

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département d'Architecture
Réf :



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

Thèse présentée en vue de l'obtention
Du diplôme de

Doctorat en sciences : en Architecture

Option : Architecture en milieux arides et semi-arides

Impact du bâtiment à patio sur l'environnement thermique et lumineux adjacent

Présentée par :

Guedouh Marouane Samir

Soutenue publiquement le : 21/06/2018

Devant le jury composé de :

Dr. Benabass Mousadek	Professeur	Président	Université de Biskra
Dr. Zemmouri Noureddine	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Dr. Rouag Djamila	Professeur	Examineur	Université de Constantine 3
Dr. Hamouda Abida	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Batna 1
Dr. Mahimoud Aissa	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Constantine 3
Dr. Siriti Laila	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

REMERCIEMENTS

Avant tout, je remercie DIEU.

Et je souhaite remercier vivement tous ceux qui, par leur aide, leurs conseils et leurs encouragements, m'ont aidé à élaborer et finaliser cette thèse de doctorat.

Je suis particulièrement reconnaissant au professeur Zemmouri Noureddine de m'avoir accueillie dans son équipe de chercheurs ainsi que pour son soutien permanent. Je le remercie également d'avoir encadré cette thèse et pour la totale confiance qu'il m'a accordée dans l'élaboration de ce travail.

Ma gratitude s'adresse également à l'Université de Biskra où j'ai passé une grande partie de ma formation en graduation et post-graduation. Je désire également transmettre mes remerciements à l'ensemble des enseignants du département d'architecture de Biskra et de l'université de Batna.

Je remercie chaleureusement le Prof. Benabass Mousadek et le Prof. Rouag-Saffidine Djamila et le Dr. Sriti Leila et le Dr. Mahimoud Aissa et le Dr. Hamouda Abida pour avoir accepté d'évaluer ce doctorat et de faire partie du jury.

L'élaboration de cette thèse a été pour moi une expérience riche en questionnements, en découvertes, en voyages, et en rencontres. Que tous ceux qui ont contribué de près ou de loin en soient remerciés. Je pense plus particulièrement à ma famille et à mes amis qui m'ont soutenu et encouragé tout au long de ce parcours scientifique.

DEDICACE

A l'être le plus chère *ma Mère.*

A mon Père.

A ma Femme et mon fils Rami.

A mes Frères et mes Sœurs.

A toute la famille.

Et à tous les amis

...

Je dédie ce travail.

Résumé :

Cette recherche vise à étudier les environnements thermiques et lumineux dans des bâtiments à patio dans les régions arides et chaudes. De nos jours, les bâtiments sont responsables d'une consommation croissante d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Une approche alternative de la façon dont les bâtiments sont conçus est nécessaire pour améliorer la performance environnementale des bâtiments et minimiser leur consommation électrique. La présente thèse traite du dilemme éclairé naturellement les bâtiments tout en les protégeant de l'insolation intensive des régions chaudes et arides ou se situe notre cas d'étude. Afin d'identifier des stratégies thermique et lumineuses, on a conduit des campagnes de mesure saisonnières ; ces mesures *in situ* visent à évaluer l'impact du patio sur l'environnement thermique et lumineux des espaces adjacents. Une attention particulière aux bâtiments à patio des périodes traditionnelles et coloniales et à certains bâtiments contemporains, cette sélection d'échantillons pertinents avec des morphologies distinctes peut révéler de nombreuses leçons sur l'adaptation au climat et les stratégies bioclimatiques utiles dans des conditions climatiques similaires. Le choix des stations de mesures révélera les facteurs et les indices morphologiques du bâtiment qui influencent les variations des températures de l'air et des éclairagements et identifient les interactions physio-morpho-climatiques autour des zones qui composent un bâtiment à patio. Les données requises ont été obtenues pendant les saisons estivales et hivernales. L'instrument de mesure utilisé (LM/FI20) un instrument multifonction numérique combiné 4 en 1 (Anemo/Hygro/Thermo/Lux mètre). Les résultats sont liés au potentiel éminent d'éclairage naturel qu'offre un bâtiment à patio et qui dépend également du type et des caractéristiques morphologiques. Etablir la relation entre les indicateurs morphologiques et les qualités thermiques et lumineuses des espaces adjacents au patio et ceux en relation unique avec l'extérieur. L'avantage offert par le patio s'avère plus efficace dans le contrôle, la régulation et l'homogénéisation de l'environnement lumineux en accord avec l'environnement thermique, nous avons également constaté que la trilogie (espaces intérieurs/extérieur/patio) entoure un bâtiment à patio interagi de manière systémique pour améliorer la performance thermique et lumineuse du bâtiment.

Mots-clés: Bâtiment à patio; Environnement thermique; Environnement lumineux; Mesures in situ; Climat chaud et aride.

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة البيئات الحرارية والضوئية في مباني ذات الصحن في المناطق الجافة والساخنة. المباني مسؤولة عن زيادة استهلاك الطاقة وانبعاث الغازات المسببة للاحتباس الحراري. هناك حاجة إلى نهج بديل لكيفية تصميم المباني لتحسين الأداء البيئي وتقليل استهلاك الكهرباء. تتناول هذه الرسالة معضلة رئيسية بين إضاءة المباني بشكل طبيعي وحمايتها من أشعة الشمس في المناطق الحارة والجافة أين يتواجد موقع الدراسة. من أجل تحديد الاستراتيجيات الحرارية والضوئية، أجريت حملات قياس موسمية؛ تهدف هذه القياسات إلى تقييم تأثير الصحن على البيئة الحرارية والضوئية للمجالات المجاورة. اهتمام خاص لمباني ذات صحن للحقبات التقليدية والاستعمارية وبعض المباني المعاصرة، اختيار عينات ذات أشكال مختلفة يمكن أن تكشف عن الكثير من الدروس والمتعلقة بالتكيف مع المناخ واكتشاف الاستراتيجيات البيومناخية الفعالة في ظروف مناخية مماثلة. اختيار محطات الرصد تكشف عن العوامل والمؤشرات المورفولوجية للمبنى الذي تؤثر على التغيرات في درجة حرارة الهواء وشدة الإضاءة وتحديد التفاعلات الفيزيائية مورفو-مناخية حول المجالات التي تشكل بناء الصحن. تم الحصول على البيانات المطلوبة خلال مواسم الصيف والشتاء. أداة القياس المستخدمة (LM / FI20) أداة رقمية متعدد الوظائف 4 في 1 (انمو/هيقر/ثرمو/ليكس ميثر). أظهرت النتائج المتعلقة بإمكانيات الإضاءة الطبيعية لمبنى ذو الصحن، على أساس النوع والخصائص المورفولوجية، أن العلاقة بين المؤشرات المورفولوجية والبيئة الحرارية والضوئية للمجالات المجاورة للصحن أن الاستفادة من الصحن هو الأكثر فعالية في السيطرة على البيئة الضوئية بالتوافق مع البيئة الحرارية، كما توصلنا أيضا أن الثلاثية (الفضاءات الداخلية/الخارج/الصحن) المحيطة بمبنى ذو الصحن تتفاعل بشكل منظم لتحسين الأداء الحراري والضوئي.

الكلمات المفتاحية: المباني ذات الصحن. البيئة الحرارية، البيئة الضوئية، القياسات في الموقع، المناخ الحار والجاف.

Abstract:

This research aims to study the thermal and luminous environments in courtyard buildings in hot and arid regions. Buildings are responsible for an increasing energy use and greenhouse gas emissions which ... effects on the environment. A new design approach is needed to improve building's performance and reduce energy. The present research investigates the conflicting design relationship admitting daylight and protecting buildings from harsh insulation in hot and arid regions. In order to assess the effects of courtyard configuration on the luminous and thermal environment in adjacent spaces, monitoring campaigns have initiated in summer and winter seasons in typical courtyard buildings in Biskra. A Special attention to the courtyard buildings of the Traditional and colonial periods, and some of contemporary samples, this selection of relevant samples with dissimilar morphologies can reveal many lessons on climate adaptation and useful bioclimatic strategies under local conditions. The choice of the measurement stations will reveal some of the building's morphology factors and ratios that influence both air temperature and illuminance variations and identify physio-morpho-climatic interactions around courtyard building areas. The data required of air temperatures and the illumination levels were obtained during the on-site measurement for both winter and summer seasons. The monitoring instrument used is an (LM/FI 20) a digital multifunction instrument combined 4 in 1 (Anemo/Hygro/Thermo/Light meter). The important findings are related to the high potential for natural lighting that courtyard building offer which is also depending on its type and its morphological characteristics. The relationship between the morphological indicators and thermal and luminous environments of courtyard's adjacent spaces differs from those in relation with the outside. The advantage offered by the courtyard remains more effective in controlling, regulating and homogenizing the luminous and thermal environments. It clear also that the areas (Indoor spaces/outdoor/courtyard) are interacting in a systemic ways to enhance thermal and daylight performance of the building.

Key-Words: Courtyard building; Thermal environment; Luminous environment; On-site measurements; Hot and arid climate.

TABLE DES MATIERES

Remerciements.....	I
Dédicace.....	II
Résumé.....	III
ملخص	IV
Abstract.....	V
Table des matières.....	VI
Liste des figures.....	VII
Liste des tableaux.....	VIII

INTRODUCTION GENERALE.....	1
1. Introduction.....	1
2. Questionnement préliminaire et problématique.....	2
3. Hypothèses de travail.....	5
4. Les objectifs de la recherche.....	5
5. Méthodologie et plan du travail.....	6
6. Cadre conceptuelle et l'organisation de la thèse.....	9

LA PARTIE THEORIQUE

INTRODUCTION DE LA PREMIERE PARTIE.....	10
--	-----------

CHAPITRE I

CONCEPTUALISATION ET THEMATISATION DES BATIMENTS A PATIO

1.1. Introduction.....	11
1.2. Approche conceptuelle.....	12
1.2.1. Le patio.....	12
1.2.2. Terminologies semblables au patio.....	13
1.2.3. Notion spécifique sur le patio.....	15
1.2.3.1. Notion morphologique.....	15
1.2.3.2. Notion bioclimatique.....	15
1.2.3.3. Notion spatiale.....	15
1.3. Le bâtiment a patio.....	16
1.3.1. Potentialités urbanistiques.....	17
1.3.2. Potentialités architecturales.....	17
1.3.3. Potentialités climatiques.....	17
1.4. Bâtiment à patios, à cour et à atrium.....	18
1.4.1. Similarité typologique.....	18
1.4.2. Définition du bâtiment à patio.....	19
1.4.3. Définition des bâtiments à cour.....	19
1.4.4. Définition des bâtiments à atrium.....	19
1.4.5. Différence entre bâtiment à patio et celui à cour.....	20
1.4.6. Fonctions qui peuvent avoir un bâtiment à patio.....	20
1.5. Historique des bâtiments à patio.....	21
1.5.1. Introduction à l'histoire du bâtiment à patio.....	21
1.5.2. La philosophie du patio.....	22

1.5.3. Évolution synchronique de la configuration à patio.....	22
1.5.3.1. Les civilisations anciennes.....	23
1.5.3.2. Les civilisations grecque et romaine.....	26
1.5.3.3. Les civilisations du moyen âge et de la renaissance.....	27
1.5.3.4. Les patios dans l'ère moderne.....	29
1.5.3.5. Le cas des patios Algériens.....	30
1.6. Impacts des patios.....	31
1.6.1. Impacts socioculturels.....	31
1.6.2. Impacts formels.....	32
1.6.3. Impacts environnementaux.....	32
1.6.3.1. Soleil.....	32
1.6.3.2. Humidité.....	33
1.6.3.3. Vent.....	33
1.7. Implications du patio.....	33
1.7.1. Implications psychosociales.....	33
1.7.2. Implications culturelles.....	34
1.7.3. Implications fonctionnelles.....	34
1.7.4. Implications religieuses.....	34
1.7.5. Implications économiques.....	35
1.7.6. Implications climatiques.....	35
1.8. La morphologie des patios.....	36
1.8.1. Aspect géométrique.....	36
1.8.2. Aspect dimensionnel.....	36
1.8.3. Le rapport avec l'extérieur.....	37
1.8.4. Espaces annexes au patio.....	37
1.9. Conclusion.....	38

CHAPITRE II

ANALYSE TYPO-MORPHOLOGIQUE DU BATIMENT A PATIO

2.1. Introduction.....	40
2.2. Type et typologie en architecture.....	41
2.2.1. Typologie : définition.....	41
2.2.2. L'évolution des typologies en architecture.....	41
2.2.2.1. Selon Rafael Moneo.....	42
2.2.2.2. Selon Antoine Quatremère de Quincy.....	42
2.2.2.3. Selon Jean-Nicolas-Luis Durand.....	43
2.2.2.4. Selon Aldo Rossi.....	43
2.2.3. Classification typo-morphologique du bâtiment.....	43
2.2.3.1. Classifications basées sur la forme.....	43
2.2.3.2. Classifications basées sur des composants.....	43
2.3. Typologie du bâtiment à patio.....	44
2.3.1. Variations typologiques dans l'espace et le temps.....	44
2.3.1.1. Variation temporelle.....	44
2.3.1.2. Variation spatiale.....	46
2.3.2. Classification systémique de la typologie des bâtiments à patio.....	47
2.3.2.1. Classification de Gunter Pfeifer.....	47
2.3.2.2. Les caractéristiques communes.....	47
2.4. Formes et géométries à patio.....	48
2.4.1. Forme en plan.....	48
2.4.2. Paramètres: Longueur, largeur et hauteur.....	49

2.4.3. Indicateurs et indices morphologiques.....	50
2.4.3.1. Pourcentage ouvert/fermé.....	50
2.4.3.2. Ratio d'ouverture patio.....	51
2.4.3.3. Ratio d'aspect "Aspect Ratio".....	51
2.4.3.4. Indice d'ombre solaire (SSI).....	51
2.4.3.5. Rapport surface au volume (RSV).....	52
2.5. Analyse de la morphologie architecturale des bâtiments à patio.....	53
2.5.1. Par rapport aux enveloppes.....	54
2.5.2. Par rapport aux bâtiments conventionnels.....	55
2.5.3. Par rapport au type.....	56
2.5.4. Par rapport à la forme et éléments.....	56
2.6. Principe de l'analyse morphologique.....	57
2.6.1. 1 ^{er} rapport : morphologie intrinsèque du patio.....	58
2.6.2. 2 ^{ème} rapport : rapport du patio avec les espaces intérieurs.....	60
2.6.2.1. Position des espaces intérieurs par rapport au patio.....	61
2.6.2.2. Liaison des espaces intérieurs avec le patio.....	62
2.6.2.3. Rapport dimensionnels patio/espaces intérieurs.....	66
2.6.2.4. Rapport géométrique patio/espace intérieur.....	68
2.6.3. 3 ^{ème} rapport : rapport patio/espaces extérieurs.....	69
2.6.4. 4 ^{ème} rapport : morphologie intrinsèque des espaces intérieurs.....	70
2.6.4.1. Rapport topologique.....	70
2.6.4.2. Association des espaces intérieurs.....	70
2.7. Conclusion.....	71

CHAPITRE III

APPROCHE BIOCLIMATIQUE DU BATIMENT A PATIO

3.1. Introduction.....	73
3.2. Le bâtiment à patio : une forme bioclimatique.....	74
3.2.1. Etude de Leslie Martin et Lionel Mars.....	74
3.2.2. Etude de Bahadori et Fathy.....	74
3.2.3. Etude de Dana Raydan, Carlo Ratti And Koen Steemers.....	75
3.2.4. Etude de Mänty.....	75
3.2.5. Etude de Morris et Talib.....	75
3.2.6. Etude de Perez-de-Lama et Cabeza.....	77
3.2.7. Etude de Rosenlund et al.....	77
3.3. Le patio : un protecteur solaire.....	77
3.3.1. Les études sur le terrain (<i>in situ</i>).....	78
3.3.2. Les essais en chambre climatique (<i>in vitro</i>).....	78
3.4. Caractéristiques comparées des bâtiments à patio dans quatre climats.....	78
3.4.1. Le patio dans le climat aride et chaud.....	78
3.4.2. Le patio dans le climat froid.....	79
3.4.3. Le patio dans le climat tempéré.....	80
3.4.4. Le patio dans le climat tropical.....	81
3.5. Stratégies de conception bioclimatiques des patios dans les climats arides et chauds.....	82
3.5.1. Climat et bâtiments à patio.....	82
3.5.2. Degré de control climatique dans les bâtiments à patio.....	83
3.5.3. Dompter le climat.....	83
3.5.4. Eviter les gains solaires.....	84
3.5.5. Plus de stratégies pour le confort d'été.....	84

3.5.5.1. Combinaisons de la température d'air et l'humidité relative.....	84
3.5.5.2. Le vent.....	85
3.5.5.3. La masse thermique.....	85
3.5.5.4. Le refroidissement par évaporation.....	86
3.6. Conclusion.....	86

CHAPITRE IV

IMPACT THERMIQUE SUR LES ESPACES ADJACENT DES BATIMENTS A PATIO

4.1. Introduction.....	88
4.2. Phénomène thermique dans le bâtiment.....	89
4.3. Performance thermique du patio.....	89
4.3.1. Les modèles zonaux de Juluria et Allard.....	90
4.3.2. Les modèles zonaux de Kolsaker et Wolring.....	90
4.3.3. Études des effets du patio sur l'environnement thermique des bâtiments dans les zones arides et chaudes.....	90
4.3.3.1. Etude de l'ombrage.....	91
4.3.3.2. Mesure thermique par rapport au patio	92
4.4. Etude de cas sur l'impact des formes de patio sur l'environnement thermique intérieur.....	96
4.4.1. Résultats des simulations combinées.....	98
4.4.2. Confort thermique des locaux ventilés.....	98
4.4.3. Études de l'analyse thermique.....	99
4.4.3.1. Le contrôle solaire.....	101
4.4.3.2. Outils et programmes de simulation.....	101
4.4.3.3. Etudes d'ombrage et d'éclairage naturel.....	102
4.5. Résumés des résultats des études thermiques dans les bâtiments à patio	107
4.5.1. Par rapport au climat	107
4.5.2. Par rapport à la hauteur du bâtiment	107
4.5.3. Par rapport à l'éclairage naturel et l'ombrage	108
4.5.4. Par rapport à la ventilation et la circulation d'air	108
4.6. Conclusion.....	108

CHAPITRE V

L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX DANS LES BATIMENTS A PATIO

5.1. Introduction.....	110
5.2. Aperçu général sur l'éclairage naturel.....	111
5.2.1. L'éclairage naturel par un patio.....	112
5.2.2. L'éclairage naturel des espaces Adjacents.....	112
5.3. Effets de l'éclairage naturel.....	112
5.3.1. Le contraste.....	112
5.3.2. Effet d'éblouissement.....	113
5.4. Grandeurs photométriques.....	113
5.4.1. Éclairement (E).....	113
5.4.2. Luminance (L).....	115
5.4.3. Facteur de la lumière du jour (FLJ).....	116
5.5. Conditions du ciel.....	117
5.5.1. Les modèles de ciel.....	118
5.5.2. Stratégie d'éclairage naturel dans le bâtiment.....	120

5.6. L'éclairage naturel dans le bâtiment.....	121
5.6.1. La planification de la l'éclairage naturel à la phase de conception.....	121
5.6.2. Spécifications appropriées à l'éclairage naturel.....	122
5.7. Méthodes d'étudier l'éclairage naturel des bâtiments.....	123
5.7.1. Méthodes de calcul de l'éclairage naturel.....	124
5.7.1.1. Mesures de la luminance et de l'éclairage.....	124
5.7.1.2. Calcul du facteur de la lumière du jour (FLJ).....	124
5.7.1.3. La modélisation du climat en fonction de l'éclairage naturel (CBDM).....	125
5.7.1.4. Daylight autonomie" (DA).....	125
5.7.1.5. L'éclairage d'autonomie continu (DACON).....	126
5.7.1.6. Combinaison "Daylight Autonomie" (DA) et "le Maximum Daylight Autonomie" (Damax).....	126
5.7.1.7. Méthode "Light solve".....	127
5.7.2. Le site et les obstacles du bâtiment.....	127
5.7.3. Stratégies de l'éclairage naturel des espaces intérieurs.....	128
5.7.4. Fonction des fenêtres.....	129
5.7.5. Dispositifs de protection solaire des fenêtres.....	130
5.8. L'éclairage naturel dans les bâtiments à patio.....	130
5.8.1. Etat de l'art.....	130
5.8.2. Etude de cas sur l'impact des formes de patio sur l'éclairage naturel.....	132
5.8.3. Etude de cas sur l'impact des la profondeur du patio sur l'éclairage naturel.....	133
5.8.4. Patio, FLJ, et ratio d'Aspect.....	134
5.8.5. L'éclairage naturel dans les espaces adjacents au patio.....	136
5.9. Conclusion.....	137
CONCLUSION DE LA PARTIE THEORIQUE.....	138

LA PARTIE ANALYTIQUE

INTRODUCTION DE LA DEUXIEME PARTIE.....	140
--	-----

CHAPITRE VI

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT D'ETUDE

6.1. Introduction.....	141
6.2. Présentation du cas d'étude.....	141
6.2.1. Climat de l'Algérie	141
6.2.2. Climat aride et chaud	142
6.2.3. Wilaya de Biskra.....	143
6.2.4. La ville de Biskra.....	144
6.2.4.1. Site et situation.....	145
6.2.4.2. Historique de la ville de Biskra.....	146
6.3. Architecture et urbanisme de Biskra.....	146
6.3.1. Époque précoloniale.....	146
6.3.2. Époque coloniale.....	150
6.3.3. Époque de l'indépendance.....	151
6.3.4. La ville contemporaine.....	152
6.4. Le climat de Biskra.....	152

6.4.1. Données climatiques.....	152
6.4.1.1. La température de l'air.....	152
6.4.1.2. L'humidité relative.....	153
6.4.1.3. Les vents.....	153
6.4.1.4. Les précipitations.....	154
6.4.2. Le rayonnement solaire.....	156
6.4.2.1. Le potentiel lumineux.....	157
6.4.2.2. Diagramme solaire.....	158
6.5. Méthodologie et protocole d'investigation	158
6.6.1. Méthodologie de recherche.....	159
6.6.2. Sélection des échantillons de bâtiments à patio.....	160
6.6. Présentation des échantillons de bâtiments à patio.....	160
6.6.1. Critère de choix des échantillons de bâtiments à patio	160
6.6.2. Description constructifs des échantillons.....	162
6.6.3. Analyse morphologique des échantillons de bâtiments à patio sélectionnés.....	162
6.6.4. Caractéristiques morphologiques des échantillons.....	164
6.6.5. La hiérarchisation et rapport topologique.....	169
6.6.6. Les indicateurs morphologiques.....	170
6.7. Conclusion.....	172

CHAPITRE VII

COMPAGNES DE MESURE IN SITU

7.1. Introduction.....	174
7.2. Objectif des compagnes de mesures.....	174
7.3. Critères de choix des journées et des stations de mesure.....	175
7.3.1. Choix des journées représentatives.....	175
7.3.2. Choix des stations de mesure.....	175
7.4. Collecte des données climatiques.....	176
7.4.1. Mesure des températures d'air, d'humidité relative et des niveaux d'éclairement.....	176
7.4.2. Traitement de données collectées.....	176
7.5. Protocole des mesures <i>in situ</i>	176
7.5.1. Compagne de mesure.....	178
7.5.2. Présentation des stations de mesure.....	178
7.5.3. Instrument de mesure.....	180
7.5.4. Résultats des compagnes de mesure.....	180
7.5.5. Traitement des valeurs mesurées.....	181
7.6. Analyse des résultats des compagnes de mesure	181
7.6.1. Echantillon 1 - Siège de la Daïra.....	181
7.6.2. Echantillon 2 - Ancien siège APC.....	185
7.6.3. Echantillon 3 - Ecole des beaux-arts.....	188
7.6.4. Echantillon 4 - Nouveau siège APC.....	190
7.6.5. Echantillon 5 - Bloc de laboratoires à l'université de Biskra.....	193
7.7. Analyse des variations thermo-lumineuses.....	196
7.7.1. Analyse des variations thermo-lumineuses entre les différents patios.....	196
7.7.2. Analyse des variations thermo- lumineuses entre les échantillons.....	197
7.7.3. Interprétation des résultats.....	201
7.8. Bilan thermique et lumineux.....	201
7.8.1. Bilan thermique et lumineux estival.....	201
7.8.2. Bilan thermique et lumineux hivernal.....	202

7.9. Conclusion.....	204
-----------------------------	-----

CHAPITRE VIII

MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE

8.1. Introduction.....	206
8.2. Théorie de la Simulation numérique.....	207
8.2.1. Rôle de la simulation.....	207
8.2.2. La simulation thermique et lumineuse.....	207
8.3. La modélisation architecturale sur "DesignBuilder".....	208
8.3.1. Les modèles de bâtiments.....	209
8.3.2. Effet de la composition urbaine.....	210
8.3.3. Méthode et modèles.....	211
8.3.4. Description du modèle à patio.....	211
8.4. Les outils de simulation.....	211
8.4.1. Outil de calculs de l'éclairage naturel et de la thermique.....	211
8.4.2. DesignBuilder.....	212
8.4.3. EnergyPlus.....	212
8.4.4. Radiance.....	212
8.5. Processus de simulation.....	212
8.5.1. Données météorologiques de calcul.....	212
8.5.2. Modèles et variations morpho-climatiques.....	213
8.5.3. Le modèle de base.....	213
8.5.4. Données d'entrée.....	215
8.5.5. Protocole de simulation.....	215
8.6. Résultats de la simulation des compositions urbaines.....	215
8.6.1. Protection solaire.....	215
8.6.2. Potentiel lumineux.....	217
8.7. Les résultats de la simulation.....	219
8.7.1. Simulation estivale.....	219
8.7.2. Simulation hivernale.....	220
8.8. Analyse et interprétation des résultats de la simulation.....	221
8.8.1. Par rapport aux différentes typologies architecturales.....	221
8.8.2. Par rapport à la profondeur du patio.....	224
8.8.3. Par rapport au ratio d'ouverture.....	225
8.8.4. Effet de l'orientation.....	226
8.8.5. Impact du ratio d'ouverture sur les FLJ.....	228
8.9. Conclusion.....	229

CHAPITRE IX

CORRELATION DES RESULTATS DES COMPAGNES DE MESURE ET DE LA SIMULATION NUMERIQUE

9.1. Introduction.....	231
9.2. Les bases de corrélation des deux techniques d'investigation.....	232
9.3. Catégorisation des échantillons et modèles.....	232
9.3.1. 1 ^{ère} catégorisation : bâtiments à 1 niveau.....	232
9.3.2. 2 ^{ème} catégorisation : bâtiments à 2 niveaux.....	233
9.3.3. 3 ^{ème} catégorisation : bâtiments à 5 niveaux.....	234
9.4. Protocol de validation des résultats des techniques d'investigation.....	234

9.4.1. Corrélation de l'environnement thermique.....	235
9.4.1.1. L'environnement thermique estival.....	235
9.4.1.2. L'environnement thermique hivernal.....	238
9.4.2. Corrélation de l'environnement lumineux.....	241
9.4.2.1. L'environnement lumineux estival.....	241
9.4.2.2. L'environnement lumineux hivernal.....	244
9.5. Corrélation thermo-lumineuse globale.....	246
9.5.1. 1 ^{er} groupe : Bâtiments parfaitement éclairés/bien protégés	247
9.5.2. 2 ^{ème} groupe: Bâtiments suffisamment éclairés/parfaitement protégés.....	247
9.5.3. 3 ^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés et bien protégés.....	248
9.5.4. 4 ^{ème} groupe : Bâtiments suffisamment éclairés/bien protégés.....	248
9.5.5. 5 ^{ème} groupe : Bâtiments bien éclairés/bien protégés.....	248
9.5.6. 6 ^{ème} groupe : Bâtiments très bien éclairés/bien protégés.....	248
9.5.7. 7 ^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés et protégés.....	248
9.5.8. 8 ^{ème} groupe : Bâtiments bien éclairés/protégés.....	248
9.5.9. 9 ^{ème} groupe: Bâtiments trop éclairés/bien protégés.....	248
9.5.10. 10 ^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés/mal protégés	249
9.6. Conclusion.....	250
 CONCLUSION DE LA PARTIE ANALYTIQUE.....	 251
 CONCLUSION GENERALE.....	 254
1. Conclusion.....	254
2. Les recommandations.....	259
3. Limites de la recherche.....	260
3.1. Par rapport au climat.....	260
3.2. Par rapport aux indicateurs climatiques.....	261
3.3. Par rapport aux nombres des échantillons et les techniques de la recherche...	261
3.4. Par rapport aux imprécisions de mesure.....	261
3.5. Par rapport aux outils de simulation.....	261
 REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	 263
 LES ANNEXES.....	 275
 ANNEXE 1 : Les bâtiments a patio sélectionnés dans le cadre de la recherche pour la compagne de mesure.....	 275
ANNEXE 2 : Les outils de mesure de la recherche.....	293
ANNEXE 3 : Les données des compagnes de mesure.....	294
ANNEXE 4 : Rapports de la simulation de l'éclairage naturel.....	323
 LISTE DES TRAVAUX DE RECHERCHE.....	 330

LISTE DES FIGURES

Figure.1.1 : Différents types d'espaces de transition (Source : Chun et al, 2004).....	16
Figure.1.2 : A gauche: des cours, au milieu: un patio, à droite: un atrium (Source : Taleghani M, 2014).....	18
Figure.1.3 : Plan d'une maison à Ur, en Mésopotamie (Source : Al-Dawoud, 2006).....	23
Figure.1.4 : Aménagement typique des maisons à patio chinoises (Schoenauer N, 1962).....	23
Figure.1.5 : Maison troglodyte en Tunisie (Source : http://blog.holidaysplease.co.uk).....	26
Figure.1.6 : Le patio du palais de Raïs (Source : Thecasbahpost.com).....	30
Figure.1.7 : Un patio d'une maison mozabite (Source : es.wikipedia.org).....	31
Figure.1.8 : Choix d'accès dans un bâtiment à patio (Rapoport A, 2007).....	32
Figure.1.9 : Configurations du patio (patios et espaces intermédiaires) (Source : Abdulac S, 2010).....	37
Figure.2.1 : La zone du temenos a été complètement pillée par les Elamites en 2004 av JC (Source : https://www.pinterest.com/nikvai/mesopotamia-arch).....	45
Figure.2.2 : Résidence à Shiraz, Suse, XVII ^{ème} siècle (Source : https://steemit.com).....	45
Figure.2.3 : Trois exemples de maisons à patio qui semblent identiques, mais présente des différentes structures sérielles: (a) maison à Italica, en Espagne, (b) maison à Fès, au Maroc, (c) maison à Jilin, en Chine (Source : Edward et al, 2006).....	46
Figure.2.4 : Les types de bâtiment à patio à traves le monde (Source: Abdulac S, 2011).....	47
Figure.2.5 : Irrégularité de la forme en raison des configurations de rues (maison de la médina du Tunis) (Source : Programme MED).....	48
Figure.2.6 : Samba village en Afrique (Bahammam O, 2006).....	48
Figure.2.7 : Tissu compact dans le climat chaud et aride d'El Atteuf, vallée du M'Zab, Algérie (Source : www.alicci.sitew.com).....	49
Figure.2.8 : Largeur de patio par rapport à sa hauteur (Koch-Nielsen H, 2002).....	49
Figure.2.9 : Les quatre combinaisons possibles des proportions d'un patio (Reynolds J, 2002).....	50
Figure.2.10 : Aspect Ratio (Source : Reynolds J, 2002).....	51
Figure.2.11 : Indice d'ombre solaire (Source : Reynolds J, 2002).....	52
Figure.2.12 : Dispositions possibles pour les habitations à patio unifamiliales (Hakmi M, 2006).....	53
Figure.2.13 : Les trois zones que possède un bâtiment à patio : 1. Le patio, 2. Espaces intérieurs, 3. L'extérieur (Source : Auteur).....	54
Figure.2.14 : Les deux zones dans un bâtiment monobloc. 1. L'espace intérieur, 2. L'espace extérieur (Source : Auteur).....	55
Figure.2.15 : Maisons à patio régulier avec contraintes parcellaires (Source : Abdulac S, 1982).....	59
Figure.2.16 : Les trois espaces qui composent un bâtiment à patio (Source : Abdulac S, 1982).....	61
Figure.2.17 : Centralité des espaces adjacents au patio (Source : Abdulac S, 1982).....	61
Figure.2.18 : Positions possibles des espaces intermédiaires (Source : Abdulac S, 1982).....	62
Figure.2.19 : La déférence entre abri et enclos (Source : Abdulac S, 1982).....	64
Figure.2.20 : Galerie autour du patio de l'ancienne résidence du secrétaire du Dey (Dessin de Pierre Trémaux, 1850) (Source : Getty research institute, 2009).....	64
Figure.2.21 : Les Iwans, Hôtel Beit Al Mamlouka, Damas (Source : https://twitter.com/am_interior).....	65
Figure.2.22 : Cas domination du patio (Source : Abdulac S, 1982).....	66
Figure.2.23 : Cas domination des espaces intérieurs (Source : Abdulac S, 1982).....	67

Figure.2.24 : Cas domination des espaces intermédiaires (Source : Abdulac S, 1982).....	67
Figure.2.25 : Plan démontre la disposition des espaces adjacents par rapport au patio (Source : Abdulac S, 1982).....	67
Figure.2.26 : Cas domination du patio (sans la présence les espace intermédiaires) (Source : Abdulac S, 1982).....	67
Figure.2.27 : Bâtiments à patio composés selon une axialisation (Source : Abdulac S, 1982)..	68
Figure.2.28 : Bâtiment à patio introverti vs. Bâtiment extraverti (Source : Addulac S, 1982)..	70
Figure.2.29 : Le patio à la fois un espace estival et hivernal (Source : Abdulac S, 1982).....	71
Figure.3.1 : Section de la maison à patio (Source : Morris et Talib, 1994).....	76
Figure.3.2 : Dispositions : à patios, le pavillon 1 et pavillon 2 représentés comme images DEM (Source : Raydan D, 2006).....	76
Figure.3.3 : Un patio dans le climat chaud et aride de l'Algérie, la ville de Biskra (Source : Auteur, 2016).....	79
Figure.3.4 : Les patios européens des régions froides conçus pour le réchauffement, l'éclairage naturel et obstruer les vents froids (Source : https://www.pinterest.fr).....	80
Figure.3.5 : Deux petits patios à Amsterdam (à gauche, Kees Hummel et droit; ARHK) (Source : Taleghani M, 2014).....	80
Figure.3.6 : Les zones climatiques du monde entier (Source: www.larousse.fr).....	82
Figure.3.7 : Un microclimat généré par une fontaine (Source : Reynolds J, 2002).....	83
Figure.3.8 : Zone de confort, et prospects pour le refroidissement passif (Source : Reynolds J, 2002).....	84
Figure.3.9 : Une stratégie de capture de vent par l'élévation d'un coté du patio (Source : Reynolds J, 2002).....	85
Figure.4.1 : Etude de l'ombrage dans des patios rectangulaires (Source : Reynolds J, 2002)...	91
Figure.4.2 : Vue schématique de certains cas, a: chambre au dernier étage (S-W), b: pièce au sol (NE), c: chambre au dernier étage (NE-SW) (Source : Abel Tablada et Al., 2005).....	97
Figure.4.3 : PMV moyen des cas de la ventilation unilatérale et les différentes géométries à patio (Source : Abel Tablada et Al., 2005).....	98
Figure.4.4 : Comparaison du PMV entre les cas de la ventilation unilatérale (1C-1x1, 1C-3x2) et la Ventilation croisée (2C-1x1, 2C-1x2) (Source : Abel Tablada et Al., 2005).....	99
Figure.4.5 : Le modèle d'étude: Le périmètre et les zones intérieurs sont exclus du modèle (Source : Al-Dawoud, 2007).....	100
Figure.4.6 : Effet du ratio d'ouverture patio sur l'exposition solaire (Source : Auteur).....	102
Figure.4.7 : Étude par rapport aux hauteurs des bâtiments à patio (Source : Muhaisen, 2005)...	103
Figure.4.8 : Patio polygonal testé (Source : Muhaisen, 2005).....	104
Figure.4.9 : Formes de bâtiments à patio examiné allant de R=1 à R=10 (Source : Muhaisen, 2005).....	105
Figure.4.10 : Disposition générale de la zone des patios suivis (Source : Meir, 1995).....	106
Figure.4.11 : Ombrage interne du patio pour les deux directions (Source : Meir, 1995).....	106
Figure.4.12 : Pourcentage des superficies totales et celles au sol dans l'ombre (Source : Meir, 1995).....	107
Figure.5.1 : Le control de l'éclairage naturel (Source : https://continuingeducation.bnppmedia.com).....	111
Figure.5.2 : Schéma de l'éclairément (quantité de la lumière reçue par une surface) et de la luminance (quantité de la lumière perçu par l'œil) (Source : Bartenbach, 2005).....	114
Figure.5.3 : Le luxmètre (appareil de mesure de l'éclairément) (Source : www.cdiscout.com).....	114
Figure.5.4 : Schéma de la luminance (quantité de la lumière perçue par l'œil) (Source : Bartenbach, 2005).....	115
Figure.5.5 : Le Luminance-mètre (appareil de mesure de la luminance) (Source : www.directindustry.fr).....	116

