels, the thermal effects are not really very noticeable, such as the draft and thermal stratification, thermal buffer. We join here what Leila Moosavi & all said in their research: This study emphasized the significance of atrium components and configurations, as design parameters and their application to improve indoor thermal conditions and ventilation regime [18].

- In the two periods studied, the major problem in this type of climate is the humidity which exceeds the comfort threshold

- In the Mediterranean climate, it is necessary to think of the ventilation necessary to restore thermal comfort. Unventilated atrium can make the feeling of suffocation worse in summer.

-The results of the investigation show that the subjects use the sensation and preference scales in a complementary way.

- The subjective assessment of thermal comfort follows a stepwise logic: a feeling qualified as "warm", corresponds to an assessment of "unacceptable", and the preference was "to have less heat". If the atmosphere is very hot, we will get very unacceptable answers, the preference is to have more cold.

- A removable protection of the glazed skylight is inevitable to minimize summer overheating which can take away in winter.

-In summer:

*Temperatures would rise as you move up to the upper floors, which explain the greenhouse effect of the glass; in this case, we quote the conclusion of M. Khalaji Assadi & all:

The dimension has a great dependency on solar radiation absorption on glass [19]. In spite of this, they are generally in the comfort range (21-28°C). However, the building does not behave in the positive way towards the climate because the differences between the inside and outside temperatures do not reach the percentage set by Givoni [20] (the inside temperature is less than the outside temperature with a ratio of 10 to 15%). These temperatures are qualified: hot, slightly hot and neutral. As a result, their approvals are mainly limited in the following votes: unacceptable, slightly unacceptable and acceptable. Their preference was to have coldness, slightly cool and unchanged.

*Relative humidities between 50 and 65%, this is beyond the comfort threshold. Moreover, for them the air is humid (slightly unacceptable and unacceptable). So their preference was to have less air humid.

*Air speed is described, generally, as light and slightly unacceptable and most liked more air flow.

-In winter:

*The temperatures are very low. They are very far from the comfort limits (20-25 °C). The users' sensation votes are moving towards cold (neutral and slightly cool and cold sensations), so a large part of the responses relate to acceptable and slightly unacceptable and unacceptable ratings (they want to have a slightly warm).

*Relative humidity values are high and exceed comfort estimates (according to employees, air is: humid and neutral. And that was practically acceptable and slightly unacceptable. So, the majority wanted less air humid.

*For the air flow, we notice the same observations as those of the summer period.

-In summer and winter alike, the overall atmosphere is satisfactory and slightly satisfying.

References

[1] Claude MH Demers and André Potvin, L'atrium : espace bioclimatique viable en milieu nordique, Esquisses, newsletter of the Order of Architects of Quebec, November-

- January, volume 15, number 4, 2004. 17 newsletter of the Order of Architects of Quebec, November-January, volume 15, number 4, 2004 .17 p
- [2] Reiter S, De Herde A, l'éclairage naturel des bâtiments, Edition : Presses universitaires of Louvain, 2004, 102 p
- [3] BELMAAZIZ M, Les ambiances thermo-aérauliques dans les atriums linéaires. Contribution à la constitution de règles expertes utilisables dans la conception du projet, Thesis of DOCTORAT, ENSA Nantes, 34 p
- [4] Claude-Alain Roulet , Santé et qualité de l'environnement intérieur dans les bâtiments, presses polytechnic and Romand academics , CH-1015 Lausanne, 2004. 5 p
- [5] René Ginouvès, dictionnaire méthodique de l'architecture grecque et romaine. Tome III. Espaces architecturaux, bâtiments et ensembles, publications of the French School of Athens and the French School of Rome, Volume 84, 1998, 164 p
- [6] The national center for textual and lexical resources, disponible in <http://www.cnrtl.fr/definition/ambiance>
- [7] Cours de François AUGOYARD, les ambiances : concepts fondamentaux et problématiques interdisciplinaires, (CRESSON - Ecole d'Architecture de Grenoble). 11 p
- [8] L. Adolphe, 1998, Ambiances architecturales et urbaines, architectural research notebooks, n° 42/43, éditions Parenthèses, 7p
- [9] Roger C, Donald W, l'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction, édition l'Étincelle, Montreal, Canada, 1979.
- [10] Reiter S, De Herde A, l'éclairage naturel des bâtiments, édition : Presses universitaires of Louvain, 2004, p 101
- [11] Hussain. S, numerical investigations of the indoor thermal environment in atria and of the buoyancy- driven ventilation in a simple atrium building , doctoral thesis, Queen's University Kingston, Ontario, Canada, 2012. P 200
- [12] Hussain, S. & Oosthuizen, P. H. 2012, numerical study of buoyancy-driven natural ventilation in a simple three storey atrium building, International Journal of Sustainable Built Environment (2012) .P 156
- [13] Journée du CUEPE « Habitat, confort et énergie », Geneva on 22 May 2003, 24 p
- [14] Martinet, C. et Meyer, J-P. « Travail à la chaleur et confort physique » in review "Scientific and technical note" of the I.N.R.S (National Institute of Research and Security) n° NS 184. France. 1999, 29 p
- [15] Mathieu BONTE, Influence du comportement de l'occupant sur la performance énergétique du bâtiment, Modélisation par intelligence artificielle et mesures in situ. Thesis of doctorat, Toulouse university 3 Paul Sabatier, 2014, 27 p
- [16] K. Parsons, Human thermal environments: the effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort, and performance, 2 nd editions de Taylor & Francis, 2003. P 91
- [17] Ergonomie des ambiances thermiques - Évaluation de l'influence des ambiances thermiques à l'aide d'échelles de jugements subjectifs (ISO 10551).
- [18] Leila Moosavi & all, Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs, in Renewable and Sustainable Energy Reviews. Volume 34 (654-670), June 2014,
- [19] M. Khalaji Assadi & all, Analytical model of atrium for heating and ventilating an institutional building naturally, in Energy and Buildings 43 (2011) 2595–2601
- [20] GIVONI Baruch, L'homme, l'architecture et le climat. Editions of Monitor; Paris, 1978. P 323

2. Productions scientifiques :

-04 au 05 décembre 2011, Biskra : participation au colloque international : « *Biskra, architecture and sustainability conference 2011* », titre de la contribution : les ambiances thermiques d'été dans l'habitat de la période coloniale à patio -cas d'étude : maisons à patio (Jijel)

-23 juin 2012, Tlemcen : participation au colloque international : maintenance et conservation du patrimoine bâti. Titre de la contribution : le centre-ville colonial de Jijel : un patrimoine en péril

-03 au 04 décembre 2012, Oran : participation au Colloque International sur le thème : Architecture, paysage, urbanisme. Pour quelle qualité de vie ? Titre de la contribution : Effet régulateur du patio dans l'habitat de la période coloniale

-27 au 28 mai 2014, Jijel : participation au colloque international sur le thème : Vers un cadre bâti soutenable dans le contexte Méditerranéen. Titre de la contribution : Maison à patio type puits, une forme durable dans un climat méditerranéen

-5 au 8 Novembre 2015, Monastir : participation au Colloque International sur le thème "Interactions patrimoniales entre les deux rives de la Méditerranée, pour une meilleure intégration" .titre de la contribution : maisons à patio de la période coloniale : une caractérisation de l'environnement thermique estivale

-Publication de l'article, intitulé : the thermal ambiances of atrium buildings: case of the mediterranean climate, sur la Magazine SMC (Sustainable Mediterranean Construction).

ANNEXE B

2. Généralités sur le confort :**2.1. Notions de base sur le confort**

Parmi les définitions proposées par le dictionnaire Larousse : Tranquillité psychologique, intellectuelle, morale obtenue par le rejet de toute préoccupation (Dictionnaire français Larousse, en ligne).

Le confort est lié aux sentiments, à la perception, à l'humeur et à la situation. sa définition fait à la fois appel à une approche négative (absence d'inconfort, qui se caractérise par exemple par l'absence de douleur, d'anxiété, etc.) et à une approche positive (bien-être, satisfaction)...De surcroît, les recherches portent le plus souvent sur un aspect particulier du confort physique (confort lumineux ou thermique, par exemple), sans prendre en compte sa dimension holistique (MOSEY Gabriel, 2009).

Selon GIVONI B, *la notion du confort comprend, essentiellement, trois dimensions : physiologique, comportementale et psychologique. La première dimension est physiologique, elle concerne plusieurs paramètres qui sont soit variables ou stables dans le temps (la température, vitesse de l'air, humidité, odeur et bruit). La deuxième est liée aux usagers : habillement, taux d'activité et la capacité d'action sur appareils de contrôle du climat, donc, elle est comportementale.*

Et enfin, la dimension psychologique veut l'anticipation des conditions physiques, compréhension et fonctionnement, balance entre climat et cout, etc.

2.2. Typologies du confort**2.2.1. Confort hygrothermique :**

Le confort hygrothermique est relatif à la nécessité de dissiper la puissance métabolique du corps humain par des échanges de chaleur sensible et latente (évaporation d'eau) avec l'ambiance dans laquelle il se trouve.

Aux réactions purement physiologiques de l'individu (thermorégulation) se superposent des réactions d'ordre psychosociologique, liées à des sensations hygrothermiques (chaud, neutre, froid), variables dans l'espace et dans le temps, auxquelles on peut associer une satisfaction ou une insatisfaction plus ou moins marquée, différant selon les individus (Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments, 2015)

2.2.2. Confort lumineux : le confort visuel doit permettre de voir les objets nettement et sans fatigue dans une ambiance agréable et colorée traité d'architecture (Liebard et DE Herde, 2005)

2.2.3. Confort acoustique :

La notion de "confort acoustique", comme celle de "qualité d'ambiance sonore" d'un lieu, peut être appréhendée en ayant recours à deux dimensions ou facettes complémentaires. La qualité et quantité d'énergie émise par les sources, et la qualité et quantité des événements sonores du point de vue de l'auditeur. Point de vue qui dépend non seulement de l'histoire individuelle mais également des valeurs propres au groupe social auquel on appartient (Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments, 2015).

2.2.4. Confort olfactif :

En matière de risque sanitaire, le champ des connaissances des effets des polluants sur les individus est inégal d'un polluant à l'autre. Les études récentes dans le domaine de la qualité de l'air permettent de maîtriser ce champ de connaissances pour certains polluants de l'air (odeurs), et des solutions existent pour assurer le confort (Guide pratique du référentiel pour la qualité environnementale des bâtiments, 2015).

2.2.5. Confort psycho-spatial :

Psychologiquement, le sentiment de confort est lié à un état de plaisir tranquillisant, un sentiment de liberté d'inquiétude, de désappointement, d'ennui, difficultés financières, etc. De ce point de vue, le confort pour les êtres humains est lié à la perception, mentale et physique, et aux émotions.

2.3. Généralités sur la notion d'ambiance :

2.3.1. Essai de définitions

Plusieurs définitions ont été données pour l'éclaircissement de la notion d'ambiance. D'après le dictionnaire Larousse : « Ensemble des caractères définissant le contexte dans lequel se trouve quelqu'un, un groupe ; climat, atmosphère : une ambiance chaleureuse, triste » ((Dictionnaire français Larousse, en ligne). Et selon le site Wikipédia, l'origine du mot est antique : « étymologiquement le terme ambiance est dérivé du latin *ambiens*, participe présent du verbe : *ambire* (latin) : entourer, environner (www.wikipédia.org)

Une autre définition est donnée par le centre national de ressources textuelles et lexicales: qualité du milieu (matériel, intellectuel, moral) qui environne et conditionne la vie quotidienne d'une personne, d'une collectivité (ambiance familiale, sociale), (Centre national de ressources textuelles et lexicales, en ligne).

Plusieurs points de vue sont émis sur ce terme. Selon Hégron. G et Torgue. H : « *la notion d'ambiance nous permet d'échapper précisément à une trop stricte opposition sujet/objet, c'est-à-dire d'éviter la séparation entre la perception du milieu par un usager et l'objet perçu. Elle articule la connaissance des phénomènes physiques en présence, leurs interactions avec la forme construite, les usages des espaces architecturaux et urbains, la perception de l'usager et ses différentes représentations* » (Hégron, Torgue, 2008). Jean-François Augoyard de son côté, a proposé trois genres de définitions : différentielle, formelle et génétique. D'abord, il a proposé une définition relative (différentielle), celle-ci indique la place qu'occupe le concept « ambiance » au sein d'un ensemble de ressemblants. Pour lui, ces termes n'ont pas la même nature logique. Première mot, nous pouvons différencier trois sous ensemble. Le premier comprend des relations causales, c'est comme l'exemple des mots : environnement, climat, cadre. Le deuxième type compte une dimension interactionnelle (milieu biologique et humain). Le troisième englobe les relations organisationnelle (à titre d'exemple : paysage) et finalement, les aspects sémantiques et représentatifs (par exemple : atmosphère, décor).

Deuxième mot, nous signalons qu'il y a des analogues mieux centrés sur le concept ambiance : milieu, atmosphère, environnement. Et d'autres périphériques : influence, temps, compagnie. Les trois premières notions sont plus compréhensibles dans le langage courant, ils correspondent respectivement aux modalités spatiales, temporelles, anthropologiques et physiques.

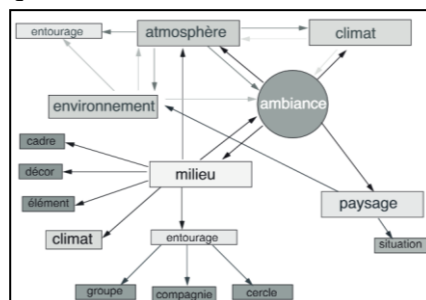


Figure 1 : Définition différentielle de l'ambiance selon J-F Augoyard

Aussi, J-F Augoyard présente des éléments de définition formelle du concept ambiance où il a rassemblé un ensemble de représentations déterminant le fond de ce concept, qui sont d'ordre : physique, psycho-sociologie, architectural et interdisciplinaire. D'un côté, elle dépend essentiellement de l'aspect physique, acteurs environnementaux et environnants (sites, lieux géographiques, etc). Ainsi, elle est liée à l'aspect psycho-sociologie (qui englobe la dimension sensible des usagers : la perception, les émotions et les représentations sociales et culturelles. Elle dépend aussi de l'architecture : ces phénomènes composent une organisation spatiale construite (construction architectonique et/ou construction perceptive). Enfin, le concept présente une certaine complexité de point de vue, composition et relations entre les éléments constituant une ambiance ou ce que nous appelle l'interdisciplinarité des ambiances.

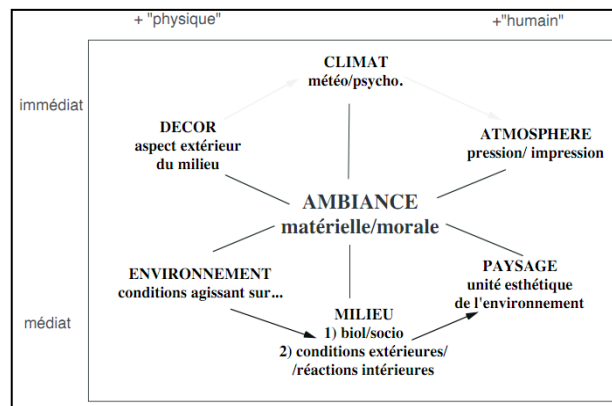


Figure 2 : Définition formelle de l'ambiance selon J-F Augoyard

La dernière définition proposée par J.F Augoyard est génétique. En fait, l'existence d'une ambiance est liée à deux conditions : *une production* fruit de savoirs et savoir-faire et inscrite dans un "donné", *une réception* dans un contexte spatio-temporel, social et culturel caractérisé. Aussi, une ambiance architecturale ou urbaine est engendrée par un dispositif technique, le résultat d'une production experte, et par une impression ou organisation perceptive composée d'éléments sensibles et cognitifs (Augoyard, cours ENSAG).

D'une manière générale, l'ambiance relie le domaine architectural et urbanistique aux sciences pour l'ingénieur et les sciences humaines et sociales, donc, elle est interdisciplinaire. En fait, le champ des ambiances entremêle donc la forme construite, la forme perçue (le vécu) et la forme représentée.

2.3.2. Retour succinct sur l'historique du 'concept ambiance' :

Cette notion a été soulevée dans la période moderne, d'après Georg Germann : les écrits de Bachelard à Norberg-Schulz, en passant par ceux de Merleau Ponty, composent les fondamentaux de la construction théorique de l'ambiance (Ouard, 2008) Réellement, son émergence était depuis le XVI^e siècle, où l'adjectif « ambient » apparaît dans le milieu scientifique. D'abord, c'était l'emploi du mot dans le milieu littéraire, Jean-Jacques Rousseau a écrit : « Êtes-vous enfermé dans un édifice au milieu de la nuit, frappez des mains ; vous apercevrez, au résonnement du lieu, si l'espace est grand ou petit, si vous êtes au milieu ou au coin. À demi-pied d'un mur, l'air moins ambient et plus réfléchi vous porte une autre sensation au visage ». (Rousseau, 1827)

En 1885, l'Isle-Adam a noté ce concept dans un recueil de contes de Villiers intitulé « l'amour sublime ».

Entre 1940-1950, ce concept a connu des recherches d'ordre sémiotique, elle concerne l'étude de la signification et l'étymologie du mot.

En architecture, la dimension physique de l'ambiance, thermique de point de vue climatique et physiologique, a été étudiée par les premiers chercheurs sur l'architecture bioclimatique, comme V. Olgyay (1963), B. Givoni (1978), Mahoney (1996), Zockolay (1980), etc. Leurs études étaient principalement concentrées sur la notion du confort et ils ont proposé des diagrammes pour l'analyser dans le bâtiment. Par la suite, l'étude des ambiances a pris une autre forme en intégrant la stratégie d'économie d'énergie, dans la conférence de Stockholm, en 1972, qui est le premier colloque mondial qui fait de l'environnement une question majeure au niveau international.

La dimension cachée de l'ambiance, d'ordre perceptuel, était traitée par l'architecte théoricien Christian Norberg-Schulz (1979) où il a écrit sur l'aspect immatériel de l'ambiance dans son livre « Genius loci », il s'agit de donner une "prise existentielle" à l'occupant de l'espace (caractère immatériel du site). Une réflexion plus ou moins large a été dictée par les auteurs, Henri Bahrmann et Van Mang Ho (l'ambiance urbaine ,1972). Dans ce livre, ils ont traité l'architecture de point de vue psychologique et social et des réflexions sur la ville et l'environnement sensible.

Un travail éminent est celui de la recherche scientifique des laboratoires CRESSON et CERMA¹³. Leurs études montrent que la notion objet d'étude dépasse le simple sens du confort et d'économie d'énergie, elles vont jusqu'au contrôle du ressenti des usagers ainsi leurs ajustements comportementaux, donc elles sont basées sur l'espace vécu. Et cela est clair à travers les travaux, dont nous pouvons citer des recherches d'un exemple de chercheurs tels que : Luc Adolphe, Jean-François Augoyard, Grégoire Chelkoff, Paul Jean Thibaud, Daniel SIRET, Pascal Amphoux, Gérard Hégron, Henry Torgue, Nicolas Tixier, etc. Ces explorations scientifiques concernent l'espace architecturale et urbain, les facteurs composants l'environnement (bruits, odeurs, fraîcheur...).

2.3.3. Les perspectives au fondement de la notion d'ambiance :

Le concept "ambiance" est plein de significations et de symboles, à cet égard, nous présentons trois approches au fondement de la notion d'ambiance et qui sont : la sémantique historique, la psychopathologie existentielle, l'esthétique phénoménologique

A. La dimension sémantique des ambiances.

Une définition au concept « sémantique » est donnée par le CNRTL : Étude d'une langue ou des langues considérées du point de vue de la signification ; théorie tentant de rendre compte des structures et des phénomènes de la signification dans une langue ou dans le langage (Centre national de ressources textuelles et lexicales, en ligne). Elle peut être lexicale, logique, analytique, historique, etc. Brigitte Nerlich définit la sémantique historique : « la sémantique (historique) comme discipline linguistique émergea tout d'abord en Allemagne dans la philologie classique avec les cours de Reisig sur la grammaire du latin » (Brigitte Nerlich, 1993) (Nerlich, 1993)

Cette démarche tend à éclaircir la notion d'ambiance à travers deux approches, qui sont l'approche étymologique et comparative. Selon Jean-Paul Thibaud : « Au cours des années

¹³CRESSON : Centre de recherche sur l'espace sonore et l'environnement urbain, CERMA : Centre de recherche méthodologique d'architecture

quarante et cinquante du siècle dernier, plusieurs études linguistiques ont tenté de mettre à jour la sémantique du terme *ambiance*. Deux démarches principales ont été utilisées à cet égard : une approche étymologique, qui visait à identifier l'origine, les conditions d'émergence et les racines possibles de ce mot, et une approche comparative, qui s'est intéressée à ses traductions et à ses écarts sémantiques dans d'autres langues » (Thibaud, 2012).

La généalogie du concept a été traitée par plusieurs auteurs tels que Leo Spitzer par exemple, il a épinglé ses définitions en revenant à l'histoire occidentale. Selon cet auteur : « L'histoire du mot ne peut pas être séparé avec celui du « *medium* » = milieu (nous avons vu que le milieu *ambient* a été traduit par Newton.» (Spitzer, 1948)

« Outre la recherche étymologique, d'autres méthodes ont été utilisées pour tenter de clarifier le terme « *ambiance* » : rechercher l'équivalent dans d'autres langues, travailler sur l'écart sémantique de mots voisins en français (*milieu*, *climat*, *atmosphère*, *environnement*) ou rapporter le terme *ambiance* aux qualificatifs auxquels il se prête dans le langage courant. » (Thibaud, 2012)

B. La dimension existentielle des ambiances :

L'approche de Christien Norbert Schulz réside sur la dimension phénoménologique de l'architecture. À son avis « l'habiter » indique trois composants : deux d'ordre matériel qui sont : l'espace et l'homme, quant au troisième est sentimental. Ce dernier implique qu'il y a un lien d'appartenance et d'identification entre les deux autres constituants de l'habiter. Dans cette rubrique, il a dit : « *habiter quelque part implique qu'un rapport s'établit entre un être humain et un milieu donné. Par cet acte l'habitant s'approprie d'un monde ; son installation correspond à la découverte de lui-même et à la définition de son être dans le monde* » (norberg-schulz, 1985).

C. La dimension esthétique des ambiances :

D'après le dictionnaire Larousse, le beau : « qui suscite un sentiment admiratif par sa supériorité intellectuelle, morale ou physique » (Dictionnaire français Larousse, en ligne)

. La dimension esthétique dans l'architecture a été soulevé depuis l'antiquité, chez les Grecs par exemple elle est constituée par six éléments : l'ordonnance (en grec *taxis*), la disposition (*diathésis*), le rythme (*Eurythmie*), la symétrie (*symmetria*), la convenance (*decor*), la distribution (*oikonomia*). Elle est aussi mentionnée dans le premier livre de Vitruve. Lorsque l'on parle de la **triade vitruvienne**, elle concerne : ***venustas*** (beauté, ou volupté), ***firmitas*** (solidité, ou robustesse), ***utilitas*** (commodité, ou utilité).

Venustas, chez Vitruve, prend appui sur trois conditions d'esthétisme grec : « *De ces six principes, trois en particulier me semblent constituer les fondements de l'esthétique vitruvienne : eurythmia, symmetria et decor* ». (Georg Germann, 1991)

Dans les recherches actuelles, cette notion est encore présente, en bioclimatique, c'est la qualité des ambiances fournies par un certains paramètres ambiantales «esthétique environnementale ». Selon Jean-Paul Thibaud : « *ces travaux visent là aussi à dépasser une esthétique des beaux-arts en n'appréciant plus des œuvres spécifiques ou des objets isolés de leur entourage mais au contraire des milieux de vie dans lesquels l'être humain est immergé. Fortement inspirée de l'esthétique de la nature du XVIII^{ème} siècle, cette esthétique environnementale se développe au dernier tiers du siècle dernier, sous l'influence d'une sensibilité croissante des citoyens aux questions d'ordre écologique* » (Thibaud, 2010).

Le laboratoire CRESSON est l'un des pionniers dans ce domaine, nous citons l'exemple de la théorie de la perception sensible développée par : Jean-François Augoyard (ambiance) et Gernot Böhme (atmosphère) ». Selon Jean-François Augoyard, les brèves et partiales pages de Hegel dans son esthétique ressortissent plutôt à une théorie de la hiérarchie symbolique des formes, du fait de leur caractère prescriptif. Peu d'auteurs se sont risqués sur le sujet de la perception de l'architecture. Aussi, cet auteur parle sur l'esthétique des ambiances : « Et, en définitive, si les ambiances et atmosphères urbaines échappent aux définitions univoques et catégorielles, n'est-ce pas que leur nature est profondément enracinée dans le sensible et l'émotionnel, en deçà des mots et des représentations closes, c'est à dire dans un champ esthétique originaire et commun qui reste à mettre au jour ? » (Augoyard, 2018).

2.3.4. Les éléments constitutifs d'une ambiance :

Une ambiance est née dans un environnement construit, chez les usagers sous des conditions physiques. Selon Gérard Hégron et : « *les travaux de recherche sur les ambiances articulent les trois composantes qui caractérisent le plus souvent la spécificité de la recherche architecturale : les objets, les sujets et le projet* » (Hégron, Torgue) (voir figure 3). L'ambiance appelle à des modes de narration particuliers ; ces récits mettent en valeur les « formes de vie », manière d'être incarnées localement, renvoient à l'impossibilité de neutraliser axiologiquement la pensée des lieux et signifient le rejet de tout réductionnisme. Bref, le choix ressort de rituels qui fondent un lieu, lui donne sa valeur et son ton, son style (Blanc, 2008).

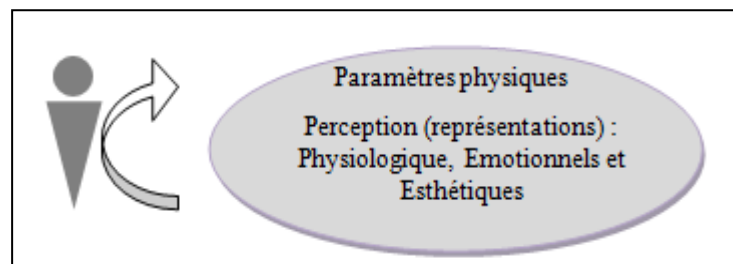


Figure 3 : Les éléments constitutifs d'une ambiance (l'auteur, 2010)

Ils représentent l'ensemble des facteurs qui nous entoure, qui sont : l'environnement construit, l'environnement naturel et les paramètres environnementaux (température, ensoleillement, humidité, pluviométrie, etc.)

Première mot, les usagers qui sont les sujets qui pratiquent ou fréquentent les environnements physiques, architectural ou urbain, et qui perçoivent l'espace habité à travers des représentations cognitives. Céline Drozd et al ont dit : « *C'est pourquoi Marc Crunelle émet l'idée que « l'architecture est du vécu », c'est-à-dire qu'un espace architectural prend sens lorsqu'il est parcouru, puisque l'ambiance du lieu fait référence aux différentes expériences de chacun* » (Drozd et al, 2008).

Deuxième mot, la perception ou bien l'interface, selon le Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales, une perception en sciences philosophique et psychologique est une opération psychologique complexe par laquelle l'esprit, en organisant les données sensorielles, se forme une représentation des objets extérieurs et prend connaissance du réel (perception tactile, visuelle ; perception spatiale ; théorie de la perception). Cette composante du mot « ambiance » a été confirmé par Jean-Paul Thibaud : « *un des points fondamentaux de la notion d'ambiance est également qu'elle postule l'unité du monde* »

sensible, plutôt qu'elle ne dissocie les sens dans un premier temps pour chercher à les réunifier par la suite » (Thibaud, 2010)

L'interface est la résultante de l'association de l'homme à son l'environnement, elle représente l'ensemble des réactions de l'homme dans une ambiance bien déterminée. Le produit de ce contact est un ensemble de sensations, qui peuvent être : physiologiques, esthétique et psychologiques/émotionnels. Les sensations physiologiques sont l'ensemble des perceptions liées aux variations climatiques : chaleur, lumière, vent...alors que les sensations psychologiques/émotionnels s'accordent à la psychologie de l'environnement. Quant à la dimension esthétique est liée à la manière de perception de l'environnement ou l'espace par les usagers. Nathalie Audas ajoute : *« lorsqu'on parle d'ambiance d'un lieu, on évoque le résultat de la perception de son atmosphère et la naissance de sensations relativement nombreuses et complexes. Ces sensations, qui résultent immédiatement de l'excitation de nos sens par un agent extérieur, donnent une appréciation plus ou moins claire d'une situation à un moment donné »* (Audas, 2008).

2.3.5. Les mesures de l'objet ambiant :

Selon P.Woloszyn et D.Siret (1998), l'objet ambiant : *« l'appréhension globale des ambiances comme entité homogène complexe est possible à condition de réduire la complexité « ambiance » non pas à un ensemble de parties disjointes par leur nature et par leurs méthodes descriptives, mais à un ensemble homogène de simplexes d'ambiance. Le modèle que nous proposons vise à définir ces atomes d'ambiance comme des objets indépendants ayant leurs caractères propres et susceptibles d'être évalués ou mesurés selon des critères également spécifiques »* (Augoyard, 1998). Il possède trois axes de mesure et qui sont : dimension de l'objet ambiant, le temps et la valeur. Le premier axe est le rapport d'échelle entre l'environnement et l'utilisateur de l'espace. Quant à la temporalité, elle concerne l'évolution de l'ensemble des réactions de l'occupant au fur et à mesure du temps. Pour les valeurs perçues est le degré de changement des représentations du percepteur

Et en ce qui concerne les mesures, elles sont fondées sur une démarche de mathématique et de la géométrie spatiale. Les chercheurs sur les ambiances architecturales ont élaboré une géométrie structurelle de l'objet ambiant pour des réponses sensorielles, liées à un espace, et qui se déroulent dans un temps donné. C'est une approche proposée par les scientifiques Phillippe Woloszyn et Daniel Siret. Autrement dit, il s'agit de combiner deux à deux les trois axes de l'objet ambiant, ce qui produit trois combinaisons, c'est-à-dire trois plans. Ceux-ci représentent les évaluations suivantes : prégnance, présence et proximité.

2.3.5.1. la mesure de la prégnance (le plan valeur-temps)

Cette mesure prend appui sur les mathématiques, c'est la projection sur le plan valeur-temps d'une valeur dite de prégnance. Il représente selon la transition de l'estimation de l'événement à la conscience effective de l'utilisateur. Le degré de cette mesure peut être qualifié par : très prégnant, permanent, peu prégnant. Les mêmes auteurs définissent : *« le plan valeur-temps, mesure de la prégnance : le passage de la perception du phénomène à sa conscience effective définit sa prégnance. Cette notion est quantifiée dans un schéma de représentation de l'objet ambiant par distance euclidienne de la projection de celui-ci sur le plan valeur-temps au point d'origine V0-T0-D0 »* (Woloszyn et Siret, 1998).

2.3.5.2. Le plan dimension-valeur, mesure de la présence :

Cette notion définit le « remplissage » de l'espace subjectif du perceuteur ou le « volume des objets ambiants » pour celui-ci. Elle apparait comme mesure de la sensation combinée entre niveau et spatialité (degré d'émergence temporelle). En fait, cette mesure peut qualifier comme ponctuel et liminal ou englobant et intense.

2.3.5.3. Le plan dimension-temporalité, mesure de la proximité :

La capacité de cet objet à atteindre le perceuteur dans le temps et dans l'espace. Il s'agit ici d'une mesure de la « pression subjective » de l'ambiance sur celui qui la perçoit » (WOLOSZYN Phillippe et SIRET Daniel, 1998). En d'autres termes, il y a un objet très proche et un objet très peu proche.

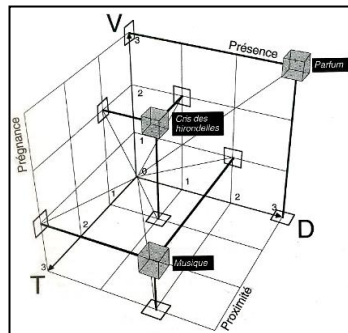


Figure 4 : les mesures de l'objet ambiant (P.Woloszyn et D.Siret, 1998)

2.3.6. Les échelles d'une ambiance : l'ambiance n'est pas figée, elle est en perpétuelle redéfinie, continuel dans le temps et l'espace. Elle se varie selon les critères suivants :

2.3.6.1. L'échelle spatiale : selon Rachel Thomas, l'ambiance émerge et prend forme dans des volumes, dans des surfaces, dans des dispositifs, à travers des matériaux qui la confortent, a maintiennent, à l'amplifient ou à l'inverse l'étouffent et l'éteignent (Rachel Thomas, 2008).

Et selon HEGRON Gérard, TORGUE Henry:

« De la micro-échelle, à savoir l'espace immédiat qui environne un usager (une rue, une place, un bâtiment, ...) à la macro-échelle (le tissu urbain), d'autres niveaux d'échelles intermédiaires peuvent être considérés comme l'îlot et le quartier urbain » (Hégron).

2.3.6.2. L'échelle temporelle :

La trame "temporelle" permet de rendre compte les variations des conditions de l'environnement, une ambiance est relative au facteur temps, car elle change avec les heures de chaque jour. Par exemple, on trouve une ambiance globale si on s'intéresse à l'échelle temporelle macro (année), elle peut être plus réduite selon : mois, semaine, jour, heure, etc. tout simplement, elle est évolutive selon les différentes temporalités.