Figure.5.6 : Éclairage horizontal interne et externe (Source : theses.ulaval.ca).....	116
Figure.5.7 : Modèle de ciel de Perez pour les différentes positions solaires (Source : www.researchgate.net).....	119
Figure.5.8 : L'éclairage naturel dans le bâtiment, a. Eclairage latéral, b. Eclairage zénithale (Source : http://base.planete-batiment.com).....	120
Figure.5.9 : Interaction lumière naturelle et bâtiment (Source : www.energieplus-lesite.be).....	120
Figure.5.10 : Impact de la conception des ouvertures sur l'éclairage naturel (Source : www.pinterest.fr).....	128
Figure.5.11 : Choix d'emplacement des dispositifs d'ombrage (Source : bigladdersoftware.com).....	130
Figure.5.12 : Schéma de pénétration de la lumière naturelle dans un patio (Source : Auteur)...	131
Figure.5.13 : Les différentes formes de patio étudiées (Source : Ntefeh et al, 2003).....	132
Figure.5.14 : Moyennes du facteur de lumière du jour (FLJ en %) (Source : Ntefeh et al, 2003).....	133
Figure.5.15 : Patio de tailles variables du vitrage selon la profondeur (Source : Auteur).....	133
Figure.5.16 : Rapport de la pénétration de la lumière naturelle à partir du patio dans un espace intérieur (Source : Stein et Reynolds, 2000).....	136
Figure.5.17 : Les arcades autour du patio plein de lumière du jour (Source : Auteur).....	136
Figure.6.1 : Classification des climats en Algérie selon Koppen (Source : en.wikipedia.org)...	142
Figure.6.2 : Situation géographique et découpage administratif de la Wilaya de Biskra (Source : decoupageadministratifalgerie.blogspot.com).....	143
Figure.6.3 : Les limites du centre-ville de Biskra (Source: http://data.bnf.fr).....	144
Figure.6.4 : Les secteurs urbains de la ville de Biskra (Source: DUC de Biskra).....	145
Figure.6.5 : Zones urbaines de Biskra (Tous les quartiers) (Source : M. Cote, 1991).....	146
Figure.6.6 : La centralité traditionnelle de la ville de Biskra au 17 ^{ème} siècle (Source: Abdelhamid Z, 1998).....	147
Figure.6.7 : Place du marché - vieux Biskra (Source: https://howlingpixel.com).....	148
Figure.6.8 : Variation annuelle des températures (Source : https://fr.climate-data.org/).....	152
Figure.6.9 : Niveau de confort selon l'humidité annuelle à Biskra - unité : (%) (Source : https://fr.climate-data.org/).....	153
Figure.6.10 : Vitesse du vent annuelle - unité : Km/h (Source : https://fr.climate-data.org/).....	154
Figure.6.11 : Le taux des précipitations annuelles de la ville Biskra (Source : https://fr.climate-data.org/).....	155
Figure.6.12 : Pluviométrie mensuelle moyenne à Biskra (Source : https://fr.climate- data.org/).....	155
Figure.6.13 : Rayonnement solaire incident à Biskra (Source : https://fr.climate-data.org/)....	156
Figure.6.14 : Zonage des niveaux moyens d'éclairage horizontal en Algérie (Zemmouri N, 2005).....	157
Figure.6.15 : La nébulosité annuelle à Biskra - Unités: (%) (Source : https://fr.climate- data.org/).....	157
Figure.6.16 : Diagramme solaire de Biskra (La zone de surchauffe en noir) (Source : Berghout B, 2012).....	158
Figure.6.17 : Les trois zones dans un bâtiment à patio (1. le patio, 2. Espace intérieur, 3. Espace extérieur) (Source : Auteur).....	162
Figure.7.1 : Appareil de mesure: un Thermo-Hygro-Anémo-Lux-mètre (Source : www.franceenvironnement.com).....	180
Figure.7.2 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon1).....	182
Figure.7.3 : Variations des niveaux d'éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 1).....	183
Figure.7.4 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 1).....	184
Figure.7.5 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 1).....	184

Figure.7.6 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 2).....	185
Figure.7.7 : Variations des niveaux d'éclairement estivaux (Axe N/S - Echantillon 2).....	186
Figure.7.8 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 2).....	187
Figure.7.9 : Variations des niveaux d'éclairement hivernaux (Axe N/S - Echantillon 2).....	187
Figure.7.10 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 1).....	188
Figure.7.11 : Variation des niveaux d'éclairement estivaux (Axe N/S - Echantillon 3).....	189
Figure.7.12 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 3).....	189
Figure.7.13 : Variations des niveaux d'éclairement hivernaux (Axe N/S - Echantillon 3).....	190
Figure.7.14 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 4).....	191
Figure.7.15 : Variations des niveaux d'éclairement estivaux (Axe N/S - Echantillon 4).....	191
Figure.7.16 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 4).....	192
Figure.7.17 : Variations des niveaux d'éclairement hivernaux (Axe N/S - Echantillon 4).....	193
Figure.7.18 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 5).....	193
Figure.7.19 : Variations des niveaux d'éclairement estivaux (Axe N/S - Echantillon 5).....	194
Figure.7.20 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 5).....	195
Figure.7.21 : Variations des niveaux d'éclairement hivernaux (Axe N/S - Echantillon 5).....	195
Figure.7.22 : Les variations saisonnières des températures de l'air (Tous les patios).....	196
Figure.7.23 : Les variations saisonnières des éclairagements (Tous les patios).....	197
Figure.7.24 : Bilan thermique et lumineux pour l'ensemble des cas d'étude (Saison estivale)...	202
Figure.7.25 : Bilan thermique et lumineux pour l'ensemble des cas d'étude (Saison hivernale).....	203
Figure.8.1 : Le modèle du bâtiment à patio.....	211
Figure.8.2 : Schéma des données d'inputs du logiciel "DesignBuilder".....	215
Figure.8.3 : Exposition solaire des compositions de base typologiques en été.....	216
Figure.8.4 : Le potentiel lumineux : modèle à patio et monobloc 1 et 2.....	218
Figure.8.5 : Profils des données climatiques estivales.....	219
Figure.8.6 : Profils des données climatiques hivernales.....	220
Figure.8.7 : Profils de températures : Modèle à patio et modèles sans patio.....	222
Figure.8.8 : Variations des éclairagements entre les modèles monoblocs et à patio en été.....	223
Figure.8.9 : Effet de la profondeur du patio sur l'environnement thermique du modèle 3.....	224
Figure.8.10 : Effet de la profondeur du patio sur les niveaux d'éclairement du modèle 3.....	224
Figure.8.11 : Températures de l'air et humidité relative enregistrées des modèles à 1 niveau avec différents ratio d'ouverture.....	225
Figure.8.12 : Impact du ratio d'ouverture sur les niveaux d'éclairement.....	226
Figure.8.13 : Températures d'air par rapport aux différentes orientations - journée d'été (Modèle 1).....	227
Figure.8.14 : Niveaux d'éclairagements d'une journée d'été (Modèle 1).....	228
Figure.8.15 : Valeurs des éclairagements/FLJ (min/max) pendant une journée d'été.....	229
Figure.9.1 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 1 niveau.....	235
Figure.9.2 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 2 niveaux.....	236
Figure.9.3 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 5 niveaux.....	237
Figure.9.4 : Variations des températures de l'air pendant la période hivernale des.....	238

échantillons et modèles à 1 niveau.....	
Figure.9.5 : Variations des températures de l'air pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 2 niveaux.....	239
Figure.9.6 : Variations des températures d'air pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 5 niveaux.....	240
Figure.9.7 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période estivale des échantillons et modèles à 1 niveau.....	241
Figure.9.8 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période estivale des échantillons et modèles à 2 niveaux.....	242
Figure.9.9 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période estivale des échantillons et modèles à 5 niveaux.....	243
Figure.9.10 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 1 niveau.....	244
Figure.9.11 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 2 niveaux.....	245
Figure.9.12 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 5 niveaux.....	246
Figure.9.13 : Corrélation quantitative entre l'environnement thermique et lumineux des échantillons et des modèles.....	247

LISTE DES TABLEAUX

Tableau.1.1 : Définitions du patio.....	12
Tableau.1.2 : Différence entre le patio et la cour.....	13
Tableau.1.3 : Terminologies semblables au patio.....	14
Tableau.1.4 : Définition du bâtiment à patio.....	16
Tableau.1.5 : Les différentes positions des patios et des cours (Source : Pinon P, 1979).....	18
Tableau.1.6 : Formes de la typologie des bâtiments à cour (Programme MEDA).....	19
Tableau.1.7 : Différents types de patios en Afrique (Schoenauer N, 1962).....	24
Tableau.1.8 : Habitations à patio typiques des civilisations classiques (Schoenauer N, 1962).....	27
Tableau.1.9 : Maisons à patio typiques au Maroc du Moyen Age (Schoenauer N, 1962).....	28
Tableau.1.10 : Comparaison entre le patio espagnol et mexicain (Schoenauer N, 1962).....	29
Tableau.1.11 : Les rapports entre les trois dimensions du patio selon Pinon (Source : Pinon P, 1979).....	36
Tableau.2.1 : RSV et RSSP de diverses formes (Source : Roger C, 1979).....	53
Tableau.2.2 : Rapports morphologiques possibles des 3 zones spatiales (patio/espace intérieur/extérieur) (Source : Abdulac S, 1982).....	57
Tableau.2.3 : Rapports dimensionnels selon le type du patio (Source : Abdulac S, 1982).....	59
Tableau.2.4 : Les espaces intermédiaires des patios.....	63
Tableau.2.5 : Différents types de patio par rapport à sa position dans le bâtiment (Source : Abdulac S, 1982).....	69
Tableau.3.1 : Synthèse des résultats des caractéristiques du bâtiment à patio dans les différents climats (Source : Taleghani M, 2014).....	81
Tableau.4.1 : Résultats du 21 Juillet (Source : Reynolds J, 2002).....	91
Tableau.4.2 : Résultats du 21 Décembre (Source : Reynolds J, 2002).....	92
Tableau.4.3 : Ratios optimaux et leurs zones correspondantes de mur ombragées et ensoleillées (Source : Muhaisen, 2005).....	103
Tableau .4.4 : Taux moyen d'augmentation des zones ombragées et la diminution de la surface exposée due à la variation d'hauteur d'étage (Source : Muhaisen, 2005).....	104
Tableau .4.5 : Pourcentage de réduction maximale possible dans les zones ombragées et ensoleillées (Source : Muhaisen, 2005).....	104
Tableau .5.1 : Exemples des niveaux d'éclairément dans différentes conditions climatiques et spatiales (Source : Guedouh, 2010).....	115
Tableau .5.2 : Qualification de valeurs FLJ (Source : Guedouh, 2010).....	117
Tableau.5.3 : Type de ciel selon la nébulosité (Source : Guedouh, 2010).....	118
Tableau.5.4 : Le processus de la conception pour l'éclairage naturel dans les bâtiments.....	121
Tableau.5.5 : Valeurs du FLJ standard pour certaines fonctions différentes (Source : Taleghani M, 2014).....	123
Tableau.5.6 : Facteurs de lumière du jour (FLJ) recommandés (Source : Millet et Bedrick, 1980).....	134
Tableau.5.7 : Les valeurs du FLJ correspondant aux différents ratios d'aspect (Source : Reynolds J, 2002).....	135

Tableau.6.1 : La disposition des tâches de recherche.....	159
Tableau.6.2 : Détails des échantillons de bâtiment à patio.....	161
Tableau.6.3 : Détails constructifs des échantillons sélectionnés.....	162
Tableau.6.4 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 1.....	164
Tableau.6.5 : Caractéristiques morphologiques du patio (échantillon 1).....	164
Tableau.6.6 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 2.....	165
Tableau.6.7 : Détails morphologiques du patio (échantillon 2).....	165
Tableau.6.8 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 3.....	166
Tableau.6.9 : Détails morphologiques du patio (échantillon 3).....	166
Tableau.6.10 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 4.....	167
Tableau.6.11 : Détails morphologiques du patio (échantillon 4).....	167
Tableau.6.12 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 5.....	168
Tableau.6.13 : Détails morphologiques du patio (échantillon 5).....	168
Tableau.6.14 : Caractéristiques des échantillons de bâtiments à patio sélectionnés.....	169
Tableau.6.15 : Ratios des différents échantillons sélectionnés.....	171
Tableau.7.1 : Zonage et localisation des points de mesure.....	179
Tableau.7.2 : Valeurs minimales/maximales enregistrées (Toutes les campagnes de mesure).....	180
Tableau.7.3 : Profils de températures ambiantes hivernales et estivales dans les cas d'étude..	198
Tableau.7.4 : Profils des niveaux d'éclairement des échantillons sélectionnés (Eté/Hiver)....	200
Tableau.8.1 : Schéma de modélisation sous "DesignBuilder".....	208
Tableau.8.2 : Les modèles de bâtiments de la simulation.....	209
Tableau.8.3 : Le rapport surface/volume des différents modèles.....	209
Tableau.8.4 : Compositions urbaines génériques de base. Du haut en bas: introverti à patios, monobloc 1 et monobloc 2.....	210
Tableau.8.5 : Détails du modèle de base.....	213
Tableau.8.6 : Modèles de bâtiments à patio.....	214
Tableau.8.7 : Modèles monoblocs (sans patio).....	214
Tableau.8.8 : Les valeurs des éclairements pendant la saison estivale.....	219
Tableau.8.9 : Les valeurs des FLJ (Tous les modèles).....	220
Tableau.8.10 : Les valeurs des éclairements hivernaux (Tous les modèles).....	221
Tableau.8.11 : Les valeurs des FLJ (Tous les modèles).....	221
Tableau.9.1 : 1 ^{er} groupe : bâtiments à 1 niveau.....	233
Tableau.9.2 : 2 ^{eme} groupe : bâtiments à 2 niveaux.....	233
Tableau.9.3 : 3 ^{eme} groupe : bâtiments à 5 niveaux.....	234
Tableau.9.4 : Corrélation qualitative thermo-lumineuse (Tous les échantillons et modèles)...	249

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

1. Introduction :

Dans le contexte actuel, la crise énergétique mondiale progressivement prend des influences inévitables, une consommation épuisante d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre, dès la conception architecturale, premier point du processus de construction. Les nouveaux défis associées aux accords internationaux tels que: le sommet de Rio (1992), le protocole de Kyôto (1997) et, spécifiquement dans les pays développés, la course pour diviser par deux ou minimisé au maximum la consommation énergétique des bâtiments (RT 2012), ainsi que l'objectif de diviser par quatre les émissions de gaz à effet serre à l'horizon 2050. Des exigences si fortes dérivent des solutions techniques et amènent à la rationalisation et à la régionalisation des principes architecturaux et diversifient le nombre des intervenants dans le secteur du bâtiment.

Le développement durable a déclenché des mouvements d'actions et des considérations nouvelles qui affectent la construction dans tout son cycle de vie. La consommation d'énergie et la pollution d'air sont l'obstacle majeur du processus de réalisation des bâtiments. Ce qui mène les accords internationaux de réduction de consommation d'énergie et des gazes à effet de serre à changer les priorités de conditionnement de la conception des bâtiments résidentiels et des bâtiments publics.

La tendance actuelle s'oriente vers la gouvernance et la gestion du secteur du bâtiment sous la vision globale du développement durable. Cette étude cherche à placer le bâtiment de nouveau au centre de la démarche durable, cela devient possible en validant la performance de la forme du bâtiment en tant qu'une réponse efficace face à des contraintes environnementales. Pour cela, nous nous intéressons aux modèles de l'architecture passive, toujours caractérisée par des formes simples et adaptées à leur contexte socioculturel et géo-climatique. Cet habitat, résultat d'un progrès de long terme, est en évidence durable. Ce travail de recherche porte sur la recherche des motivations qui façonne cette architecture, les

circonstances géographiques et climatiques qui peuvent déterminer la forme des bâtiments, et identifier des relations d'influence existantes pour établir la morphologie architecturale la plus correspondante à un contexte donné.

L'observation des bâtiments introvertis de point de vue formes et l'utilisation raisonnée des propriétés techniques, où l'on peut extraire de l'information sur les arrangements formels liés à des diverses données géo-climatiques: la trajectoire du soleil et les conditions du ciel, la direction des vents dominants... etc., il est aussi possible de tirer des informations du savoir-faire adapté aux contraintes naturelles, telle que : des réponses formelles concernant l'enveloppe du bâtiment, et la manière dont, celui-ci est ajusté au climat. Toutefois, le bâtiment doit être intégré parfaitement dans son environnement, en prenant compte tous les facteurs physiques et psychologiques, vers l'objectif majeur d'un bâtiment confortable et énergétiquement performant.

2. Problématique:

Actuellement, notre grand intérêt est de fournir des espaces intérieurs confortables, nos soucis sont tournés vers des problèmes climatiques tels quels: la lumière intense, la chaleur excessive, les vents chauds... etc., ces derniers influencent le confort des espaces intérieurs. Notre préoccupation de la qualité environnementale et la consommation énergétique des bâtiments devient importantes aussi que les qualités formelles ou fonctionnelles.

Un des objectifs de base de l'architecture des zones arides, c'est de concevoir des bâtiments éclairés naturellement, et thermiquement confortable pour les occupants tout en consommant le moins d'énergie possible. Dans les régions arides, cet objectif est plus difficile à atteindre, car le rayonnement solaire intense et les températures élevées de l'air ambiant empêchent un confort souhaitable. Un dilemme est toujours présent entre éclairer naturellement et protéger le bâtiment de la surchauffe.

Dans ces zones arides et chaudes, résoudre ce dilemme nécessite le développement des méthodes et des outils dans le sens d'établir de nouveaux critères architecturaux fondés sur des paramètres à la fois morphologiques et climatiques. Des études théoriques et empiriques vont être menées au cours de cette thèse pour le cas du "bâtiment à patio" par l'élaboration de certains nombres de critères possibles qui caractérisent une telle configuration et évaluer l'impact de la morphologie « à patio » sur l'environnement thermique et lumineux adjacent.

Dans l'objectif d'analyse la qualité des espaces intérieurs notre choix s'oriente vers leur éclairage naturel et leur environnement thermique. Ces deux environnements ont un impact important sur l'efficacité énergétique et le confort d'un bâtiment. Notre approche d'étude s'intéresse à une typologie typique celle du bâtiment à patio. Cette configuration architecturale est la plus utilisée dans des zones climatiques chaudes et arides. Les facteurs physiques liés à l'adaptation au microclimat aride sont déterminés par un environnement ambiant hostile qui doit être pris en considération pour aboutir à un confort de l'intérieur.

L'analyse de l'espace architectural intérieur est une activité assez complexe, à la fois technique et multidisciplinaire, elle sollicite souvent des recherches *in situ* et des simulations numériques. Notre étude cependant est destinée à traiter la problématique d'intégrer le bâtiment dans son contexte, en se fondant sur l'étude de cas, des mesures et des simulations numériques réalisées sur des bâtiments et modèles avec une investigation innovante.

Dans les espaces intérieurs, l'exposition à l'éclairage adéquat est très efficace pour l'hygiène et le bien-être des gens. Les surfaces vitrées étendues et la transparence dans les façades des bâtiments fournissent une quantité de lumière et un confort visuel adéquat dans les espaces intérieurs, alors une question se pose : est-ce que ces dispositifs d'éclairage sont réalisables dans les régions chaudes ?

Toutefois, ce système d'éclairage naturel peut ne pas fonctionner dans les climats confrontés à un rayonnement solaire intense (tel que le climat chaud aride), en raison de la surchauffe et la perturbation dans le domaine du confort thermique. L'étude de l'architecture traditionnelle est nécessaire pour trouver des stratégies efficaces de l'éclairage naturel et le confort thermique. En fait, le patrimoine est au-delà du bâtiment, le cadre spatio-temporel est la référence historique d'un savoir-faire d'une population dans un lieu donné.

En utilisant des solutions opérantes, l'architecture traditionnelle a été harmonisée avec les conditions climatiques. Les bases de cette architecture sont fortement appropriées avec l'environnement naturel et ces éléments (la lumière naturelle, l'eau, le vent et le sol...etc.).

A la suite de longues expériences du passé, l'architecture traditionnelle des villes sahariennes, situées dans des climats chauds et arides, a été formée en tenant compte de tous les facteurs, d'ordre: climatique, social, culturel, esthétique, ainsi que la relation entre l'homme et son environnement. En raison de la chaleur et des conditions climatiques sèches, la plupart des recherches et études ont principalement étudié la thermique et la ventilation naturelle, et peu

d'attention a été accordée à la combinaison environnement lumineux/environnement thermique.

La disparition du patio est liée à l'ignorance des concepteurs (maîtres d'œuvre) et maîtres d'ouvrage de ses valeurs bioclimatiques et sociologiques. Malgré les faibles tentatives pour sa réintégration, mais elles semblent insuffisantes et c'est à cause de la méconnaissance du système où il devrait fonctionner convenablement. Il est difficile de prédire l'éclairage naturel et les températures intérieures d'un bâtiment à patio, le patio comme étant un espace singulier dans le bâtiment, est généralement prévu non seulement comme un dispositif qui améliore l'environnement thermique, mais aussi un espace capteur de la lumière naturelle diffusée aux espaces adjacents.

a. Questions secondaires :

- Est-il possible aujourd'hui de concevoir une architecture performante avec des ressources naturelles sans faire recours aux énergies fossiles non renouvelables?
- Quelles sont les stratégies de l'éclairage naturel dans ces bâtiments face à des conditions climatiques chaudes et sèches? Et sont-elles applicables dans l'architecture contemporaine?
- Comment étudier simultanément l'éclairage naturel et la thermique dans les bâtiments à patio dans les régions arides?
- Comment peut-on étudier deux environnements singuliers différents pour un même objectif, le confort thermique et lumineux dans le bâtiment?
- Peut-on corréler deux unités de mesure différentes et par quel outil ou modèle?

b. Question principale :

- Quelle morphologie de bâtiment à patio peut offrir un équilibre optimal entre les performances thermiques et lumineuses?

3. Hypothèses de travail

L'ajustement de ses caractéristiques morphologiques spécifiques, le bâtiment à patio assure un équilibre optimal entre les qualités thermiques et lumineuses des espaces adjacents.

4. Les objectifs de la recherche :

1. L'approche environnementale apparaît aujourd'hui comme un enjeu clef du développement durable, l'amélioration des techniques de construction de l'habitat et les économies d'énergie

seraient plus efficaces par le biais de liaisons à une approche bioclimatique. Il serait donc opportun d'analyser et d'étudier le bâtiment selon une optimisation énergétique durable. L'évaluation des effets climatiques dans le bâtiment doit inclure une superposition de plusieurs cartes faisant référence à divers types de confort : le confort thermique, le confort lumineux pour notre sujet en question.

2. Analyser une typologie du bâtiment d'un contexte climatique hostile. Rechercher la façon dont cette architecture s'adapte aux exigences particulières d'un territoire donné. Cette analyse doit considérer l'ensemble des conjonctures climatiques et formelles qui peuvent déterminer l'architecture locale. On cherchera à identifier, les raisons qui ont motivé la génération de la forme architecturale, le choix de la forme architectonique et les techniques constructives définies par rapport à des variables environnementales dont l'ensoleillement, le vent, la lumière naturelle, les caractéristiques et la disponibilité des matériaux.

3. Le but majeur de notre recherche serait d'établir des liens et liaisons d'interdépendance physique entre des propriétés lumineuses et thermiques du bâtiment à patio. Ce dernier est une forme architecturale importante, qui peut contribuer à la réalisation de nombreux avantages environnementaux, tels que l'échauffement et le refroidissement passif, la ventilation et l'éclairage naturel, pour assurer un confort permanent. L'utilisation d'un patio dans le bâtiment pourrait être une solution architecturale très bénéfique du point de vue énergétique et environnemental.

4. L'idée prépondérante de la recherche est l'investigation sur l'architecture introvertie sa performance thermique et lumineuse selon la morphologie du bâtiment. On discutera comment l'architecture, selon ses propriétés morphologiques, s'approprie pour devenir un bâtiment performant. Démontrer que les formes architecturales vernaculaires répondent à un environnement géo-climatique donné, elles sont aussi plus économiques et plus confortables en utilisant des stratégies comme solutions aux problèmes énergétiques et aux besoins des usagers.

5. L'étude vise à étudier l'évaluation de l'environnement thermique et lumineux dans un bâtiment à patio par la comparaison des données mesurées *in situ* et celles des modèles de la simulation numérique, pour prédire toutes les opportunités de l'éclairage naturel et du confort thermique. Cette recherche propose aussi d'établir un équilibre optimal entre l'éclairage naturel et la protection solaire dans le cas spécifique du bâtiment à patio sous des conditions

climatiques arides et chaudes. La présente recherche vise à extraire les directives actuelles sur les stratégies de l'éclairage naturel et la protection solaire d'un bâtiment à patio, y compris une méthodologie novatrice pour une optimisation de la morphologie du bâtiment à patio le plus adapté aux conditions climatiques des zones arides chaudes.

5. plan du travail:

Pour atteindre nos objectifs, la thèse sera divisée en deux grandes parties, la première partie théorique déterminera les différents concepts, et la deuxième partie sera consacrée à l'étude de cas (la partie expérimentale):

Chapitre 1:

Dans le premier chapitre, nous apporterons des précisions conceptuelles sur la thématique des bâtiments à patio et sur le patio lui-même, comment il est un espace extérieur presque intérieur, une discussion autour de cet espace entouré par des murs internes. Le patio peut prendre des dimensions et positions différentes. Entre autres, distingué le patio de la cour et d'autres espaces architecturaux similaires. On s'intéressera aussi sur l'état de l'art des bâtiments à patio en tant que typologie architecturale spécifique, qui peut contribuer à la réalisation de nombreux avantages environnementaux, et les diverses fonctions qui peuvent remplir un bâtiment à patio, surtout dans le secteur résidentiel.

Chapitre 2 :

Ce chapitre est d'une importance capitale, car il aborde la thématique de la morphologie du bâtiment à patio ainsi que son analyse par rapport aux influences climatiques par plusieurs auteurs et chercheurs internationaux.

Chapitre 3:

Dans ce troisième chapitre, on développera les qualités environnementales et les impacts énergétiques des bâtiments à patio sous la vision globale du développement durable, explorer ainsi les possibilités et les valeurs bioclimatiques par l'inclusion du patio dans le bâtiment pour l'amélioration des qualités environnementales et énergétiques, et fournir un confort dans les espaces intérieurs adjacents.

Chapitre 4:

Le quatrième chapitre sera consacré aux modèles physiques d'évaluations et des calculs thermiques. La plupart des calculs de la température sont difficiles dans le cas des bâtiments à patio. À l'heure actuelle, la méthode la plus utilisée est toujours les compagnes de mesure *in*

situ, et les modèles numériques pour prédire les températures optimales des espaces intérieurs adjacents au patio et à l'extérieur du bâtiment.

Chapitre 5 :

Le cinquième chapitre abordera les méthodes de calcul et les Modèles et de simulation numérique de l'éclairage naturel en accord avec la thermique; et qui permet de prédire l'éclairage d'un bâtiment à patio sous des conditions climatiques spécifiques, en particulier la corrélation des environnements thermiques/lumineux. Il est également nécessaire de découvrir la conduite des patios et leur impact sur l'éclairage naturel des espaces intérieurs.

Chapitre 6 :

Une présentation générale de notre cas d'étude ou une détermination du corpus de recherche par la sélection de divers bâtiments à patio dans divers lieux urbains et styles architecturaux réalisés dans des périodes différentes. Des relevées sur place pour la collecte des données graphiques pour la construction du corpus de recherche. A la fin, une analyse des échantillons selon leurs différences morphologiques.

Chapitre 7 :

Ce chapitre sera consacré pour une partie importante de la recherche, les compagnes de mesure *in situ* dans les échantillons sélectionnés pour les deux saisons (hivernale et estivale), cela après avoir établi un protocole de mesure de manière à couvrir un maximum de variation et de dépendance par rapport aux environnements étudiés.

Chapitre 8 :

Ce chapitre sera consacré à l'application de la deuxième technique d'investigation, celle de la simulation numérique qui porte à la fois sur les environnements thermiques et lumineux.

Le choix est fait sur le software "*DesignBuilder*" compatible à notre recherche, qui effectue des simulations thermiques grâce à "*EnergyPlus*" et d'autres graphiques et numériques de l'éclairage naturel grâce à "*Radiance*". Par le biais des programmes informatiques et/ou des logiciels de simulations actuelles, cela nous permettra de tester non seulement un modèle empirique à patio, mais de le comparer avec d'autres configurations architecturales avec des éventuels changements morphologiques. Les résultats de telles prédictions seront plus fiables et pertinents.

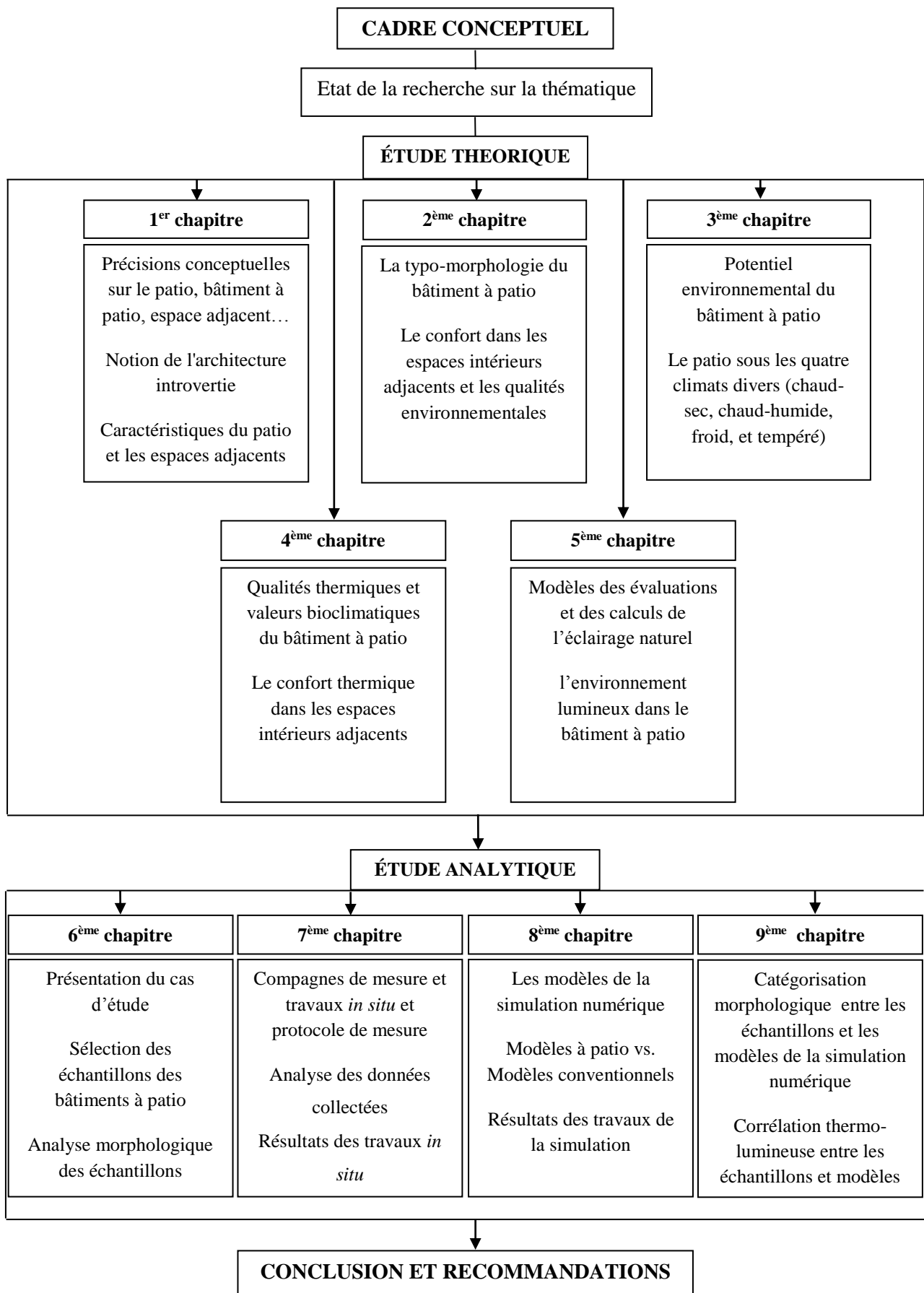
Chapitre 9 :

Le dernier chapitre fera l'objet d'une corrélation thermo-lumineuse des échantillons existants et les modèles de simulation. Cette corrélation révélera la morphologie du bâtiment à patio la plus adaptée aux conditions climatiques de notre cas d'étude et qui possède le potentiel thermique et lumineux meilleur.

Conclusion et recommandations

A la fin, une conclusion générale avec d'importants résultats, la délimitation de la recherche et une liste de recommandations des solutions pratiques des problèmes similaires liés à la conception des bâtiments à patio naturellement éclairés et thermiquement confortables dans les zones arides et chaudes. Ainsi que des visions de recherche complémentaires futuristes.

6. Cadre conceptuelle et l'organisation de la thèse :



PARTIE THEORIQUE

Première partie

ETUDE THEORIQUE

Introduction de la partie théorique :

Cette première partie de la recherche traite le fondement des termes de la problématique et les diverses controverses qui les entourent. Donc, c'est un passage en revue de la littérature liée à une thématique similaire à notre étude. Premièrement, des précisions et éclaircissements sur l'ensemble de concepts pertinents qui servent, par la suite, à extraire les indicateurs mesurables. En outre, l'état de l'art doit être parcouru d'une façon diachronique pour mieux saisir l'évolution des études et des recherches antérieures, afin de proposer une ou plusieurs pistes de réponses à notre problématique pour la vérifier par la suite dans la deuxième partie.

La partie théorique sera divisée en chapitres, les premiers seront consacrés à des définitions et des concepts de l'étude citée, entre autres : le patio, le bâtiment à patio... etc., mais aussi les distingués des cours et atriums et d'indiquer également s'il existe des liens notables entre eux. Ce sujet de recherche s'inscrit dans la thématique environnementale, il est bien nécessaire de se focaliser sur les aspects et les impacts environnementaux et énergétiques et d'étudier ainsi le potentiel thermique et lumineux de ce type du bâtiment surtout en milieu aride.

En dernier, et après avoir déterminé les importants fondements théoriques : les méthodes et les modèles d'analyses pertinents, cette sélection des définitions et des modèles nous indiquera le cheminement de notre recherche, car ces choix détermineront la construction des différentes étapes de la deuxième partie analytique et la vérification des hypothèses de départ sur l'aptitude du (bâtiment à patio) à résoudre le dilemme toujours persistant, entre l'éclairage et la protection du bâtiment de la surchauffe et la fourniture d'un meilleur confort aux usagers dans les zones arides et chaudes.