2.3.7. Caractéristiques d'une ambiance :

Des investigations très poussées sur les ambiances architecturales et urbaines sont encadrées par des chercheurs français des écoles d'architecture de Grenoble et Nantes. Dans ces études, le travail consiste à analyser les paramètres physiques de l'environnement et à développer des approches sensibles qui reposent sur le principe de l'homme au centre de toute préoccupation. En fait, c'est l'évaluation des phénomènes physiques en tenant compte "le vécu" des usagers et leurs comportements. Une « ambiance » est

compréhensible lorsque l'on parle des éléments constitutifs, néanmoins, elle est sophistiquée lorsque l'on parle des interactions entre l'entourage et le perceuteur. Il est ainsi possible de présenter plusieurs caractères de ce terme plein de significations et qui sont :

2.3.7.1. Le caractère relationnel :

L'étude d'une telle ambiance traite plusieurs paramètres : l'espace construit, les occupants, la perception, elle met en relation le concret et l'abstrait.

2.3.7.2. Le caractère irréductible de la notion :

« *L'ambiance, au sens fort du terme, ne peut en aucun cas être réduite à une dimension unique, qu'elle soit physique ou psychologique, physiologique ou sociale, systémique ou autre ; et en effet, c'est peut-être précisément lorsque nous ne parvenons pas à en décrire le contenu que le mot s'impose à nous pour en exprimer l'expérience ; on n'épuise pas le phénomène par sa représentation* » (Amphoux, 2006).

2.3.7.3. Le caractère dynamique :

« *L'Ambiance est en mouvement ; davantage elle est un mouvement, une mouvance, quelque chose qui n'est perceptible que dans et par sa dynamique d'évolution ; c'est un changement de rapport au Monde et de fait c'est bien au moment où elle apparaît ou disparaît que nous y sommes le plus sensible* » (Amphoux, 2006).

2.3.7.4. Le caractère objectif et subjectif :

Dans le domaine de l'ambiance, on évoque généralement deux aspects : le premier est objectif, quant au deuxième est subjectif. « *Les variables physiques, par essence objectives, sont ainsi mises en perspective par les variables subjectives (liées à la perception ou à l'usage)* » (Adolphe, 1998).

2.2.3.7.5. Le caractère de la complexité (pluridisciplinaire) :

La polysémie de la notion implique que l'étude d'une ambiance demande un champ d'investigations très large. Elle fait appel à plusieurs sciences, à titre d'exemple, les sciences de l'ingénieur, les sciences de l'homme et de la sociologie, la psychologie. La complexité réside aussi dans le nombre des composants d'une ambiance, leur imbrication et l'interaction simultanément des paramètres physiques de l'environnement. En fait, l'ambiance est multidimensionnelle et elle dépend essentiellement des paramètres physiques de l'environnement, des paramètres esthétiques et des paramètres émotionnels.

2.3.7.6. Le caractère de la continuité dans l'échelle spatio-temporelle : une telle ambiance est variable dans le temps et dans l'espace. Elle donc immédiate et diffuse

2.3.7.7. Le caractère unique (singularité) : à un moment donné, dans un lieu bien déterminé, l'individu proclame sur un exemple de variables par une seule sensation.

2.3.7.8. Le caractère ouvert : selon Luc Adolphe, les ambiances sont : « *ouvertes, car elles obligent à sortir les pratiques architecturales ou urbaines de leur caractère clos, orienté sur elles-mêmes, en donnant des éclairages nouveaux sur la relation entre la logique d'un objet ou d'une forme cumulative et la dialectique des contenus* » (Adolphe, 1998).

2.3.7.9. Le caractère intégré : elles sont : « *intégrées, car une connaissance plus pertinente des impacts des techniques et sensibles d'un objet architectural ou urbain, autorise l'utilisation préventive de ce registre dans les phases très en amont du processus de conception, temps privilégiées des choix stratégiques sur le projet* » (Adolphe, 1998).

ANNEXE C

1. Les appareils de mesure employés dans l'investigation in situ :**- Thermo-hygromètre :**

Le thermo-hygromètre ChauvinArnoux C.A 846 est un instrument de la gamme Physics Line. Cet instrument sert à mesurer la température de l'air et l'humidité relative à l'aide d'une sonde. Il mesure la température comprise entre -20 et 60 °C avec une précision de $\pm 0,5$ °C de 0 à 60 °C et ± 1 °C de - 20 °C à 0 °C. Aussi, cet appareil peut donner la température en Fahrenheit. Pour le taux d'humidité relative, les mesures allant de 0 à 100 % avec une précision de $\pm 2,5$ % à 25 °C de 10 à 90 % HR.

- Le thermomètre TES-1367 :

Cet instrument est destiné à obtenir les mêmes paramètres climatiques suscités mais avec des intervalles et une précision différents : température : -20°C à 60°C (-4°F à 140°F) avec les précisions : ± 0.8 °C, ± 1.5 °F. Pour l'humidité : 1% HR - 99% HR d'une exactitude de ± 3 %HR.

- Thermo-Anémomètre PROVA AVM-07 :

Par cet appareil, on peut prendre des valeurs de la vitesse de l'air d'une gamme de 0.0 à 45 m/s avec une résolution de ± 0.1 m/s. Il peut mesurer aussi la température de l'air de 0° à 50°C avec une humidité relative inférieure à 80%. L'astuce consiste à orienter la sonde à hélice à la direction du courant d'air.

- Luxmètre :

Le luxmètre BF06-TROTEC est un appareil qui mesure l'éclairement lumineux à intérieur et en extérieur, cet appareil de qualité développé et fabriqué par TROTEC. Ses caractéristiques techniques : les unités de mesure sont : Lux (lx) ou lumen par pied carré (fc), la plage de mesure est entre 0 et 40.000 lux avec une précision de ± 5 % (résolution : 0,1 lux)

- Thermomètre infrarouge DT-8839 :

Il s'agit d'un thermomètre à infrarouge haute température CEM DT-8839. L'instrument permet de mesurer les températures surfaciques. Le principe de mesure repose sur la quantité d'énergie infrarouge rayonnée par la surface avec un intervalle de -50 à 1000°C (-58.00 à 1832°F) d'une résolution de 0.1°C (0.1°F).

2. Les plans sur les cas d'étude :

2.1. Le 1^{er} cas : maison de la culture

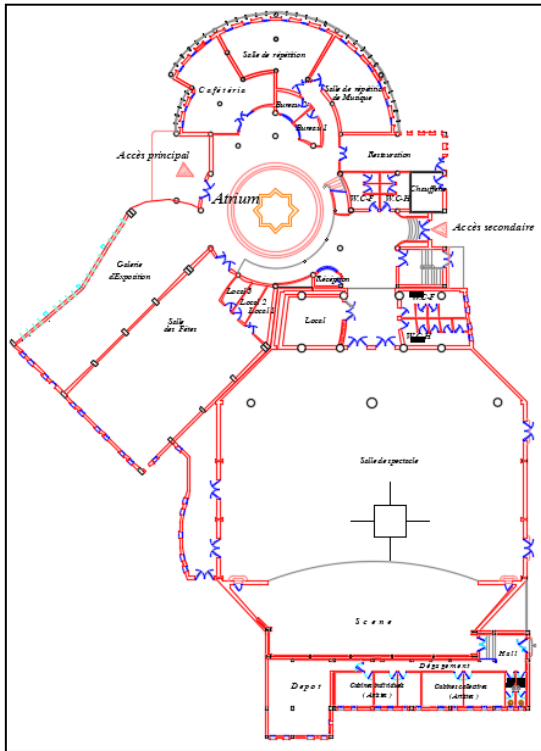


Figure 1 : plan RDC

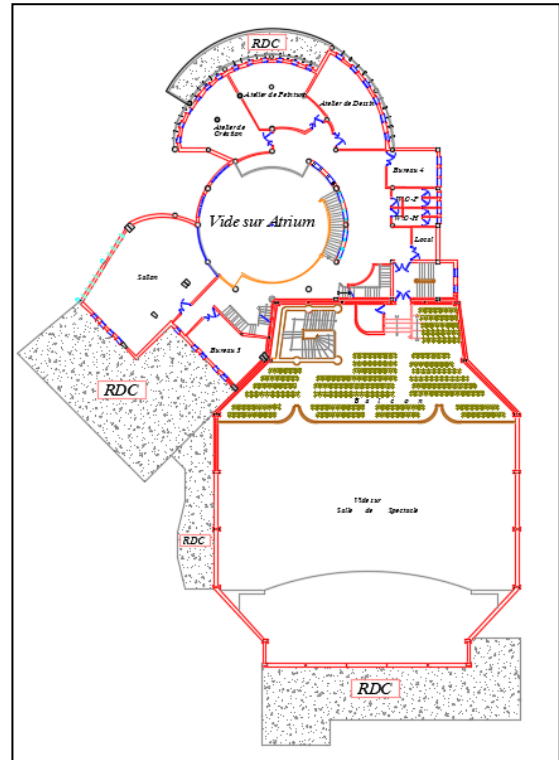


Figure 2 : plan 1^{er} étage

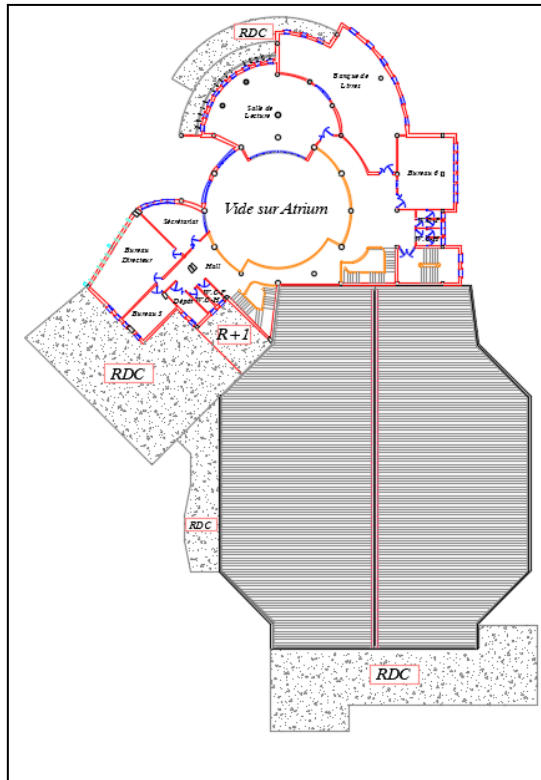


Figure 3 : plan 2^{eme} étage

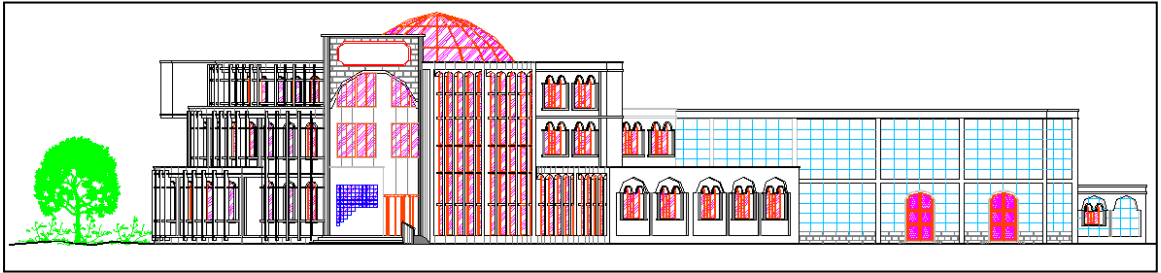


Figure 4 : Façade principale

2.2. Le 2^{ème} cas : Faculté de droits et des sciences politiques



Figure 5 : Plan RDC

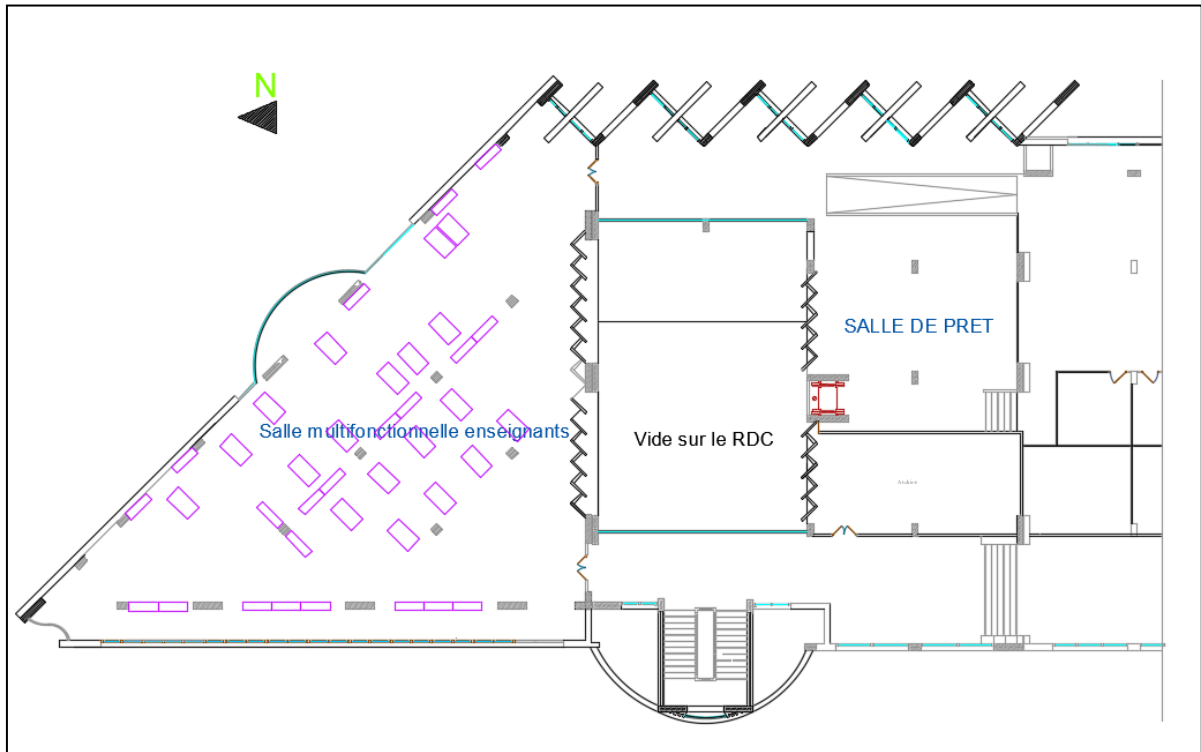


Figure 6 : Plan 1^{er} étage

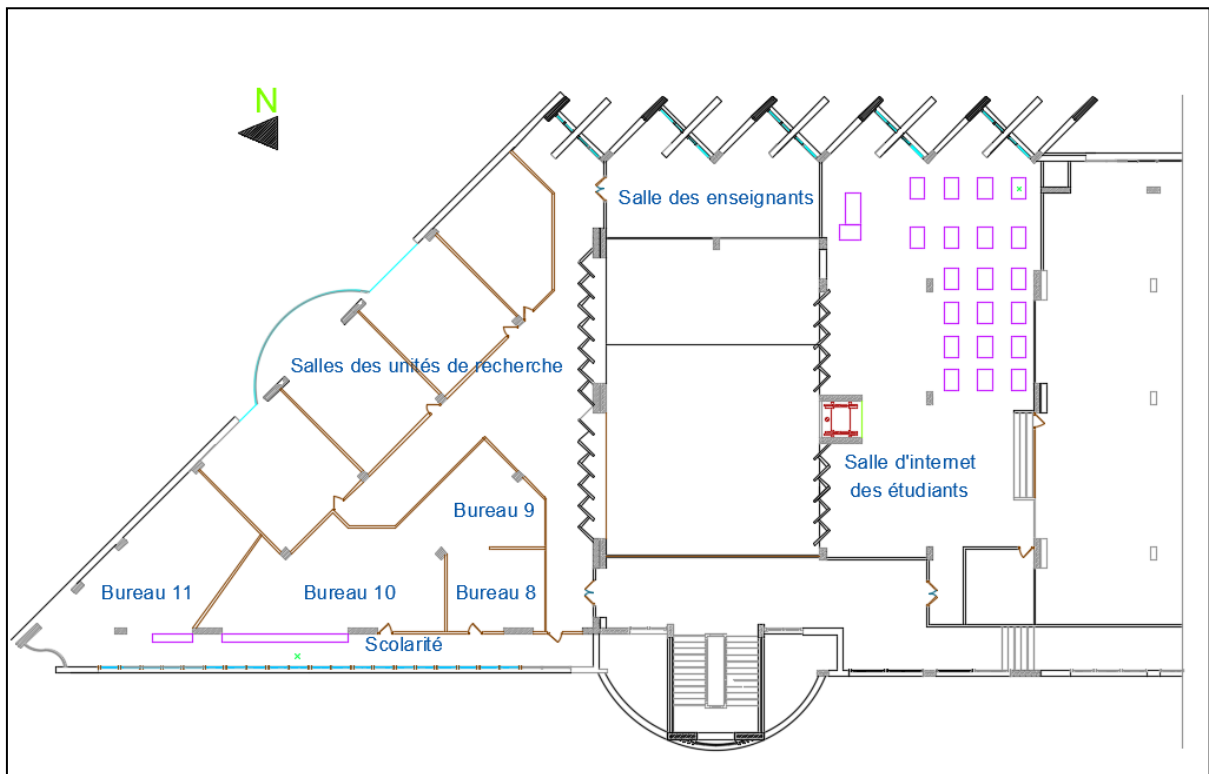


Figure 7 : Plan 2^{ème} étage

2.3. Emplacement de prise de mesures : faculté de droits et des sciences politiques



Figure : Emplacement de prise de mesures horizontal pour chaque niveau

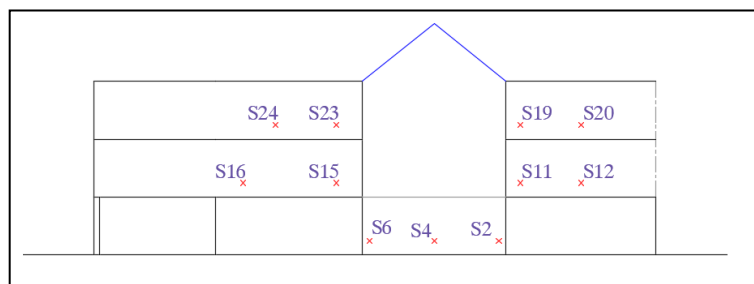


Figure : Emplacement de prise de mesures vertical

3. Résultats de l'investigation in situ : l'évaluation de l'éclairage artificiel par les travailleurs :

3.1. Maison de la culture :

3.1.1. Période de printemps : 24 mai 2016

3.1.1.1. L'Emploi de l'éclairage artificiel :

D'après ce graphe, seulement 2,94 % n'utilisent pas l'éclairage électrique et la majorité l'emploie souvent ou de temps en temps respectivement avec les pourcentages 17,64 % et 79,41 %.

Le recours à ce moyen artificiel est le plus souvent durant les jours nuageux, où nous signalons son utilisation durant toute la journée (39,39 %), l'après-midi (21,21 %) et le matin (24,24 %). Par contre, dans les jours clairs, même en été, l'éclairage artificiel est moins utilisé. Les participants travaillent sous un éclairage artificiel surtout le matin (24,24 %).

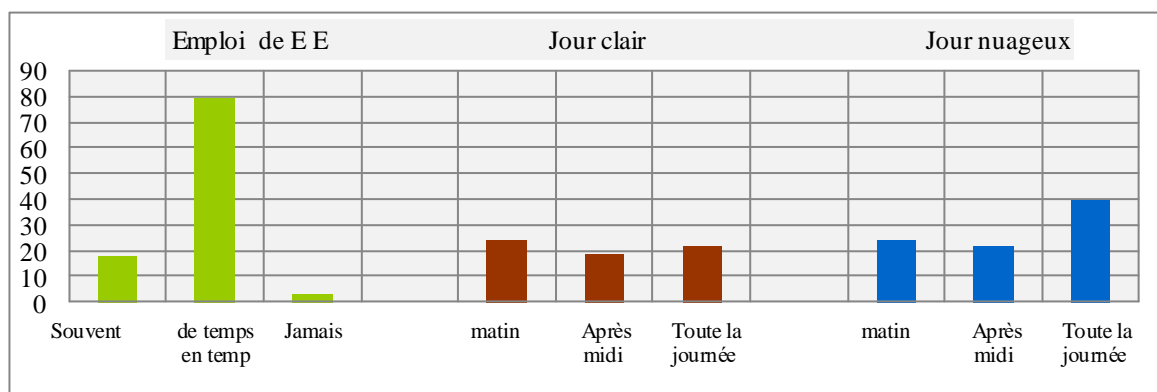


Figure 1 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 24/05/2016)

3.1.1.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

La gêne provoquée par l'éclairage artificiel est mentionnée dans le graphe ci-dessous, la plus citée est le vote pas du tout (67,64 %), puis un peu (26,47 %) et enfin modérément (5,88 %). Alors qu'en matière d'éclairage générale, les salariés répondaient d'une manière positive vis-à-vis du climat lumineux, où 88,23 % évoquent l'impression de satisfaction. Seuls 11,76 % des travailleurs ne sont pas satisfaits.

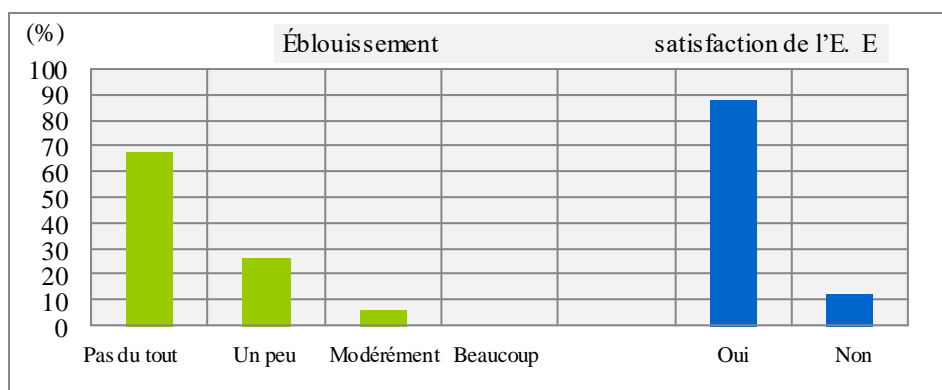


Figure 2 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 24/05/2016)

3.1.1.3. Satisfaction de la qualité de cadre :

L'ensemble des usagers expriment une satisfaction globale relative à leur cadre de travail, la valeur la plus élevée est l'évaluation bonne (52,94 %), puis moyenne (32,35 %) et enfin très bonne (5,88 %). Cependant, il faut noter qu'il y a des gens qui ne sont pas satisfaits (mauvaise : 8,82 %).

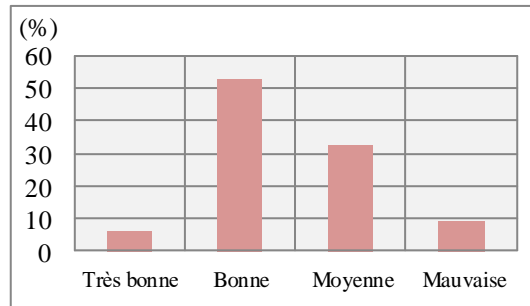


Figure 3 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 24/05/2016)

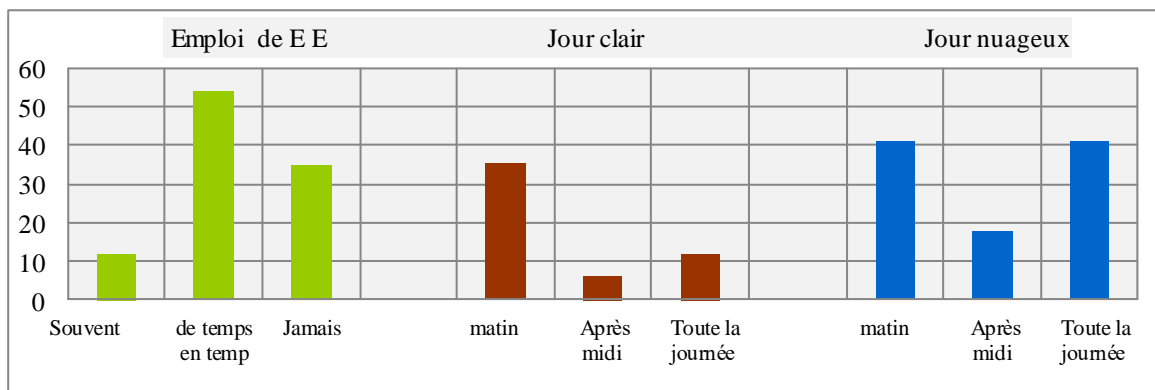
3.1.2. Période d'été :

3.1.2.1. L'Emploi de l'éclairage artificiel :

D'après ce graphe, les usagers utilisent l'éclairage électrique souvent ou de temps en temps. Mais nous enregistrons aussi un taux de 34,61 % qui n'ont jamais l'employé.

Les résultats ont révélé la période de la journée sur d'emploi d'éclairage électrique, un grand nombre l'emploient le matin (jour clair).

Pour le jour nuageux, les votes se repartent entre : matin, après midi et toute journée. Par ailleurs, il est important de noter que le recours à l'éclairage électrique est plus fréquent



dans les journées où il n'y a pas de soleil (ou bien le matin pour la journée ensoleillée).

Figure 4 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 24/07/2016)

3.1.2.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

Eblouissement provoqué par l'éclairage électrique n'est pas assez important, nous enregistrons seulement 30,76 % des travailleurs répondent par les termes un peu, modérément 3,84 % et beaucoup 3,84 %. Parallèlement, il est intéressant de noter que la plupart des salariés sont satisfaits de l'éclairage artificiel.

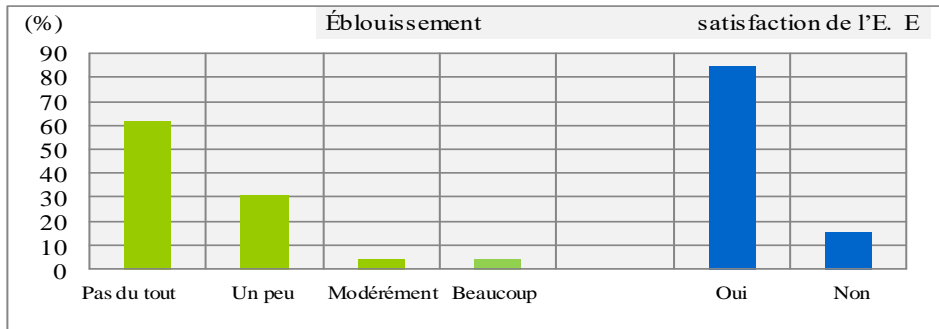


Figure 5 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 24/07/2016)

3.1.2.3. Satisfaction de la qualité de votre cadre :

D'une façon générale, les personnels sont satisfaits par les conditions générales du travail (très bonne 7,69%, bonne 57,69%, moyenne 30,76%).

Par contre, certains employés perçoivent négativement leurs situations de travail (mauvaise 3,84 %).

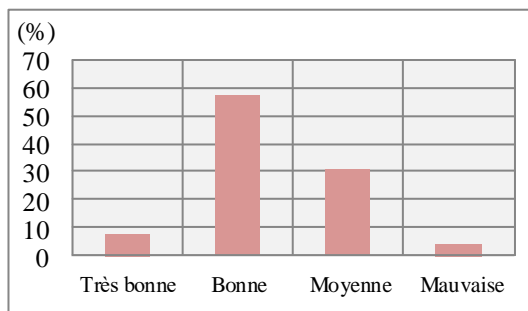


Figure 6 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 24/07/2016)

3.1.3. Période d'hiver :

3.1.3.1.7 L'Emploi de l'éclairage artificiel :

Les employés utilisent l'éclairage électrique de temps en temps et souvent. Durant le jour clair, l'éclairage est allumé toute la journée (25 %), le matin et après-midi avec un taux (31,25 %). Il est intéressant de noter que durant le jour nuageux 72 % des participants ont indiqué qu'en hiver, l'éclairage de bureau reste allumé plus de 6 heures par jour. Ceci est même le cas en été pour près d'un tiers des personnes interrogées.

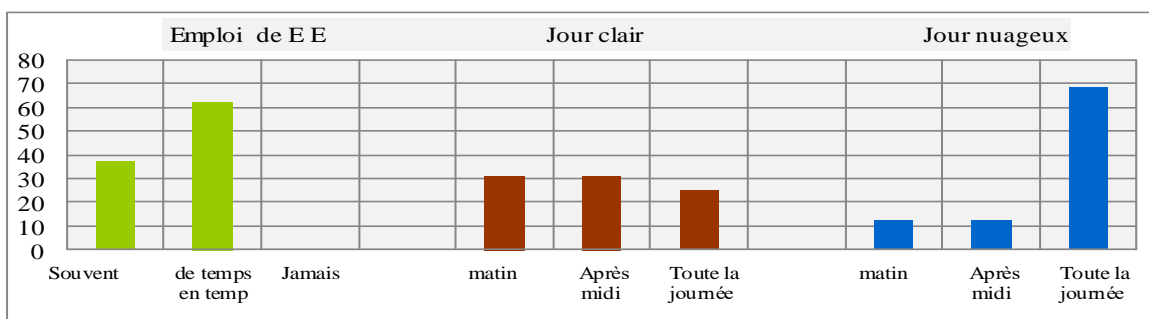


Figure 7 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 15/01/2017)

3.1.3.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

L'éclairage électrique est considéré comme non-éblouissant (pas du tout 80 %). En général, les usagers sont satisfaits de l'éclairage électrique.

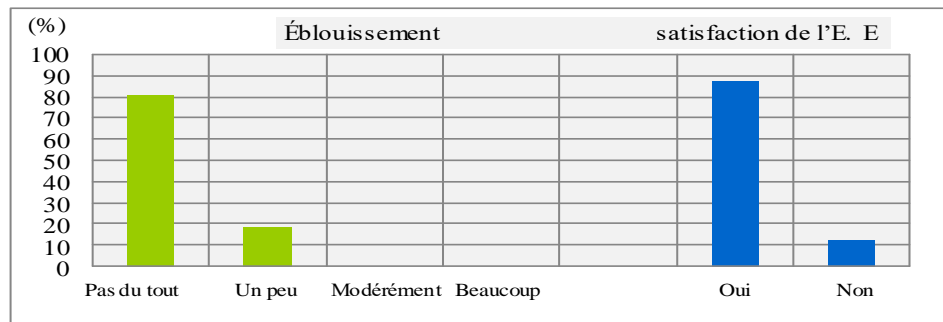


Figure 8 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 15/01/2017)

3.1.3.3. Satisfaction de la qualité de cadre :

Les employés expriment leur satisfaction du cadre du travail par les termes suivants : moyenne, bonne et très bonne respectivement avec les pourcentages 43,75 % 31,25 % et 25 %.

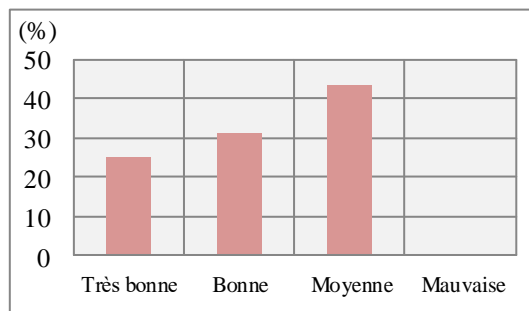


Figure 9 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 15/01/2017)

3.2. Faculté : de droits et des sciences politiques

3.2.1. Période de printemps : 17 mai 2016

3.2.1.1. L'Emploi de l'éclairage artificiel :

D'après ce graphe, l'éclairage électrique est utilisé : souvent 48,64%, de temps en temps 40,54%. Et seulement 10,81% n'emploient pas ce moyen pour mieux éclairer leur espace.

À ciel clair, son emploi est surtout toute la journée 47, 61% et le reste est réparti entre le matin et le soir. À ciel nuageux, les travailleurs recourent à l'éclairage électrique surtout toute la journée 48, 27%, l'après-midi 31,03%, et le reste l'emploie le matin 20,68%.

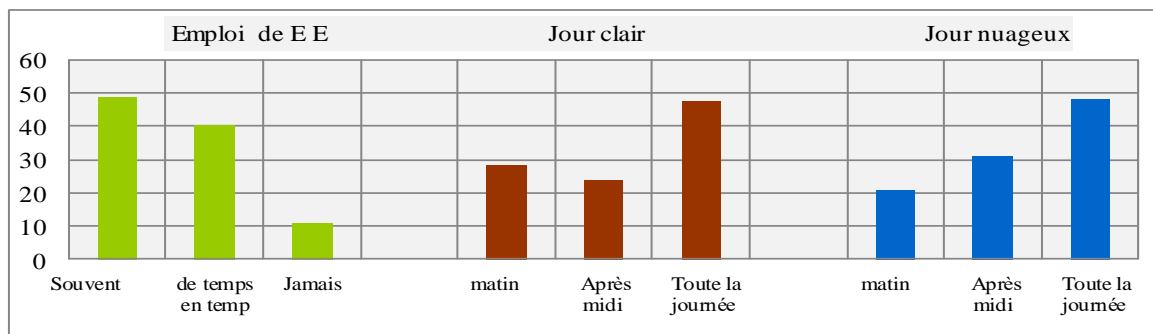


Figure 10 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 17/05/2016)

3.2.1.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

La gêne provoquée par l'éclairage artificiel est mentionnée dans le graphe ci-dessous, la plus citée est le vote pas du tout 48,64 %, puis un peu 32,43 % et enfin modérément 10,81%. Alors qu'en matière d'éclairage général, les salariés répondaient d'une manière presque égale vis-à-vis du climat lumineux, où 56,75 % évoquent l'impression de satisfaction. Seuls 43,24% des travailleurs ne sont pas satisfaits.