CHAPITRE I

CONCEPTUALISATION ET THEMATISATION DES BATIMENTS A PATIO

Chapitre I

CONCEPTUALISATION ET THEMATISATION DES BATIMENTS A PATIO

1.1. Introduction :

Premièrement et avant tout des éclaircissements conceptuels théoriques semblent indispensables pour une étude environnementale liée à un espace très spécifique "le patio".

Notre recherche développe dans ce chapitre deux théories qui portent sur deux concepts essentiels: (le bâtiment et le patio). Les études sur les bâtiments nécessitent des explicitations, des définitions claires, et des clarifications conceptuelles.

Le présent chapitre clarifie le concept "bâtiment à patio" comme une unité et encore séparément. Fonder des questions pertinentes du fond est moyen important pour clarifier différents concepts ainsi que des questions sceptiques dont certaines peuvent ne pas donner des réponses immédiatement, mais qui pourraient stimuler une analyse plus approfondie qui mène à des réponses éventuelles.

Ce chapitre est formé d'une série de questions, fondamentalement : un besoin de clarifier ce qui est vraiment un "bâtiment à patio" de même pour "le patio". Dans ce processus, on va utiliser inévitablement une recherche systématique, recueillent des exemples de bâtiments et des maisons à patio, à travers le monde et l'histoire; le Moyen-Orient (Mésopotamie, Ur, Turquie... etc.), la Chine, la Grèce antique et Rome, et l'Afrique du Nord, l'Amérique centrale.

Dans un premier temps, une présentation générale sur les patios, un essai de cerner les facteurs qui par leur inclusion entraînée des aspects architecturaux et environnementaux. Dans un deuxième temps, une étude globale des morphologies et typologies des bâtiments à patios qui soutiendront la compréhension des caractéristiques et des spécificités formelles. Une telle

étude ne sera possible qu'à partir d'un état de l'art des différents travaux similaires qui ont déjà traité ce sujet.

1.2. Approche conceptuelle:

1.2.1. Le patio :

La définition d'espace découvert au sein d'un bâtiment (surtout les résidences) permet d'effectuer une première élimination : le jardin, espace juxtaposé et non intégré (exception à discuter: les jardins intérieurs contemporains) (Abdulac S, 1982). Il est clair que les deux définitions insistent sur un espace ouvert qui n'a pas de couverture et qu'il est entouré par des murs dans un bâtiment singulier (Tab.1.1).

Tableau.1.1 : Définitions du patio.

Définitions des glossaires	Définitions des spécialistes chercheurs
<p>1. Dictionnaire Oxford Un espace à ciel ouvert totalement ou partiellement clos par des murs ou des bâtiments, généralement une partie d'un petit bâtiment souvent une maison.</p> <p>2. Dictionnaire Cambridge Un espace plat ouvert qui est partiellement ou complètement entouré par des murs d'un bâtiment.</p> <p>3. Dictionnaire français Larousse : Espace découvert clos autour duquel sont disposés, et sur lequel s'ouvrent, en général par des portiques, les diverses pièces d'une habitation. (Type méditerranéen de cour attesté dès le III^{ème} millénaire à Our).</p> <p>4. Dictionnaire Techno-Science [en ligne] 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 au repos ou à la détente.</p>	<p>1. Reynolds J, 2002 un espace extérieur presque intérieur ouvert vers le ciel et qui est partiellement ou complètement entouré par les murs d'un bâtiment.</p> <p>2. Maalof A, 2002 il s'agit d'un espace limité en majorité par les différents corps d'une maison, plus souvent limitée par des murs que par des bâtiments, la cour est plutôt l'extérieur confiné.</p> <p>3. Forés Ferrer J, 2002 Le patio pourrait être défini comme une pièce sans toit, qui est le noyau central d'une habitation complètement introvertie caractérisée par une cour centrale utilisée comme espace séparé en plein air.</p> <p>4. Taleghani M, 2014 Un patio est une très petite cour dans un bâtiment unique ou singulier.</p>

Dans l'architecture méditerranéenne traditionnelle, en Espagne (notamment en Andalousie) ou en Afrique du Nord, les maisons sont tournées vers l'intérieur. Elles ne possèdent parfois

aucune fenêtre donnant sur l'extérieur. C'est le patio qui éclaire la demeure. Une ambiguïté pourrait subsister par rapport à la cour. Le problème ce n'est pas d'éliminer la cour de nos préoccupations (le patio nous intéresse d'autant plus qu'il existe dans la tradition ancienne - depuis l'Antiquité - contrairement à la cour (Tab.1.2).

Tableau.1.2 : Différence entre le patio et la cour.



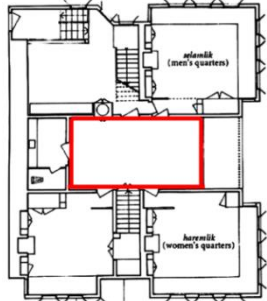


Le patio	La cour
1. Les patios sont aussi anciens que les premières civilisations	1. Les cours existent dans la tradition occidentale moderne
2. Le patio est actif	2. La cour est passive
3. Le patio est une partie intégrante dans le bâtiment	3. La cour est un plus dans le bâtiment
4. Le patio possède plusieurs fonctions liées au climat	4. Sa seule fonction est d'apporter air et lumière à la maison
5. Positionnement spatial: central et intégré	5. Positionnement spatial: excentré
6. La distribution : nœud distributif principal	6. Sa fonction distributive se réduit à celle de passage
7. La fonction : espace d'habitation	7. Espace de transition

La grande originalité du patio, sa force comme son ambiguïté d'être à la fois en dedans et en dehors, d'être ouvert, mais d'être quelquefois partiellement couvert (Reynolds J, 2002).

1.2.2. Terminologies semblables au patio :

Le tableau 1.3 ci-dessous résume une liste des termes et des vocabulaires inhérents aux composantes spatiales des différentes typologies architecturales datant de l'époque musulmane et qui sont souvent mis en relation avec ou peut être confondu au patio (Chergui S, 2015).

Tableau.1.3 : Terminologies semblables au patio.

Le terme	Signification	Illustration
1. <i>Sahn</i>	Cour de mosquée. Pratiquement toutes les mosquées ont un <i>Sahn</i> , qui est entouré par les arcades de tous les côtés.	
2. <i>Shbbâk</i>	Puits de lumière et de ventilation grillagé ou patio protégé par une grille dans sa partie supérieure.	
3. <i>Wast al-dar</i>	Patio de maison ou de demeure. Au contraire au patio cet espace est quasiment fermé.	
4. <i>Hawch</i>	Signifie une cour dans une habitation rurale, utilisée souvent pour l'élevage des animaux.	
5. <i>Riad</i>	Est une forme d'architecture vernaculaire traditionnelle au Maroc (Maison, hôtel, restaurant, palais...) à l'origine dans les médinas (centres historiques des villes du Maroc).	

1.2.3. Notion spécifique sur le patio:

1.2.3.1. Notion morphologique:

Le patio est un espace extérieur découvert inclus à l'intérieur d'un espace couvert généralement à fonction d'habitation. En particulier, il n'est pas en relation directe avec les espaces urbains environnants, généralement de forme régulière carrée ou rectangle en plan suivant les bords du bâtiment. Le patio est un espace enclos, donc, un espace extérieur à ouverture zénithale prioritaire. Par sa relation avec les espaces intérieurs; suivant les cas, le patio peut jouer un seul rôle ou simultanément plusieurs rôles différents vis-à-vis de ces espaces intérieurs :

- il assure l'éclairage principal des espaces intérieurs
- il assure des relations visuelles avec les espaces adjacents et permet, à travers lui, des relations visuelles entre ces espaces.
- il sert d'espace de distribution secondaire ou principale pour les espaces internes.

1.2.3.2. Notion bioclimatique:

Le patio possède plusieurs fonctions liées au climat, il est un espace ayant un rôle d'éclairage, d'enseulement, d'aération et maintien de condition de vie hygiénique, il est un espace dont le volume d'air à un microclimat assurant une régulation des effets hygrothermiques extérieurs, il est un espace permettant un contrôle des effets variables et saisonniers du climat externe et pouvant favoriser par ses dispositions (orientation, proportion, géométrie, situation relative, espaces attenants... etc.) le confort climatique interne.

1.2.3.3. Notion spatiale:

Le terme "espace transitionnel" couvre une grande variété d'espaces allant d'un passage, couloir ou une véranda. Les zones de transition sont des espaces où le climat entre l'intérieur et l'extérieur est modéré, sans faire recours aux systèmes mécaniques; dans ces espaces l'occupant cohabite les effets des changements du climat extérieur. Les espaces transitionnels peuvent être divisés en trois principaux types (Fig.1.1). Le premier type comprend : les cours, les atriums et les patios. Le deuxième type contient des espaces ouverts adjoints qui sont légèrement couverts comme un balcon, une véranda, un passage couvert, des arcades. Dans le troisième type, le bâtiment est entièrement entouré par un espace ouvert, comme dans les villas (Taleghani M, 2014).

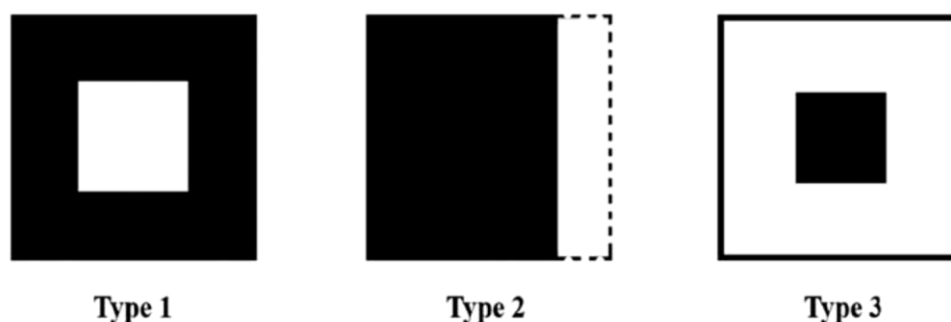


Figure.1.1 : Différents types d'espaces de transition (Source : Chun et all, 2004).

Guy Petherbridge offre une explication globale de la dispersion du bâtiment à patio en distinguant deux variétés: le bâtiment du patio intérieur, où le bâtiment renferme un patio, et le bâtiment à cour extérieure, où la cour entoure la maison, offrant une aire protégée contiguë avec les unités d'habitation, mais pas renfermées (Taleghani M, 2014).

1.3. Le bâtiment à patio :

Le cas à conceptualiser le bâtiment à patio est également complexe, on devra entreprendre à développer un ensemble de critères ou de particularités possibles. Voici quelques définitions qui se fondent sur des spécifiés morphologiques et climatiques (Tab.1.4).

Tableau.1.4 : Définition du bâtiment à patio.

Auteur	Définition
Ashraf M. Salama, 2003	Le bâtiment à patio a émergé comme un phénomène prototypique urbain, rural et désertique. Il se diffère des autres types de bâtiments. à l'intérieur, l'espace extérieur est placé à l'intérieur du volume et devient finalement le cœur de sa morphologie. Ce type du bâtiment particulier à des caractéristiques générales physiques qui concernent son aspect morphologique et sa signification environnementale.
Nibedita Das, 2006	Généralement, la typologie du bâtiment à patio de base peut être décrite comme des espaces entourant un patio ouvert au ciel et essentiellement associée aux climats arides.
Georges Marçais 2010	On est chez soi dans la maison, on est chez soi dans la cour, avec un morceau de ciel qui n'appartient qu'à vous. Le patio ne cache rien, il met en valeur l'intimité et se connecte avec le ciel, le spirituel, le cosmos. Il défend l'intériorité autant que, dans l'Antiquité, il aidait à créer l'espace rassurant, domestiqué, dans un paysage aux mille horizons inconnus et toujours secoués.

Les bâtiments à patio possèdent des potentialités insuffisamment explorées et exploitées dans quatre domaines : urbain, architectural, climatique, humain. Les références vernaculaires ont une valeur qui dépasse leur cadre d'origine et sont, en conséquence, transférables sous certaines conditions :

1.3.1. Potentialités urbanistiques:

Un habitat à patio propose des textures urbaines qui ne situent pas dans la dichotomie en vogue d'aujourd'hui : habitat de type collectif, habitat de type individuelle. Les tissus urbains de bâtiments à patio peuvent avoir des caractéristiques importantes spécifiques à ces deux types d'habitat :

- une densité forte
- des espaces extérieurs privés
- des possibilités de rues, avec des façades, des boutiques, et des places
- une intégration des fonctions : équipements, commerce, habitations
- une adaptation souple a des sites divers
- des potentialités de juxtaposition avec des bâtiments de dimensions différentes.

1.3.2. Potentialités architecturales:

Le système d'espaces à patio renouvelle les possibilités compositionnelles à plusieurs niveaux :

a. Au niveau des enveloppes:

L'indépendance des enveloppes internes et externes pourrait résoudre séparément d'un part la réponse aux exigences architecturales interne, et d'autre part la réponse aux exigences urbaines.

b. Au niveau de la configuration:

Les bâtiments à patio sont susceptibles, sous certaines conditions de fournir des modèles conciliables avec des densités élevées.

c. Au niveau urbain:

La grande continuité des masses bâties permet de considérer les espaces urbains comme des formes positives enlevées à l'organisation générale des bâtiments. Ceci permet de substituer un urbanisme soustractif à l'urbanisme additif couramment pratiqué.

1.3.3. Potentialités climatiques:

Les caractéristiques des tissus urbains engendrés par un système à patio, grâce à un linéaire important de murs mitoyens, permettent notamment une limitation des gains ou des

dépense calorifiques selon les saisons. L'espace de patio constitue un microclimat susceptible de contribuer à la régulation thermique des bâtiments contemporains auxquels il est attenant. Le système du patio apporte une réponse satisfaisante au problème de l'utilisation du rayonnement solaire et des variations du climat grâce à la morphologie particulière du bâtiment à patio qui est plutôt tourné vers le ciel, et facilite l'intégration d'équipements comme les capteurs solaires.

1.4. Bâtiment à patios, à cour et à atrium :

1.4.1. Similarité typologique :

Les types de bâtiments similaires au bâtiment à patio sont le bâtiment à cour et à atrium:

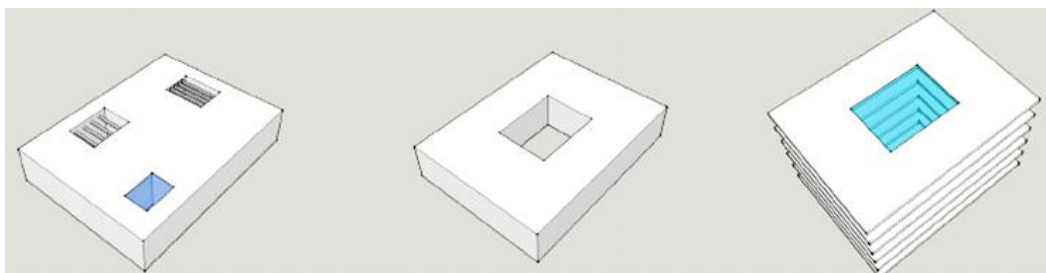


Figure.1.2 : A gauche: des cours, au milieu: un patio, à droite: un atrium
(Source : Taleghani M, 2014).

Sa position : le patio (Fig.1.2 au milieu) est généré par le bâti et entouré par les pièces qui s'ouvrent sur lui. Il est central ou intégré. Tandis que la cour (Fig.1.2 à gauche) est un espace plus ou moins généré par le bâti, plus ou moins tracé par la clôture.

Tableau.1.5 : Les différentes positions des patios et des cours (Source : Pinon P, 1979).

Les différentes positions du patio				
Les différentes positions de la cour				
Cour centrale	Plan en forme L	Plan en forme H	Plan en forme H avec deux cours.	Plan en forme de T avec deux cours

Le tableau 1.5 met en évidence la différence entre cours et patio par rapport à leur position dans le bâtiment.

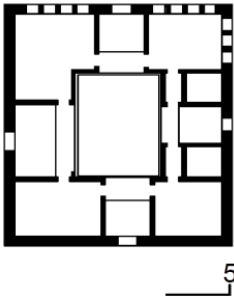
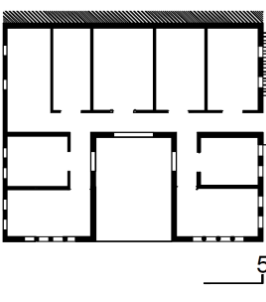
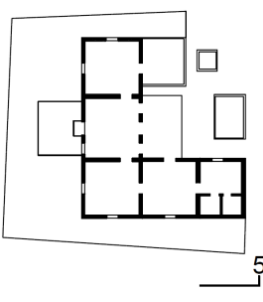
1.4.2. Définition du bâtiment à patio:

Le bâtiment à patio est l'une des formes les plus anciennes de l'architecture vernaculaire remontant à au moins 5000 ans et se produit sous différentes formes dans de nombreuses régions du monde (Reynolds J, 2006). A titre d'exemple : au Moyen-Orient, où le climat et la culture ont donné forme à un type spécifique du bâtiment à patio, il y a d'autres réinterprétations de la forme du patio en Chine, en Inde, en Afrique du Nord (Égypte et Maroc), Europe du Sud (Grèce, Italie et Espagne), Afrique de l'Ouest et en Amérique latine.

1.4.3. Définition des bâtiments à cour :

La cour est un peu plus type du patio dans de grands bâtiments. Il n'est pas souvent couvert avec des pergolas ou entouré de galeries. Les cours peuvent également être trouvés dans des climats froids en Europe occidentale. Espace découvert, entouré de murs et/ou de bâtiments, faisant partie d'une habitation, d'un édifice administratif, scolaire, Mosquée... etc., qui souvent s'ordonne autour d'elle. Le bâtiment à cour est constitué de plusieurs espaces intérieurs agencés autour d'un espace ouvert appelé cour. La cour est aménagée et les espaces occupent habituellement deux ou trois côtés de cette cour. Ceux-ci forment une sorte de façade intérieure. Le bâtiment est aussi souvent surélevé de deux ou trois étages (Dictionnaire Larousse).

Tableau.1.6 : Formes de la typologie des bâtiments à cour (Programme MEDA).

		
Plan à cour en O	Plan à cour en U	Plan à cour en L

1.4.4. Définition des bâtiments à atrium :

Un atrium est une cour couverte par un toit en verre. Ces types de bâtiments ont un comportement thermique et lumineux différent et ne sont pas inclus dans cette recherche.

1.4.5. Différence entre bâtiment à patio et celui à cour :

Pour nuancer cet écart, parfois très subtil, parfois très net qui existe entre cour et patio. On retrouve toujours la même vocation de confiner un morceau d'extérieur et de le rendre particulier, mais le résultat est nettement moins dense et certainement plus ambigu (Joan Salvat-Papasseit). Certains aspects déterminent et renforcent ces différences :

- l'échelle qui déforme autant les matérialités (corps du bâti, bâtis/individus,... que les immatérialités (regards, voix,...)
- la position parfois décentrée de la cour par rapport au bâti (ce qui complique, voire empêche, la relation d'égalité et d'équilibre entre les différents espaces et individus)
- la présence d'une clôture (c'est-à-dire l'absence de la continuité du mur a habité, comme Hassan Fathy définissait les pièces entourant le patio)
- la promiscuité et la quantité des activités (agricoles, productives) qui s'y déroulent comme celle des individus (personnes, animaux) qui y cohabitent (ce qui génère une modulation toute différente et singulière)
- et finalement, le traitement de cet espace, du point de vue de sa composition comme de sa texture.

1.4.6. Fonctions qui peuvent avoir un bâtiment à patio :

Les patios servent les bâtiments de presque toutes les fonctions imaginables. Les résidences sont particulièrement susceptibles d'être conçues autour de patios, parce que les patios offrent à la fois la vie privée et l'accès à la nature (Reynolds J, 2002). Les activités commerciales bénéficient également, par exemple, les restaurants offrent des patios ombragés sous la chaleur de midi. Les Hôtels utilisent des patios fleuris comme la première impression pour leurs clients, et les arcades entourées pour contenir la charge clientèles. Le patio pourrait entourer la piscine de l'hôtel. Les collèges organisent leurs bureaux et les salles de classe autour de patios formels qui accueillent des rencontres informelles entre les classes. Hôpitaux et cliniques utilisent les arcades autour de leurs cours paisibles comme des aires d'attente, et mieux encore en tant que lieux de visite, un moment d'évasion pour le patient du confinement du lit d'hôpital.

Le patio, cependant, n'a pas toujours la même fonction dans l'architecture domestique. Son rôle diffère d'une région à une autre en Iran et dans les pays arabes voisins. En référence aux variations des types (Memarian, 1993), il est possible d'identifier les fonctions du patio suivantes:

- La délimitation des périmètres du terrain

- La définition d'un lieu de vie privée pour la famille
- L'unification des espaces et des éléments dans une maison
- La fourniture d'un principe de circulation
- La création d'un jardin ou un endroit frais
- La promotion de la ventilation.

1.5. Historique des bâtiments à patio :

1.5.1. Introduction à l'histoire du bâtiment à patio:

Le bâtiment à patio connu comme la plus ancienne forme de résidence. Une traversée du monde a montré dans la civilisation ancienne l'évolution historique de la forme à patio excavée à Kahun en Egypte, qui vers 5000 ans à chaldéenne la plus ancienne ville d'Ur 2000 ans avant J.-C. (Oliver P, 2003). Les caractéristiques du bâtiment à patio dépendent du milieu et de la culture d'un groupe spécifique dans une région; par exemple, les patios peuvent être utilisés comme un jardin intérieur, où il peut y fonctionner comme un point central dans la maison. Depuis des milliers d'années, à Sumer et l'Égypte Pharaonique, les plus anciennes cultures du Moyen-Orient, qui détiennent le plus ancien exemple du patio (Ayhan et Neslihan, 2011). Plus tard, ce type du bâtiment a été aperçu dans les civilisations occidentales comme celle Grecque et Romaine (Abdulac S, 1982).

En Italie, à 700 av. J.-C., une nouvelle conception du patio qui se réfèrent comme la maison de l'atrium, développé à partir de l'ancienne forme, le but de ce type est de fournir l'espace extérieur privé, la maison de l'atrium esquisse le péristyle grec qui a une conception différente, la conception a montré une petite cour entourée par des colonnes (Blaser W, 1985). Au Moyen-Orient la maison à patio représente un modèle d'architecture commune dans un climat chaud et sec et dans de nombreuses villes anciennes, des tentatives pour générer un espace privé par l'introversion (Al-Azzawi, 1994).

L'histoire des maisons à patio peut être retracée plus de 5000 ans. Au tournant du 4^{ème} au 3^{ème} millénaire avant J.C à Mohenjo-Daro - situé dans l'actuel Pakistan – des maisons ont été construites avec un patio ouvert dans le centre. Les chambres ont été regroupées autour de celui-ci. De manière surprenante, il y avait déjà les types construits avec deux étages. Au même temps des bâtiments similaires ont été érigés dans le début des colonies en Inde et en Chine. Toujours dans l'ancienne colonie sumérienne d'Ur premiers types de maisons à patio central ont été découverts. Situés à l'Euphrate en Mésopotamie, ces bâtiments étaient de plan carré avec des longueurs de 10 mètres, construits de briques posées de deux étages de haut, au

rez-de-chaussée un hall d'entrée appelé "l'Iwan", cuisine et salle de lavage, tandis que les chambres étaient placées à l'étage supérieur. Un système étonnamment sophistiqué de drainage a été utilisé pour diriger l'eau de pluie hors du patio.

Au cours du premier millénaire avant notre ère dans les colonies grecques comme Délos et Priène les maisons avec un seul patio ont été construites. Entourant l'espace ouvert, les colonnes ont été introduites comme un nouvel élément qui supporte le toit et crée un passage couvert entourant conjointement le patio ouvert.

1.5.2. La philosophie du patio:

Il existe une compilation des bâtiments à patio de différentes périodes et régions du monde, car elle montre non seulement le développement formel, mais aussi les conditions techniques et formelles imposées par le matériel de travail et des outils. Inutile de dire, le climat, la lumière, la végétation et l'organisation des plans ont un rôle important ainsi que d'autres conditions d'influences de fond.

Le patio est en général une partie du bâtiment fermée par des murs, ou au moins une chambre partiellement ouverte. Tout au long de l'histoire, le patio a joué un rôle important. Le plan de patio ne doit pas être fixé; il peut être rond, carrée, rectangulaire ou incurvée dans les grandes lignes comme souhaité. Inutile de dire, l'orientation est d'une grande importance dans les patios et non seulement en raison de l'exposition au soleil: des liens en effet, même dans l'Égypte ancienne, l'aménagement créée avec le cosmos (Blaser W, 1985).

1.5.3. Évolution synchronique de la configuration à patio:

La configuration du patio est aussi vieille que l'homme sur la terre. Les plus anciennes maisons à patio se trouvent dans les plus anciennes civilisations de l'Iran, ainsi que la Chine, et remonte à 5000 avant J.C (Edwards B, 2006). Le patio dans la maison constitue le centre d'intérêt et a toujours été utilisé à de nombreuses fins, y compris cuisinier, travailler, jouer, se regrouper, et même dormir durant les nuits chaudes d'été.

Les maisons à patio ont été repérées dans toutes variations: espace, temps et climat. Cependant, ils sont peut-être plus fréquents dans les climats chauds et secs, comme dans le Moyen-Orient et les régions tropicales, cette cour centrale ouverte apporte des effets de refroidissement importants, et admettant d'autres apports nécessaires tels que la ventilation, la lumière du jour, la vie privée et la sécurité.

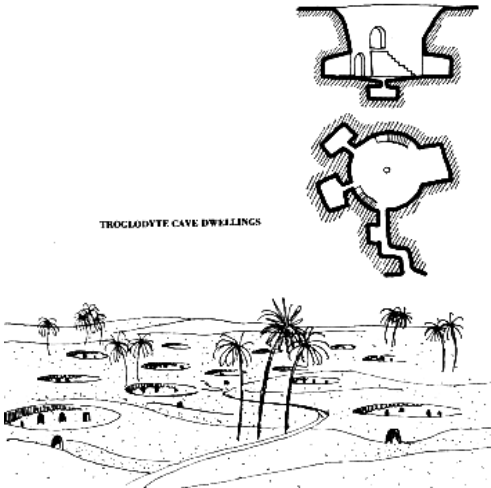
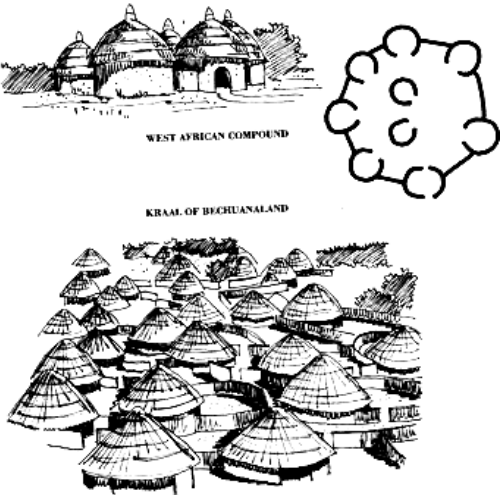

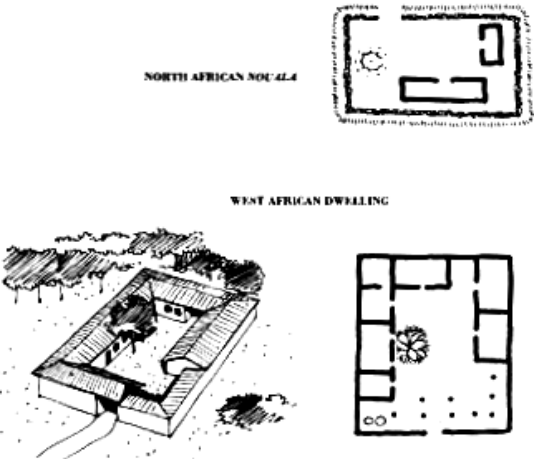
On trouve des patios dans de nombreuses régions du monde, dans divers climats, dans différentes cultures. Les patios sont aussi anciens que les premières civilisations (Sumer, Égypte pharaonique...etc.), et ce type du bâtiment a été largement utilisé comme une résidence dans le Moyen-Orient ancien, en Chine, au Nord de l'Afrique, au sud de l'Europe, et en Amérique latine ... etc. Dans le nord froid les patios sont plus grands (pour admettre le soleil d'hiver); dans le sud plus chaud, les patios sont plus petits (pour exclure le soleil d'été).

Bagneid observe que : "géographiquement, les maisons à patio sont aujourd'hui réparties principalement dans l'Afrique du Nord, Moyen-Orient et les régions périphériques (Méditerranée: Espagne, Grèce, etc.; Inde, Pakistan, Iran, etc.) comme forme prédominante dans les villes indigènes sous des Climats chauds secs, humides modérés et/ou chauds (Bagneid A, 1989). La littérature montre quatre époques dans l'évolution historique du patio: a- les anciennes civilisations de l'Afrique du Nord vers la Chine, b- les civilisations classiques en Grèce et à Rome, c- le Moyen Age et la Renaissance y compris le monde islamique, ainsi, d- l'ère moderne.

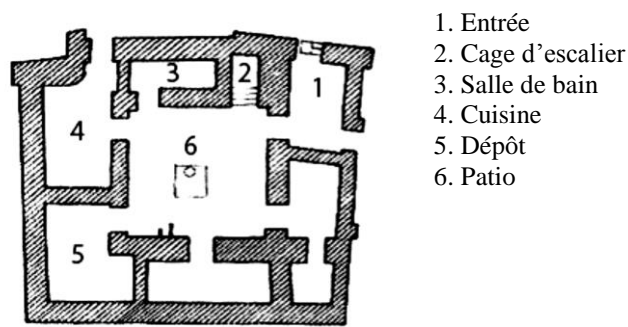
1.5.3.1. Les civilisations anciennes :

Schoenauer et Seeman (1962) suggèrent dans leur livre "The garden court-house" que la société la plus primitive est rationnelle pour construire des maisons à patio (les villages Troglodytes) construisent dans le Matmatas au sud de la Tunisie. Chaque unité d'habitation est construite autour d'un cratère à ciel ouvert, qui est le patio (Schoenauer et Seeman, 1962). Cette forme de construction primitive a été précédée par les "douars" en Afrique du Nord, les camps de tribus nomades en Afrique de l'Ouest, les "kraals de Bechuanaland" en Afrique du Sud et les premières habitations rectangulaires au Maroc. Schoenauer et Seeman considèrent que les "noualals", les habitations du Maroc d'une composition rectangulaire, marquent la transition entre les douars primitifs et les maisons à patio classiques. Les kraals de Bechuanaland dans le sud de l'Afrique et les premières habitations rectangulaires au Maroc ont présenté le premier prototype du patio (Das N, 2006). Tableau.7 montre les différents types de plans à patio en Afrique.

Tableau.1.7 : Différents types de patios en Afrique (Schoenauer N, 1962).

<p>Habitations des grottes ou Troglodytes</p>	<p>"Kraals of Bechuanaland" en Afrique du Sud</p>
 <p>TROGLODYTE CAVE DWELLINGS</p>	 <p>WEST AFRICAN COMPOUND</p> <p>KRAAL OF BECHUANALAND</p>
<p>Prototype primitif "Douars" en Afrique du Nord</p>	<p>Premières habitations rectangulaires en Afrique du Nord</p>
	 <p>NORTH AFRICAN NOU'ALA</p> <p>WEST AFRICAN DWELLING</p>

Lors d’une enquête archéologique, Un autre exemple a été révélé à Ur sur le fleuve Euphrate Mésopotamie en l’an 2000 av. J.C. (Tab.1.7). Le plan a montré un patio carré entouré de chambres au rez-de-chaussée, et le premier étage de la maison est ouverte sur le patio, à cette époque, le matériau de construction principal est la brique cuite (Blaser W, 1985). En Chine, les maisons primitives ont été significativement influencées par la religion et la philosophie du Yin et du Yan (Schoenauer et Seeman, 1962), l'objectif était différent, le patio utilisé pour la vie privée et la méditation. Même la forme a un autre attribut que celui du premier exemple à Ur.



1. Entrée
2. Cage d'escalier
3. Salle de bain
4. Cuisine
5. Dépôt
6. Patio

Figure.1.3: Plan d'une maison à Ur, en Mésopotamie (Source : Al-Dawoud, 2006).

Au lieu d'entourer de chambres, le patio chinois entouré de maisons individuelles, qui appartiennent à différentes personnes. Le Jardin et l'eau sont deux signes pour le patio, ainsi utilisé comme un outil de refroidissement dans un endroit chaud du climat sud. Figure 1.4 illustre la disposition typique des maisons chinoises et du patio.

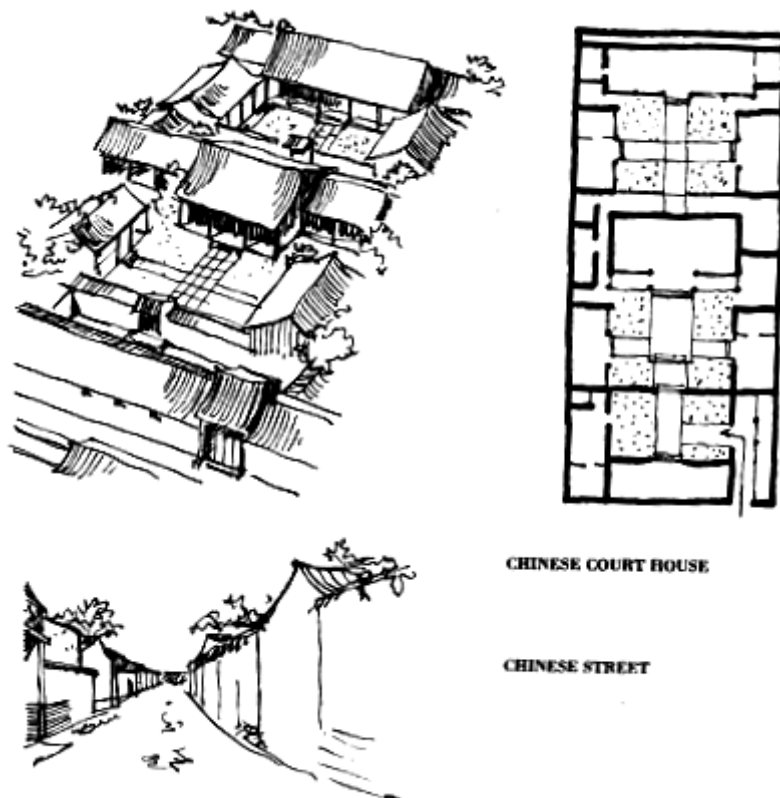


Figure.1.4 : Aménagement typique des maisons à patio chinoises (Schoenauer N, 1962).



Figure.1.5 : Maison troglodyte en Tunisie (Source : <http://blog.holidaysplease.co.uk>).

Autour de 2000-1500 ans av. J.C., des maisons semblables ont été construites dans la vallée de l'Indus en utilisant la même philosophie. Les maisons ont été conçues comme une série de pièces ouvrant sur une cour centrale (Pallavi A, 2016). Dans une autre partie du monde, les premières maisons chinoises ont été fortement influencées par les principes du Yin et du Yang. Comme nous pouvons le voir dans la figure 5, il y a une similitude frappante entre la forme la plus primitive des colonies souterraines chinoises en Honan et les habitations troglodytes en Tunisie (Fig.1.5).

1.5.3.2. Les civilisations grecque et romaine:

L'âge classique marqué par la conception grecque et romaine sophistiquée et planifiée, porte des preuves universelles de maisons à patio. Les Grecs découvrent l'avantage thermique des bâtiments à patio, puis, ils ont conçu leurs maisons d'une manière à permettre au soleil faible d'hiver de pénétrer le patio, tout en bloquant le soleil chaud d'été par les toits en saillie sur portique (Hans R, 2000).