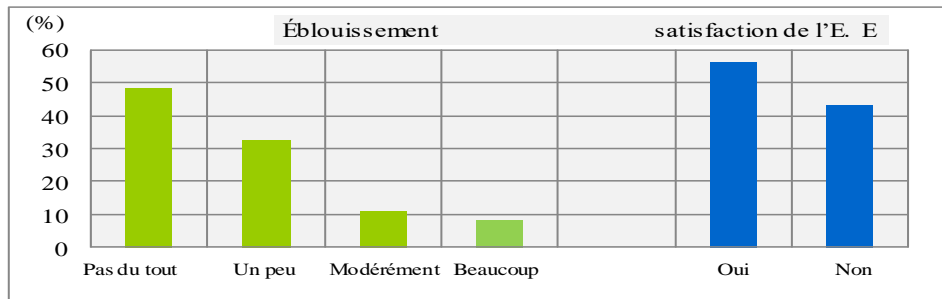


Figure 11 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 17/05/2016)

3.2.1.3. Satisfaction de la qualité de cadre :

Globalement, les personnels se sentent satisfaits par les conditions générales du travail (moyenne 51,35%, bonne 24,32%, très bonne 2,7%). Par contre, certains employés perçoivent négativement leurs situations de travail (mauvaise 21,62%).

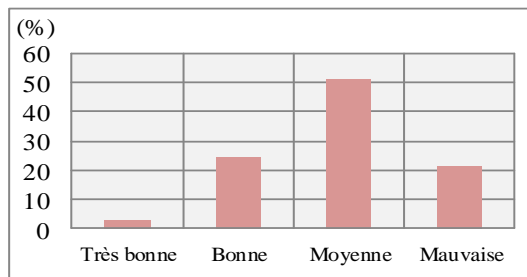


Figure 12 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 17/05/2016)

3.2.2. Période d'été : 18/07/2016

3.2.2.1. L'Emploi de l'éclairage artificiel :

La majorité des usagers utilisent l'éclairage électrique de temps en temps 64,28% ou souvent 21,42%. A ciel clair, l'emploi d'éclairage électrique est essentiellement le matin 62,42%. A ciel nuageux, les votes se repartie entre : toute journée, après-midi et matin.

Par ailleurs, il est important de noter que le recours à l'éclairage électrique est plus fréquent dans les journées où il n'y a pas de soleil

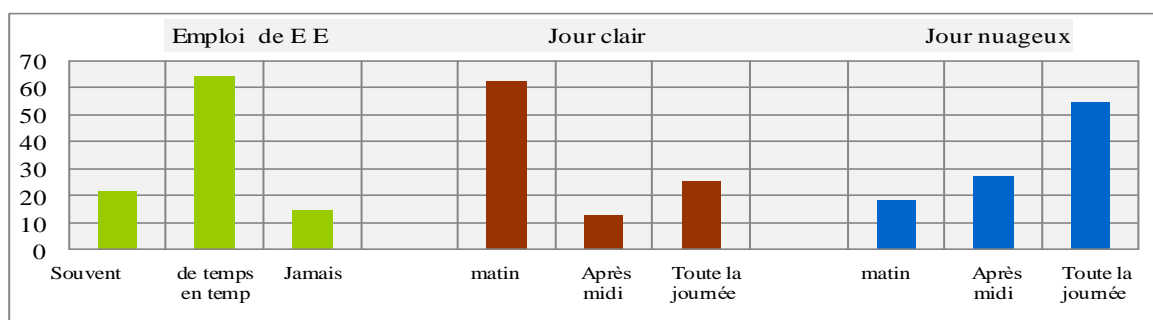


Figure 13 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 18/07/2016)

3.2.2.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

L'éblouissement provoqué par l'éclairage électrique est important. Nous enregistrons des travailleurs répondent par les termes un peu 42,85%, modérément 7,14% et beaucoup 14,28%. Parallèlement, il est intéressant de noter que la plupart des salariés sont satisfaits de l'éclairage artificiel 64,28%.

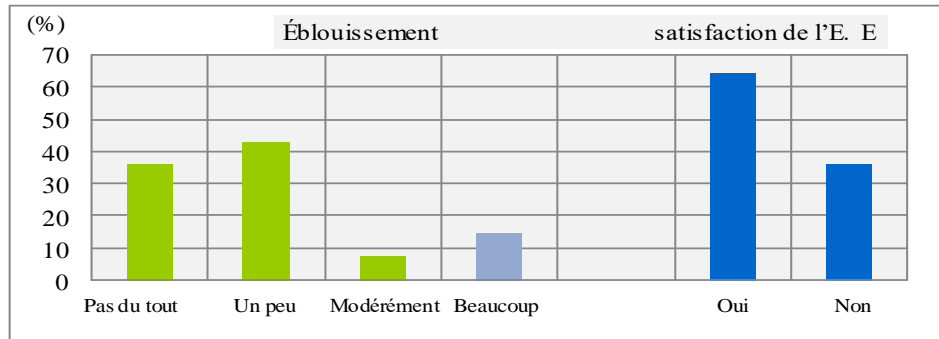


Figure 14 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 18/07/2016)

3.2.2.3. Satisfaction de la qualité de cadre :

D'une façon générale, les personnels se sentent satisfaits par les conditions générales du travail. Bonne 42,85%, moyenne 28,57%, très bonne 7,14%

Par contre, certains employés perçoivent négativement leurs situations de travail (mauvaise 21,42 %)

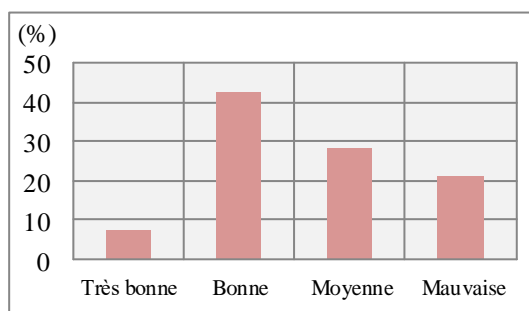


Figure 15 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 18/07/2016)

3.2.3. Période d'hiver : 10/01/2017

3.2.3.1. L'Emploi de l'éclairage artificiel :

D'après ce graphe, l'éclairage électrique est utilisé : souvent 52, 17%, de temps en temps 43, 47%. Et seulement 4, 34% n'emploient pas ce moyen pour mieux éclairer leurs espace. À ciel clair, son emploi est surtout le matin 43, 47% et toute la journée pour d'autres. À ciel nuageux, les travailleurs recourent à l'éclairage électrique surtout l'après-midi 40, 9%, le matin 31,81%, et le reste l'emploient toute la journée 27, 27%.

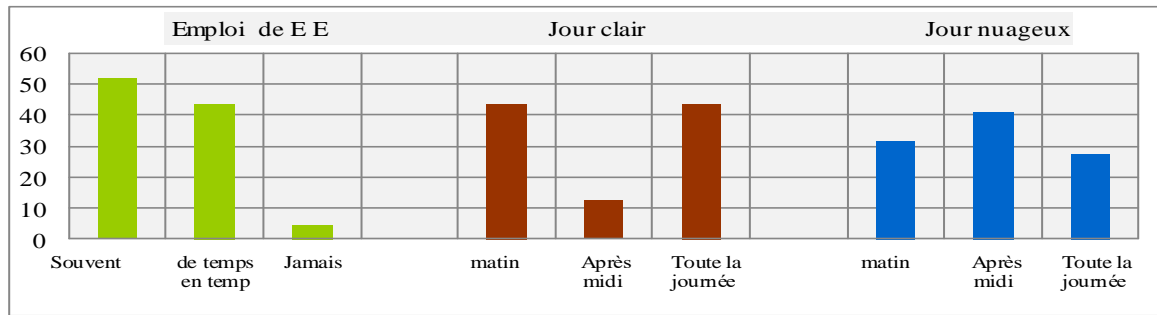


Figure 16 : L'évaluation de l'éclairage artificiel (le 10/01/2017)

3.2.3.2. L'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique :

60,86% des occupants des salaires indiquent l'absence de l'éblouissement dû à l'éclairage électrique. Cependant, pour d'autres ont répondu par un peu.

La satisfaction l'éclairage électrique est 26.66% des occupants et 13.33% par la réflexion des parois intérieures tandis que les fenêtres 10% des occupant.

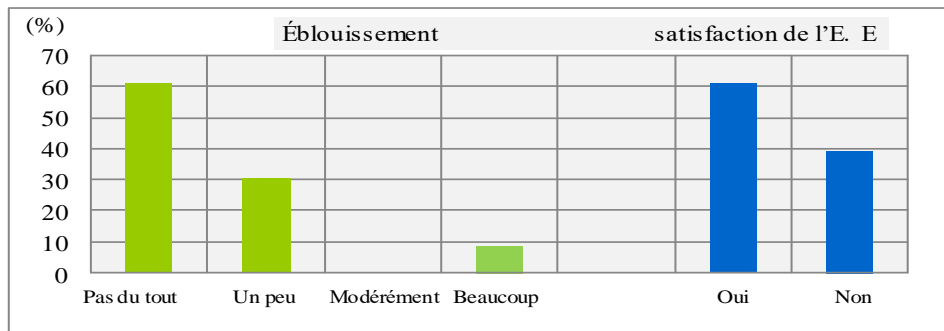


Figure 17 : le degré d'éblouissement et la satisfaction des travailleurs de l'éclairage électrique (le 10/01/2017)

3.2.3.3. Satisfaction de la qualité de cadre :

La satisfaction de la qualité du cadre est jugée globalement moyenne 65,21 %. Le reste des salaires expriment leur avis par les termes suivants : bonne, mauvaise respectivement avec les taux 28,08 % et 8,69%.

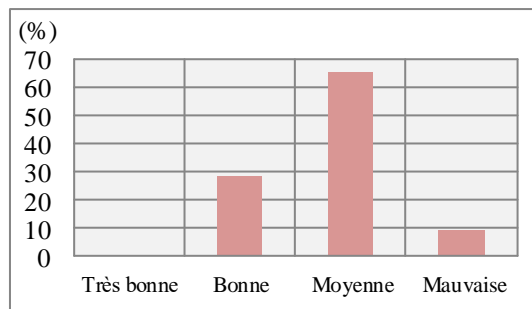


Figure 18 : Satisfaction de la qualité de cadre (le 10/01/2017)

4. Corrélation des jugements perceptifs :

4.1. Maison de la culture :

4.1.1. Période d'été

4.1.1.1. Température de l'air : la relation entre sensation et acceptabilité nous montre que les sensations légèrement froid, neutre et légèrement chaud sont les mieux acceptées. Un seul sujet aime d'avoir plus de froid. Mais pour les autres appréciations, la recherche est d'avoir un peu plus froid et sans changement sont les plus remarquées.

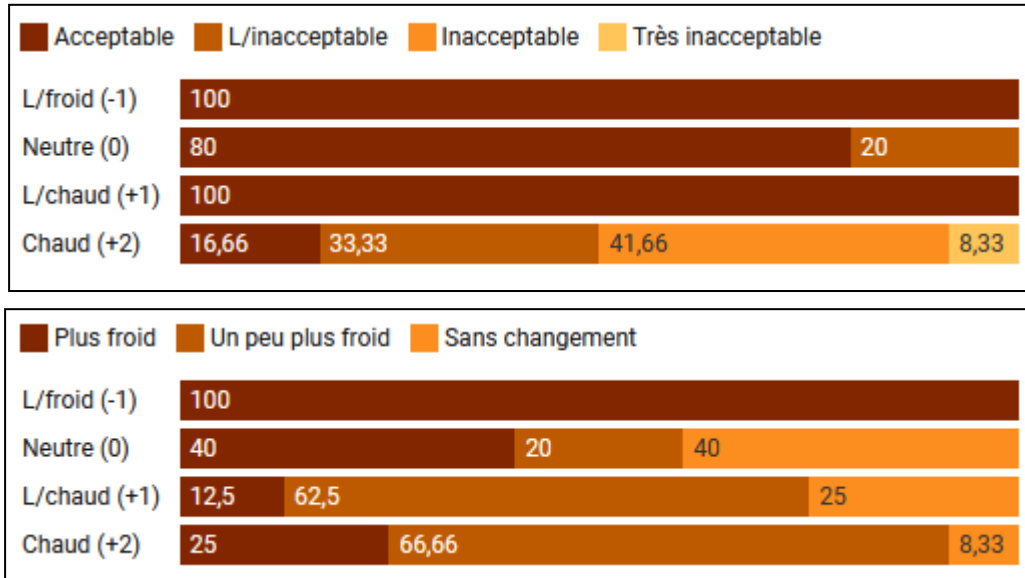


Figure 1 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la température de l'air, été

4.1.1.2. Humidité de l'air : les votes des sujets indiquent que l'environnement est globalement humide. Alors, la sensation très humide correspond à des déclarations d'inacceptable et très inacceptable. Les préférences sont en harmonie avec les sensations et aussi aux acceptabilités des employés. Par exemple, la sensation très humide donne un vote d'inacceptable et une préférence moins d'air humide extrême (1)

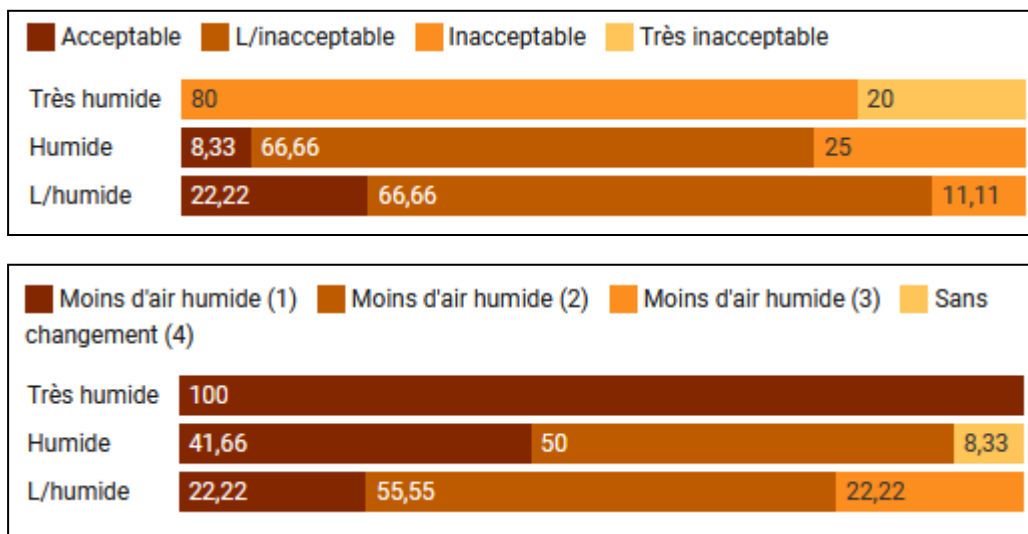


Figure 2 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de l'humidité de l'air, été

4.1.1.3. vitesse de l'air : en tenant compte du courant d'air, l'atmosphère est acceptable et légèrement inacceptable mais malgré cela les employés aiment d'avoir plus de courant d'air surtout pour la perception : calme.

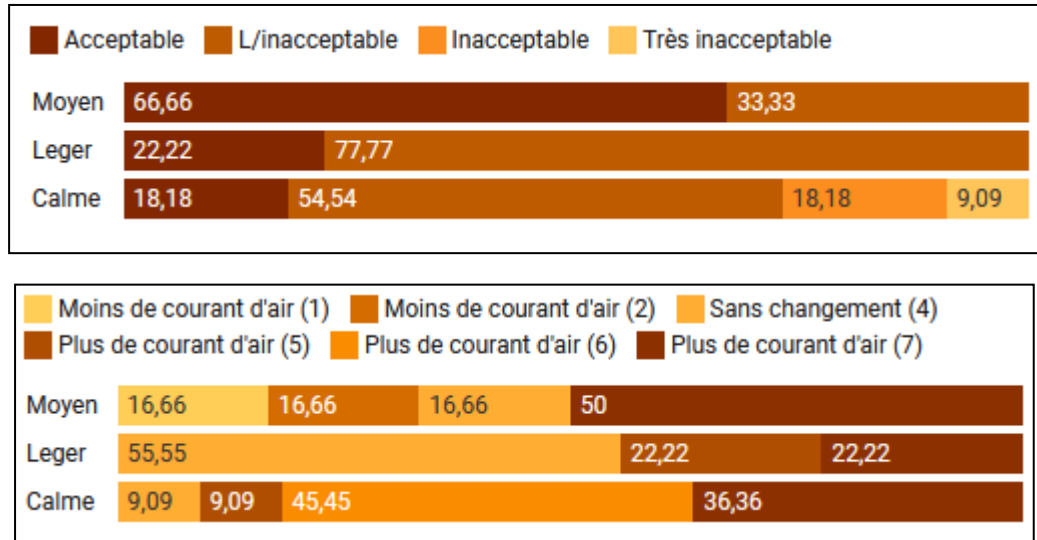


Figure 3 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la vitesse de l'air, été

4.1.2. Période d'hiver

4.1.2.1. Température de l'air : les votes indiquent une ambiance acceptable pour les sensations chaude et très chaude. Les autres ambiances, à partir de la neutralité jusqu'à très froid, connaissent des votes inacceptables et légèrement inacceptables. En effet, les préférences sont surtout la recherche d'un peu plus chaud.

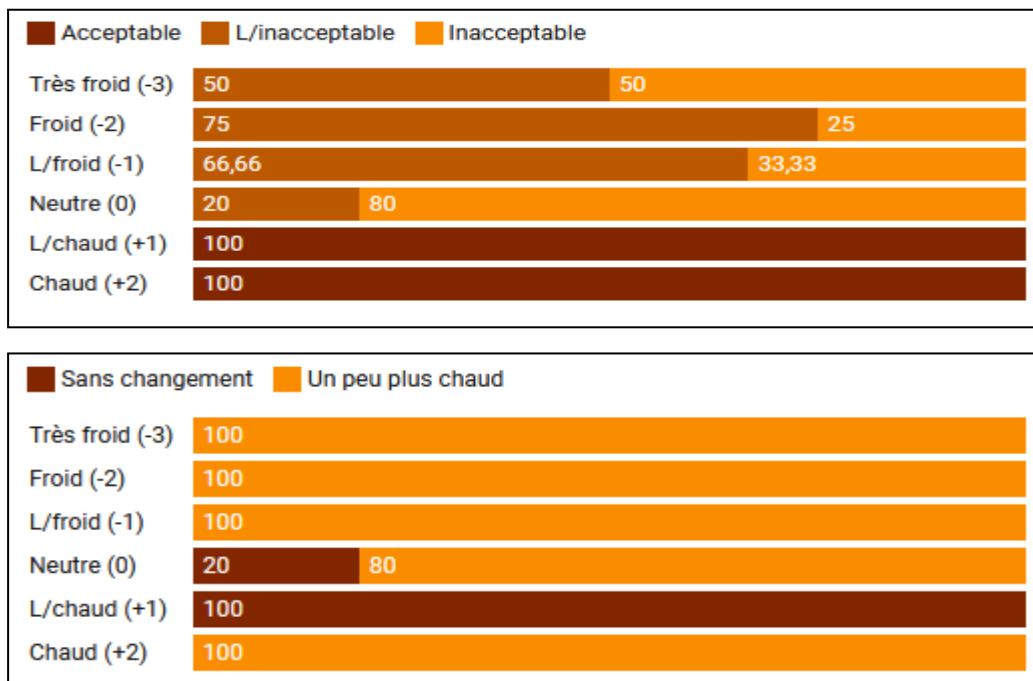


Figure 4 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la température de l'air, hiver

4.1.2.2. Humidité de l'air : dans l'ensemble, malgré l'atmosphère est humide, les sujets déclarent que l'ambiance est acceptable et légèrement inacceptable sauf pour les votes humide et très humide. Par ailleurs, leurs demandes étaient d'avoir moins d'air humide (à part les votes neutre et légèrement humide).

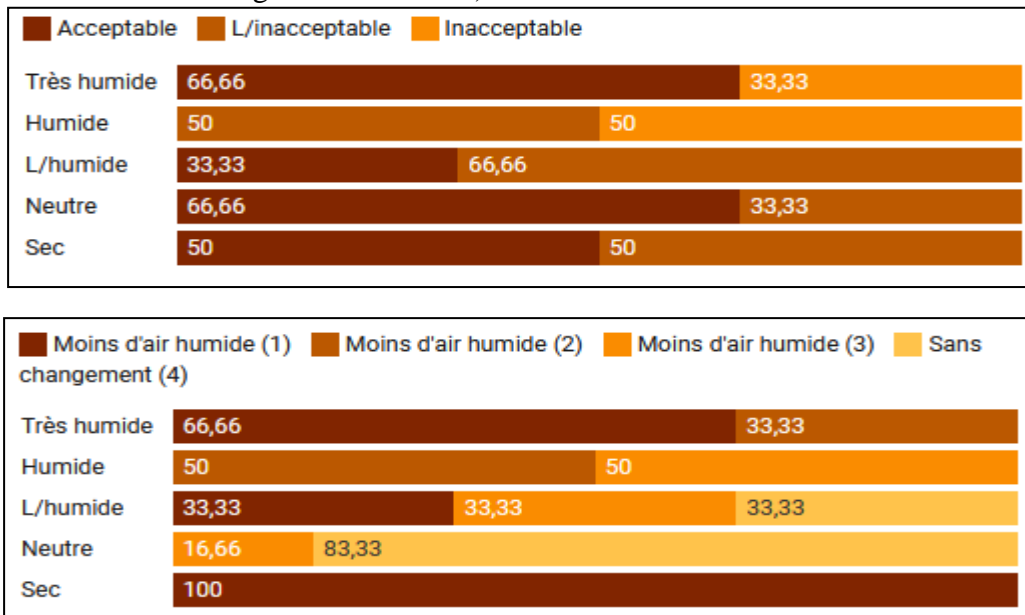


Figure 5 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de l'humidité, hiver

4.1.2.3. Vitesse de l'air : d'une part, les sujets déclarent que la vitesse de l'air est acceptable et légèrement inacceptable pour tous les types du courant d'air. D'autre part, leurs désirs sont d'avoir moins de courant d'air, plus de courant d'air et un ensemble de participants ne souhaitent aucun changement.

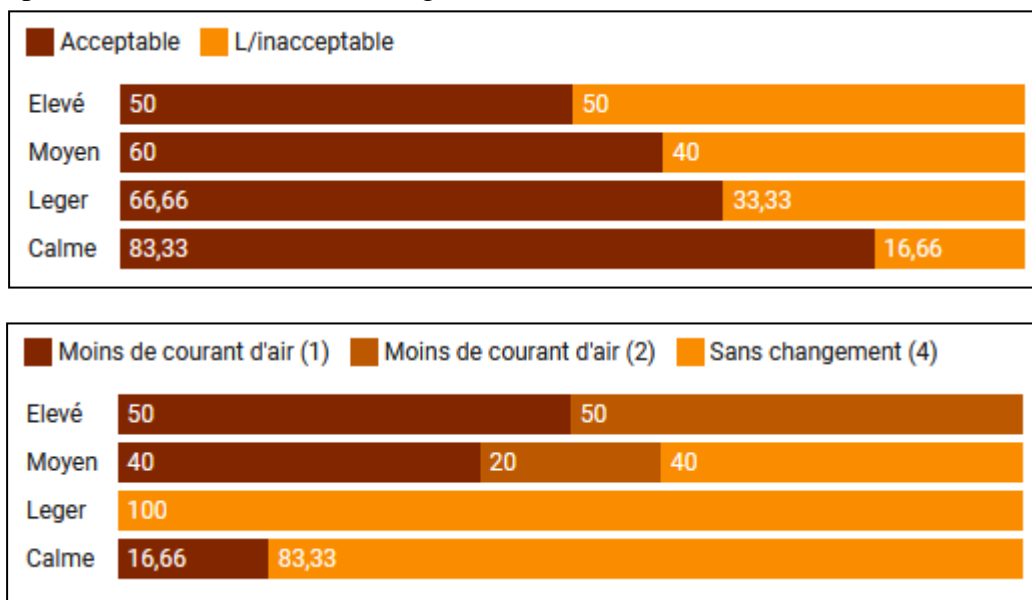


Figure 6 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la vitesse de l'air, hiver

4.2. Faculté de droits et des sciences politiques

4.2.1. Période d'été :

4.2.1.1. Température de l'air :

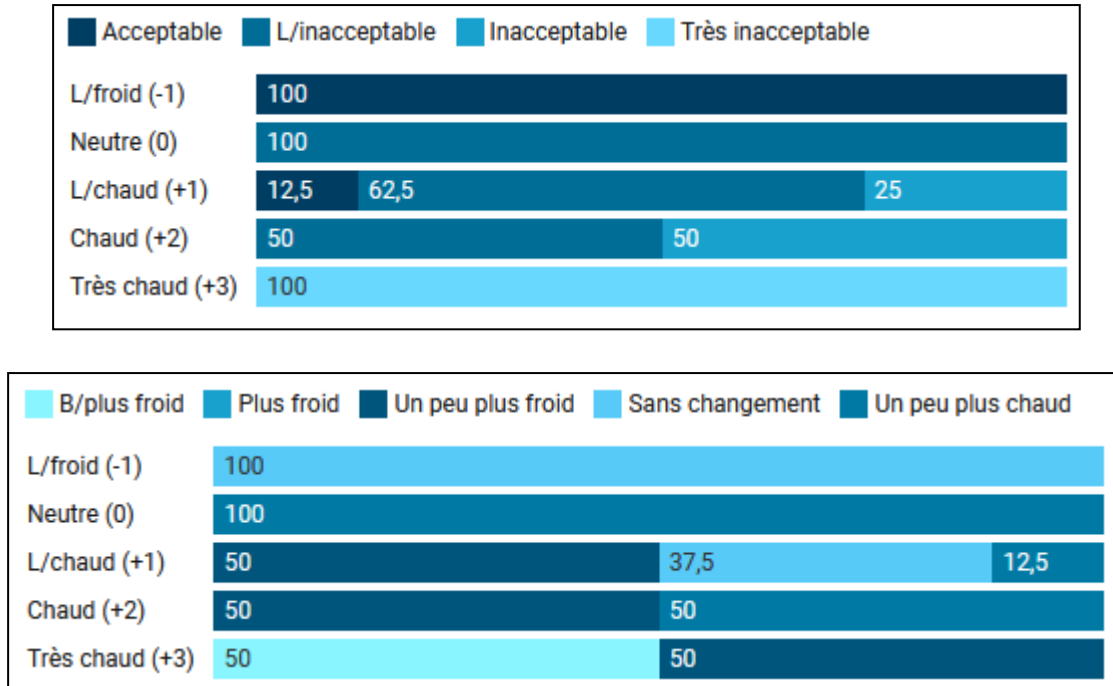


Figure 1 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la température de l'air

4.2.1.2. Humidité de l'air :

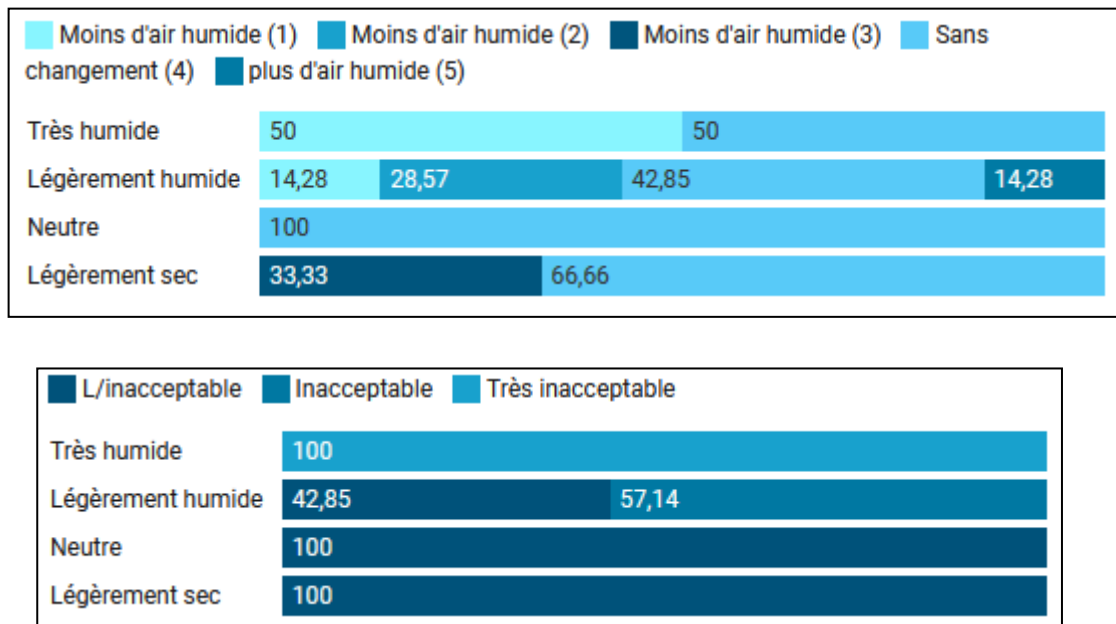


Figure 2 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de l'humidité relative

4.2.1.3. Vitesse de l'air :

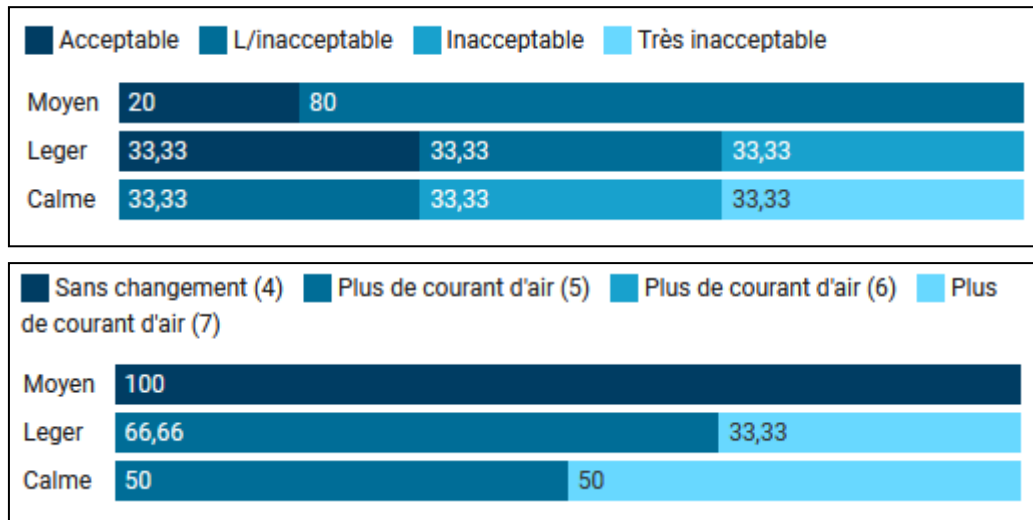


Figure 3 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la vitesse de l'air

4.2.2. Période d'hiver

4.2.2.1. Température de l'air :

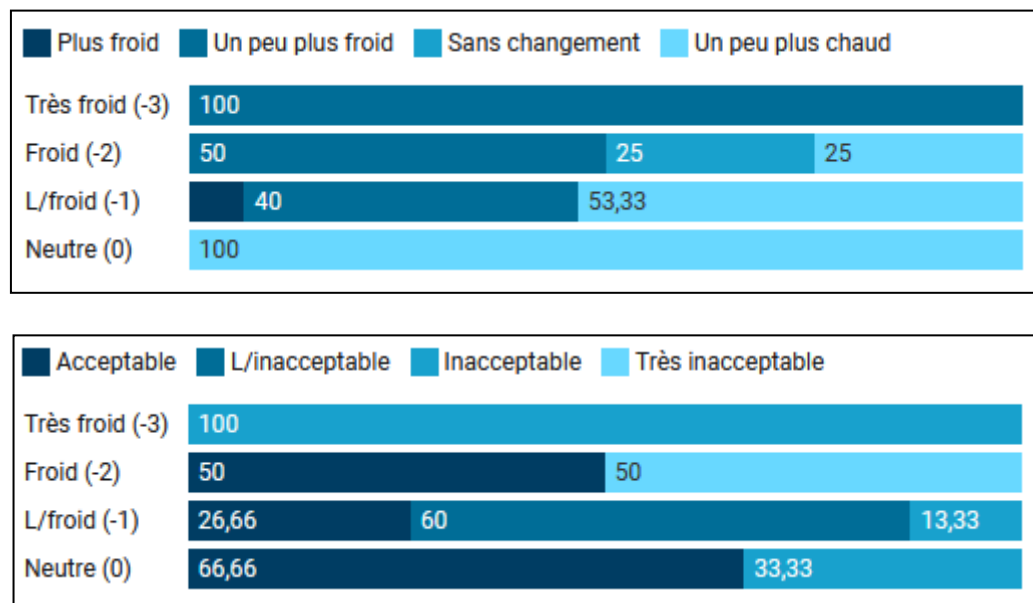


Figure 4 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la température de l'air