Tableau.1.8 : Habitations à patio typiques des civilisations classiques (Schoenauer N, 1962).

<p>Maison grecque péristyle et maison de l'atrium roman</p>	<p>Péristyle romain</p>
<p>Maison à cour grecque (Délös et Lendos)</p>	<p>Maison à cour grecque (Priène)</p>

Les Romains ont ensuite été inspirés par la lumière et de la légèreté des maisons de colonnades grecques et les maisons de l'atrium des Etrusques (Al-Dawoud, 2006). Dans ce laps de temps, nous pouvons voir la maison Romane avec deux cours intérieures, le péristyle et l'atrium. Cet atrium n'a cependant pas été une vraie cour selon la définition; il était presque entièrement couvert, à l'exception d'une petite ouverture au milieu.

1.5.3.3. Les civilisations du moyen âge et de la renaissance:

Au Moyen Age, les seules traces de maisons à patio ont été trouvées en cortile italienne et cloîtres monastiques. Sullivan (2002) observe que : « la vie de monastère bénédictin généralement tourné autour d'un centre fermé, espace de quatre côtés avec une promenade couverte dont les moines sont venus à étudier et à méditer ». Après cette période, les maisons

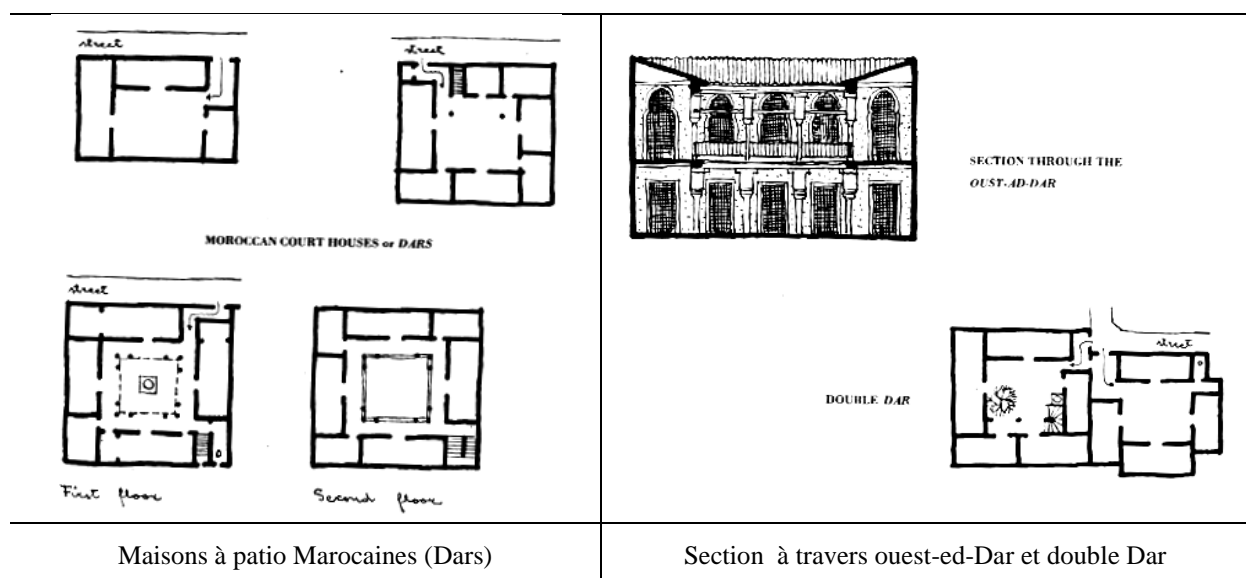
à patio peuvent être vu dans d'autres régions limitrophes de la Méditerranée (dans les pays musulmans d'Afrique du Nord et au Moyen-Orient) (Brian E, 2006).

La philosophie architecturale de l'islam est guidée par une logique mathématique qui pense abstraitement à refléter l'ordre divin. Lehrman observe que la pureté et la perfection de la symétrie en tant que constituant de la géométrie contrôlée par l'homme sont appréciées dans l'architecture islamique. Les peuples islamiques connaissaient les avantages des maisons à patio (Lehrman J, 1980).

Pendant les quatre saisons, les maisons persanes avec un intérieur raffiné par des jardins, ainsi les maisons arabes simples, comme en Syrie (Damas), les résultats de l'habitation d'une philosophie de base islamique de « la vie privée est à l'isolement avec une visualisation minimale de l'occupant au monde extérieur » (Schoenauer et Seeman, 1962). Au cours de cette période, les espaces souterrains ont été additionnés aux bâtiments à patio du Moyen-Orient. Ces espaces étaient des caves ou des entrepôts pour la nourriture et l'eau. En outre, ils ont été utilisés pour dormir dans les jours chauds de l'année.

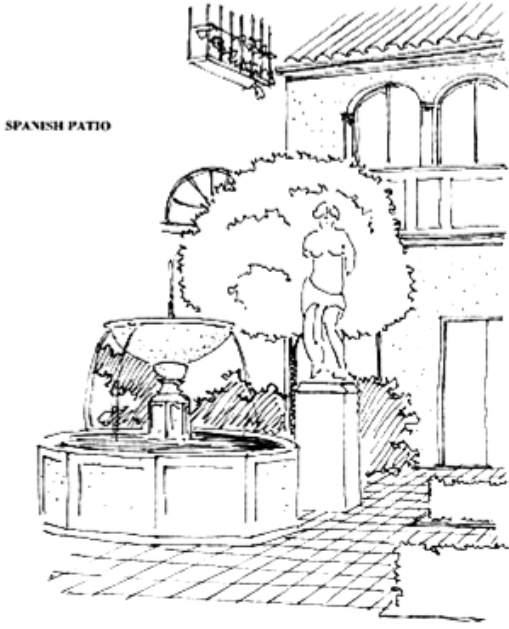

Hinrichs (1989) décrit l'adaptation islamique des maisons à patio comme un "concept d'oasis". Les proportions de ces bâtiments entretenus une gracieuse réactivité au climat chaud aride dans la plupart des pays musulmans : « où il existe un contraste intentionnel entre l'ombre et l'éblouissement, la chaleur de l'extérieur et la fraîcheur de l'intérieur de Ouast-Dar » (Brian E, 2006). Les maisons à patio étaient très populaires dans les régions du nord autour de la mer Méditerranée, en particulier dans le sud de l'Espagne.

Tableau.1.9 : Maisons à patio typiques au Maroc du Moyen Age (Schoenauer N, 1962).



Les bâtiments à patio sont apparus sous deux formes principales, jardins et patios. Aujourd'hui, les bâtiments à patio peuvent aussi être vus en Amérique latine dans des pays comme le Mexique (Tab.1.10).

Tableau.1.10: Comparaison entre le patio espagnol et mexicain (Schoenauer N, 1962).

	
Patio espagnol	Patio mexicain

1.5.3.4. Les patios dans l'ère moderne:

En Europe, les maisons à patio de masse sont devenues une forme populaire, même si Macintosh (1973) met en garde que ces habitations n'avaient rien à voir avec les précédents antérieurs dans l'architecture. Il observe que «... quadrangulaire symétrie a été retravaillé depuis le début du XXe siècle ». En règle générale, la masse de bâtiments à patio en Europe est principalement une réponse sociale à la demande de logements pour la classe ouvrière de bas revenu. En Europe, Macintosh observe que le premier palais de justice moderne, donnant sur un jardin au sud a été construit par Hugo Haring en 1928, ce style a été adopté plus tard dans un plan en forme de "L" par deux architectes du Bauhaus, Hannes Meyer et Ludwig Hilberseimer. Cette modification de la forme L du palais de justice quadrangulaire est devenue populaire en Allemagne et en Angleterre dans les années 1950 et 1960. Enfin, l'architecture du patio survit encore aujourd'hui dans presque dans tous les pays du monde, que ce soit dans sa forme rectangulaire d'origine ou dans des formes modifiées (Das N, 2006).

1.5.3.5. Le cas des patios Algériens :

Les patios du Nord Algérien où les hivers peuvent être rigoureux, une des stratégies très anciennes consiste à pratiquer un nomadisme intérieur sur des rythmes journaliers et saisonnier. Dans les habitats de la Casbah d'Alger par exemple (palais de Raïs à Casbah), le bâtiment à un ou deux niveaux cernent un patio central délimité par une colonnade qui court sur l'ensemble du périmètre. En été lorsque le soleil au zénith, les colonnes projettent une ombre profonde. Les pièces intérieures protégées de la chaleur solaire par la masse thermique du bâtiment. En hiver, le schéma d'occupation du bâtiment s'inverse : la terrasse et la loggia de l'étage que peuvent encore atteindre les rayons du soleil d'hiver deviennent les espaces de vie diurne (Courgey S, 2006).



Figure.1.6 : Le patio du palais de Raïs (Source : Thecasbahpost.com).

Les patios des zones désertiques, dans les climats chauds et secs à grandes amplitudes, les outils utilisés sont similaires, essentiellement fondés sur la disposition architecturale et la grande inertie thermique des parois. A cela s'ajoutent des dispositifs d'occultation solaire et la facilitation de la ventilation. Certains dispositifs comme les patios étroits et les tours à vent du M'Zab ou d'El Oued extraient une partie des calories d'air entrant.



Figure.1.7 : Ouverture patio d'une maison mozabite (Source : es.wikipedia.org).

1.6. Impacts des patios:

1.6.1. Impacts socioculturels:

Un des plus grands avantages du patio est la vie privée causée par des éléments environnants (bâtiments, pièces ou des murs) (Rapoport, 1969), (Kamau, 1979), (Fathy, 1973). Cette caractéristique fournit un endroit sûr pour se reposer, joué avec les enfants, le culte (méditation), les activités et l'exercice de la femme. A cet égard, différentes formes de patio sont adaptées pour les jardins d'enfants, écoles, espaces rituels (grandes mosquées, basiliques), hôpitaux (endroits qui sont censés fournir une zone tranquille pour le traitement des patients) et même les prisons.

Dans les maisons à patio, ce dernier agit comme une pièce extérieure. Cette pièce peut être utilisée comme une extension de la cuisine pendant le matin ou en tant que prolongement du salon le soir par exemple pour distraire les invités (Das N, 2006). De plus, l'intimité visuelle dans un patio est un élément important dans les pays musulmans et du Moyen-Orient. De plus, les bâtiments ou les chambres autour d'un patio atténuent les bruits des bâtiments environnants ou de la rue. Enfin, étant donné que la plupart des ouvertures de cette forme s'ouvrent sur la partie centrale.

1.6.2. Impacts formels:

Parmi tous les espaces d'un bâtiment à patio, le patio a la meilleure vue et il est accessible à partir des autres espaces environnants (Fig.1.8).

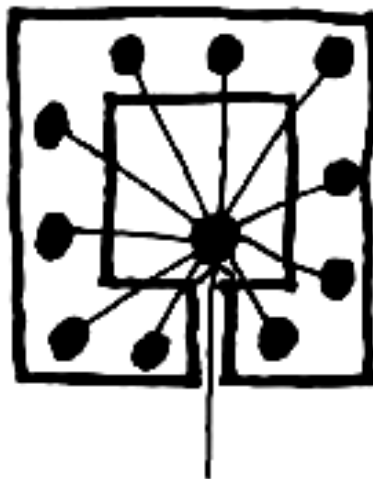


Figure.1.8 : Choix d'accès dans un bâtiment à patio (Rapoport A, 2007).

Rapoport (2007) traite l'impact formel des maisons à patio comme un important attribut dans la vie privée: "le patio lui-même offre un cadre très important ou un sous-système de paramètres, dans lequel des activités spécifiques se produisent dans le cadre d'un système de vastes activités.» (Rapoport, 2007).

1.6.3. Impacts environnementaux:

L'une des principales raisons pour lesquelles les patios ont survécu pendant plus de 5000 ans, est leur potentiel pour fournir une zone thermiquement confortable pour vivre. Les patios peuvent être une source d'air frais, de lumière et de fraîcheur. Ils ont généralement été dénommés des modificateurs du microclimat dans la maison en raison de leur capacité à réduire les degrés de température, et régler le taux d'humidité. Les patios ont été utilisés dans les climats de caractéristiques différentes : tropicaux et tempérés chauds et neigeux.

L'idée simple d'inclure un espace ouvert (comme un patio) dans un bâtiment vient à l'esprit quand nous avons besoin d'un éclairage naturel, de chauffage, de refroidissement et de ventilation dans un bâtiment fermé. Wadah (2006) a mentionné trois principaux facteurs dans l'activité climatique d'un bâtiment à patio; soleil, vent et humidité (Brian E, 2006).

1.6.3.1. Soleil: Raydan (2006) discute que les bâtiments à patio sont en quelque part collecteur de soleil et quelque part protecteur de soleil. À cet égard, il est important de considérer la lumière du soleil et en outre l'effet thermique du soleil. Par conséquent,

l'orientation correcte des bâtiments et son patio, et la bonne position du vide (patio) dans une masse ferme (bâtiment) doivent être prises en compte (Raydan D, 2006).

1.6.3.2. Humidité: différents éléments naturels peuvent être utilisés dans le patio pour accroître l'humidité. L'humidité est nécessaire dans les zones arides pour obtenir un confort en augmentant le taux de l'humidité relative de l'air. Les éléments comme les plantes et l'eau sont les principaux éléments utilisés dans les régions chaudes et arides. L'évaporation et l'augmentation de l'humidité sont le résultat correspond au soleil et au vent (Zahra Z, 2012). Il est évident que dans d'autres climats dans lesquels l'humidité ne soit pas nécessaire, où moins d'éléments naturels sont utilisés.

1.6.3.3. Vent: le vent a deux effets sur un bâtiment à patio. D'abord, il circule entre l'espace extérieur et l'intérieur du patio; seconde, il ventile l'intérieur du bâtiment par l'air du patio. À cet égard, dans les zones chaudes pendant la nuit, l'air chaud se lève et quitte le patio. Ensuite, l'air plus frais va pénétrer pour remplacer l'air sortant. Par conséquent, au cours de la journée chaude, l'air frais est distribué aux chambres et le patio pourrait être une source de fraîcheur et d'air frais (Al Hemiddi et Al-Saud, 2001). Dans les régions neigeuses il y a une circulation limitée entre le patio et le bâtiment. En outre, dans les régions tropicales, où des températures de l'extérieur et l'intérieur du bâtiment sont proches les uns des autres, le patio est utilisé pour rafraîchir l'air intérieur.

1.7. Implications du patio:

Le patio joue un rôle important dans la confection de l'environnement physique, psychologique et climatique dans les bâtiments à patio. Les implications du patio sont énumérées ci-dessous:

1.7.1. Implications psychosociales:

Le patio agit également comme un espace d'interaction pour tous les occupants. En général, tous les espaces intérieurs donnent sur le patio, la création d'une relation directe entre l'intérieur et l'extérieur. Cet arrangement encourage les usagers à utiliser le patio en groupe. L'intimité est l'une des principales préoccupations des bâtiments de type patio. Par conséquent, la plupart des bâtiments à patio sont visuellement isolée par des entrées obscurcies. Dans les endroits où le climat est favorable à l'activité en plein air, les murs des terrasses sur les toits sont assez élevés pour fournir un espace de couchage privé au cours de la nuit (Zainab F, 2007).

Outre que l'intimité visuelle fournie par la forme du patio, il fournit également l'intimité acoustique ; le bâtiment à patio absorbe le bruit du bâtiment en lui-même. Aussi les espaces voisins fournissent une barrière de bruit entre le cœur intérieur du bâtiment et la rue à l'extérieur. Cela aide à fournir un espace en plein air plus calme et une intimité appréciée.

1.7.2. Implications culturelles:

On retrouve l'utilisation d'un patio dans de nombreux cas. Cela est généralement pour séparer les espaces publics du privé au sein de la maison. Le domaine public est principalement pour les invités et il est surtout utilisé par les membres masculins de la famille. Le patio intérieur est plus restreint à la famille et il est généralement un espace extérieur dont bénéficient les membres féminins de la maison (Yiorgos H, 2012).

L'organisation du patio diminue les connexions intérieur-extérieur, mais augmente les connexions intérieures; ils maximalisent les relations intérieures tout en gardant la séparation avec extérieur. Les patios contribuent à créer un espace intérieur tout en respectant les valeurs de la culture de la vie privée par l'absence de vue vers l'extérieur.

1.7.3. Implications fonctionnelles:

Les patios fonctionnent généralement comme un lieu central dans la maison, reliant les différentes zones et activités au sein du bâtiment. L'organisation du plan autour d'un patio réduit les besoins pour les escaliers, ce qui contribue à rendre les différentes parties de la maison facilement accessible même par les personnes à mobilité limitée (Rapoport, 2007).

Les patios fonctionnent avec succès pour des générations plus âgées dans la maison. La solution pratique de la conception à patio combine les avantages de conception compacte et d'habitation facilement entretenus. La conception à patio accueille des places extérieures communes pour des contacts publics, encourager les personnes handicapées à la mobilité pour profiter du plein air.

1.7.4. Implications religieuses:

Le patio est à la fois symboliquement et religieusement significative. Cet espace à ciel ouvert encore enfermé entre les murs environnants d'une maison a été considéré comme un symbole spatial de l'intériorité et la féminité dans la maison. Le patio peut symboliser beaucoup de choses: le point central d'intérêt dans la maison; une concentration de la lumière, du vent, de bruit et de l'eau; un maintien de la vie et un refuge privé garanti (Pallavi A, 2016).

Les patios ont été acceptés comme une forme séculière dans presque toutes les religions du monde. La plupart des cours hindoues se distinguent par la mise en place d'une plante Tulasi (basilic) qui est arrosé et adoré. L'application religieuse la plus universelle de l'ouverture du patio est peut-être une congrégation pour les fêtes religieuses.

1.7.5. Implications économiques:

Certains avantages financiers sont étroitement associés à la forme du patio et de la construction. Le bâtiment à patio a un rendement sur l'utilisation des terres. Quand des bâtiments à patio partagent des murs, le coût de construction est considérablement réduit. La réduction des murs conduit également à moins de surfaces que ce soit pour le gain ou la perte de chaleur, qui peut aider à économiser les charges du refroidissement intérieur du bâtiment. Un autre avantage financier de la forme à patio, ses espaces intérieurs sont généralement flexibles. Dans les bâtiments à patio, chaque espace peut être modifié en servant à des fins multiples. Cela facilite la capacité d'adaptation à de nouvelles fonctions pour le bâtiment.

1.7.6. Implications climatiques:

Généralement, les patios ont été considérés comme des modificateurs du microclimat par leur capacité à atténuer des hautes températures, et régler le degré d'humidité. L'auto-ombrage et les propriétés d'inertie thermique sont utilisés pour réduire la chaleur reçue par les bâtiments à patio en utilisant un bon choix des proportions de la construction et des matériaux. Les patios servent non seulement comme des espaces intimes, ils sont aussi une source de confort thermique et de flux d'air pour le bâtiment. Le sol du patio et les murs sont généralement un bon convecteur de chaleur en fonction du matériau utilisé (Nada R, 2010).

Le patio agit comme un réservoir d'air froid en particulier dans les climats chauds arides où les conditions de ciel clair nécessitent une protection des surfaces du rayonnement solaire chaud. Cela aide à maintenir des températures inférieures dans le patio et des espaces au rez-de-chaussée en particulier. L'utilisation de matériaux de surfaces très réfléchissantes de couleur claire dans les patios aide à apporter plus de lumière dans les pièces environnantes.

L'utilisation de plantes et de l'eau dans les patios permet d'augmenter l'humidité de l'air et d'améliorer les conditions de confort aux climats chaud à sec. Dans le bâtiment, le patio est l'espace le moins affecté par les variations météorologiques annuelles, saisonnières et journalières. Quand les conditions à l'intérieur des espaces intérieurs deviennent inconfortables et étouffantes, alors les activités de ces espaces débordent dans le patio.

Dans des conditions extérieures défavorables, le patio peut être touché par le soleil au moins à une partie de la journée ou de l'année. Les proportions exactes et l'orientation du patio peuvent même bloquer l'angle supérieur du soleil d'été tout en permettant la pénétration de l'angle bas du soleil d'hiver. Le patio fonctionne comme un régulateur thermique et donne une protection contre des conditions météorologiques extrêmes ; les effets extrêmes des étés chauds, des hivers froids et les différences de température journalières (Nada R, 2010).

1.8. La morphologie des patios:

Dans ce qui suit, nous nous intéresserons aux aspects morphologiques du patio. Nous aborderons les géométries, les dimensions et les typologies de liaison avec l'espace extérieur.





1.8.1. Aspect géométrique:

Il existe une similarité entre la forme du patio et la forme de la parcelle, dont la forme des patios est tributaire de la forme de la parcelle. En d'autres termes, dans les parcelles ayant des formes déformées où les côtés ne se présentent pas sous une forme orthogonale le patio obéit aussi au contour et prennent une forme trapézoïdale. Dans le cas contraire, lorsque les parcelles sont carrées ou rectangulaires, les côtés du patio sont parallèles aux contours de celle-ci (Pinon P, 79).

1.8.2. Aspect dimensionnel:

Après une étude approfondie des patios dans les pays méditerranéens et les pays islamiques et des cours en France méridionale et en Europe centrale, Pinon a élaboré un ensemble de typologie des cours et patios. Les différentes typologies sont recensées dans le tableau 1.11 ci-dessous.

Tableau.1.11: Les rapports entre les trois dimensions du patio selon Pinon (Source : Pinon P, 1979).

Type cubique	Type parallélépipédique	Type plat	Type à puits
 <p>Type cube $H=L=R$</p>	 <p>Parallélépipédique $H=R \ll L$</p>	 <p>Plat $H \ll R < L$</p>	 <p>Puits $H \gg L > R$</p>
possédant des dimensions ($H=L=R$) égales	la section est approximativement carrée ($H=R \ll L$)	à plan carré ou rectangulaire, dont la hauteur est mineure par rapport aux autres dimensions ($H \ll R < L$)	à plan rectangulaire ou carré, possède une hauteur largement supérieure à la dimension du plan ($H \gg L > R$)

1.8.3. Le rapport avec l'extérieur:

Le rapport avec l'extérieur dépend de la culture et de certains besoins de défense sociale telle que l'intimité. Reynolds distingue quatre types d'accès aux patios :

- Entrée directe au centre de l'habitat. Le centre n'est pas protégé des regards curieux. Ce type domine au Nord du bassin méditerranéen et dans certains pays à culture espagnole.
- Entrée directe de la rue vers l'intérieur du patio. Le patio et ses annexes sont en juxtaposition avec l'extérieur, les murs constituent juste des barrières entre l'extérieur et l'intérieur.
- Entrée cachée, l'entrée se fait par un passage latéral (Zeguan) par rapport à la position du patio, celui-ci distribue d'un côté des arcades entourant. Le centre de l'habitat préserve son intimité. Ce type s'est développé en Grèce et dans l'architecture Arabo-musulmane.
- Entrée par un autre patio, c'est le cas en Chine.

Du fait que le patio est un espace central ou intégré, les entrées directes ne sont pas possibles. Donc, nous ne retiendrons que deux types d'accès au patio, l'entrée cachée et l'entrée par un autre patio (Reynolds J, 2002).

1.8.4. Espaces annexes au patio:

La présence de ces annexes change les configurations habituelles du patio. Il s'agit d'espaces intermédiaires qui lient le patio et les espaces intérieurs. Selon Abdulac, il y a les loggias, les galeries et l'Iwan (Fig.1.9).

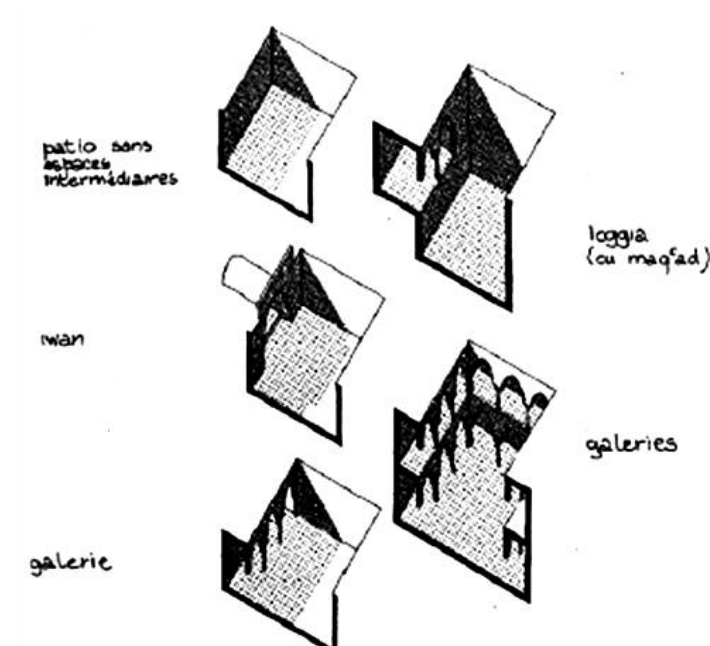


Figure.1.9 : Configurations du patio (patios et espaces intermédiaires) (Source : Abdulac S, 2010).

Comme il est présenté dans la figure 1.9, les configurations que peut prendre le patio changent en fonction des annexes entourant. De gauche à droite on voit le patio à forme simple qui n'est pas entouré des annexes, le patio avec un "Iwan", une galerie sur un seul côté du patio, la loggia à l'étage et le patio entouré des galeries sur les quatre côtés. Ces dispositifs ont été conçus pour des raisons climatiques : ils fonctionnent comme un système de distribution permettant la circulation et la communication entre les différentes pièces autour du patio où ils permettent, comme pour l'Iwan, de se tenir à l'abri du soleil et de jouir de la brise si elle vient rafraîchir l'air extérieur (Abdulac S, 2010).

1.9. Conclusion :

Le patio n'est pas un simple espace architectural, il est au-delà de toutes considérations sociologiques, climatiques et même cosmiques. Même si le patio et la cour sont de la même famille chacun est distinct de l'autre. Le premier est une partie intégrante du bâtiment, tandis que le deuxième est un espace passif, c'est une partie de plus dans le bâtiment.

Les patios sont aussi anciens et remontent aux premières civilisations, par contre les cours n'existent que depuis la tradition occidentale moderne. Le positionnement spatial du patio est central et intégré, or que la cour est excentrée.

Le bâtiment à patio est un système clos par renfermement progressif du vide central, ceci limite les possibilités d'évolution du bâtiment et explique la présence fréquente d'extensions verticales. Si l'introversion du bâtiment à patio est une caractéristique évidente, en conséquence, elle compense l'hermétisme de son enveloppe extérieure par la diversité et la richesse des relations spatiales internes, de la multiplicité des points de vue et la circulation. Les patios sont des endroits particuliers qui sont en dehors presque à l'intérieur, à ciel ouvert, mais entourés des espaces clos. Le patio est fortement lié à ses espaces adjacents, les servir à la fois comme conduit et filtre la lumière naturelle, de l'air et du vent, la pluie et le son. Les patios fournissent aux gens un contact quotidien avec la nature. Le patio est souvent le plus gracieux endroit dans un bâtiment.

En revanche, même si les patios rapportent la nature dans un bâtiment, ils en modèrent les extrêmes, car ils sont rarement chauds à l'après-midi d'un été, ou assez froid juste avant l'aube en hiver, ou de la même température que celles de la rue. Le principal avantage du patio est le résultat de sa forme intérieure, qui donne une idée de l'enceinte et de la vie privée du bâtiment. Le patio est le cœur du bâtiment, où différentes fonctions peuvent avoir lieu au

cours des différentes parties de la journée. Cette "pièce extérieure" peut être utilisée comme une extension des espaces intérieurs adjacents.

Un des phénomènes essentiels des bâtiments à patio est que l'espace du patio se trouve impliqué dans le fonctionnement général du bâtiment, ce qui le distingue de la cour, c'est donc un espace totalement actif approprié par les occupants. Alors la caractéristique (quasi tautologique) des bâtiments à patio est la paire adjacente (patio/bâtiment) qui forme un tout indissociable, les avantages bioclimatiques et énergétiques des bâtiments à patios et le pouvoir d'adaptation sous des conditions climatiques différentes même très opposés sont deux aspects qui feront l'objet en détail dans le troisième chapitre.

Les constructions environnantes, l'orientation et la hauteur du bâtiment, la taille du patio et la présence des espaces intermédiaires jouent un rôle important dans la modération du climat. Ils participent dans le contrôle climatique en empêchant l'entrée de soleil d'été tout en permettant la pénétration du soleil d'hiver. La circulation d'air dans les patios, réduit l'humidité à l'intérieur pendant la brise et d'autres périodes de fortes humidités. Dans certaines zones arides les patios fonctionnés comme des collecteurs d'eau de pluie. La morphologie des bâtiments à patio fera l'objet en détail du prochain chapitre.

CHAPITRE II

ANALYSE TYPO-MORPHOLOGIQUE DU BATIMENT A PATIO

Chapitre II

ANALYSE TYPO-MORPHOLOGIQUE DU BATIMENT A PATIO

2.1. Introduction :

La typologie du bâtiment à patio n'est pas réservée seulement pour le monde arabe. Beaucoup de civilisations l'ont utilisé comme un modèle architectural primaire depuis la préhistoire, nous pouvons citer les Assyriens, les Perses, les Grecs, les Romains et les Byzantins récemment dans l'architecture contemporaine. Les patios ont évolué parallèlement à travers le monde. Cependant, bien que le bâtiment à patio constitue l'aspect principal de la conception intérieure partout dans le monde, il existe d'autres différences considérables de fonction où l'importance attachée au patio intérieur est prise dans les régions islamiques.

Sous l'influence de la religion islamique, l'importance du patio est devenue remarquable au point que l'architecture arabe est devenue distinctive sur différents plans : le plan, la forme et la décoration. Le patio est devenu l'un des aspects architecturaux les plus essentiels des habitations arabes et a donné lieu à une série de développements associés: loggias, des galeries, des ouvertures très élevées, oriels et d'ornementation complexe (soleil/ombre).

Le patio central est né de la combinaison de l'environnement et des entrains climato-défensifs. Toutefois, en vertu de l'Islam, il a rempli une plus grande importance à travers sa compatibilité avec la physique, la réflexion et les principes et les enseignements religieux. La corrélation entre les pratiques et les impératifs spirituels forme les bases de l'architecture et de l'urbanisme des pays arabo-islamiques. Cependant, les variables que les conditions environnementales et géographiques ajoutent une complexité et une richesse à la tradition qui a continué d'évoluer depuis longtemps. C'est seulement récemment que l'architecture introvertie a cessé d'être la réponse dominante à la conception d'une série de types de bâtiments dans les régions désertiques.

2.2. Type et typologie en architecture :

Un aspect essentiel de la cognition est la capacité à catégoriser: juger qu'une chose particulière est ou n'est pas une instance d'une catégorie particulière (Jackendoff, 1994). Les types, dans le sens plus générique, sont des catégories de pensées qui peuvent être Organisé en hiérarchies de généralisation (Aygen Z, 1998). Du dix-huitième Century, le type est utilisé comme outil de classement, comme dans la célèbre usine de Linnaeus système de classification. La notion de type est entrée dans le discours architectural sur la base de cette signification (Leupen B, 1997). Cependant, la notion d'architecture de type dépend du contexte dans lequel il est utilisé.

Moneo Rafael définit un type comme suit: "Il peut simplement être défini comme un concept qui décrit un groupe d'objets caractérisé par la même structure formelle". Moneo explique que cette structure formelle est liée à la réalité, qui couvre une vaste hiérarchie des préoccupations allant de l'activité sociale à la construction ainsi qu'à la géométrie abstraite (Moneo R, 1978). Leupen (1997) établit une distinction entre la typologie analytique et la typologie générative. La typologie analytique se limite à nommer différents éléments architecturaux et à décrire comment ces éléments s'intègrent dans une composition. La typologie générative, d'autre part, fournit au concepteur des solutions, où type est le porteur d'expériences de conception lié à un problème similaire (Aygen Z, 1998). On considère uniquement les typologies de bâtiments capables de soutenir une classification des précédents.

2.2.1. Typologie : définition:

La typologie est une approche qui isole les caractéristiques de la cohérence architecturale, les identifie comme caractéristiques, afin que de les comparer avec des propriétés abstraites similaires dans d'autres contextes et de définir les similitudes ou les différences. C'est aussi l'abstraction de qualités formelles dans un principe, qui est le type, qui décrit les points communs d'une série de différents modèles concrets. Ce point de vue systématique et abstrait comprend les possibilités de guideline d'action au-delà de l'imitation littérale (imitation par principe), ainsi que d'un outil pour la critique comparative architecturale (Gunter pfeifer and per Brauneck, 2008).

2.2.2. L'évolution des typologies en architecture :

Le terme typologie a une longue histoire dans la théorie architecturale. Dans cette optique, l'évolution des typologies en architecture révèle des profils d'exigences de certains bâtiments ou systèmes spatiaux. Il y a plusieurs catégories de typologie, typologies sur une planification

urbaine avec des rangées de blocs, ou maisons individuelles; typologies de maison d'habitation, des fermes ou des installations industrielles, est caractérisé de façon significative par le système d'accès, tels que les maisons à patio qui corrént chambres individuelles, les immeubles d'habitation donnant accès à différents nombres d'appartements, maisons avec des couloirs extérieurs, etc. (On doit relier la typologie de la famille "cour" et faire théorie de la typologie des bâtiments à patio).

Cependant, un typologue compétent a dit, n'a pas inventé, pas conçu, mais développé déduction. Le type émergent se développe, aboutit, déchéances, s'aplatit. On consultant une encyclopédie, nous apprenons que le terme 'type' dérive du mot grec 'typos' qui signifie empreint. Plus tard, le terme représentait l'archétype, le motif ou la figure (Pfeifer and Brauneck, 2008). Platon l'admis comme une idée, Aristote comme une forme, l'âge moyen comme un être. La typologie comme la science de type est donc une description scientifique et une classification d'un champ d'éléments de complexes unitaires de caractéristiques.

2.2.2.1. Selon Rafael Moneo :

Sur son essai sur la typologie Rafael Moneo donne un aperçu de la recherche de la typologie en architecture. Pour Moneo, la question de la typologie secoue la fondation de l'architecture. Le concept de l'archétype définit l'objet architectural en cours par rapport à son origine. Dans la mesure où, la théorie de la typologie est une théorie de l'essentiel, le début de l'architecture (Pfeifer et Brauneck, 2008).

Un type appartenant à un groupe d'objets de même structure formelle, la typologie concerne beaucoup plus la réduction des géométries formelles. Examens typologiques forment le cadre d'un discours dialectique avec l'histoire de la construction, qui génère le «nouveau» en transformant «l'ancien». Le processus de la transformation d'un type est le résultat des besoins changeants des utilisateurs, saute à l'échelle, le chevauchement des différents types, un contexte modifié, ou d'autres mécanismes.

2.2.2.2. Selon Antoine Quatremère de Quincy :

Antoine Quatremère de Quincy était le premier à formuler l'idée d'une architecture typologique à la fin du 18^{ème} siècle. À l'époque, les innovations sociales et techniques remises en question le rôle de l'architecture traditionnelle. Les typologies ont été perçues et considérées comme: la logique de forme, l'intellect, l'évolution des besoins des utilisateurs et leur développement historique (Vorgelegt J, 2013).

2.2.2.3. Selon Jean-Nicolas-Luis Durand :

Au cours du 19^{ème} siècle, Jean-Nicolas-Luis Durand a interprété la typologie dans les sens d'un prototype exemplaire. Il interprète le type comme une règle mécanique entre la forme et programme de construction. Sa théorie se concentre sur la composition et l'arrangement. Durand tente de déduire la composition des interrelations fonctionnelles (Vorgelegt J, 2013). La modernité a brisé la continuité de l'utilisation de typologies, la forme, le contenu et le sens de l'architecture s'est détaché. L'aspect extérieur de l'architecture développée dans une catégorie indépendante et les objets architecturaux dans un fragment qui est détraqué de son contexte et le processus de développement historique.

2.2.2.4. Selon Aldo Rossi :

Dans les années 1970, Aldo Rossi a créé une stratégie typologique systématique avec des interrelations morphologiques complexes et une compréhension traditionnelle du terme type. Il sépare complètement le concept de type de la notion de fonction (Vorgelegt J, 2013).

2.2.3. Classification typo-morphologique du bâtiment :

2.2.3.1. Classifications basées sur la forme :

Une classification basée sur la forme traite des niveaux supérieurs d'organisation spatiale en mettant l'accent sur les grandes lignes du plan du bâtiment et de son contexte. Cette classification reflète l'information du site; méthode d'accès; la forme, l'orientation et la taille du plan d'étage ainsi que des élévations et des sections; et le style. La forme globale du plan du bâtiment conduit à certains types de bases: le type rectangle horizontal et vertical, le type carré, le type linéaire, le type L, le type T, le type U et le type à patio (Pfeiffer et Brauneck, 2008).

2.2.3.2. Classifications basées sur des composants :

Certaines géométries ont été découvertes qui ne traitent pas des surfaces de courbure uniforme, mais avec des surfaces qui sont courbées, tordues, agrandies, rétrécies ou autrement déformées, l'étude de ces formes relève du titre général de la topologie, des mathématiques de position "*geometria situs*" et de la distorsion, qui ne traite pas de la flexion, de la torsion, etc. (Ji-Hyun, 2002), mais avec les propriétés d'objets assez fondamentaux qu'aucune quantité de telles distorsions ne les modifie (Broadbent, 1973). Parmi ceux-ci, la connectivité qui est particulièrement importante dans un contexte de conception.

2.3. Typologie du bâtiment à patio:

La typologie du bâtiment à patio existe depuis des milliers d'années, depuis la préhistoire. Utiliser comme une barrière protectrice contre le climat, l'occupation humaine et animale, il a été développé comme typologie primordiale. L'une des formes les plus primitives de l'architecture, les styles à patio étaient adéquats pour tous archétypes de bâtiments, que ce soit résidentiel, commercial, institutionnel ou industriel. Historiquement, ce style a été le plus populaire dans l'architecture résidentielle partout dans le monde et dans toutes les régions climatiques (Abdulac S, 2005).

2.3.1. Variations typologiques dans l'espace et le temps:

Des études du bâtiment à patio restent une ambiguïté qui tend à perpétuer l'image générale de ce type de bâtiment, bien indifférent au site et immuable au fil du temps. Paul Oliver a écrit dans son livre "Dwellings: The House Across the World" que : "Les maisons à patio ont une histoire très ancienne: des exemples ont été creusés à Kahun, en Egypte, qui sont censés avoir 5000 ans, alors que la ville chaldéenne d'Ur, datant de 2000 av. J.-C., comprenait également des maisons de cette forme" (Oliver P, 2003).

Vittorio Gregotti souligne l'importance tectonique du patio comme un acte architectural par excellence. Compte tenu du fait que le modèle du bâtiment à patio représente un acte primordial de l'enceinte et de la construction, il est insensé d'établir une aînesse pour quelque chose qui est aussi essentiel à l'humanité. Néanmoins, il est important de considérer que chaque région culturelle a développé son abri et enceinte au fil des temps, par le choix d'une cellule élémentaire spécifique ou en abordant le processus typologique dans une direction spécifique (Oliver P, 2003).

2.3.1.1. Variation temporelle:

Dans l'histoire de la typologie du bâtiment à patio il y avait un moment critique où un précurseur délimitait une zone autour d'une unité monocellulaire par un mur d'enceinte. Après que le mur d'enceinte est devenu un point de référence, avec un regroupement de plusieurs cellules autour d'un espace central. Contrairement à la partie par le placement de côté des cellules en série, l'enceinte suggère simultanément la forme finale du bâtiment à patio et met l'accent sur son contenu en regardant vers l'intérieur.

a. Ancien civilisation :

Il existe des preuves que les maisons avec des patios existaient en Iran il y a environ 8000 ans. Celles-ci ont été fouillées dans la région Ghazvin (au nord-ouest de Téhéran). Ici, les chambres ont été placées sur un seul côté du patio, et comprenaient des espaces de vie, et des magasins (Saba K, 2012).

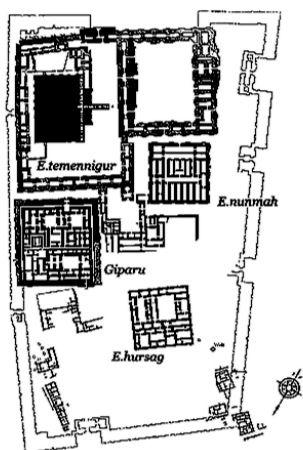


Figure.2.1 : La zone du temenos a été complètement pillée par les Elamites en 2004 av JC (Source : <https://www.pinterest.com/nikvai/mesopotamia-arch>).

Le patio était une caractéristique architecturale importante de la civilisation mésopotamienne. Il y a un certain nombre de bâtiments avec des patios pendant la période préislamique et la période islamique. Ceux-ci comprennent le bâtiment d'origine de Chogha Zanbil à partir de 1250 AV J.C. (Brian E, 2006); palais du 'Susa' de Dario de la dynastie achéménide à partir de 550 avant JC; et le madresseh Khan à Shiraz (XVII^{ème} siècle) (Fig.2.2). Ces exemples confirment la longévité de la relation symbiotique entre le patio et le bâtiment dans la société du passé.



Figure.2.2 : Résidence à Shiraz, Suse, XVII^{ème} siècle (Source : <https://steemit.com>).

b. Temps moderne :

Au cours des deux derniers siècles, la forme de construction à patio a atteint la côte ouest de l'Amérique du Nord par l'influence de la relance du mouvement espagnol colonial dans le sud de la Californie à la fin du 19ème siècle. A cet égard, Polyzoides et al. (1982) dans leur livre "Courtyard housing in Los Angeles: a typological analysis» soutiennent que le flux massif des immigrés entre 1880-1930 crée une pression intense pour le logement. " la disponibilité de la mobilité des terres est facile, cependant, des formes d'habitations à patio apparaissant dans la ville "(Polyzoides et al., 1992). Ensuite, le type à patio déplacé à travers les Etats-Unis à Coastonly Orient après la période de dépression, quand Marcel Breuer, le premier, a eu l'idée de séparation entre espaces de vie et de nuit en mettant en œuvre un patio.

2.3.1.2. Variation spatiale:

Un bâtiment à patio à Jilin, en Chine, un autre à Fès et un domus à Italica, en Espagne, sont, cependant, profondément différents malgré une similitude générique (Fig.2.3). La maison chinoise dispose des pavillons à l'intérieur de l'enceinte d'une manière dispersée, à peine liée à la paroi du périmètre. La maison à Fès expose les cellules élémentaires empêtrées le long des limites de la parcelle en double symétrie qui contrôle la régularité de la terrasse, mais sans influencer l'ensemble du bâtiment. Le domus en Italica dispose les cellules autour du péristyle de façon organisée, commandé par une symétrie bi-axiale qui traverse l'ensemble du bâtiment depuis l'entrée de l'exèdre. Les espaces ont des tailles différentes et sont hiérarchiquement composés en de différentes manières, malgré leurs ressemblances formelles en tant que maisons à patio (Edward B, 2006).

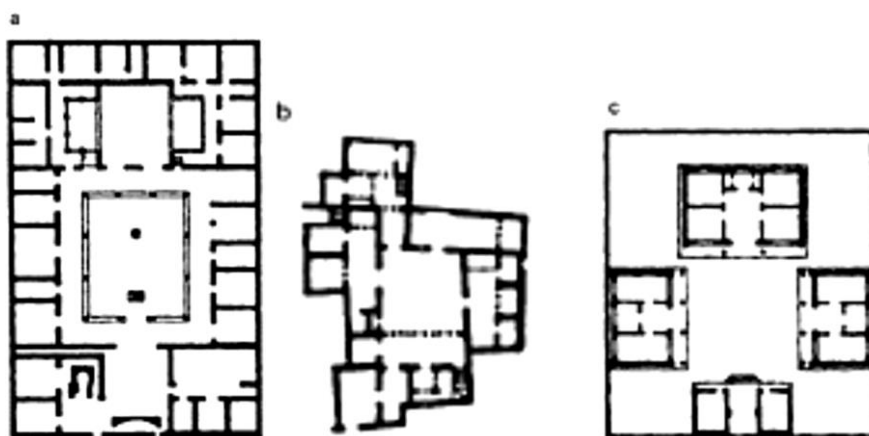


Figure.2.3 : Trois exemples de maisons à patio qui semblent identiques, mais présente des différentes structures sérielles: (a) maison à Italica, en Espagne, (b) maison à Fès, au Maroc, (c) maison à Jilin, en Chine (Source : Edward et al, 2006).

2.3.2. Classification systématique de la typologie des bâtiments à patio:

2.3.2.1. Classification de Gunter Pfeiffer:

Le type de maison à patio prend plusieurs formes et positions dans le volume de la construction avec l'avantage supplémentaire de créer des relations spatiales intéressantes. Un patio individuel peut être organisé sur différents niveaux. En combinaison, cela permet des plans très polyvalents (Pfeiffer et Brauneck, 2008).

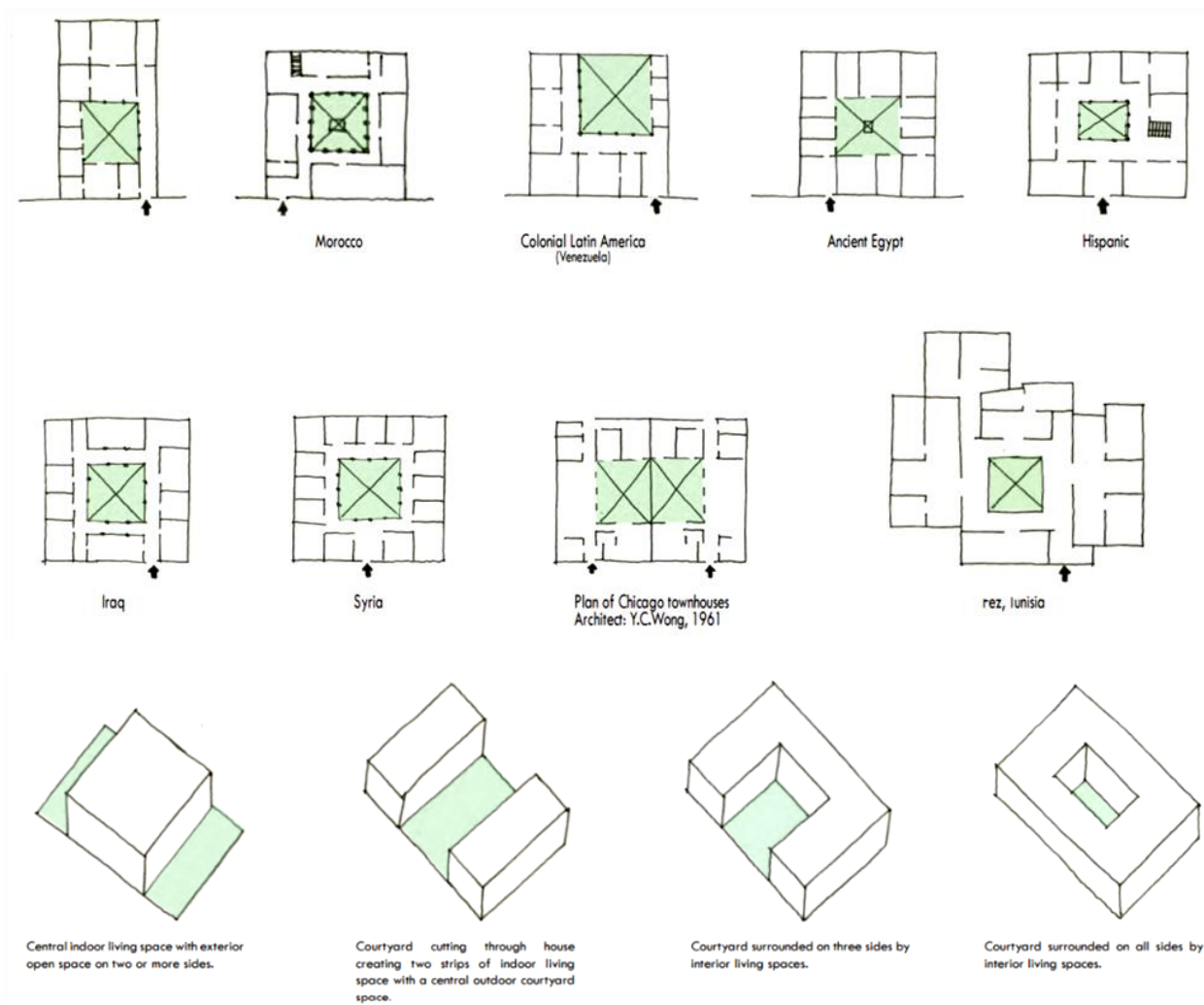


Figure.2.4 : Les types de bâtiment à patio à travers le monde (Source: Abdulac S, 2011).

2.3.2.2. Les caractéristiques communes:

Une étude comparative des bâtiments à patio arabes et étrangers peut être entreprise à partir de nombreux points de vue différents. Le bâtiment à patio était le fruit d'influences diverses: religieuses, sociales, culturelles, climatiques, techniques, économiques, qui fournissent des indications utiles. Pour rendre l'étude gérable, nous nous concentrerons sur l'un des déterminants de la forme bâtie: morphologie-climat.

2.4. Formes et géométries à patio:

2.4.1. Forme en plan :

Dans les tissus des vieilles villes, la forme d'un patio est généralement carrée ou rectangulaire. L'irrégularité de la parcelle est due à la configuration des rues et des allées extérieures et est habituellement hébergée par les périmètres des chambres, Fig.2.5. (Fathy 1982, cité dans Reynolds J, 2002).



Figure.2.5 : Irrégularité de la forme en raison des configurations de rues (maison de la médina du Tunis) (Source : Programme MED).

D'autres formes telles que circulaires ont existé occasionnellement dans les structures vernaculaires dans les vieilles sociétés, comme le village Somba en Afrique (Fig.2.6). Le tissu urbain compact protège les maisons contre le vent et les tempêtes de sable, et réduit le gain de chaleur par les surfaces externes et les murs (Hyde R, 2008).

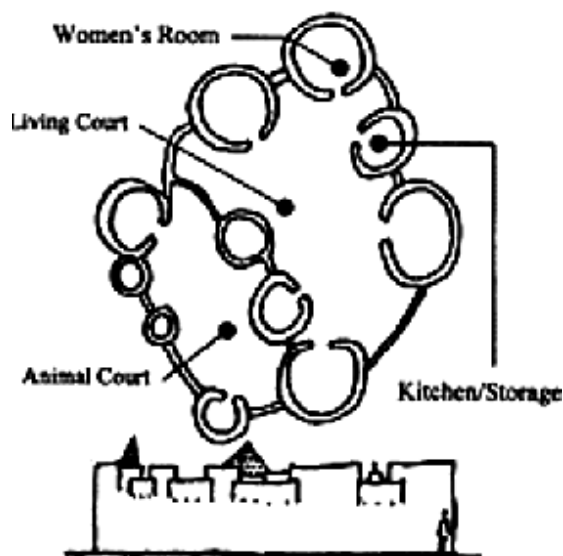


Figure.2.6 : Samba village en Afrique (Bahammam O, 2006).

On observe que dans les climats chauds et arides, le tissu urbain est dense et serré par rapport aux climats chauds et humides, où il est espacé et ouvert afin d'améliorer la circulation d'air entre les bâtiments (Fig.2.7).



Figure.2.7: Tissu compact dans le climat chaud et aride d'El Atteuf, vallée du M'Zab, Algérie (Source : www.alicci.sitew.com).

2.4.2. Paramètres: Longueur, largeur et hauteur:

Les propriétés climatiques d'un patio et les espaces adjacents dépendent de leurs proportions. La figure 2.8 montre une largeur de patio recommandée, qui va de x à $3x$, où x est la hauteur du patio (Koch-Nielsen H, 2002).

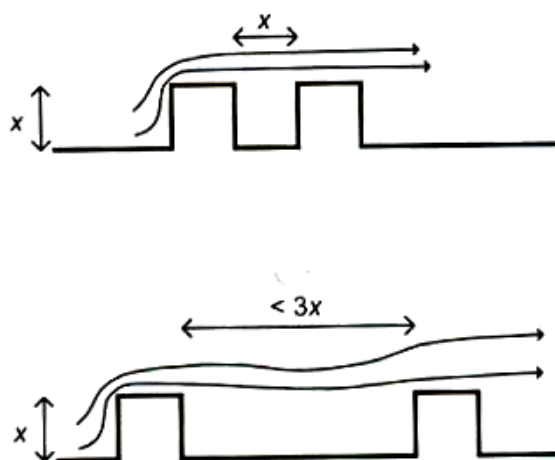


Figure.2.8 : Largeur de patio par rapport à sa hauteur (Koch-Nielsen H, 2002).

Toutefois, le patio vertical profond est recommandé pour améliorer l'ombrage journalier interne, un patio plus large permettrait d'améliorer la ventilation dans un bâtiment (Hyde R, 2008). Selon Laffah, les proportions les plus courantes des ratios longueur/ largeur sont: 1:1,8 et 1:3,6, qui dépendent essentiellement de la trajectoire du soleil (cité dans Edwards et al 2006.). Un autre facteur est le rapport surface bâti/surface patio, qui est selon Wadah (2006) devrait se situer de 1,5 à 2,7, sinon le patio sera trop petit ou trop grand pour être climatiquement efficace. D'autre part, Reynolds (2002) suggère au moins 25% de la parcelle soit à ciel ouvert. Il existe selon lui quatre combinaisons possibles entre large ou étroit ; peu profond ou profond, qui illustre le degré de l'introversion ou l'extraversion qui accompagne les proportions du patio (Fig.2.9).

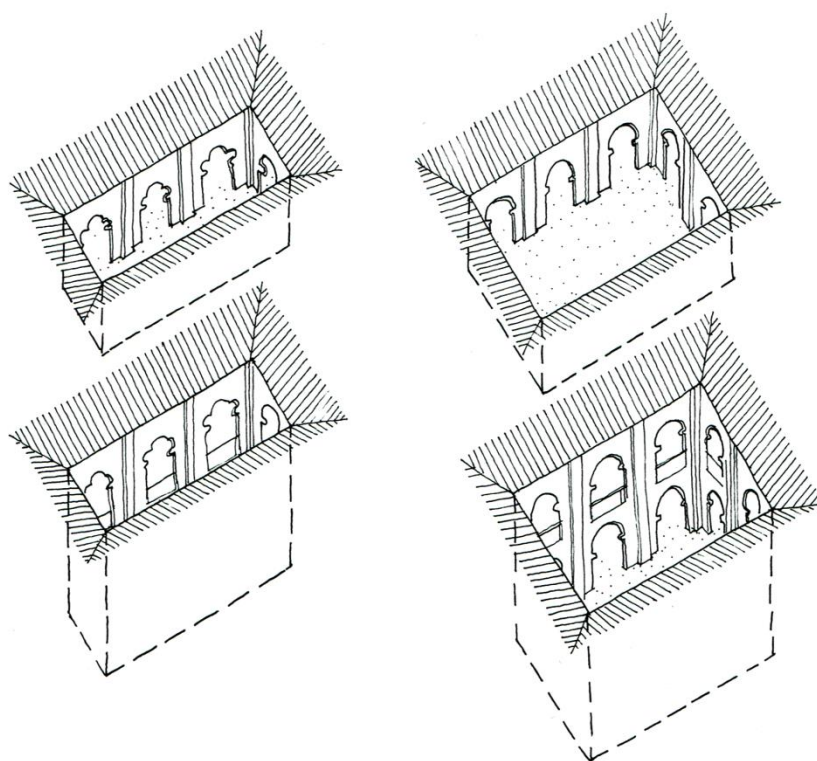


Figure.2.9 : Les quatre combinaisons possibles des proportions d'un patio (Reynolds J, 2002).

2.4.3. Indicateurs et indices morphologiques :

2.4.3.1. Pourcentage ouvert/fermé :

Une des variables morphologiques connues est le pourcentage entre les ouvertures (ouvertes) et la surface totale des murs (fermés). Quelques patios sont entourés de façades ouvertes, parfois avec des colonnades et arcades qui les séparent des espaces adjacents, d'autres, ils sont des fenêtres et des portes qui donnent directement aux espaces intérieurs, ou des façades totalement fermées (Reynolds J, 2002). Le rapport ouvertures/paroi affecte à la fois l'environnement thermique et l'environnement lumineux. En zone aride, ce rapport doit être

réglé de manière à permettre l'éclairage naturel sans provoquer de surchauffe (Guedouh M S, 2017).

2.4.3.2. Ratio d'ouverture patio:

C'est le rapport entre la surface de l'ouverture du patio sur la surface totale de la toiture du bâtiment, ce rapport indique clairement le degré d'ouverture au ciel du patio et de son exposition à l'environnement extérieur et son climat (Guedouh M S, 2017).

2.4.3.3. Ratio d'aspect "Aspect Ratio":

Il est défini comme "le degré d'ouverture au ciel". Par conséquent, plus le ratio d'aspect est grand, plus le patio est exposé au ciel. Ce facteur est pris en compte lors de la conception du bâtiment pour l'éclairage naturel, et il est calculé comme suit (Reynolds J, 2002):

$$\text{Ratio d'aspect} = \frac{\text{Surface au sol du patio (m}^2\text{)}}{(\text{Moyenne des hauteurs des murs})^2 \text{ (m}^2\text{)}} \quad \dots \quad (1)$$

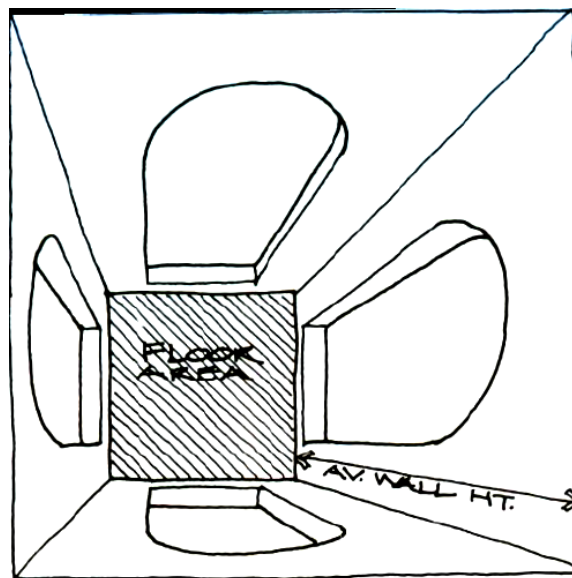


Figure.2.10 : Aspect Ratio (Source : Reynolds J, 2002).

2.4.3.4. Indice d'ombre solaire (SSI) :

Il est un autre facteur décrit par Reynolds (2002) qui traite l'exposition au soleil d'hiver. Plus l'indice de l'ombre solaire est grand, et moins le soleil d'hiver atteint le sol ou le mur sud.

$$\text{L'indice d'ombre solaire} = \frac{\text{Hauteur du mur Sud (m)}}{\text{Largeur du sol (Nord-Sud) (m)}} \quad \dots \quad (2)$$

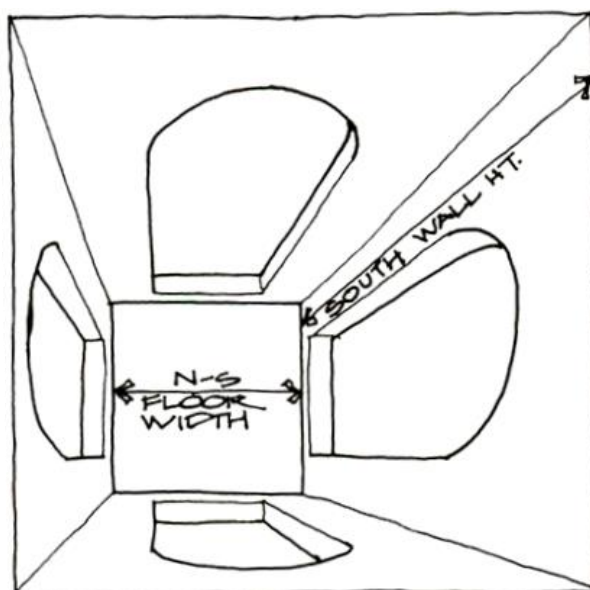


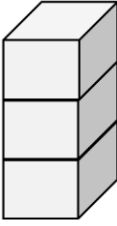
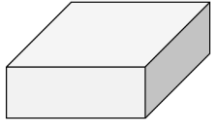
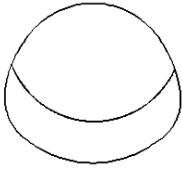
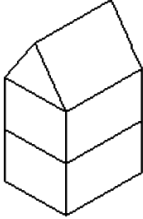
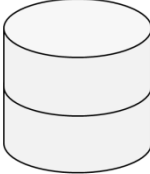
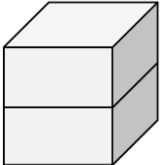
Figure.2.11 : Indice d'ombre solaire (Source : Reynolds J, 2002).

Par conséquent, si le patio est large et peu profond (rapport d'aspect élevé), il devient un capteur du soleil. D'autre part, le patio étroit et profond (faible rapport d'aspect) fonctionne comme un protecteur solaire, dans lequel l'orientation aura un effet faible sur le bâtiment.

2.4.3.5. Rapport surface au volume (RSV) :

Ce coefficient de forme représente le rapport entre la surface de l'enveloppe et le volume habitable (m^2/m^3), il indique le degré d'exposition du bâtiment aux facteurs climatiques, c'est un indicateur morphologique très important dans l'évaluation thermique du bâtiment. Il dépend de plusieurs facteurs, tel que : la forme géométrique, la taille et le degré de contact des bâtiments à l'extérieur (Tab.2.1). Ce rapport permet de comparer l'efficacité de différentes formes de bâtiment pour un choix morphologique optimal, selon Roger Camous et al « le rapport surface/volume mesure la performance thermique d'une enveloppe, sans qu'il exprime la performance d'usage habitable » (Roger C, 1979). Le recours à un deuxième rapport est indispensable le (RSSP) ; il représente le rapport entre la surface de l'enveloppe et la surface du plancher, plus le (RSSP) est faible, plus il fournit une meilleure performance.

Tableau.2.1 : RSV et RSSP de diverses formes (Source : Roger C, 1979).

Cas N°1	Cas N°2	Cas N°3	Cas N°4	Cas N°5	Cas N°6
					
RSV = 0,511 m ² /m ³ RSSP = 1,53	RSV = 0,564 m ² /m ³ RSSP = 1,69	RSV = 0,49 m ² /m ³ RSSP = 1,76	RSV = 0,398 m ² /m ³ RSSP = 1,09	RSV = 0,456 m ² /m ³ RSSP = 1,37	RSV = 0,493 m ² /m ³ RSSP = 1,48

2.5. Analyse de la morphologie architecturale des bâtiments à patio :

Hakmi (2006) a tenté de faire évoluer le concept du patio dans l’habitation moderne, afin de parvenir à une meilleure réponse au climat local et aux besoins culturels. Il a examiné les performances de deux types d’habitation en utilisant des méthodes analytiques pour définir les difficultés et le potentiel de ces propositions. Par ailleurs, il a testé plusieurs configurations alternatives possibles contre des considérations sociales, climatiques, d’intimité et de l’éclairage naturel (Hakmi M, 2006). Diverses configurations possibles ont été proposées pour des maisons unifamiliales à patio avec un ou deux étages, et quelques autres exemples (Fig.2.12).

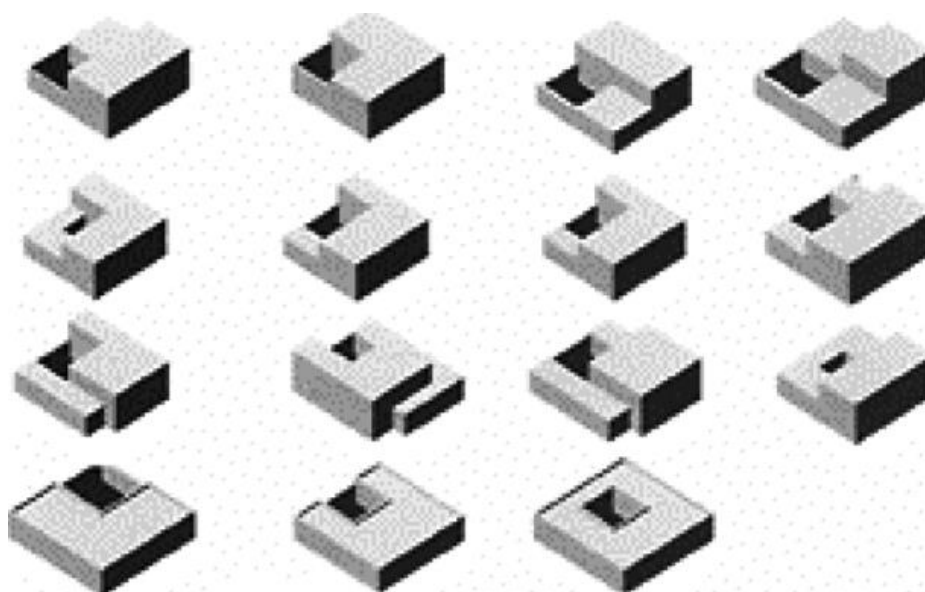


Figure.2.12 : Dispositions possibles pour les habitations à patio unifamiliales (Hakmi M, 2006).

D'autre part, Hakmi (2006) a déclaré que l'habitation de plusieurs étages est prédominante dans notre environnement urbain moderne en raison de changements économiques et culturels, par conséquent, il a proposé autres solutions possibles de maisons à patio dans un contexte moderne. Les principales caractéristiques de ces propositions sont les suivantes:

- Le patio constitue 16-30% de la superficie du terrain ;
- Les surfaces de maisons vont de 100 m² à 250 m² ;
- Le patio joue un rôle fondamental dans l'éclairage naturel en plus de ses rôles sociaux et esthétiques, en effet, les espaces de jour et de nuit sont séparés fonctionnellement ;
- La circulation principale s'effectue par la zone couverte, par opposition à la maison à patio traditionnelle, où tout mouvement a lieu à travers le patio ;
- La configuration de ces propositions alternatives assure une intimité totale pour leurs résidents ;

Les alternatives proposées contiennent cinq différents types comme points de départ dans lesquels il peut être modifié à l'avenir afin de s'adapter au climat et à la culture. Ces types sont classés en fonction de leurs dimensions, hauteur (nombre d'étages), le nombre d'unités de logements par bloc, le nombre de types et le type d'unité comme étant à un ou à deux niveaux (Hakmi M, 2006). La figure 12 montre des exemples de ces propositions.

2.5.1. Par rapport aux enveloppes :

Une des caractéristiques morphologiques des bâtiments à patio est de posséder non pas une mais deux enveloppes verticales. Une enveloppe externe qui sépare le bâtiment de son environnement extérieur, l'autre interne, sépare les espaces intérieurs du patio lui-même. Si nous nous en tenons à une approche purement topologique du plan, nous trouvons donc, dans tout bâtiment à patio, les trois zones successives incluses les unes dans les autres : 1. Le patio - 2. L'espace intérieur - 3. L'espace extérieur (Abdulac S, 1982).

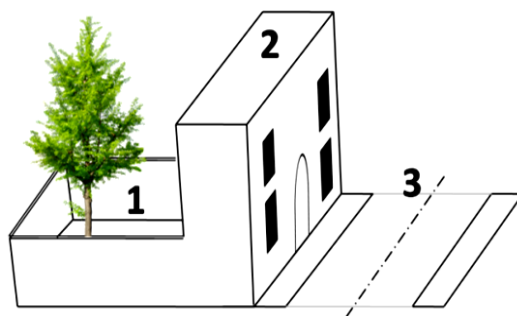


Figure.2.13 : Les trois zones que possède un bâtiment à patio : 1. Le patio, 2. Espaces intérieurs, 3. L'extérieur (Source : Auteur).

Pour mieux saisir l'importance de la spécificité de ce dispositif spatial, il faut le comparer à celui qui a toujours prévalu dans le bâtiment courant de type conventionnel. Sans entrer dans le détail infini des variantes, on peut dire, celui-ci ne possède généralement qu'une seule enveloppe verticale séparant l'espace intérieur de l'espace extérieur (Abdulac S, 1982). De toute évidence nous avons affaire ici à un système topologique ne comprenant que deux zones : l'espace intérieur et l'espace extérieur.

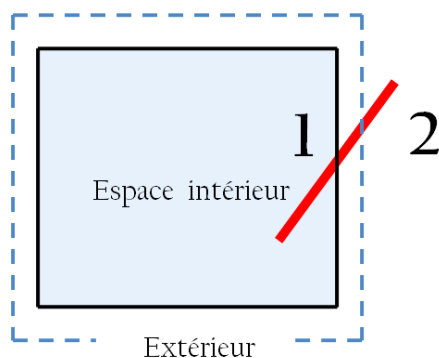


Figure.2.14 : Les deux zones dans un bâtiment monobloc. 1. L'espace intérieur, 2. L'espace extérieur (Source : Auteur).

On remarque que l'appellation "espace extérieur" reste assez floue : cet espace n'est ni défini, ni qualifié à ce niveau d'analyse. Il peut s'agir aussi bien d'un espace bâti que non bâti, public que privatif. Mais cette simplification nous permettra de mieux isoler les paramètres proprement architecturaux de leur contexte urbain en général (Abdulac S, 1982).

2.5.2. Par rapport aux bâtiments conventionnels:

Choisir un bâtiment situé dans un tissu urbain continu et relativement dense, par exemple, que l'on peut en rencontrer dans les centres villes anciens, nous constatons que l'enveloppe unique de ce bâtiment répond à de multiples fonctions. En particulier, il assume à la fois des relations de type urbain et des relations de type architectural. Ainsi, d'une part, cette enveloppe assure la relation des espaces internes avec le milieu extérieur (éclairage, ventilation, isolation, etc.) qui constitue autant des relations architecturales de base, c'est-à-dire qu'elles existent nécessairement quel que soit le contexte dans lequel se trouve le bâtiment.

Mais, d'autre part, cette enveloppe doit assumer aussi des fonctions purement urbaines : nécessité d'accolement des constructions (mitoyenneté), volonté d'alignement des bâtiments sur la rue. La spécialisation de chacune de ses faces : mur mitoyen aveugle, façade arrière,

façade principale. Cet aspect multi-face de l'enveloppe verticale est une façon commode de résoudre les exigences contradictoires auxquelles elle se trouve soumise.

2.5.3. Par rapport au type:

Nous apercevons immédiatement dans le type d'habitat à patio, la dualité entre fonctions architecturales et fonctions urbaines, chaque enveloppe assumant avec une certaine indépendance un seul type d'exigence :

- l'enveloppe externe assure, en priorité, les relations urbaines (accolement, liaison avec l'espace public ou semi-public)
- l'enveloppe externe assure, en priorité, les relations architecturales.

La caractéristique majeure des bâtiments à patio est donc non seulement de posséder deux (ou éventuellement plusieurs) enveloppes verticales, mais que celles-ci soient indépendantes l'une de l'autre. Cette indépendance se manifeste sous les aspects les plus divers.

2.5.4. Par rapport à la forme et éléments:

Le plan du patio n'est pas fixe. Bien qu'en généralement, la forme du patio est rectangulaire ou cubique, il peut aussi être rond ou curvilinéaire. Un bloc avec un trou percé au milieu comme un espace de respiration dans la boîte confinée est le type de patio en général. Cependant, cette forme peut être modifiée pour s'adapter à la topographie, aux restrictions de site, à l'orientation de bâtiment et aux fonctions pour créer de nouvelles formes formelles telles que : L, U, H, T, V ou Y (Pinon P, 1979).