4.2.2.2. Humidité de l'air :

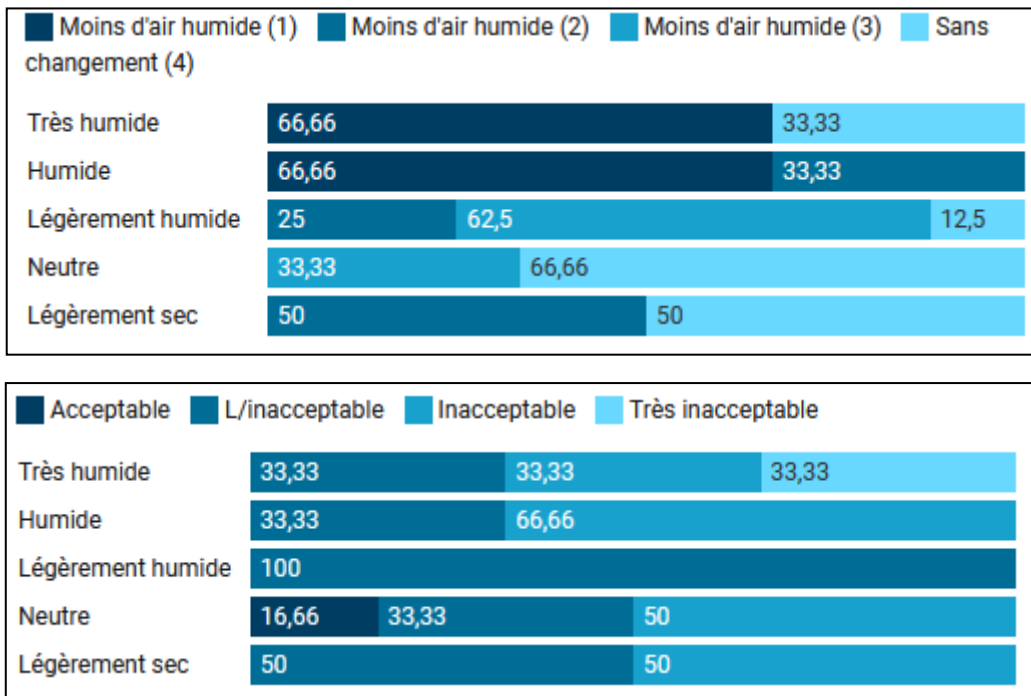


Figure 5 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de l'humidité relative

4.2.2.3. Vitesse de l'air :

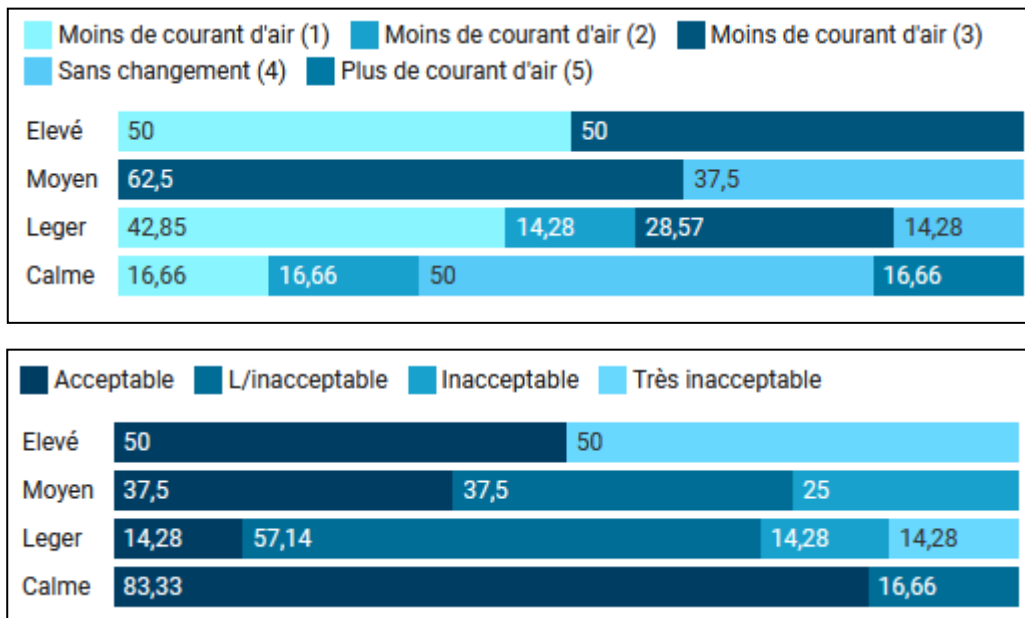


Figure 6 : Distribution des votes d'acceptabilité et de préférence en fonction des votes de sensation de la vitesse de l'air

5. Vues intérieures sur l'atrium : taches solaires

















5.1. Maison de la culture :

Tableau 1 : Photos sur la maison de la culture

Printemps : 24 mai 2016					
	8h32	9h36	10h29	14h27	15h29
Eté : 24 Juillet					
	8h30	9h42	10h19	14h30	
				15h34	
Hiver : 12 Janvier		8h29			11h23
		9h22	10h18		13h27
Sources de lumière gênantes		Le 15/01/2017 à 10h22		Le 23/05/2016 à 8h47	
					Le 15/01/2017 à 9h22

5.2. Faculté de droits et sciences politiques :

Tableau 2 : Photos sur la Faculté de droits et sciences politiques

<p>Printemps : 17 mai 2016</p>	 <p>8h53</p>	 <p>10h49</p>	 <p>14h16</p>	 <p>15h11</p>	
<p>Eté : 18 Juillet</p>	 <p>8h30</p>	 <p>9h37</p>	 <p>10h41</p>	 <p>13h51</p>	
<p>Hiver : 12 Janvier</p>	 <p>8h26</p>	 <p>9h42</p>	 <p>10h35</p>	 <p>14h07</p>	 <p>15h01</p>
<p>Sources de lumière gênantes</p>	 <p>Le 17/05/2016 à 9h15</p>	 <p>Le 17/05/2016 à 8h32</p>	 <p>Le 18/07/2016 à 10h28</p>		

6. Le questionnaire

Questionnaire sur le confort et l'ambiance thermo-lumineuse :

Recherche de Doctorat sous le thème : les **ambiances thermo-lumineuses dans les édifices à atrium** (Cas d'étude : maison de la culture)

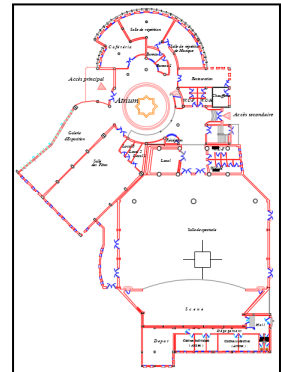
I. Date et espace :

D'abord il faut indiquer la date, l'espace et l'heure de remplissage de cette fiche (cochez la pièce sur le plan):

Date :

Heure :

Espace :



Ensuite décrivez-vous les conditions générales suivantes :

Porte : ouverte fermée

Fenêtre 1 : ouverte fermée

Fenêtre 2 : ouverte fermée

Climatiseur est en marche ventilateur est en marche

II. Informations personnels :

Fonction :

Sexe : Homme : Femme :

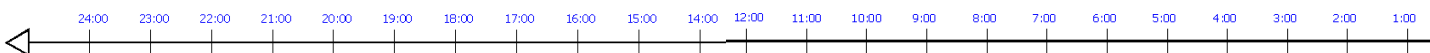
Age : >20 20-34 ans 35-49 ans plus de 50ans

III. Questions sur le climat et la perception thermiques :

1. Pour vous quel est le mois le plus chaud ?

Juin Juillet Aout Septembre

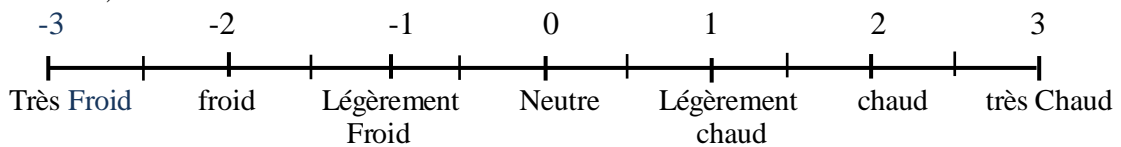
2. Sélectionnez sur cette flèche la période de la journée où vous sentez à l'aise vis-à-vis de la température ? (Veillez barrez la période correspondante)



3. La perception du climat intérieur :

3. a. Température :

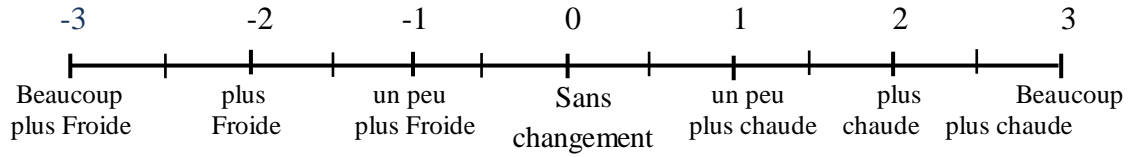
-Quelle température ressentez-vous en ce moment ? (placez une croix sur le numéro qui vous convient) ?



-Trouvez-vous cette température...? (cochez la case appropriée)

Acceptable Légèrement inacceptable Inacceptable Très inacceptable

-Est ce que vous souhaitez une température ?



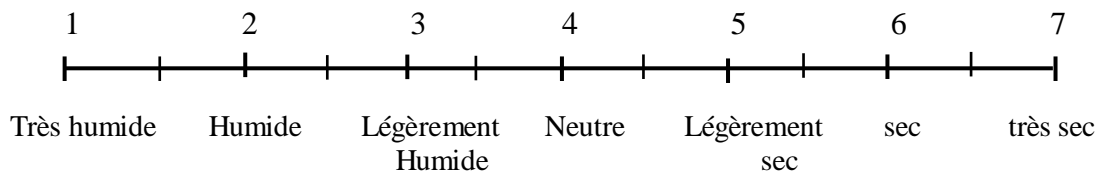
Pour vous, quelle est la température de confort ?



3.b. L'humidité de l'air :

-Est ce que vous ressentez l'humidité de l'air ? Oui Non

-Pensez-vous que l'air est :



-Trouvez-vous cela.....? (cochez la case appropriée)

Acceptable Légèrement inacceptable Inacceptable Très inacceptable

-Est ce que vous souhaitez ? (cochez la case appropriée)

Moins d'humidité

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

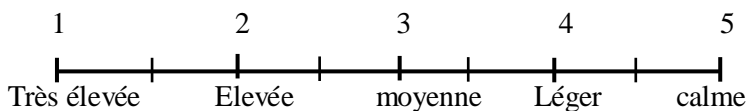
 Plus d'humidité

Sans changement

3.c. La vitesse de l'air :

-Sentez-vous maintenant un mouvement d'air? Oui Non

-Si oui, cochez la case qui vous convient



-Trouvez-vous cela...? (cochez la case appropriée)

Acceptable Légèrement inacceptable Inacceptable Très inacceptable

-Est ce que vous souhaitez ?

Moins de courant d'air

1	2	3	4	5	6	7
---	---	---	---	---	---	---

 Plus de courant d'air

Sans changement

En tenant compte des trois paramètres (température, humidité, vitesse de l'air), l'ambiance thermique globale dans votre bureau est :

Très satisfaisant Satisfaisant Légèrement satisfaisant Insatisfaisant Très insatisfaisant

7. Ajustements comportementaux :

Quand la chaleur est très élevée dans votre bureau, quelle action vous entreprenez ?

(Veuillez cocher **la case** ou **les cases** qui vous convient)

Mettre les stores	Éteindre les lampes de bureau	
Ouvrir les stores	Prendre un bain entre 12h00-13h30	
Fermer la porte et fenêtres du bureau	Boire de l'eau où une autre boisson froide	
Ouvrir la porte et fenêtres du bureau	Déplacer vers un autre bureau (ou un autre espace)	
Mettre en marche le climatiseur ou le ventilateur	Autre.....	
Contrôler le fonctionnement de la climatisation ou le ventilateur	
Eteindre l'ordinateur pour un bon moment	

8. Ajustements physiologiques :

8.a-Lorsqu'il est fait chaud, sentez-vous de la sueur sur votre peau ? Oui Non

Si Oui : Quelle est la partie de votre corps la plus humide ?

Le visage les mains le dos la panse les pieds

Autre, à préciser

-Est ce que cela vous gêne ?

Beaucoup un peu pas tellement

-Pendant la même journée, vous-il arrivé de changer les vêtements à cause de la sueur?

Oui Non

Si Oui pourquoi ?.....

IV. Questions sur le climat et la perception lumineuses :

IV.1- Eclairage naturel :

-Pour votre travail au bureau usez-vous le plus souvent de

L'ordinateur le papier autre (préciser) :

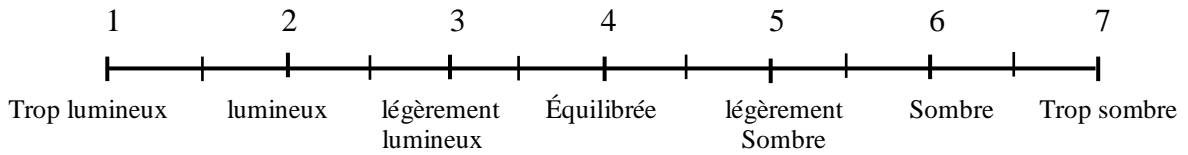
-La quantité de lumière pour travailler sur le bureau vous paraît-elle ?

Très faible Faible Convenable Forte Très forte

-La quantité de lumière pour travailler sur écran vous paraît-elle ?

Très faible Faible Convenable Forte Très forte

-Evaluez la luminosité de cet espace de travail?



-Est-ce que la lumière est bien répartie à l'intérieur de votre bureau ? Oui Non

-Pensez-vous que la lumière naturelle garde les couleurs de l'aménagement de votre bureau ? Oui Non

Si oui, est ce que la perception des couleurs est :

Faible moyenne bonne élevée

-Avez-vous été ébloui par l'éclairage naturel?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup

-Avez-vous constaté des ombres gênantes ? Oui Non

- Etes-vous gêné(e) par les tâches solaires (soleil direct) ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup

Ceci est-il plus fréquent :

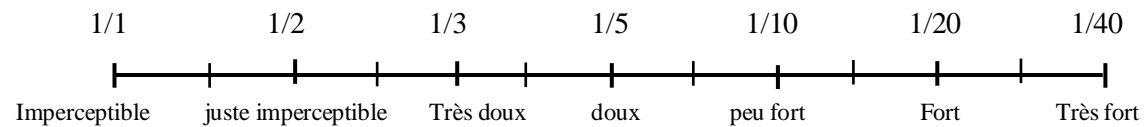
Pas du tout matin après midi toute la journée

-Pensez-vous qu'une protection solaire est nécessaire ? Oui Non

-Est-ce que vous êtes gêné par la réflexion de la lumière sur les murs ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup

-Le contraste entre les surfaces dans votre bureau est..... ?



-Comment avez-vous trouvé l'éclairage général ?

Très agréable Agréable Plutôt désagréable Très désagréable

-Etes-vous globalement satisfait de la qualité de l'éclairage ?

Pas du tout Pas très Moyennement Plutôt Très

IV.2- Eclairage électrique :

- Allumez-vous l'éclairage électrique durant votre travail ?

Souvent de temps en temps jamais

- Quand, précisez : jour clair : matin après midi toute la journée

 Jour nuageux : matin après midi toute la journée

- Avez-vous le réflexe d'éteindre l'éclairage artificiel quand il n'est pas nécessaire ?

Oui Non

Si oui, à quel moment de la journée ? Plusieurs choix sont possibles

A chaque sortie du bureau	<input type="checkbox"/>
A l'heure du déjeuner	<input type="checkbox"/>
Après midi	<input type="checkbox"/>

- Avez-vous été ébloui par l'éclairage électrique ?

Pas du tout Un peu Modérément Beaucoup

- Etes-vous satisfait de l'éclairage électrique de votre bureau ? Oui Non

- Les luminaires du plafond sont-ils éblouissants ?

Pas du tout Un peu Assez éblouissant Très éblouissant

- Quelle est votre satisfaction de la qualité de votre cadre de travail ?

Très bonne	Bonne	Moyenne	Mauvaise
<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

- Est-ce qu'il y a d'autres sources de gênes dans votre bureau ? Oui Non

Si oui, citez-les :

Commentaires et conclusion :

Merci d'ajouter ici, si vous voulez quelques commentaires liées aux questions citées ci-dessus ou autres notes que vous estimez avoir une influence sur l'ambiance thermique ou lumineuse dans votre bureau.

.....