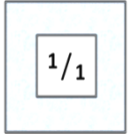
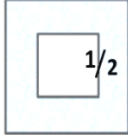
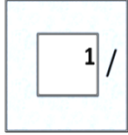

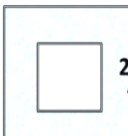
Sullivan observe que "la taille et l'échelle d'un patio peut varier d'un environnement très intime à assez spacieux. Dans tous les cas, le patio crée un merveilleux cadre de lumière et d'air. Sur la base de la littérature faite, on peut dire que, historiquement, la plupart des maisons à patio dans le monde ont été limitées à cinq étages. Cependant, les variantes modernes des patios comme les atriums, les terrasses jardins permettent aux hauteurs de l'immeuble de monter plus haut, à condition que la proportion et l'échelle soient maintenues pour garder au patio un sentiment d'éclat et d'aération.

Enfin, pour comprendre les différentes parties du type "maison à patio", les éléments suivants d'un "patio de base" sont analysés. Bien qu'il faille comprendre que ces éléments ont été modifiés et adaptés dans différentes régions et cultures, ils sont continuellement présents dans tous les patios du monde entier.

2.6. Principe de l'analyse morphologique:

On peut établir une analyse morphologique du bâtiment à patio à partir de ce constat de base, il suffit donc d'étudier l'interaction des trois zones spatiales précédemment définies. Il faudra donc mettre en évidence tous les rapports possibles entre chacune de zones prises deux à deux. Cette analyse permettra, d'une part de dégager la spécificité du patio par rapport à la cour ainsi que celle des bâtiments à patio par rapport à d'autres formes de bâtiments, d'autre part de jeter les bases typologiques partielles portant sur un mode précis de relation architecturale, de préférence à une typologie globale dont la pertinence risquait sans doute d'être aléatoire (Abdulac S, 1982). L'analyse morphologique pourra donc se diviser en cinq points principaux correspondant à chacun des rapports possibles.

Tableau.2.2 : Rapports morphologiques possibles des 3 zones spatiales (patio/espace intérieur/extérieur) (Source : Abdulac S, 1982).

Rapport	Signification du rapport	Illustration
1 ^{er} rapport	Rapport 1/1 : rapport intrinsèque patio/patio, c'est-à-dire morphologie intrinsèque du patio	
2 ^{ème} rapport	Rapport 1/2 : rapport patio/espace intérieur	
3 ^{ème} rapport	Rapport 1/3 : rapport patio/espace extérieur	
4 ^{ème} rapport	Rapport 2/2 : rapport intrinsèque espaces intérieurs/espaces intérieurs c'est-à-dire morphologie intrinsèque de l'espace intérieur	
5 ^{ème} rapport	Rapport 2/3 : rapport espaces intérieurs/espaces extérieurs	

Là s'arrêtera l'analyse architecturale, car le rapport 3/3 consisterait à analyser les rapports intrinsèques de l'espace extérieur. Il s'agirait donc en fait de l'analyse de l'espace urbain. Par

ailleurs, afin de mettre en évidence, dans tous les cas, le rôle du patio dans l'organisation interne du bâtiment, il nous a fallu recourir à un artifice méthodologique : nous avons été amenés à introduire le composant « patio » dans les rapports 4 et 5 ou elle ne figurait pas, en y réalisant non plus des rapports à 2 termes, mais à 3 et à 4 termes. Cela revient à effectuer les sous rapports suivants :

- **4^{ème} rapport** : rapport organisation intrinsèque des espaces intérieurs /patio (c'est-à-dire rapport 2/2 avec 1).
- **5^{ème} rapport** : rapport espaces extérieurs/espaces extérieurs sur espaces extérieurs/patio (c'est-à-dire rapport 2/2 avec 1).

2.6.1. 1^{er} rapport : morphologie intrinsèque du patio:

a. rapports géométriques :

Nous examinerons ici conjointement la figure géométrique formée en plan par le patio, ainsi que les rapports directionnels existant entre ses côtés (figure régulière ou figure irrégulière). L'analyse géométrique du patio va nous permettre de comprendre, entre autres choses, ce qui singularise celui-ci par rapport à un simple patio.

a. l'éventail des formes géométriques de patio est relativement restreint par rapport à celui des cours, et parmi les formes régulières, on trouve surtout le carré et le rectangle.

- la figure peut être parfaitement carrée : dans ce cas, nous avons affaire à un espace comptant 2 axes de valeur équivalente. Ex : certains palais de Bagdad, ensemble de maisons à patio à Bures-Orsay, et les atriums des maisons romaines.

- mais la plupart du temps elle est rectangulaire : nous avons donc on a affaire à un espace ne possédant qu'un seul axe principal. Ex : maisons à Ispahan, et l'ensemble des patios de ville basse à Grigny.

La figure du patio n'est jamais tellement éloignée de la forme carrée, quelques rares exceptions mises à part, comme par exemple : la maison "al Razzaz" au Caire, ou certains « patios » octogonaux au Maroc (mais il s'agit plutôt ici d'orifices d'éclairage et de ventilation que de véritable patio), on ne rencontre pas de patio de forme polygonale, ronde ou triangulaire.

b. les formes de patio sont plutôt régulières qu'irrégulières : lorsqu'elles existent, les formes irrégulières apparaissent comme des déformations des formes régulières, comme des formes identiques qui non pas put se réaliser telles qu'elles et ont du se modifier légèrement pour

s'incarner et s'adapter au contexte. Ce sont donc des formes qui visent à une régularité même si elles n'y aboutissent pas (Abdulac S, 1982). De toute façon les déformations sont généralement assez faibles pour n'être pas perceptibles. Dans l'exemple de maison à Alger, un habile de rattrapage au niveau des galeries, permet même d'aboutir à un patio parfaitement carré malgré les contraintes parcellaires.

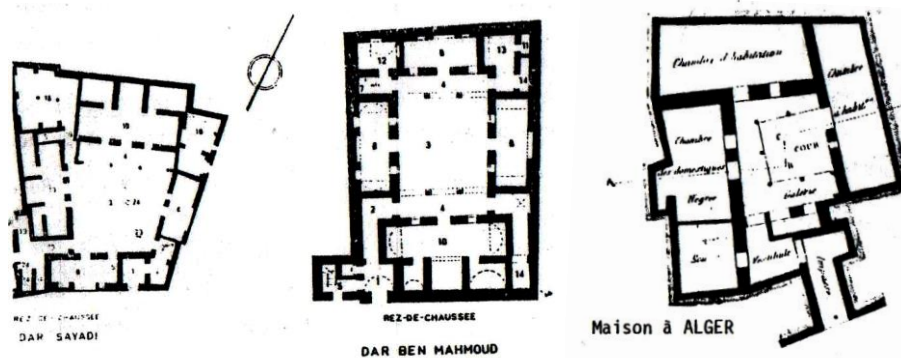
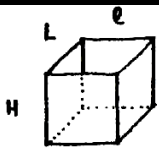
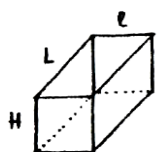


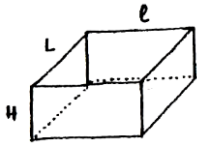
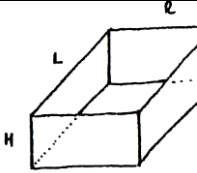
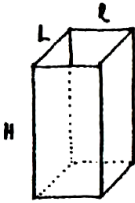
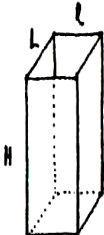
Figure.2.15 : Maisons à patio régulier avec contraintes parcellaires (Source : Abdulac S, 1982).

b. rapport dimensionnels :

Les recherches abstiendront d'examiner les dimensions absolues du patio, ce qui reviendrait à constater la variété des tailles de patio et à effectuer une typologie peu signifiante en classant par exemple les patios en : "petit patio", "grand patio", "patio moyen". Plus pertinent nous semble l'examen des dimensions relatives du patio, c'est-à-dire celles des proportions entre sa hauteur, sa longueur et sa largeur. Du point de vue de leurs proportions, on peut classer les différents types de patio en six catégories. Celles-ci constituent une série de repères qui pourront être utiles, par exemple, dans l'étude du microclimat du patio.

Tableau.2.3 : Rapports dimensionnels selon le type du patio (Source : Abdulac S, 1982).

Le type	Caractéristiques	Illustration
Le type cube	Celui-ci se caractérise par $H = L = l$	
Le type parallélépipède	A section approximative carrée Il se caractérise par $H = l < L$	

Le type plat carré (en plan)	Il se caractérise par $H < L = l$	
Le type plat rectangulaire (en plan)	Il se caractérise par $H < l < L$	
Le type patio puits de plan carré	Il se caractérise par $H > L = l$	
Le type patio puits de plan rectangulaire	Il se caractérise par $H = L > l$	

Mais si les facteurs climatiques paraissent déterminants dans beaucoup d'exemples, le contexte urbain est, lui aussi, souvent décisif. C'est la dimension de la parcelle inoccupée qui commande la dimension du patio. Ainsi, sous un climat donné, on trouve un échantillonnage assez important de proportions de patios, les petites maisons ayant plus de patios en puits, et les grandes demeures pouvant se permettre des proportions plus larges donc plus plates.

2.6.2. 2^{ème} rapport : rapport du patio avec les espaces intérieurs :

Ce rapport mérite une attention toute particulière il peut mieux caractériser le bâtiment à patio par rapport aux autres types de bâtiments. Nous allons vérifier que, dans un bâtiment à patio, c'est le patio qui est l'espace principal par rapport auquel se définissent et valorisent les espaces intérieurs. L'enveloppe extérieure, en revanche, n'a pas le rôle primordial qu'il possède dans le bâtiment communautaire.

2.6.2.1. Position des espaces intérieurs par rapport au patio :

Il s'agit d'évaluer le degré plus ou moins grand d'éloignement des espaces intérieurs par rapport au patio. Cela permet de dégager, et c'est le point essentiel, la position des espaces intérieurs par rapport au patio. Cette hiérarchie spatiale (particulièrement frappante dans les exemples islamiques) correspond :

- A une hiérarchisation fonctionnelle :

Les espaces les plus proches du patio sont les espaces les plus importants, et ceux les plus éloignés sont les moins importants. La hiérarchie du centre/périphérie.

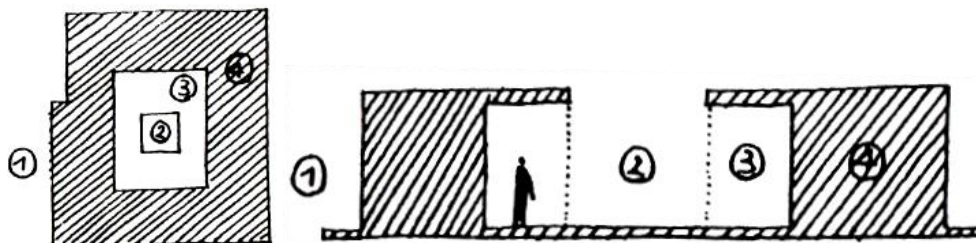


Figure.2.16 : Les trois espaces qui composent un bâtiment à patio (Source : Abdulac S, 1982).

- A une hiérarchisation climatique :

Les espaces les plus éloignés du patio, souvent dépourvus d'ouvertures sur l'extérieur, savourent d'une grande inertie thermique par rapport aux espaces donnant directement sur le patio (la recherche de G. et J.-M. Alexandroff sur « l'intégration des énergies naturelles à l'habitat ») (Abdulac S, 1982). Pour un bâtiment donné, il est possible de classer les espaces par rapport à leur proximité avec le patio :

a. les espaces en 1^{er} position :

Ce sont les espaces contigus ou adjacents au patio, et dont le mode de relation avec celui-ci peut être très variable comme nous le verrons par la suite. Très souvent, il pourra s'agir d'espaces intermédiaires ou de transition.

b. les espaces en 2^{ème} position :

Ce sont les espaces qui sont immédiatement contigus aux précédents.

c. les espaces en 3^{ème} position :

Cette classification détermine différentes zones par rapport au patio formant ce que l'on pourrait appeler des « auréoles d'éloignement » (Abdulac S, 1982). Ces auréoles donnent bien l'image de la progressivité des espaces d'un bâtiment à patio. Il est donc possible d'établir une typologie de bâtiment d'après le nombre de zones qu'il comporte autour du patio.

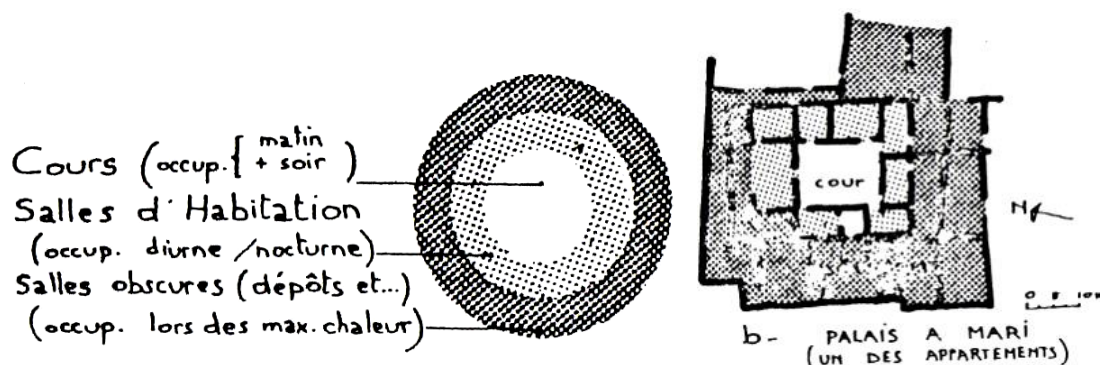


Figure.2.17 : Centralité des espaces adjacents au patio (Source : Abdulac S, 1982).

2.6.2.2. Liaison des espaces intérieurs avec le patio :

a. Analyse globale des liaisons :

Deux cas se figures peuvent se dévoiler, soit les liaisons sont directes : elle s'effectue au travers de l'enveloppe interne du bâtiment grâce aux ouvertures, soit les liaisons sont indirectes : elle s'effectue au travers d'un espace qui vient s'interposer entre les deux précédents, un espace intermédiaire. Nous verrons qu'il peut s'agir de galeries ou de petits espaces ouverts qui, en tout cas, possèdent une situation et des qualités intermédiaires entre le patio et les espaces intérieurs.

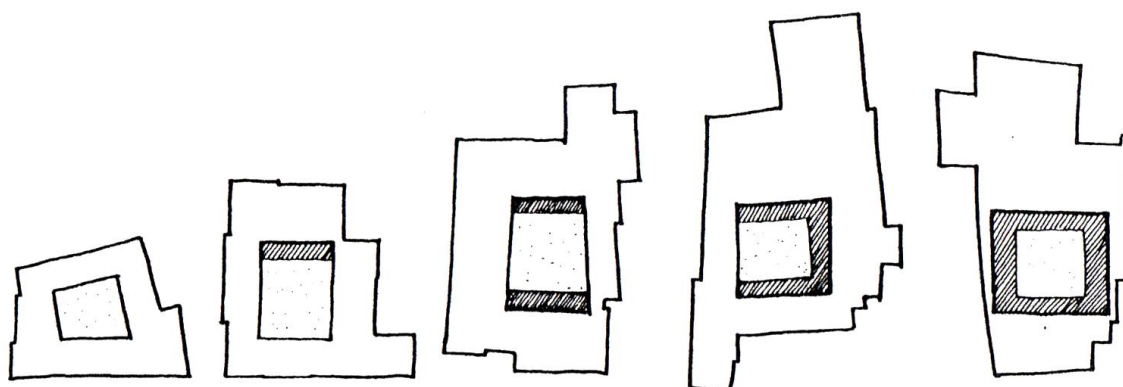


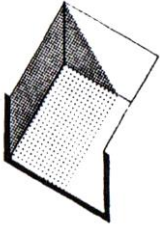

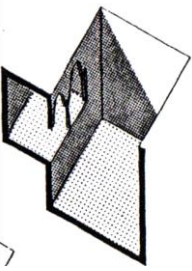

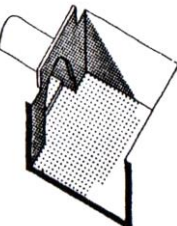

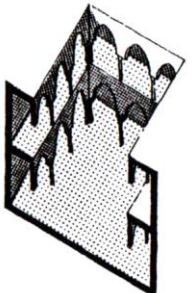

Figure.2.18 : Positions possibles des espaces intermédiaires (Source : Abdulac S, 1982).

La prise en compte de ces espaces intermédiaires va nous conduire à un nouveau découpage, plus qualitatif cette fois, du bâtiment à patio :

- L'espace extérieur (compte non tenu du contexte urbain, c'est-à-dire en supposant un bâtiment en site isolé). C'est un espace non clos et non couvert.
- L'espace patio. C'est un espace extérieur, non couvert, mais clos. Cette clôture devient assez virtuelle dans le cas où il existe un espace intermédiaire attenant, car elle se trouve bordée de portiques ou percée arcatures.

- l'espace intermédiaire. C'est un espace abrité, c'est-à-dire couvert mais non clos dans la mesure où il est nécessairement ouvert sur le patio.
- l'espace intérieur qui est, bien entendu, clos est couvert.

Tableau.2.4 : Les espaces intermédiaires des patios.

<p>Patio sans des espaces intermédiaires</p>		
<p>Patio avec loggia</p>		
<p>Patio avec Iwan</p>		
<p>Patio avec des galeries</p>		

Nous assistant ici à une véritable dialectique du "clos" et du "couvert", combinatoire fine et graduelle qui engendre une gradation des espaces. Par ailleurs, on peut dire que le patio en tant que tel est un espace intermédiaire, c'est-à-dire, ni vraiment intérieur ni vraiment extérieur. Sort d'espace intérieur à ciel ouvert, le patio est un espace enclos, mais aussi un

espace extérieur qui n'a pas de relation exclusivement zénithale avec le reste des espaces. Dans les pays islamiques, les terrasses supérieures traitées comme des enclos, sort de patio sur la terrasse (Abdulac S, 1982).

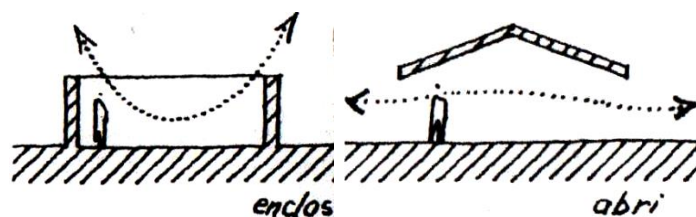


Figure.2.19 : La déférence entre abri et enclos (Source : Abdulac S, 1982).

b. principaux types de liaison indirecte :

Il existe deux grands types d'espaces intermédiaires entre le patio et les espaces intérieurs.

- **Les galeries** : ce sont des portiques soutenus d'un seul côté par des appuis et qui occupent toute la largeur du patio. Suivant le cas, ils peuvent border un seul ou plusieurs côtés du patio, le rez-de-chaussée et/ou l'étage du bâtiment. Dans les exemples situés dans le même contexte historique ou géographique, ce sont généralement les bâtiments les plus petits qui n'ont qu'un seul côté du patio bordé par une galerie. Plus le bâtiment est important et plus il possède un linéaire important de galeries.



Figure.2.20 : Galerie autour du patio de l'ancienne résidence du secrétaire du Dey (Dessin de Pierre Trémaux, 1850) (Source : Getty research institute, 2009).

Formé à l'École des beaux-arts à Paris, l'architecte Pierre Trémaux a documenté les maisons d'Alger dans un détail minutieux. Dans un dessin, il dépeint l'espace qui devint bientôt un

sommaire pour la maison algérienne: le patio intérieur et sa galerie environnante (Fig.2.20). Cependant, leurs caractéristiques communes sont non seulement qu'elles assurent une transition perpendiculairement à elles-mêmes du patio vers les espaces adjacents, mais aussi qu'elles servent toujours de circulation longitudinale.

- **Les Iwans :** ou Liwan, qui sont des espaces intermédiaires spécifiques aux maisons islamiques (du Moyen-Orient principalement). C'est la forme opposée à celle de la galerie. Il s'agit d'un espace plus étroit que le patio et qui se vient se brancher perpendiculairement à celui-ci. En plan, c'est un espace en forme de 'U' ouvert d'un seul côté, plus profond que large. Il se présente comme une grande niche voûtée ouverte sur le patio par un arc, et dont le sol est légèrement surélevé par rapport à celui du patio.



Figure.2.21 : Les Iwans, Hôtel Beit Al Mamlouka, Damas (Source : https://twitter.com/am_interior).

Dans beaucoup de cas, l'Iwan assure une transition sélective de l'extérieur (patio) vers l'intérieur : il sert de porche pour le passage aux pièces contiguës, mais celles-ci s'éclairent directement sur le patio. L'originalité de l'Iwan permet des liaisons spatiales directes

simultanément à des liaisons indirectes patio intérieur, ce qui n'est pas possible avec le système des galeries.

c. Le problème des angles (espace non adjacents) :

Il s'agit d'un phénomène tout à fait particulier aux bâtiments à patio, les espaces situés dans les angles du bâtiment ne peuvent que difficilement entrer en contact et être reliés au patio (Reynold J, 2002). Ce problème a été résolu de manières diverses :

- **Par des solutions fonctionnelles :** on profite de la présence de cet angle pour loger des fonctions qui n'exigent pas une relation directe avec le patio. Ainsi, dans beaucoup d'exemples modernes, le coin rejeté a été affecté à des espaces secondaires, vider par création de patios secondaires.

- **Par des solutions géométriques :** dans certains exemples anciens ou contemporains, on a pu aménager une ouverture dans l'angle du patio grâce à la création d'un pan coupé. Dans certains exemples islamiques, on utilise au contraire des doubles trames qui sont tangentes au patio et permettent le désenclavement de l'angle par l'établissement d'une circulation.

2.6.2.3. Rapport dimensionnels patio/espaces intérieurs :

Il existe plusieurs manières d'aborder ces rapports, la première consiste à comparer la surface du patio avec celle des espaces intérieurs en présentant éventuellement ce rapport sous forme de pourcentage. Une deuxième manière semble meilleur consister à comparer non plus de surfaces, mais des longueurs prises le long d'une coupe transversale effectuée sur le bâtiment. Ici encore, les dimensions absolues de chacun des espaces ne font que renvoyer à la taille du bâtiment, tandis que leurs dimensions proportionnelles suffisent à donner une image des proportions du bâtiment (Abdulac S, 1982). Par la comparaison des profondeurs respectives des trois zones : le patio, espace abri intermédiaire ou de transition et les espaces intérieurs.

Lorsqu'il existe une zone intermédiaire, six cas sont possibles :

a. Cas ou le patio est dominant:

$$P > a > L \text{ ou } P > I > A$$



Figure.2.22 : Cas domination du patio (Source : Abdulac S, 1982).

Cette proposition est typique de nombreuses maisons et palais islamiques, où les espaces adjacents sont toujours assez étroits en regard de la dimension du patio et des galeries.

b. Deux cas ou les espaces intérieurs dominant:

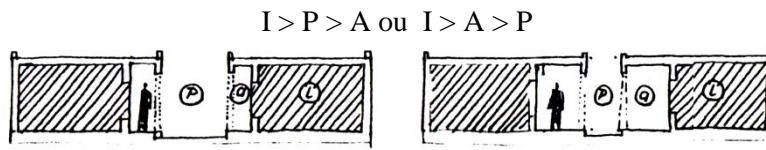


Figure.2.23 : Cas domination des espaces intérieurs (Source : Abdulac S, 1982).

Cette proposition est spécifique des atriums antiques fonction comme de 'puits de lumière' relativement étroit pénétrant dans des masses importantes des parties couvertes.

c. Deux cas ou les espaces intermédiaires dominant:

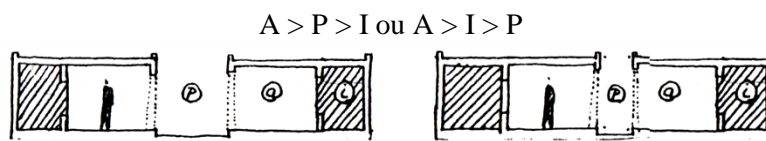


Figure.2.24 : Cas domination des espaces intermédiaires (Source : Abdulac S, 1982).

On note souvent une différence de proportion des espaces intermédiaires qui entoure le patio, les galeries sont de profondeurs différentes sur chaque coté du patio.

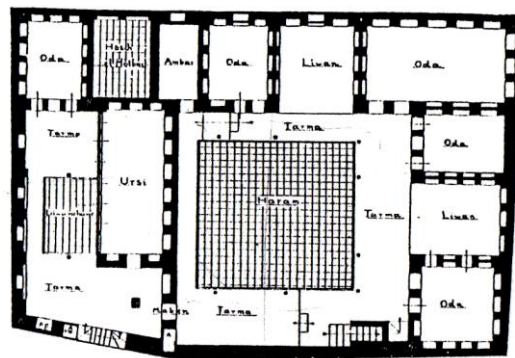


Figure.2.25 : Plan démontre la disposition des espaces adjacents par rapport au patio (Source : Abdulac S, 1982).

Il peut arriver aussi qu'il n'existe pas de zone d'espace intermédiaire :
Cela donne alors deux possibilités de proportions types :

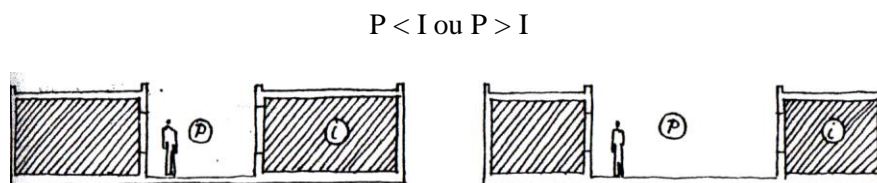


Figure.2.26 : Cas domination du patio (sans la présence des espaces intermédiaires) (Source : Abdulac S, 1982).

Cette dernière solution étant distinct des bâtiments contemporains ou le patio paraît toujours comme un espace assez desserré et vaste en regard de la faible profondeur des espaces intérieurs. Il peut arriver afin que certains exemples présentent seulement des espaces intermédiaires sur un des côtés du patio, en particulier la où il n'y a pas assez de profondeur pour constituer un espace intérieur.

2.6.2.4. Rapport géométrique patio/espace intérieur:

Nous avons ici deux types d'analyse :

L'analyse des directions du patio par rapport à l'espace intérieur

L'analyse de la figure du patio par rapport à l'espace intérieur

a. Rapport directionnel :

Il s'agit d'analyser l'effet de la géométrie du patio sur l'organisation intérieure des espaces intérieurs, c'est le prolongement compositionnel du patio à l'intérieur du bâtiment. Cette répercussion peut s'effectuer par axialisation (Fig.2.27), par mitoyenneté, ou par une combinaison des deux. Certains éléments sont axés dans le prolongement de l'axe (ou dans les axes) du patio. Que ce soit sur un axe principal ou sur deux axes perpendiculaires. Ce mode de composition sur deux axes renforce considérablement la centralisation du patio.

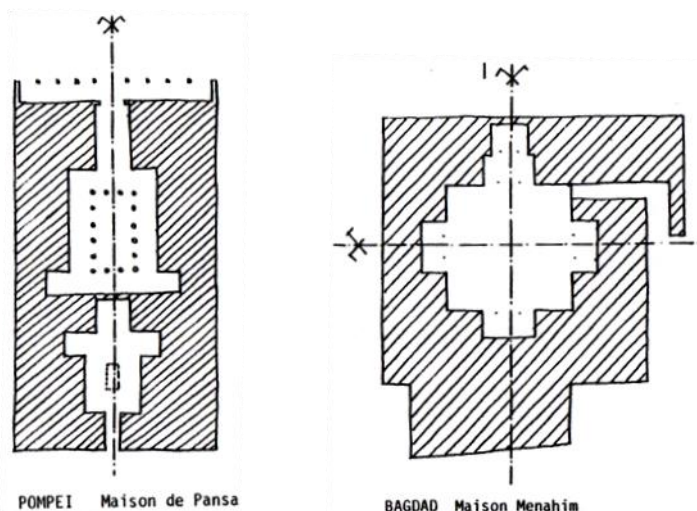


Figure.2.27 : Bâtiments à patio composés selon une axialisation (Source : Abdulac S, 1982).

Il peut exister que ce soit seulement certains espaces adjacents au patio qui soient composés avec lui, il peut arriver aussi des très nombreux exemples ou le patio n'amène aucune axialisation particulière des espaces intérieurs par rapport a lui, mais d'un système compositionnel beaucoup plus libre par juxtaposition d'entités indépendantes et non axés sur

le patio. Cela confirme qu'il vaut mieux dans ce cas de parler de "cour" plutôt que de "patio" véritable (Abdulac S, 1982).

b. Rapport de figure :


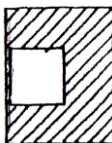
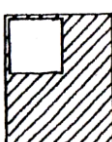
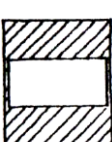
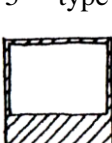
Le rapport de figure est celui qui existe entre deux figures emboîtées ou scellées l'une à l'autre.

2.6.3. 3^{ème} rapport : rapport patio/espaces extérieurs :

Ce critère permet une classification commode des bâtiments à patio en cinq cas de figures possibles :

Tableau.2.5 : Différents types de patio par rapport à sa position dans le bâtiment

(Source : Abdulac S, 1982).

<p>1^{er} type</p> 	<p>pas de contigüité entre patio et espaces extérieurs. Ceci donne un bâtiment en 'O'. il s'agit du modèle traditionnel le plus répondu dans les exemples anciens.</p>
<p>2^{ème} type</p> 	<p>contigüité sur un coté entre patio et espaces extérieurs. Ceci donne un bâtiment en 'U'.</p>
<p>3^{ème} type</p> 	<p>contigüité sur deux cotés adjacents entre patio et espaces extérieurs. Ceci donne un bâtiment en 'L'.</p>
<p>4^{ème} type</p> 	<p>contigüité sur deux cotés opposés patio et espaces extérieurs. Ceci donne un bâtiment en 'H'.</p>
<p>5^{ème} type</p> 	<p>contigüité sur trois cotés entre patio et espaces extérieurs. Ceci donne un bâtiment en 'I'.</p>

Tous ces types de plans coexistent dans une même ville. L'explication de ce phénomène réside dans la variation des dimensions et des propositions de l'espace disponible, une parcelle assez importante et de proportions assez épaisses pourra accueillir un plan en 'O', tandis qu'une parcelle étroite et allongée conduira plutôt à un plan en H (Abdulac S, 1982).

2.6.4. 4^{ème} rapport : morphologie intrinsèque des espaces intérieurs :

2.6.4.1. Rapport topologique :

En étudiant le mode des distributions des espaces intérieurs et leurs liaisons mutuelles, c'est-à-dire les circulations internes par rapport au patio. Elles peuvent être matérialisées ou non dans les espaces spécifiques (couloirs, galeries, etc.) avec la présence d'un patio.

2.6.4.2. Association des espaces intérieurs :

L'intérêt essentiel de l'introversion du plan des bâtiments à patio est la facilité d'association entre plusieurs espaces intérieurs. Plus leur plan sera introverti plus l'association entre le bâtiment et d'autres bâtiments à patio sera aisée. Au contraire, plus le plan du bâtiment est extraverti plus son association avec des bâtiments similaires posera des problèmes. Il n'est pas donc étonnant que les bâtiments à patio traditionnelles les présentent généralement un très fort linéaires de murs aveugles et mitoyenneté et une faible proportion de façades visibles.

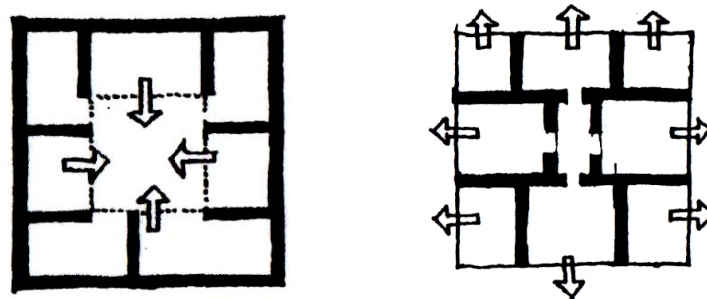


Figure.2.28 : Bâtiment à patio introverti vs. Bâtiment extraverti (Source : Addulac S, 1982).

En revanche, on constate que les exemples contemporains ne bénéficient pas toujours des potentialités qu'offre le bâtiment à patio de constituer des groupements continus et denses, qui laissent des espaces résiduels importants entre les groupes de bâtiments en plus des espaces réservés à la faveur des piétons ou des automobiles (Abdulac S, 1982).

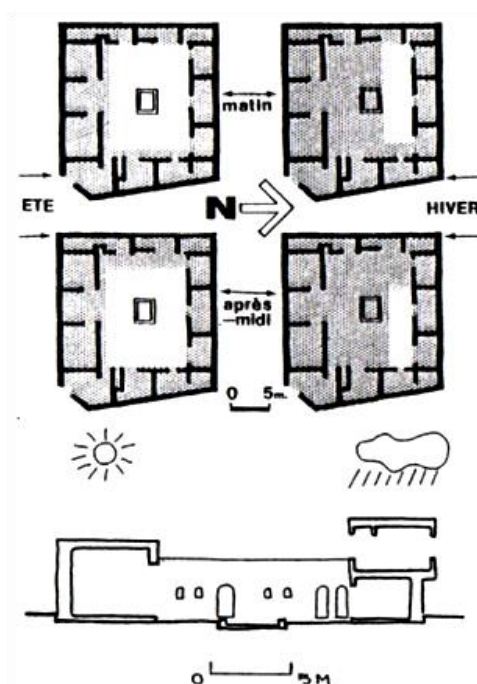


Figure.2.29 : Le patio à la fois un espace estival et hivernal (Source : Abdulac S, 1982).

2.7. Conclusion:

Les études antérieures menées sur la typologie d'un bâtiment à patio ont été présentées dans cette revue de la littérature. En résumé, l'histoire, les aspects sociaux et culturels ont été profusément discutés, en plus que des paramètres formels et géométriques. D'autres directives et des générateurs de conception, sur la base des ouvrages relatifs, ont été retracés pour nous aider plus tard auprès de la sélection des échantillons d'étude et de la modélisation des modèles de base dans cette étude.

Il apparaît donc, que le patio n'est pas une simple inclusion, ou une intrusion brutale d'un espace extérieur dans le bâtiment. Le dialogue qu'il entretient avec les espaces intérieurs est plus riche et plus subtil que celui de la cour. Le patio est un lieu d'osmose entre intérieur et extérieur, il fonctionne comme un échangeur spatial et bioclimatique. Si le bâtiment contemporain est un système relationnel complexe entre espace architectural et espace urbain, le bâtiment à patio à son tour est un système clos coupé a priori de l'espace public urbain (un système autonome). Cela ne signifie pas l'absence de relations entre l'espace interne et l'espace public, mais veut dire que cette relation est de nature circonstancielle. En revanche, dans les bâtiments contemporains toute relation intérieure/extérieure est éminemment structurale.

La proportion optimale de vide (patio) à l'état ferme (le bâtiment) en cas d'utilisation du patio comme un protecteur de soleil ou le soleil collecteur sur la base de différents climats et

latitudes. Les questions ci-dessus ont traité généralement dans le texte, les solutions performantes qui peuvent répondre à des proportions exactes pour un impact thermique et lumineux convenable. Par conséquent, bien que certaines des études ont été réalisées dans le domaine des impacts climatiques des bâtiments à patio, les enquêtes in situ et les simulations numériques sont nécessaires pour comprendre l'efficacité formelle de la construction par rapport à un climat donné.

L'aspect clé dans la recherche d'une configuration urbaine optimale pour l'environnement réside dans la possibilité et la simplicité de la mise en œuvre des pistes paramétriques qui testent des modifications géométriques. La technique développée utilisée pour les calculs est avérée essentielle dans la réalisation de l'analyse morphologique comparative entre des caractéristiques intrinsèques et extrinsèques de la typologie à patio et d'autres formes architecturales telles que les monoblocs conventionnels ou pavillonnaires. Il peut également être utilisé de manière flexible pour analyser les différents développements archétypaux en comparant le potentiel environnemental des différentes compositions architecturales et urbaines.

L'objectif d'une analyse typo-morphologique est de rechercher relativement d'une configuration "optimale" climatique et économie, et de démontrer que les configurations conventionnelles sont écologiquement moins adéquates que celles qui sont à patio. Les potentiels énergétiques et bioclimatiques de la même configuration peuvent aussi se différencier selon les caractéristiques morphologiques et dimensionnelles. Les études menées sur la performance environnementale, par rapport à la thermique, l'éclairage naturel, l'ombrage, et la ventilation, seront représentées en détail dans les prochains chapitres d'une manière plus détaillée.

CHAPITRE III
APPROCHE BIOCLIMATIQUE
DU BATIMENT A PATIO

Chapitre III

APPROCHE BIOCLIMATIQUE DU BATIMENT A PATIO

3.1. Introduction :

L'un des objectifs de base de l'architecture à faible consommation énergétique est de créer un environnement interne confortable pour les occupants du bâtiment tout en consommant le moins d'énergie possible. Dans les villes désertiques, ce but est plus difficile à atteindre, car le climat hostile environnant crée une barrière contre le confort. Par ailleurs, comme au désert, des techniques passives ont été utilisées par l'exploitation des facteurs naturels et climatiques du site, directement ou indirectement ce qui peut s'avérer, être un palliatif des énergies fossiles.

L'architecte des bâtiments maintient une responsabilité importante envers l'environnement bâti en respectant les identités et les aspects socioculturels et climatiques. Le bâtiment est en mesure de parvenir à une qualité de vie meilleure sans compromettre la réduction significative de l'empreinte écologique. Par ailleurs, les architectes peuvent apprendre de l'histoire que l'environnement bâti a apporté une réponse durable et une réflexion naturelle sur la société, la culture et le climat, ce qui provoque donc moins la destruction des ressources naturelles.

Le domaine de la construction, qui se révèle comme un acteur clef pour le "développement durable", s'ouvre vers des considérations de plus en plus globales. Ce secteur s'organise peu à peu pour répondre à ces enjeux, en proposant des méthodes d'assistance. L'architecture vernaculaire est alors étudiée de nouveau sous un mode de conception qui se définit par: l'éco-conception. Il est important de noter que l'architecture bioclimatique représente une solution pour résoudre des problèmes d'un contexte dans l'environnement bâti.

Vouloir concilier les problématiques morphologiques et bioclimatiques architecturales revient, à réconcilier les deux tendances vers une architecture contemporaine. La préoccupation de la conception retrouvée, en tant que cadre privilégié de l'activité sociale de l'homme et l'adaptation du cadre bâti aux facteurs climatiques. C'est, en fait, la création des conditions de confort sans faire recours à la technologie. Dans les régions chaudes, l'on a

oublié les principes judicieux des organisations introverties qui durant des siècles, où l'on bâtissait pour répondre aux besoins socioculturels et climatiques.

Le bâtiment à patio est plus que simple type de construction car il combine le climat et les aspects sociaux. Néanmoins, la conception climatique devient un élément qui peut renforcer les efforts et les tendances environnementales pour mieux édifier surtout dans les climats chauds et arides. Dans ce chapitre, on va clarifier tous les aspects énergétiques et environnementaux de cette typologie très spécifique sous des conditions climatiques différentes.

3.2. Le bâtiment à patio : une forme bioclimatique :

Le bâtiment à patio se trouve dans diverses régions du monde qui se diffèrent géographiquement, culturellement et climatiquement, et a présenté une abondante littérature dans les domaines de l'architecture et de l'urbanisme. De nombreuses études se concentrent sur les patios comme des formes urbaines climatiquement plaisantes. Voici quelques exemples de recherches sur la forme à patio en tant qu'une forme bioclimatique :

3.2.1. Etude de Leslie Martin et Lionel Mars:

Leslie Martin et Lionel Mars ont effectué une étude approfondie sur la performance environnementale des patios à l'Université de Cambridge à la fin des années 1960. Ils ont abordé la question: « Quelle forme de bâtiment réalise la meilleure utilisation des sols » La question implique bien sûr une définition de la « meilleure utilisation ». Martin et Mars (1972) se sont liés à des paramètres quantifiables, tels que "potentiel construit" (le rapport de la surface du toit de la forme construite à la surface du site) et «la disponibilité de l'éclairage naturel». Ils ont analysé les différentes formes construites archétypiques, comme des pavillons, des rues et des patios. Finalement, leurs conclusions, fondées sur l'analyse mathématique, ont montré que les bâtiments à patio étaient le meilleur modèle urbain en matière d'efficacité.

3.2.2. Etude de Bahadori et Fathy:

Fathy et Bahadori affirment que l'introversion du patio remplissait plusieurs fonctions dans les régions chaudes et arides: la création d'une zone ouverte à l'abri, l'adoption de stratégies de refroidissement naturel ingénieux, la protection contre la poussière ou du sable soufflée par le vent et l'atténuation des effets excessifs du soleil. Selon eux et beaucoup d'autres savants, le climat semble être l'un des principaux déterminants de la forme architecturale, en particulier la forme des rues, des bâtiments et des patios. Fathy déclare: « Par une analyse simple, il

devient tout à fait compréhensible comment un tel modèle universel venu à être adopté dans le monde arabe. Il est évident pour quiconque connaît le climat rigoureux du désert de chercher l'ombre par un rétrécissement ou par une orientation correcte de la rue, d'éviter les vents chauds du désert en rendant les rues sinueuses, avec des vues fermées ».

3.2.3. Etude de Dana Raydan, Carlo Ratti And Koen Steemers :

Les recherches de Dana Raydan, Carlo Ratti And Koen Steemers élargissent l'approche de Martin et Mars, Dana et al.. Ils ont Examiné différentes formes urbaines dans un contexte de climat chaud et aride, ils ont admis d'identifier les variables environnementales d'intérêt majeur. Ces variables comprennent des ratios tel que : surface au volume, la densité de l'ombre, l'éclairage naturel et les facteurs de visibilité de la ville vers le ciel. Ils fournissent des mesures clés liées au rayonnement solaire, le confort thermique et des températures en milieu urbain, qui peut être testé contre la pression de l'environnement produit par les climats chauds et arides. Une de ces mesures, la densité de l'ombre, ce qui est une mesure dépendante du climat; Réévaluation des résultats de Martin et Mars en reproduisant leurs simulations de l'éclairage naturel avec la technique de traitement d'image développée récemment. En fait, l'approche mathématique de Martin et Mars a été limitée par un certain nombre d'hypothèses simplifiées. Ces nouvelles techniques numériques basées sur des algorithmes de traitement d'images, permettent une meilleure évaluation des paramètres d'éclairage; Considérant les types de formes urbaines plus réalistes, celles qui ne possèdent pas la généralité de Martin. Ils partent d'un type de patio simplifié fondé sur des exemples vernaculaires bien documentés trouvés dans les régions chaudes et arides.

3.2.4. Etude de Mänty:

Cependant, les déclarations d'un climat opposées à celui des régions arides selon les propriétés environnementales des patios existent. Par exemple, Mänty (1988), après les analyses de l'architecture vernaculaire dans toute la Suède, la Norvège et la Suisse, il fait l'éloge que l'utilisation des patios se limite dans leur capacité à créer des "poches de gain solaire", équilibrant ainsi la dureté des climats froids du Nord.

3.2.5. Etude de Morris et Talib:

Les formes urbaines analysées se composent d'une forme à patios et deux formes de type pavillonnaire, comme il est décrit ci-dessous. L'étude de cas sélectionnés pour l'enquête est une maison avec un patio prototype. La configuration et les dimensions de la maison à patio

sont adaptées à partir d'une coupe schématique d'un logement urbain à patio illustré dans Morris (Ratti C, 2003) (Fig.3.1).

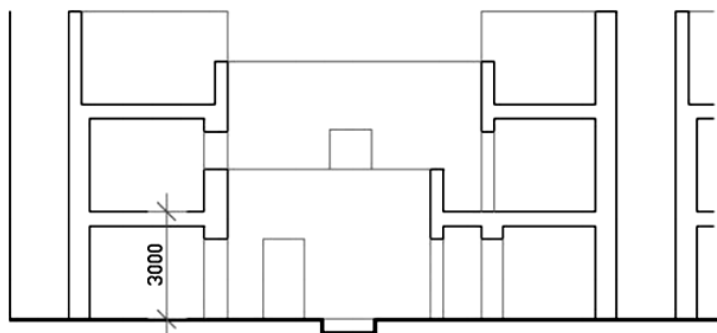


Figure.3.1 : Section de la maison à patio (Source : Morris et Talib, 1994).

De trois étages un nombre moyen, chaque étage est d'une hauteur de 3 m, on suppose, comme extrapolée à partir de Talib (1994). Bien que le réseau routier soit généralement plus irrégulier, cette texture urbaine semble représentative d'une ville traditionnelle (Fig.3.2).

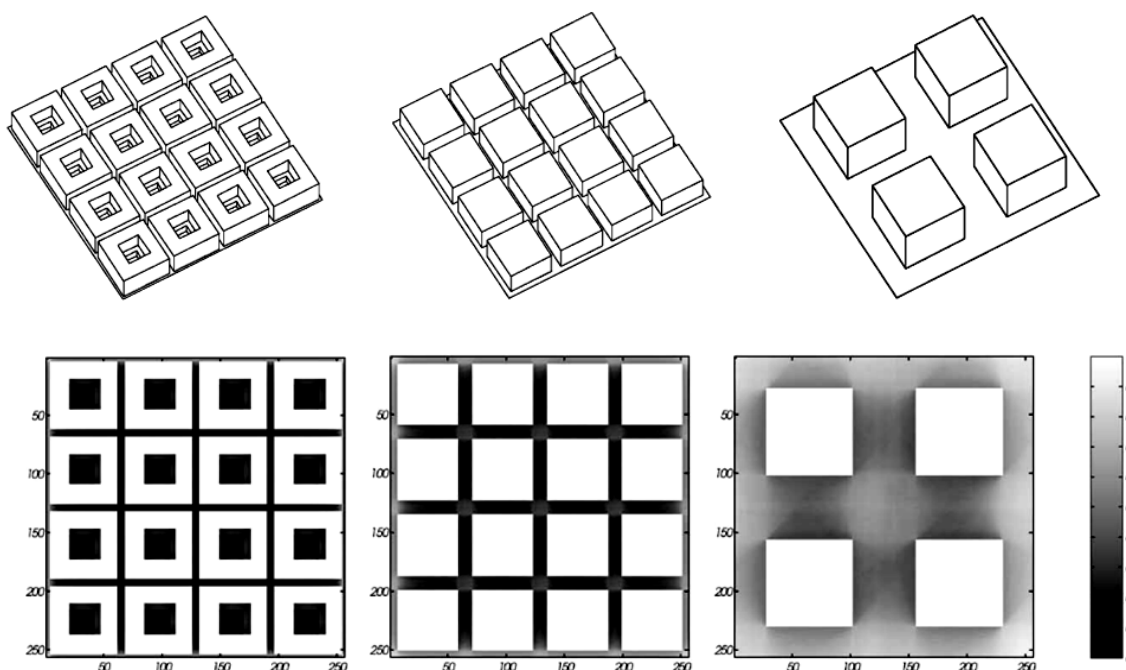


Figure.3.2 : Dispositions : à patios, le pavillon 1 et pavillon 2 représentés comme images DEM (Source : Raydan D, 2006).

1. cas des bâtiments à patio : de base 9m de hauteur avec une surface de plancher de 200m² (au sol), 182 m² (premier étage) et 182 m² (toit occupée). Surface total est de 563m² et les dimensions du site sont 67,5m x 67,5m.

2. Pavillonnaire 1 : est de 9m de hauteur avec une superficie de 188m² par étage. Surface totale est de 563m². Les dimensions du site sont de 67,5m x 67,5m.

3. Pavillonnaire 2 : est de 18m de hauteur avec une superficie de 376m² par étage. Surface totale est 2.252m². Les dimensions du Site sont de 67,5m x 67,5m.

3.2.6. Etude de Perez-de-Lama et Cabeza:

Ils ont également obtenu des données intéressantes pour les maisons à patio en Espagne. Ils ont examiné la performance environnementale des patios à Séville en utilisant le facteur d'ouverture du ciel (qu'ils appellent le facteur de configuration). Ils se sont concentrés sur les températures maximales à l'intérieur des patios pendant la journée et ont conclu, « dans tous les cas, les températures maximales mesurées dans l'ensemble des patios ont été en dessous de la température de référence considérée. Ils suggèrent également que les performances de refroidissement en été proportionnel au rapport de la surface de l'enveloppe. Plus le rapport d'ouverture vers le ciel par la surface générale de l'enveloppe (ce qui correspond effectivement à la moyenne SVF), la performance est meilleure. Encore une fois, les avantages climatiques de la forme à patio sont admissibles (Edward B, 2006).

3.2.7. Etude de Rosenlund et al.:

Rosenlund et al. ont suivi les températures dans deux quartiers de la ville associée à différents types d'habitations (2000): le traditionnel, basé sur le regroupement compact des bâtiments en utilisant une structure à patio, et une plus récente, sur la base de maisons modernes de deux et de trois étages disposées le long de rues larges. Dans le quartier traditionnel à patio, les températures sont plus élevées pendant la nuit, mais pendant la journée un îlot de fraîcheur convenable apparaît. Les conditions générales sont plus stables dans le quartier traditionnel que dans les pavillons modernes, avec la tendance à la modération maximale et des températures minimales et de l'air frais (Edward B, 2006).

3.3. Le patio : un protecteur solaire :

Un des aspects les plus pitoyables du développement mondial moderne a été l'introduction généralisée de l'utilisation de moyens mécaniques pour assurer le confort des utilisateurs des bâtiments. Ce phénomène a conduit à une énorme consommation d'énergie dans le parc immobilier, et de nos jours environ un tiers des fossiles combustibles est consommé dans les bâtiments. À cet égard, les limites de confort thermique sont des limites qui permettent aux physiciens de la construction d'estimer dans quelle mesure les bâtiments doivent être chauffés ou refroidis, selon plusieurs recherches antérieures, le patio peut chauffer et refroidit le

bâtiment (Guedouh M S, 2017). L'examen chronologique des connaissances actuelles sur le confort thermique montre deux approches différentes :

3.3.1. Les études sur le terrain (*in situ*):

Les études sur le terrain ont été faites pour mener des recherches sur des cas concrets. Une ville, un quartier ou un ensemble de bâtiments représentatifs présentés comme une étude de cas. A cet égard, chacune des normes de confort thermique adaptatif fournit une estimation de la plage de températures pour le confort thermique. A travers les résultats des estimations et les normes qui seront par la suite comparées et discutées.

3.3.2. Les essais en chambre climatique (*in vitro*):

Les essais en chambre climatique sont des processus basés sur l'échange de chaleur, des modèles thermo-physiologique conduisent au laboratoire à en mener à l'état stable selon les normes. Ces méthodes définies des modèles adaptatifs thermiques de confort à base des normes: l'ASHRAE américaine 55-2010 standards, la norme EN15251 européenne, et la ligne directrice néerlandaise ATG. Aujourd'hui, ces normes sont de plus en plus utilisées dans les recherches et dans la pratique du confort thermique pour examiner le développement des idées de confort thermique.

3.4. Caractéristiques comparées des bâtiments à patio dans quatre climats:

Cette section contient un examen des caractéristiques des bâtiments à patio dans quatre climats différents: un climat chaud, un climat froid, un climat tempéré et enfin un climat tropical. On suppose que la maison à patio reçoit le soleil et le vent à partir du patio seulement et les façades extérieures, des bâtiments ne sont pas considérés comme des sources de chaleur, de la lumière ou du vent. Les caractéristiques des patios dans ces climats sont différentes en matière de ces critères suivants:

3.4.1. Le patio dans le climat aride et chaud:

Le patio est une solution importante utilisée dans les climats chauds et arides pour créer un espace extérieur agréable et confortable (Safarzadeh & Bahadori, 2004). Une campagne de mesures dans des maisons à patio traditionnelles du Sahara tunisien a montré que la température du bâtiment intérieur était d'environ 27°C lorsque la température ambiante était 49°C (bien que d'autres facteurs comme l'utilisation de la masse thermique élevée et de petites fenêtres contribué à atteindre cette température inférieure) (Taleghani M, 2014).

Dans les climats chauds et arides, les typologies primitives à patio étaient comme des grottes ou bâtiments souterrains comme les patios souterrains tunisiens et chinois (Schoenauer et Seeman, 1962). Au fil du temps, les humains ont compris comment contrôler le rayonnement solaire et de protéger le bâtiment du temps chaud et fournir un certain niveau de fraîcheur. Utilisation de dimensions optimisées et des éléments naturels comme les arbres et les Bassins d'eau qui permet d'augmenter l'ombrage et le refroidissement par évaporation.



Figure.3.3 : Un patio dans le climat chaud et aride de l'Algérie, la ville de Biskra
(Source : Auteur, 2016).

3.4.2. Le patio dans le climat froid :

Les patios dans les climats froids sont plus introvertis. Les dimensions du patio sont plus petites en raison de limiter les pertes de chaleur causées par le patio ouvert; par ailleurs, le bâtiment a besoin de moins de ventilation dans ce climat. En revanche, le bâtiment a besoin de chauffage naturel en hiver et aussi de l'éclairage naturel pendant toute l'année. Enfin, un patio dans ce climat agit comme un modérateur de température et fournit une zone confortable pour y vivre (Taleghani M, 2014).



Figure.3.4 : Les patios européens des régions froides conçus pour le réchauffement, l'éclairage naturel et obstruer les vents froids (Source : <https://www.pinterest.fr>).

3.4.3. Le patio dans le climat tempéré :

Les patios dans les climats tempérés se varient en termes de taille; ils sont très petits (comme les patios) et très grands (comme une cour urbaine). Pour les patios, les dimensions sont plus petites, car il est moins nécessaire pour le chauffage ou le refroidissement naturel; en outre, le bâtiment a besoin de moins de ventilation dans ce climat. D'autre part, les cours à l'échelle urbaine ont des fonctions différentes au-delà de l'environnement.

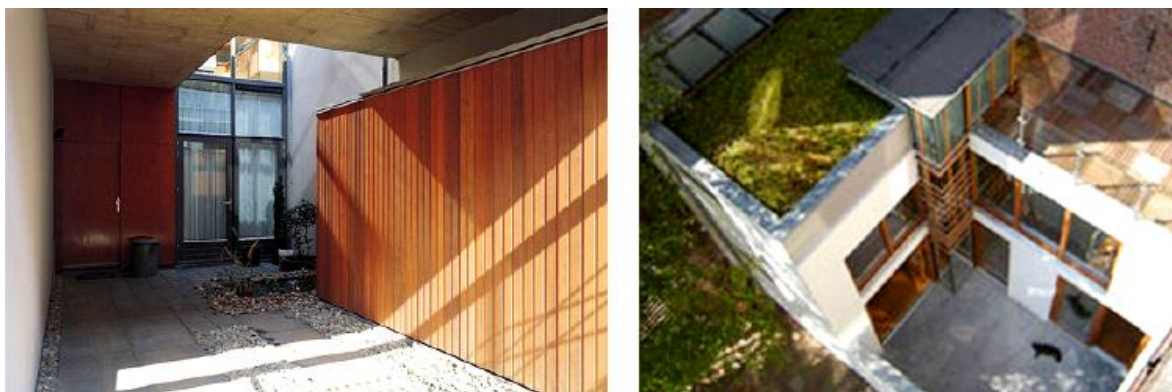


Figure.3.5 : Deux petits patios à Amsterdam (à gauche, Kees Hummel et droit; ARHK) (Source : Taleghani M, 2014).

3.4.4. Le patio dans le climat tropical :

Parmi les quatre rôles climatiques naturels de patios (chauffage, refroidissement, ventilation et éclairage), le chauffage n'a pas à être pris en considération dans le cas des patios dans un climat tropical. Dans le climat tropical, la composition des formes de bâtiments privilège les préoccupations pour la ventilation. La caractéristique de ces patios capture principalement le vent pour aérer le bâtiment (Salmon, 1990). Par conséquent, ces bâtiments à patio sont extravertis. Dans les climats tropicaux, la direction du vent est principalement examinée pour la ventilation. De plus, la pénétration solaire doit être limitée (Taleghani M, 2014).

Tableau.3.1 : Synthèse des résultats des caractéristiques du bâtiment à patio dans les différents climats (Source : Taleghani M, 2014).

Les caractéristiques	chaud aride	Froid	Tempéré	Tropical
Forme général du Bâtiment	- Introverti - Le ratio le plus élevé de vide/plein - bloc ouest est le plus grand	- Introverti - Le ratio le plus bas du vide / plein - bloc Nord est le plus grand	- patio Petit, profond et étroit pour faciliter l'effet de cheminée	- Extrovertie - Le rapport entre vide /plein élevé pour la saison froide et chaude, - Hauteur du bâtiment est élevée - Les différents blocs sont égaux
Les éléments naturels	- arbres à feuilles caduques - bassin d'eau, Arbuste et gazon	/	- Peu d'éléments végétaux	- Quelques arbres à feuilles caduques
Les ouvertures dans les façades	- Petit fenêtres verticales y compris brise soleil - des arcades	- Ouvertures petites et limitée	- grandes ouvertures	- Grandes ouvertures y compris arcade

Les résultats montrent que les bâtiments à patio comme une stratégie passive et une forme flexible peuvent avoir des différentes caractéristiques afin de maximiser l'utilisation des éléments des ressources naturelles comme le soleil et le vent. Les fonctions du patio en tant que source d'énergie verte : de chauffage, de refroidissement, de la ventilation et de l'éclairage ont été discutées dans chaque climat.

3.5. Stratégies de conception bioclimatiques des patios dans les climats arides et chauds:

3.5.1. Climat et bâtiments à patio :

"Le climat a toujours affecté des structures architecturales. Les bâtiments à patio devraient procurer aux occupants des conditions climatiques indulgences et accentuent les extrêmes du climat. Les concepteurs architecturaux devraient travailler avec la nature. Comprendre en général les caractéristiques climatiques des différentes régions, ainsi que le macroclimat ou le microclimat particulier qui sont essentiels pour le développement d'une conception du bâtiment à patio adéquat" Source: Boutet Terry, 1987.

Topographie détermine la composition climatique de toute zone sur la Terre. Ils sont sept régions climatiques et chacun à son propre ensemble de problèmes liés aux conditions météorologiques (Fig.3.6). Les cinq principaux facteurs environnementaux du climat sont la température, l'humidité, les précipitations, le rayonnement solaire, et le mouvement de l'air. Les conditions atmosphériques et la végétation peuvent aussi être considérées comme des éléments du climat. Tout bâtiment à patio peut être adapté à conditions climatiques distinctes.

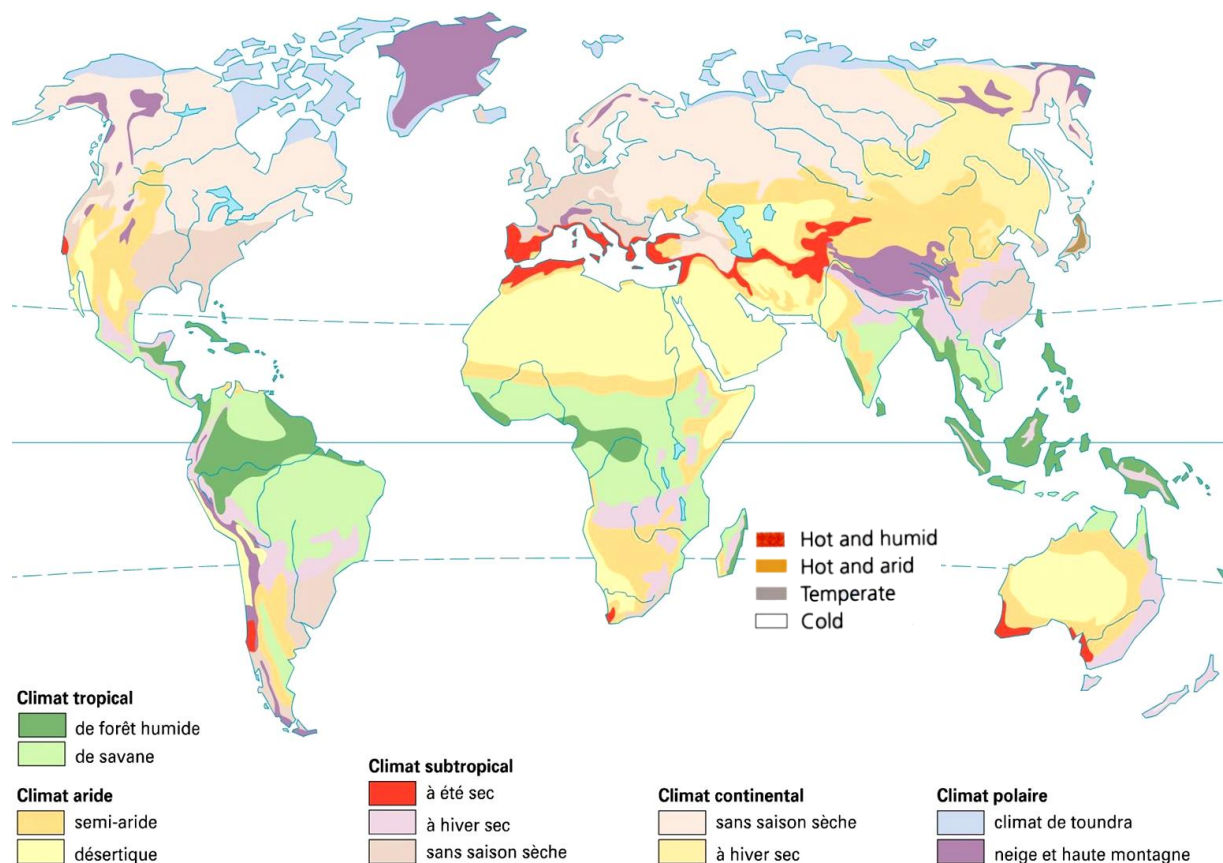


Figure.3.6: Les zones climatiques du monde entier (Source: www.larousse.fr).

3.5.2. Degré de control climatique dans les bâtiments à patio :

La continuité des espaces, rangée en ordre du moins au plus environnement contrôlé, est une campagne ouverte, rue, patio, arcade, espaces intérieurs. Le contraste entre les espaces les moins et les plus confortables dans cette continuité augmente la satisfaction avec ce dernier, le plus privé, et personnel. Le plus difficile s'avère le contraste thermique entre la rue et le patio et il est renforcé par le changement du public au privé, du bruit au calme, dure au doux (Reynolds J, 2002).

Dans les bâtiments à patio traditionnels, le confort thermique dépend en premier de la masse thermique du bâtiment et comment les degrés de température se fluctuer, et en quelle heure atteignent des élevées et des basses températures. Deuxième, il dépend de l'implication personnelle des occupants du bâtiment, qui par leurs actions comme arroser le patio, ouvrir et fermer les dispositifs d'ombrage des fenêtres (Reynolds J, 2002). Quand le climat est très chaud (et sec), une fontaine est au centre pour créer un microclimat agréable (Fig.3.7).

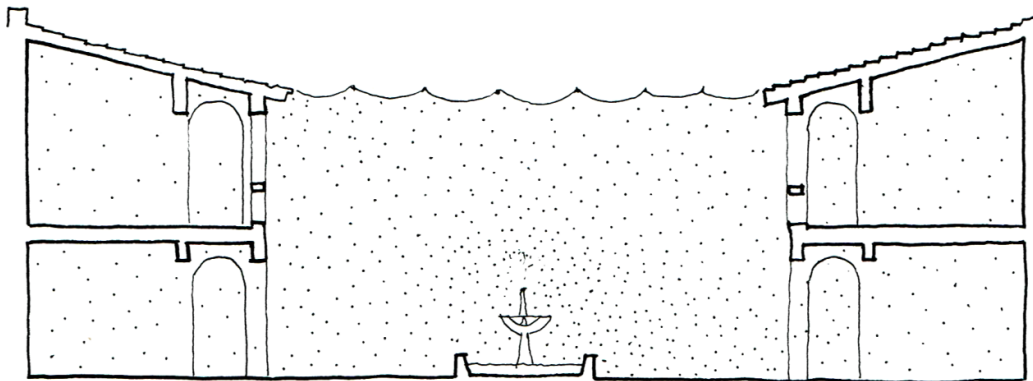


Figure.3.7 : Un microclimat généré par une fontaine (Source : Reynolds J, 2002).

3.5.3. Dompter le climat :

Les patios représentent un essai d'apporter les forces de la nature sous un contrôle partiel. En tant qu'espaces ouverts au ciel, les patios intensifient quelques aspects du climat, comme l'éclairage naturel, et diluant autres, comme le vent. Pour le confort dans un patio, les meilleurs climats sont ceux qui sont avec des jours chauds et secs, et des nuits claires fraîches, qui rayonnent la chaleur vers le ciel ; où ceux qui sont avec des journées fraîches à des latitudes basses ou la pénétration solaire est facile et désirée (Reynolds J, 2002).

Dans les climats chauds et secs, le problème majeur reste le choix de la profondeur du patio. Plus le patio est profond il reste frais en été, mais il exclura le soleil d'hiver. Il semble que les patios profonds sont en général favorisés dans ce type de climat (Guedouh MS, 2017).

L'objectif majeur dans l'arrangement c'est pour rendre les espaces plus frais en été, plutôt que chauds en hiver (Reynolds J, 2002).

3.5.4. Eviter les gains solaires :

Ombragé, ou autrement évité le gain solaire, c'est la première règle du confort thermique des bâtiments à patio des climats chauds. Tandis que le patio est par définition ouvert au ciel, il y a des raisons plus que le soleil chaud y compris le vent de sable ou d'autres intrus du haut. Les patios sont parfois couverts de sort de plantes (ex. : Lavender-flowering vine) et permettent aux occupants de rester confortables en dessous. Elles absorbent le soleil, procurent de l'ombre et de la lumière.

3.5.5. Plus de stratégies pour le confort d'été :

3.5.5.1. Combinaisons de la température d'air et l'humidité relative :

Les combinaisons de la température d'air et l'humidité relative qui sont considérées d'être dans la « zone de confort » présenté dans la figure 3.8.

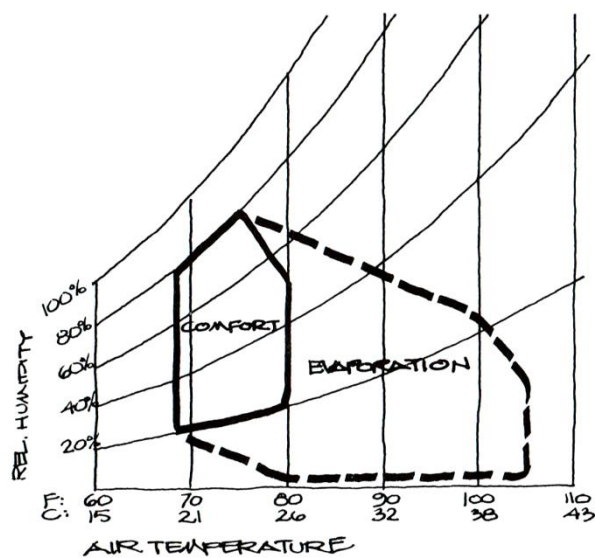


Figure.3.8 : Zone de confort, et prospects pour le refroidissement passif (Source : Reynolds J, 2002).

a. le refroidissement par la ventilation naturelle. Par les combinaisons de la température d'air et l'humidité relative dans la zone de confort, où l'individu en repos à l'ombre, peut sentir confortable. Dans la zone marquée "ventilation". Ces conditions extérieures peuvent produire des conditions confortables à l'intérieur du bâtiment, si la ventilation naturelle est pleinement utilisée.

b. le refroidissement par la masse thermique. Dans la zone marquée par « grande masse ». Ces conditions extérieures peuvent produire des conditions confortables à l'intérieur du bâtiment, si une grande masse construite est pleinement utilisée.

c. le refroidissement par évaporation. Dans la zone marquée par « évaporation ». Ces conditions extérieures peuvent produire des conditions confortables à l'intérieur du bâtiment, si un refroidissement par évaporation est pleinement utilisé.

3.5.5.2. Le vent :

Le vent est presque toujours un ami dans le climat chaud et humide. Il est parfois utile dans les climats chauds secs et tempérés, surtout pour la ventilation la nuit quand les températures externes sont basses. Le vent souffle horizontalement, et traverse facilement les ouvertures horizontales ainsi à travers l'ouverture du patio. Une stratégie pour capturer le vent recommandée par Givoni (1998), c'est d'élever le mur du patio face à la direction du vent dominant (Fig.3.9). Pourrait inciter le mouvement d'air assez faible.

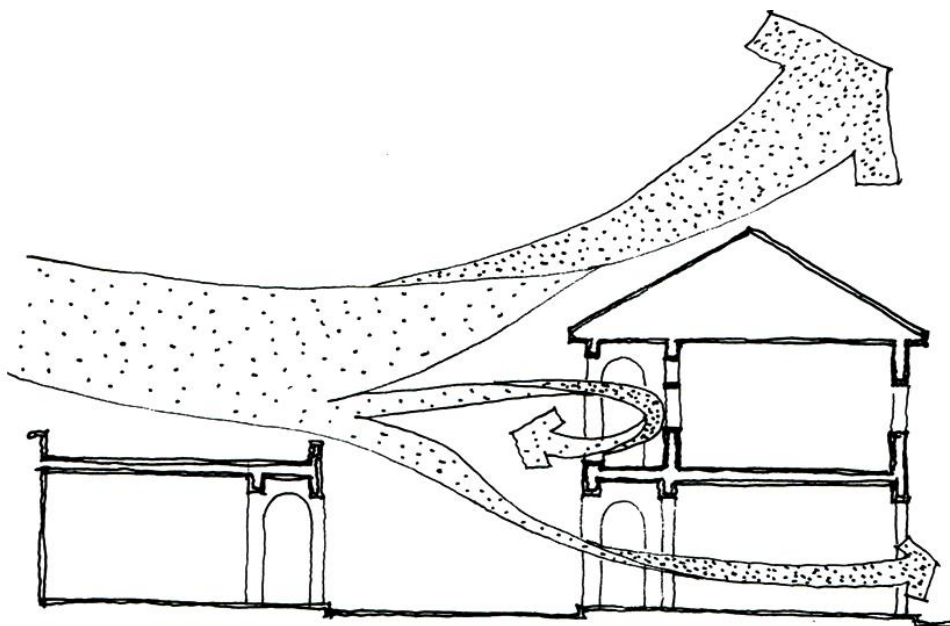


Figure.3.9 : Une stratégie de capture de vent par l'élévation d'un côté du patio
(Source : Reynolds J, 2002).

Hassan Fathy a décrit comment deux patios de différentes tailles, séparé par une loggia, pourraient induire ce mouvement d'air assez faible (Reynolds J, 2002).

3.5.5.3. La masse thermique :

"La masse thermique" est un terme pour la conductivité et la capacité des matériaux. Les matériaux avec une grande masse thermique fonctionnent mieux en tant que régulateurs. Ils

retard la pénétration de la chaleur d'après-midi. Dans les climats chauds et arides, grande masse thermique peut être refroidie par radiation, par évaporation, et par le rafraîchissement nocturne (Reynolds J, 2002).

3.5.5.4. Le refroidissement par évaporation :

Le refroidissement par évaporation fonction dans le climat chaud et sec en acceptant une forte humidité en échange d'une température d'air plus basse. Sous forme de brouillard additionné à l'air chaud sec, sa température d'air diminue alors que son humidité se lève (Reynolds J, 2002). L'évaporation est aussi importante dans un patio, elle dépend de la nature du sol de ce dernier la nature du revêtement du sol du patio influence beaucoup le refroidissement par évaporation.