* Merci pour votre coopération et le temps que vous avez consacré à ce questionnaire

ANNEXES

ANNEXE D :

1. Matériaux de constructions employés pour la simulation :

Murs extérieurs						1649.41 m ²
Matériaux	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Enduit plâtre	0.350	1000	936	1.0	10.0	0.03
Enduit ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
brique 10	0.700	1400	936	10.0	140.0	0.14
lame d'air	0.280	1	1000	5.0	0.1	0.18
brique 15	0.700	1400	936	15.0	210.0	0.21
Enduit ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
Total	-	-	-	35.0	448.1	0.59
Murs intérieurs						1632.38 m ²
	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Enduit plâtre	0.350	1000	936	1.0	10.0	0.03
brique 10	0.700	1400	936	10.0	140.0	0.14
Plaque de plâtre 13mm	0.325	850	800	1.3	11.1	0.04
Enduit ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
Enduit plâtre	0.350	1000	936	1.0	10.0	0.03
Total	-	-	-	15.3	215.1	0.25
Planchers bas						448.81 m ²
	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Tout venant	1.200	1800	792	20.0	360.0	0.17
Lit de sable	0.600	1300	823	3.0	39.0	0.05
Dalle en béton armé	1.750	2500	1080	12.0	300.0	0.07
Lit de sable	0.600	1300	823	3.0	39.0	0.05
Enduit ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
Carrelage	1.000	2200	936	2.0	44.0	0.02
Total	-	-	-	42.0	826.0	0.37
Planchers intermédiaires						2346.63 m ²
	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Enduit plâtre	0.350	1000	936	1.0	10.0	0.03
plancher corps creux	0.952	1185	1080	20.0	237.0	0.21
dalle de compression	1.750	2500	1080	5.0	125.0	0.03
lit de sable	0.600	1300	823	3.0	39.0	0.05
Enduit ciment	1.400	2200	1080	2.0	44.0	0.01
carrelage	1.000	2200	936	2.0	44.0	0.02
Total	-	-	-	33.0	499.0	0.35

Toitures terrasse						2011.48 m ²
	Conductivité W/(m.K)	Masse volumique kg/m ³	Chaleur spécifique J/(kg.K)	Épaisseur cm	Poids/m ² kg/m ²	R m ² .K/W
Enduit plâtre	0.350	1000	936	1.0	10.0	0.03
plancher corps creux	0.952	1185	1080	20.0	237.0	0.21
forme de pente	1.750	2500	1080	10.0	250.0	0.06
étanchéité multicouche	0.230	1000	1656	2.0	20.0	0.09
gravillon roulé	1.200	1800	792	5.0	90.0	0.04
Total	-	-	-	38.0	607.0	0.42

2. L'apport des équipements :

Tableau : Apports des équipements informatique (<https://energieplus-lesite.be/theories/bilan-thermique44/charges-thermiques-internes-pour-les-bureaux/>)

Appareil	Puissance (W)
Unité centrale d'un PC	50 – 60 W
Écrans	
Écran noir et blanc – 14 pouces	30 – 40 W
Écran couleurs – 14 pouces	50 – 70 W
Écran couleurs – 15 pouces	60 – 90 W
Écran couleurs – 17 pouces	70 – 100 W
Écran couleurs – 21 pouces	110 – 160 W
Imprimantes	
l'imprimante à jet d'encre	20 – 60 W (puissance en attente : 10 W)
Imprimante laser	150 – 250 W (puissance en attente : 70 W)
Fax	
Fax thermique	0.3 – 0.7 Wh / page A4 (en attente 5 – 10 W)
Fax laser	1.4 – 2.6 Wh / page A4 (en attente 60 – 70 W)
Fax jet d'encre	0.3 Wh / page A4 (en attente 4 W)
Photocopieurs	
Photocopieuse 20 pages / minute	1 000 W (en attente 150 W)
Photocopieuse 40 pages / minute	1 500 W (en attente 350 W)

3. Consommation d'énergies mensuelles :

3.1. Selon le type de vitrage :

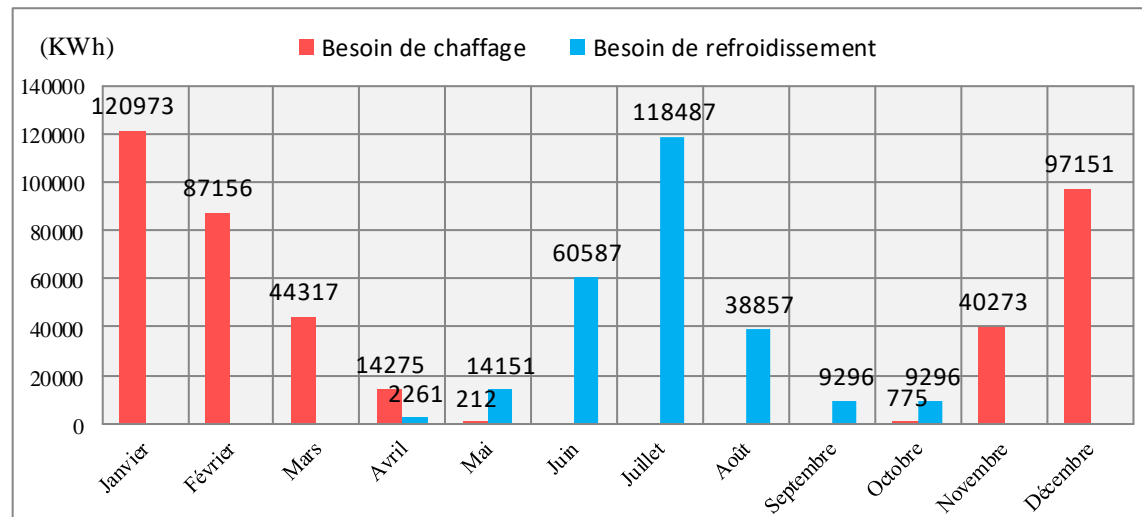
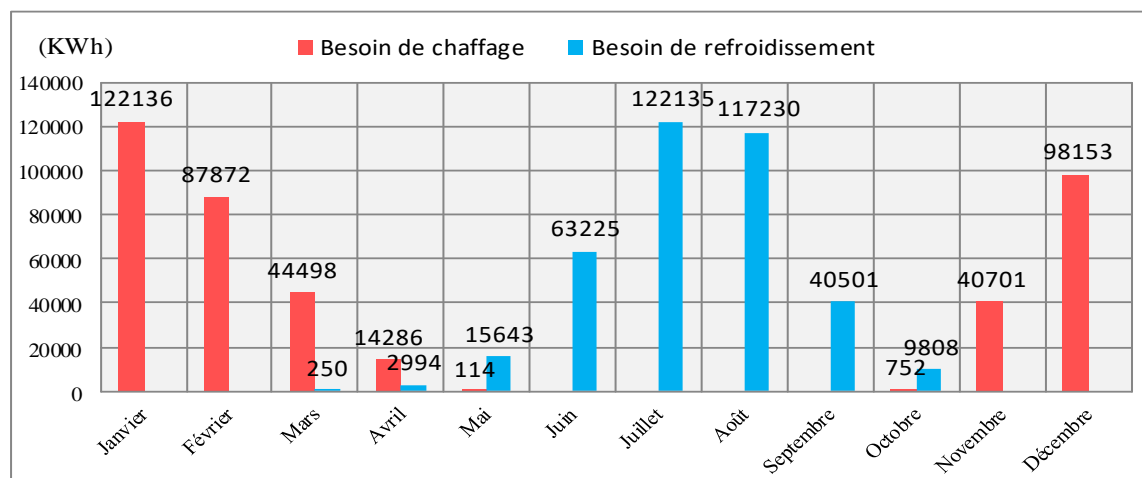
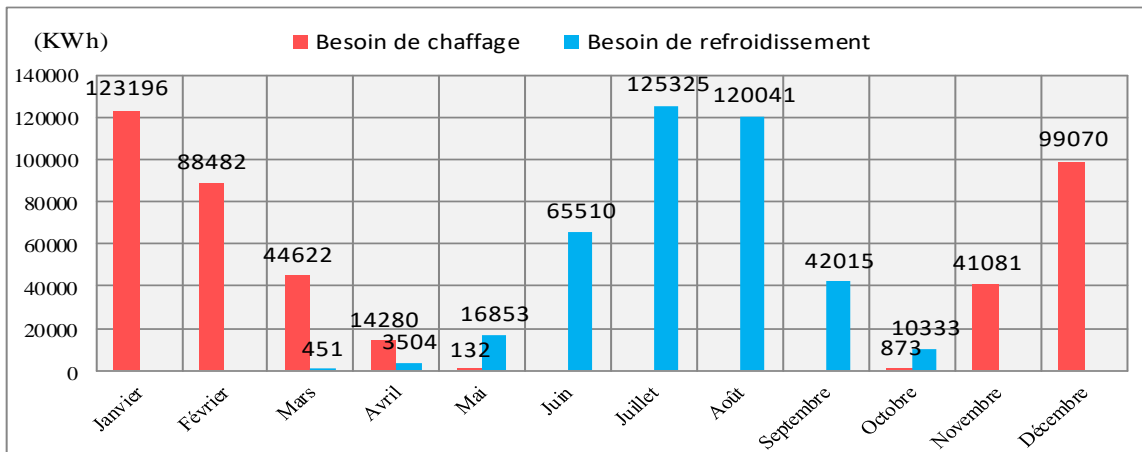


Figure 1 : Besoin de chauffage et de refroidissement mensuel : simple vitrage, double vitrage et triple vitrage

3.2. Selon le type de la hauteur :

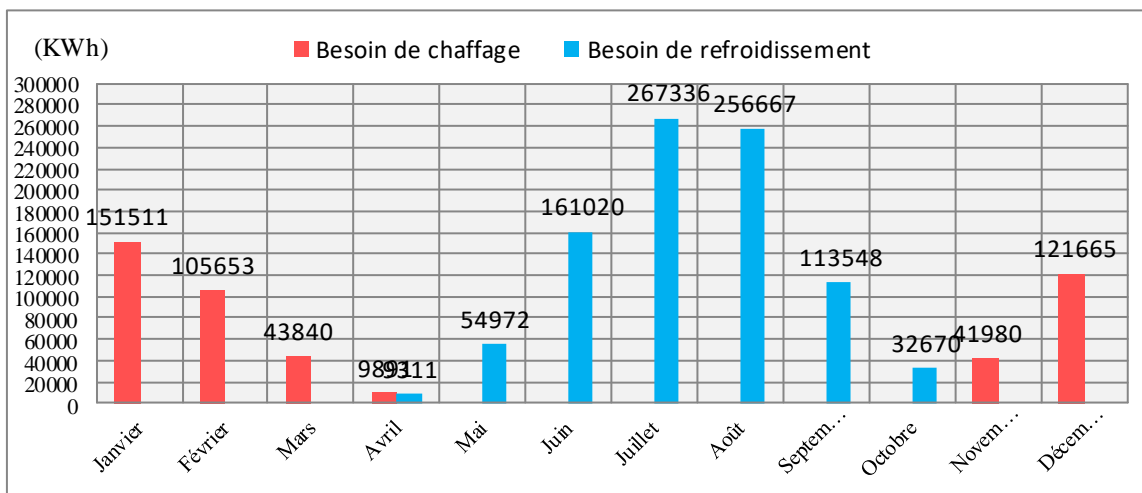
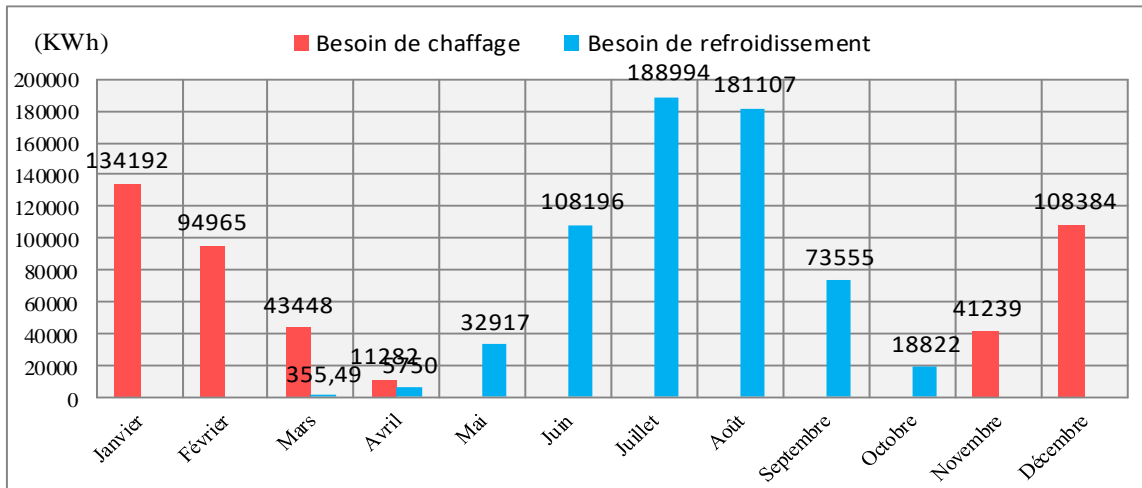
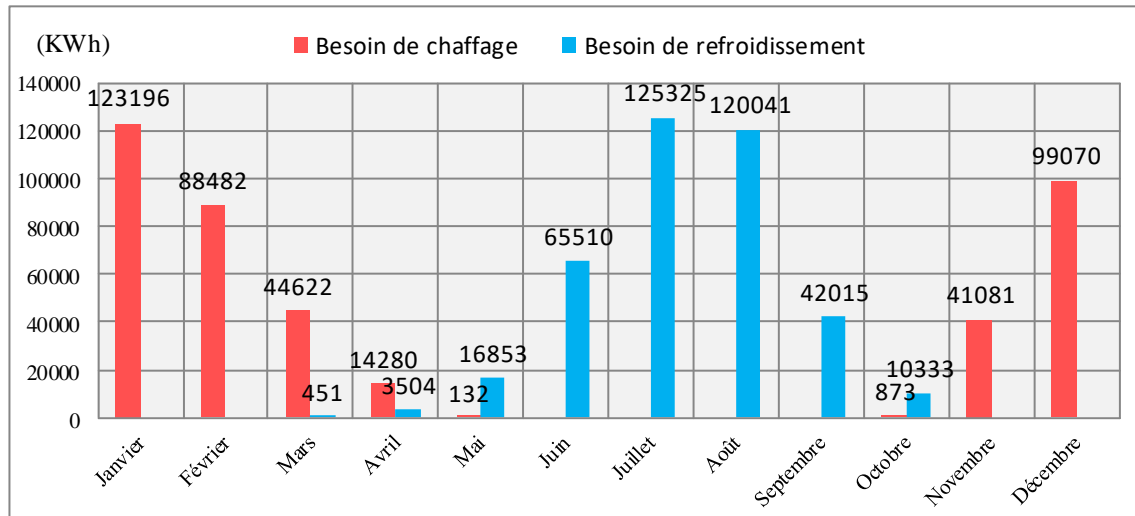


Figure 2 : Besoin de chauffage et de refroidissement mensuel : R+2, R+4, R+6



Nom et Prénom : Warda BOULFANI
Titre : Les ambiances thermo-lumineuses dans les édifices à atrium
Thèse en vue de l'Obtention du Diplôme de Doctorat en Sciences

RESUME

Aujourd'hui, face à une situation énergétique mondiale complexe, il s'agit de revenir aux stratégies passives et de prospecter de nouvelles règles de bâtir. Les notions de confort et ambiances sont désormais des dimensions qui doivent être intégrées dans toute approche architecturale d'un environnement bâti.

La présente recherche s'intéresse aux ambiances thermo-lumineuses des bâtiments à atrium sous le climat méditerranéen. Ce dispositif architectural, objet de discussions et investigations continues par rapport à sa multifonction dont sa capacité de régulateur du microclimat intérieur, et de plus en plus adopté dans plusieurs régions et sous différents climats. À ce propos, cette étude traite l'aspect quantitatif et qualitatif de l'ambiance thermo-lumineuse dans l'environnement d'étude.

Dans la première partie, une investigation théorique et conceptuelle est présentée. Elle englobe le thème et l'état de la question de la recherche, ce qui a permis de mieux cerner le sujet et surtout de s'imprégner des procédés de travail sur le terrain. Le travail expérimental constitue l'essentiel de la seconde partie et est dédié à l'exploration des paramètres physiques (température, humidité relative, vitesse de l'air, éclairage) qui sont simultanément soumis à l'évaluation subjective (à travers le questionnaire) par les usagers. En fait, l'objectif consistait à jauger la perception effective de l'ambiance environnementale intérieure à travers des messages sensibles. Ensuite, pour conforter les résultats enregistrés précédemment, un travail de simulation numérique est développé dans la troisième partie. Le logiciel « Archiwizard » est utilisé comme outil d'aide à la simulation de l'état des lieux existants et ensuite à d'autres situations où des scénarios d'une étude paramétrique sont proposés.

Globalement, l'investigation in situ a révélé que les deux bâtiments à atrium étudiés produisent des ambiances thermo-lumineuses satisfaisantes dans les trois périodes analysées (Printemps et été 2016, hiver 2017). Mais il reste que le taux d'humidité élevée, sur presque toute l'année, a permis de dévoiler l'étendue de la gêne causée aux usagers. Les résultats montrent aussi, que l'atrium non ventilé est un dispositif consommateur de l'énergie pour le refroidissement durant la période de sur-échauffement.

Mots-clés : climat méditerranéen, atrium, ambiances thermo-lumineuses, confort, consommation énergétique

Directeur de thèse : Pr. ROUAG-SAFFIDINE Djamila

Année Universitaire : 2021-2022