3.6. Conclusion:

Ce chapitre a soigneusement abordé l'évolution des considérations environnementales à mener vers une réflexion générale de développement. Les types de bâtiments introvertis dans les zones arides, tels que le bâtiment à patio, ont évolué pour essayer d'aider les gens à s'adapter à un état de confort thermique sous ces conditions adverses, à exploiter des systèmes passifs précieux et réussir à apprécier la nature et la dynamique des systèmes physiques.

Dans l'histoire des peuples, la bioclimatique est diffusée à travers le monde, dont les éléments atmosphériques sont extrêmes, elle est la résultante de l'inventivité des hommes dans leur lutte contre la rigueur du climat. De ce fait, elle perd son caractère et devient une dimension indispensable à la qualité de la construction, qui s'est fixée pour tâche d'être intégrale et de s'auto suffire, pour redevenir l'abri de l'homme sans défis technologiques, sinon pourquoi demander à la technologie de compenser les défauts graves d'un urbanisme ou d'une architecture mal conçue.

Ce chapitre a démontré que les configurations à patio sont une meilleure réponse à travers les variables environnementales calculées (rapport surface/volume, densité de l'ombre, la distribution de l'éclairage naturel) que les types de pavillonnaire dans le contexte des climats chauds et arides. Le potentiel d'améliorer la performance environnementale en adoptant des formes vernaculaires dans les climats froids existe aussi, même si cela est en grande partie déterminé par des rapports différents de ceux dans les régions chaudes et arides.

L'étude comparative des modèles de bâtiments contemporains (conventionnels) avec des modèles de bâtiments à patio, en précisant à chaque fois la spécificité de ce bâtiment par

rapport à leurs caractéristiques, que le bâtiment à patio par ses spécifications morphologiques est centré sur un espace extérieur privatif (le patio) et induit une opposition centre/périphérie (espaces adjacents). D'autre part, il apparaît clairement que le bâtiment contemporain se définit en priorité par rapport à l'espace urbain. Il se situe directement sur la rue en position perpendiculaire. La référence demeure toujours publique et tous les espaces du bâtiment se positionnent de ce référent.

CHAPITRE IV

IMPACT THERMIQUE SUR LES ESPACES ADJACENTS DES BATIMENTS A PATIO

Chapitre IV

IMPACT THERMIQUE SUR LES ESPACES ADJACENTS DES BATIMENTS A PATIO

4.1. Introduction :

L'étude de l'environnement thermique dans les patios n'est pas un nouveau domaine de recherche, son importance est liée à la réduction des coûts d'énergie du fonctionnement du bâtiment et du niveau du confort humain. Dans un patio, les systèmes mécaniques de refroidissement ou/et de réchauffement doivent produire un climat confortable, ce qui produit un impact financier relatif, plus d'énergie, plus d'argent. Dans les climats chauds et secs, un patio naturellement ventilé et ombragé participe à la baisse de température par le processus de convection d'air froid qui remplace l'air chaud dans les espaces adjacents.

Le principal problème de l'environnement thermique dans les patios est l'exposition solaire en été. Les rapports morphologiques tels que: ratio d'ouverture patio, le ratio d'aspect et l'indice d'ombre solaire...etc. plus ces rapports sont grands, plus le patio est exposé aux conditions climatiques. La variation de température est un problème important dans les bâtiments à patio en raison du rapport surface/volume élevé et la radiation solaire directe. Les différences de températures entre les points les plus hauts et les plus bas pourraient être remarquables. La prédiction de l'environnement thermique pendant la phase de conception nécessite des renseignements utiles pour ce type du bâtiment.

L'environnement thermique dans les bâtiments à patio où le rayonnement solaire direct est bénéfique en hiver, parce que la température extérieure est souvent inférieure à la température intérieure. Dans les climats arides, le gain solaire direct est souvent évité en raison du gain de chaleur qui l'accompagne. Cela signifie que la conception du patio n'est pas uniquement populaire dans des pays chauds. Les patios sont toujours agréables dans le monde entier pour leur aspect esthétique et bioclimatique. Dans les zones chaudes, les ouvertures vitrées sont ombragées sous les auvents et les avancées de toiture qui détournent ou rejettent le

rayonnement solaire direct. Cela rend ces systèmes de vitrage plus confortables, et par conséquent, accroître la pénétration de la lumière naturelle et les niveaux d'éclairément.

Généralement, la prédiction des échanges thermiques au sein des structures de la construction est un domaine difficile de la recherche en raison des interactions entre la conduction, la convection, le rayonnement et la stratification du transfert de chaleur. Cela devient assez difficile par l'introduction du patio dans le bâtiment, seules les simulations de calculs des températures et de la consommation énergétique ont été menées et couplées avec les modèles de dynamique des fluides computationnels où elles ont atteint un certain succès.

4.2. Phénomène thermique dans le bâtiment:

La chaleur est une forme d'énergie, qui peut être transmise entre les organes par conduction, convection et rayonnement jusqu'à ce que la température de chaque corps atteint l'équilibre. Le gain de chaleur ou de la perte de chaleur par un bâtiment se rapporte au transfert de chaleur de l'extérieur vers l'intérieur ou vice-versa à travers toutes les surfaces de l'édifice.

La conduction est le flux de chaleur à travers un matériau solide. Il transfère l'énergie à travers un mur de bâtiment et les cadres de fenêtres. La convection est le transfert de chaleur par le mouvement des fluides. Le rayonnement solaire incident sur toutes les surfaces externes d'un bâtiment, il résulte de l'expansion d'air chaud et à la hausse de l'air frais chute. La radiation du transfère l'énergie à travers l'espace à partir d'un objet qui est plus chaud que ses alentours.

L'interaction de ces procédés de transfert de chaleur est compliquée et donc ils ne sont pas généralement mesurés indépendamment. Des caractéristiques de performance énergétique des matériaux de construction sont calculées y comprises la transmission thermique, la conductivité thermique (valeur U), et la résistance thermique (valeur R).

$$R = 1/ U \dots \quad (1)$$

4.3. Performance thermique du patio :

La forme du patio, les proportions, la taille, l'orientation, la finition des matériaux, le paysage, ainsi que la conception de fenêtres, des espaces internes enveloppant, et le pôle des habitations autour ont constitué la performance thermique des bâtiments à patio. La géométrie du patio, la clôture autour, et l'orientation influe la performance thermique du patio. L'orientation du patio (ou ses performances thermiques) est déterminée par l'orientation solaire et la variation annuelle et saisonnière.

4.3.1. Les modèles zonaux de Juluria et Allard :

La théorie de la thermique se concentre sur le transfert de chaleur, la convection. Les modèles zonaux (Mabb J.A, 2001). Allard examine la stratification thermique et le transfert de chaleur par des modèles zonaux y compris les modèles de zone unique, modèles multi-zonales et des modèles zonaux de pression.

4.3.2. Les modèles zonaux de Kolsaker et Wolring:

La recherche a été réalisée avec des simulations informatiques en utilisant des modèles zonaux (Wolring Y.L, 1999) et la dynamique des fluides computationnelle (Noble D, 1998), ainsi qu'une certaine surveillance à grande échelle (Luther M.B, 1998). La dynamique du fluide computationnel est utile pour prédire l'évolution de la stratification en raison des changements dans la ventilation, mais généralement, elle prend beaucoup de temps. Bien que la ventilation ait un grand impact sur la température interne, la plupart des patios sont ventilés naturellement et, par conséquent, plus moins d'énergie utilisée.

4.3.3. Études des effets du patio sur l'environnement thermique des bâtiments dans les zones arides et chaudes :

Cette revue de la littérature couvre quatre aspects fondamentaux liés aux bâtiments à patio: les études précédentes sur le terrain qui incluent des mesures de terrain sur le potentiel de patio comme un régulateur thermique, des études précédentes sur les modèles de flux d'air à l'intérieur des patios, des études antérieures sur les programmes de simulation thermique et la prédiction de la performance thermique des bâtiments à patio, et au niveau urbain. Le patio est l'un des espaces importants dans les bâtiments. L'utilisation de cet espace en particulier dans le climat aride et chaud, humide chaud et froid révèle son importance de fournir un confort aux occupants.

La technique pour exploiter les phénomènes naturels et atteindre des températures plus fraîches à l'intérieur des habitations est connue depuis les premiers temps (Fathy, 1986). Les méthodes traditionnelles de conception et de l'intégration des systèmes de refroidissement passif au sein de l'unité d'habitation (telle que le stockage de fraîcheur la nuit dans les murs épais, des salles souterraines, concevant des fontaines et des étangs et des tours à vent) étaient rudimentaires, et leur efficacité a été relativement faible. Récemment, avec plus de connaissances avancées en physique et la conception architecturale, ont intérêt à émerger ces systèmes traditionnels de refroidissement passif. Dans la région chaude et sèche du Moyen-Orient, et en Arabie Saoudite en particulier, cet intérêt est motivé par la nécessité

d'économiser l'énergie tout en maintenant un plus grand confort thermique à l'intérieur des bâtiments résidentiels.

4.3.3.1. Etude de l'ombrage:

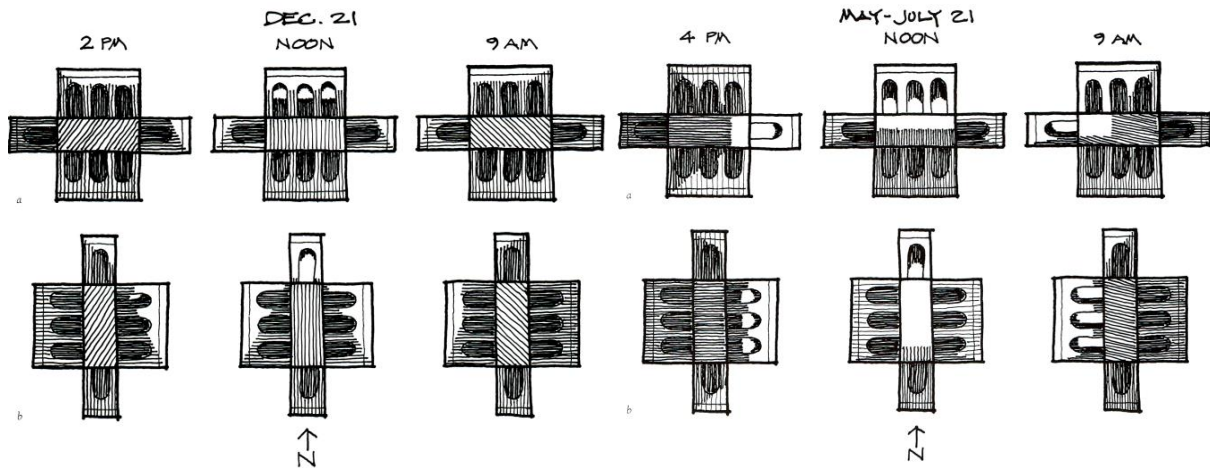


Figure.4.1 : Etude de l'ombrage dans des patios rectangulaires (Source : Reynolds J, 2002).

Les résultats sont présentés dans les tableaux 4.1 et 4.2 ci-dessous :

Tableau.4.1 : Résultats du 21 Juillet (Source : Reynolds J, 2002).

	Patios allongés nord-sud	Patios allongés est-ouest
9h	Environ 3/4 du sol est dans l'ombre, le soleil vient juste de toucher la face nord, les arcades sont encore sous l'ombre. Mais le soleil éclaire pleinement la petite face ouest et son arcade.	Le sol est dans l'ombre. Le soleil touche la petite face nord et son arcade ombragé. Mais le soleil éclaire presque toute la face ouest ainsi ces arcades.
12h	La moitié (1/2) du sol est sous le soleil, et la face nord est complètement éclairée. Mais l'angle solaire élevé laisse de l'ombre sous les arcades nord. Le soleil vient de touché les faces est et ouest.	Environ 4/5 du sol du patio est ensoleillé la face nord est totalement ensoleillée. Mais le soleil élevé d'été laisse une grande partie de l'arcade nord sous l'ombre. Le soleil coté sud touche légèrement les faces est et ouest et les arcades sous l'ombre.
16h	Environ 3/4 du sol est dans l'ombre. le soleil, coté ouest, vient de touché les faces nord et sud, laissant leurs arcades ombragés. Le soleil éclair pleinement la petite face est et son arcade.	Le sol est dans l'ombre. Le soleil du coté ouest touche légèrement les faces nord et sud et leurs arcades sont à l'ombre. Le soleil éclaire la moitié de la face est et ces arcades.

Tableau.4.2 : Résultats du 21 Décembre (Source : Reynolds J, 2002).

	Patios allongés nord-sud	Patios allongés est-ouest
9h	Presque tout est dans l'ombre. Le soleil éclaire uniquement le haut des faces ouest et nord.	Presque tout est dans l'ombre. Le soleil éclaire uniquement le haut des faces ouest et nord.
12h	La plupart des surfaces du patio sont à l'ombre. Le soleil touche uniquement le haut des faces est et ouest. La face nord est à moitié éclairé, avec une pénétration solaire à l'intérieur des arcades.	Le sol du patio est à l'ombre, le soleil touche uniquement le haut des faces est et ouest. La face nord est presque totalement éclairé avec une profonde pénétration à l'intérieur de l'arcade.
16h	Le soleil frappe juste au-dessus du haut des arches de la face nord. Et le coin supérieur de la face est. Tout le reste est dans l'ombre.	Le soleil pénètre la moitié du coin nord-est du patio. Tout le reste est sous l'ombre

4.3.3.2. Mesure thermique par rapport au patio :

La plupart de la littérature traite la thématique des bâtiments à patio d'une manière descriptive sur des caractéristiques architecturales (MacIntosh D, 1973). Certaines de ses recherches contiennent des informations sur la performance thermique représentée à partir des indicateurs mesurables (Hadi E, 2014). Certaines de ces études comprennent des analyses sur les aspects conceptuels du bâtiment à patio, y compris l'analyse des mesures thermiques de plusieurs patios existants au Mexique et en Espagne (Reynolds J, 2002). Dans ce qui suit, un passage en revue des résultats de recherches précédentes :

a. Etude d'Ahmad et al. :

Peu d'études de cas ont démontré pourquoi les conditions thermiques à l'intérieur des patios dans les climats chauds-arides et tempérés sont nettement plus confortables que les conditions climatiques ambiantes extérieures. Ahmad et al. (1985) ont étudié une vieille maison traditionnelle à patio du 14^{ème} siècle dans un site urbain autochtone, ils ont comparés les résultats obtenus avec celles d'une maison individuelle moderne dans un nouveau quartier urbain à Ghadamès en Libye en été et en hiver. En été, la température à l'intérieur d'une maison traditionnelle à patio est restée presque constante à 28 °C, tandis que la température d'air à l'intérieur d'une maison individuelle moderne se situait entre 34 °C et 39 °C. En hiver, la température ambiante se situait entre 4 °C et 23 °C à l'intérieur de la maison moderne, tandis que la température d'air à l'intérieur de la maison traditionnelle est restée presque constante à 12 °C.

Une comparaison des valeurs de températures de l'air entre les toitures, la zone exposée au sol, les fenêtres et la surface du plancher, avec le coefficient de transfert thermique global des deux maisons, ils ont démontré des valeurs de températures de l'air beaucoup plus faibles dans la maison traditionnelle. Cette étude a également montré la supériorité du confort thermique d'une maison à patio traditionnelle par rapport à une maison moderne de type pavillonnaire (Mehdizadeh Saradj et Al, 2014).

b. Etude de Bagneid :

Bagneid (1989) a opéré une seule variable, des expériences comparatives sur deux bâtiments à patio identiques de divers composants, il a effectué des mesures au sol en l'été (mois de Juin) à Phoenix, Arizona. Les résultats de mesure de 3 jours clairs ont montré que, dans les heures les plus chaudes de la journée, que la température en dessous des arcades du patio ayant une piscine couvrant l'ensemble de son sol avec deux jets d'eau était inférieure à la température ambiante d'environ 5 °C, tandis que l'intérieur du patio ayant un plancher de béton sec, était moins inférieure et de seulement 2,5 °C. Au cours d'une semaine, le patio avec le jet d'eau avait un peu d'évaporation pour refroidir le patio avec un Vote Moyen Prévisible (PMV) de 15% la plupart du temps. Ces niveaux PMV de fraîcheur n'avaient aucune occurrence dans le patio avec un sol en béton sec, ce qui engendrait un PMV chaud qui se produit 50% du temps par rapport à 25% dans le patio avec une piscine et des fontaines. Les résultats dévoilent le patio comme étant un générateur efficace de microclimat (Mehdizadeh Saradj et Al, 2014).

c. Etude de Reynolds et Carrasco:

Reynolds et Carrasco (1996) ont analysé une maison à patio traditionnelle, une structure andalouse médiévale à Bornos en Espagne, à un climat estival chaud et sec. Ils ont conclu qu'un ombrage rétractable sur le patio, l'arrosage du sol absorbant, les fenêtres ouvertes pour la ventilation nocturne, et la masse thermique élevée ont contribué d'une manière significative au refroidissement thermique passif de la maison. Alors que la température extérieure se situait entre 22 °C à 44 °C pendant trois jours en Août, la température intérieure d'une salle, au rez-de-chaussée, adjacente au patio, et d'une température maintenue dans la gamme de 26 °C et 29 °C. Les chambres du premier étage maintenu des températures de 27 °C à 33 °C. L'étude de Reynolds et Carrasco a clairement démontré les avantages thermiques de l'usage du "voile thermique", qui pour eux représente une stratégie de refroidissement passif conformément aux cycles climatiques quotidiens qui se traduit par un meilleur confort thermique intérieur (Mehdizadeh Saradj et Al., 2014).

d. Etude de Luis et Perez-Garcia :

Luis et Perez-Garcia (2004) ont étudié le contrôle saisonnier des gains solaires à travers l'ouverture du patio. Luis et Perez-Garcia (2004) ont étudié aussi la remise en état d'un patio ouvert en installant un toit innovant pour maximiser les gains solaires pendant les mois d'hiver et de réduire au minimum les charges thermiques en été (Hadi B, 2014).

e. Etude de Heras et al.:

Heras et al (2005) ont analysé la performance énergétique d'un patio couverte par un toit en dents de scie dans un bâtiment de l'Université d'Almeria en Espagne. Pendant les jours typiques d'été et d'hiver, L'analyse de confort thermique a montré un bon comportement thermique en hiver; la stratification ne semble pas efficace pour toute l'année et produit une surchauffe en été (Heras et al, 2005). L'étude de Heras a révélé à midi une augmentation de la vitesse de l'air, qui produit par conséquent, l'effet de cheminée au cours de ces heures qui contribue à obtenir des conditions de confort favorable, et que cet effet est plus fort dans un bâtiment à patio que dans d'autres types de bâtiment conventionnel.

f. Etude de Muhaisen et Gadi:

Muhaisen et Gadi (2005) ont souligné que le patio est l'une des formes les plus caractéristiques de l'architecture résidentielle dans les climats chauds. Muhaisen et Gadi (2005) ont montré que la modification des proportions de la forme dans le modèle circulaire influe considérablement l'ombrage et l'exposition éventuelle de l'enveloppe du patio et que les patios peu profonds offrent meilleurs résultats que les plus profonds. Muhaisen et Gadi (2006) ont utilisé l'outil informatique (IS) pour conduire l'effet de gain solaire sur les besoins en énergie de la forme de bâtiments à patio avec des proportions différentes. Ils ont constaté que les patios ayant des formes profondes nécessitent peu d'énergie pour le refroidissement en été (Muhaisen et Gadi, 2006b). Muhaisen et Gadi ont souligné que dans les modèles à patio profond de formes polygonales le maximales de zones internes ombragées ont été atténuées en été, alors qu'en hiver, les formes de patio peu profond fournissent des zones éclairées par le soleil. Muhaisen (2006) a réalisé une étude de modélisation sur l'effet des proportions du patio rectangulaire sur les conditions d'ombrage et de l'exposition de l'enveloppe interne de la forme dans quatre endroits différents. Les résultats ont montré que la hauteur optimale médiane (environ 5 niveaux) du patio pour obtenir une performance raisonnable en été et en hiver de trois cas de climats : chauds et humides, chauds-secs et tempérés, et un cas dans un climat froid (Muhaisen et Gadi, 2006b).

g. Etude d'Aldawood:

Aldawood (2006) a mis en évidence que les espaces du patio sont affectées par les conditions climatiques extérieures plus que tous les autres espaces dans le bâtiment en raison des surfaces vitrées utilisés pour les lucarnes de murs du patio. Al-Masri et Abou-Hijleh (2012) comparent des bâtiments conventionnels avec ceux qui sont à patio en utilisant la simulation informatique (environnement virtuel par l'intégration des solutions Environnementales) pour déterminer la consommation totale d'énergie, les potentiels des économies d'énergie et d'éclairage naturel. La modélisation a pour objectif d'étudier les effets des indicateurs suivants: le nombre d'étages, le type de vitrage, l'épaisseur de paroi, et le type d'isolation, ainsi que l'épaisseur d'isolation sur la performance thermique (Al-Masri et Abou-Hijleh, 2012), le résultat a démontré une réduction de 11.16% de la consommation totale d'énergie le long de l'année dans le modèle du patio comparé par rapport au bâtiment de forme conventionnel (Al-Masri et Abou-Hijleh, 2012). L'évaluation entre les performances de l'éclairage naturel des deux formes a souligné que la forme à patio fournit une lumière naturelle plus utile sans éblouissement (Al-Masri et Abou-Hijleh, 2012).

h. Etude d'Edwards et al.:

Edwards et al (2006) a souligné que les patios se trouvent dans tous les climats et les endroits tels que l'Iran, la Chine, le Moyen-Orient, l'Afrique du Nord, le sud des Etats-Unis et le Mexique. Ils offrent un espace privé pour les activités sociales et des loisirs, et modifient l'environnement thermique adjacent.

i. Etude de Dili et al.:

Dili et al, (2010) ont mené une analyse qualitative et quantitative du système de contrôle de l'environnement passif de l'architecture résidentielle vernaculaire à patio de Kerala, en Inde. Ils ont souligné que l'échange thermique en continu se produit avec les surfaces froides, quand l'air du patio se refroidit, il se déplace de l'extérieur vers l'intérieur. Ils ont également indiqué qu'en raison de la stabilisation de l'air froid dans la partie inférieure du patio, cette partie est la plus fraîche à l'intérieur du bâtiment. Ils ont conclu que l'enveloppe du bâtiment fortement isolé fournit la protection thermique des murs extérieurs du rayonnement solaire et le toit en pente sert à la protection contre les fortes pluies, ensemble ils contribuent à un système passif de contrôle de l'environnement dans l'architecture vernaculaire résidentielle du Kerala.

j. Etude de Sadafi et al.:

Sadafi et al, (2011) ont étudié la performance thermique des maisons à patio dans le climat tropical de Kuala Lumpur, en Malaisie, en utilisant le logiciel "Ecotect" pour les simulations. Les résultats de l'analyse de simulation ont indiqué que le patio de la maison améliore la ventilation naturelle et le confort thermique dans les espaces avec des ouvertures à l'environnement extérieur (Sadafi et al, 2011). Il a été démontré que les zones adjacentes au patio avec des ouvertures adéquates dans les deux côtés peuvent dégager la chaleur grâce à la ventilation naturelle et produit de meilleures conditions thermiques (Sadafi et al, 2011). Sadafi et al, (2011) ont également mis en évidence que les dispositifs d'ombrage appropriés, ainsi que des matériaux appropriés pour les murs du patio peuvent diminuer l'influence de la pénétration des radiations solaires.

k. Etude de Yang et al. :

Yang et al, (2012) a développé un modèle 3D pour simuler la température de l'air et des surfaces d'un patio, situé à Beijing pour comprendre les échanges d'énergie dans un patio idéal. L'impact des paramètres conceptuels tels que la géométrie du patio, et les propriétés thermiques des matériaux de construction ont été étudié pour déterminer la relation entre ces paramètres et l'environnement thermique à la micro-échelle du patio (Yang et al., 2012). Yang et al, (2012) ont révélé que la hauteur du patio, la masse thermique et la conductivité des matériaux intensifient l'effet d'îlot de chaleur nocturne en été. Accroître l'inertie thermique, la réflexion des surfaces et la réduction de la conductivité et de la température maximale d'une manière efficace pendant la journée. Yang et al. (2012) ont souligné que, parmi les 4 paramètres (hauteur, réflexion de la surface et de la masse thermique, ainsi que la conductivité du matériau) la hauteur du patio se trouve la plus influente alors que la réflexion de surface révélée avoir la moindre influence sur l'environnement thermique du patio.

4.4. Etude de cas sur l'impact des formes de patio sur l'environnement thermique intérieur:

L'objectif de cette étude est de comparer les conditions de confort thermique dans les pièces donnant sur un patio. Un des buts de la Simulations était d'obtenir la vitesse de l'air et les valeurs Cp pour les utiliser comme entrée dans le logiciel thermique "*EnergyPlus*" couplé avec "*Comis*" afin de calculer le confort thermique intérieur. La Comparaisons du confort thermique est effectuée en fonction de la "*Fanger modèle*" qui a été développé pour des conditions d'un climat chaud dans des bâtiments naturellement ventilés. Une feuille de calcul

élaborée à cette fin pour obtenir les valeurs finales prédites de vote moyennes (PMV) (Abel Tablada et Al., 2005).

Le PMV prédit la valeur moyenne d'un grand nombre de groupes de personnes sur une échelle de sensation thermique à sept points, (-3: froid, -2: frais, -1: légèrement frais, 0: neutre, 1: légèrement chaud, 2: chaud, 3: très chaud) à l'échelle ASHRAE. La période considérée coïncide avec l'enquête réalisée à La Havane en juillet de la saison estivale, mais les données météorologiques sont obtenues à partir d'une Année de mesure à la Havane (Abel Tablada et Al., 2005).

Des simulations thermiques ont été réalisées sur des chambres ventilées à un seul côté au sol et en dernier étage. Ces chambres ventilées unilatéralement Coïncident avec les pièces de la figure 5. Ces Chambres ont deux orientations: Nord-Est et Sud-Ouest. Les dimensions des pièces et des patios étaient déterminées par des modules de 3,5 m de largeur sur 3 m de longueur. Les fenêtres sont placées sur la façade la plus large. Le patio horizontal est de dimensions: 3,5m par 3m (1x1). Toutes les hauteurs sont égales de 9m. La figure 4.2 montre trois des 48 cas simulés (Abel Tablada et Al., 2005).

Les chambres analysées sont représentées en lignes épaisses, les murs du patio avec des lignes plus claires et des fragments du bâtiment avec des lignes discontinues.

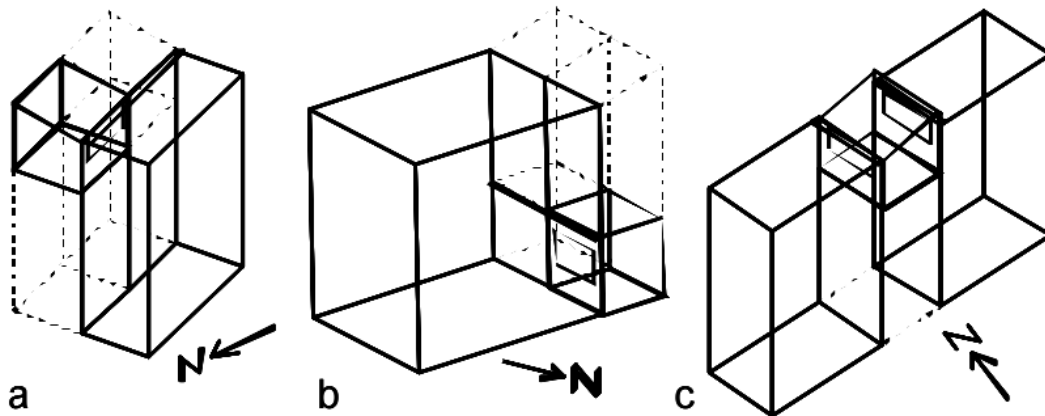


Figure.4.2: Vue schématique de certains cas, a: chambre au dernier étage (S-W), b: pièce au sol (NE), c: chambre au dernier étage (NE-SW) (Source : Abel Tablada et Al., 2005).

Les matériaux ont été fixés pour toute l'étude. Le toit est constitué d'une couche de Carreaux de céramique rouge, les poutres en béton avec une couche de laine de bois de 2,0 cm. Les fenêtres sont considérées comme complètement ouvertes pendant la journée et la moitié

ouvertes pendant la nuit. Les fenêtres sont horizontales avec des panneaux d'ombrage, pour cette étude, on suppose n'avoir aucune influence sur le débit d'air (Abel Tablada et Al., 2005).

4.4.1. Résultats des simulations combinées:

Dans le cas des locaux ventilés à un seul côté les meilleurs cas correspondent aux chambres donnant sur les patios les plus étroits (1x1 et 2x1) mais les résultats sont assez similaires entre tous les cas des chambres en R.D.C. Les pires cas correspondent aux géométries dans lesquelles coïncident avec le côté le plus large du patio (3x1 et 3x2). La figure 4.3 montre la comparaison entre les différents cas en matière de PMV (Abel Tablada et Al., 2005).

La valeur PMV des cas 3x1 et 3x2 est différente du reste PMV des chambres du dernier étage. Cette condition thermique convenable est le résultat de l'influence des parois latérales du patio qui agit comme des dispositifs d'ombrage sur la face de la chambre. Les chambres des niveaux inférieurs sont plus cool que les chambres supérieures, pendant la journée et la nuit. Cela s'explique par l'absence de rayonnement solaire directe sur la façade et sur la fenêtre de la pièce. La haute vitesse de l'air des chambres du dernier étage ne suffit pas à minimiser l'influence du rayonnement solaire sur le toit et les murs de la façade. Néanmoins, si la vitesse de l'air des chambres des niveaux supérieurs était semblable aux chambres au sol, la différence entre eux serait encore plus grande. En outre, le matériau du toit est décisif pour le confort thermique intérieur des chambres du dernier étage et son influence est plus importante que les murs et les fenêtres (Abel Tablada et Al., 2005).

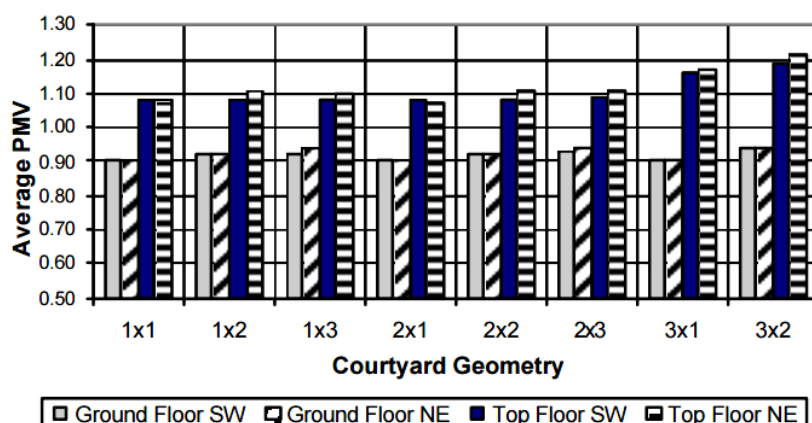


Figure.4.3: PMV moyen des cas de la ventilation unilatérale et les différentes géométries à patio (Source : Abel Tablada et Al., 2005).

4.4.2. Confort thermique des locaux ventilés:

La position des chambres entre deux patios permet une ventilation transversale et donc un air intérieur de vitesse plus élevée. La figure 4.4 montre, dans les deux dernières sections, (2C-

1x1, 2C-1x2) le PMV moyen de l'air ventilé de la chambre au sol et au dernier étage orienté NE-SW (1) et SE-NW (2). Ils sont comparés aux meilleurs (1C-1x1) et les pires (1C-3x2) cas d'un seul côté ventilé et orienté SW (1) et NE (2) (Abel Tablada et Al., 2005).

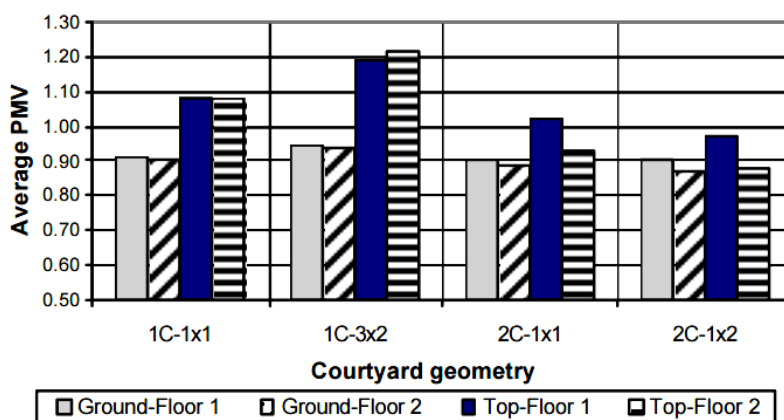


Figure.4.4 : Comparaison du PMV entre les cas de la ventilation unilatérale (1C-1x1, 1C-3x2) et la Ventilation croisée (2C-1x1, 2C-1x2) (Source : Abel Tablada et Al., 2005).

Les conditions thermiques et la ventilation des chambres au rez-de-chaussée ne diffèrent pas des grandes chambres avec une ventilation unilatérale. D'autre part, l'amélioration du plancher supérieur des chambres est évidente pour avoir un PMV de différence moins de 0,1 à 0,2 les chambres ventilées au sol. L'orientation SE-NW des chambres au rez-de-chaussée ventilé au niveau transversal est d'un confort thermique meilleur que l'orientation NE-SW en raison de l'influence minimale du rayonnement solaire direct à travers les fenêtres et a des valeurs de PMV faibles semblables à celles du rez-de-chaussée (Abel Tablada et Al., 2005).

4.4.3. Études de l'analyse thermique :

Le patio dans le bâtiment agit comme une zone tampon et médiateur thermique entre l'extérieur et l'intérieur. En outre, le contrôle thermique dans une maison à patio peut encore être réalisé en utilisant de nombreuses stratégies telles que l'utilisation de la masse thermique, rapport surface/volume et une bonne sélection des matériaux.

Dans les climats chauds, la masse thermique (les cloisons périphériques d'épaisseur) peut être refroidie par radiation pendant la nuit. La masse thermique peut retarder la pénétration des températures d'air extérieures, et lent à se refroidir quand la température de l'air chute (Reynolds J, 2002). Cela signifie que la température intérieure est en déphasage par rapport à la température extérieure de plusieurs heures.

Koch-Nielsen a démontré que le ratio surface au volume est une indication de la vitesse à laquelle le bâtiment se réchauffe pendant la journée et se refroidit la nuit (Koch-Nielsen,

2002). Ce rapport est obtenu en divisant la surface totale du bâtiment, y compris les façades et les toitures par leur volume. Un ratio plus élevé conduit à un gain de chaleur en été et de perte de la chaleur pendant l'hiver. En outre, un ratio élevé fournit une augmentation du potentiel de la ventilation et l'éclairage naturel, ce qui peut compenser l'inconvénient de la plus grande surface (Raydan et al, 2006).

Le choix des matériaux a une grande influence sur le contrôle des échanges thermiques dans le bâtiment, à l'égard de leurs propriétés thermiques comme la réflectivité, émissivité et l'absorptivité. Ainsi, les surfaces externes (toitures et murs) avec une réflectivité élevée réduisent le gain de chaleur, alors que ceux de haute émissivité dégagent la chaleur pendant la nuit.

Sur la performance thermique du patio, une étude réalisée par Al Dawoud (2007), elle a été réalisée pour évaluer la réduction en énergie selon différents facteurs:

- Climat chaud-sec, climat chaud-humide, climat tempérés-froids
- Hauteur: de 1 à 10 étages
- type de vitrage et son pourcentage: 4 types différents avec 4 différents pourcentages

Un programme d'énergie du "DOE 2.1E" a été utilisé pour la simulation énergétique du modèle. Le modèle a été simplifié pour avoir seulement la cour et quatre zones adjacentes, (Fig.4.5).

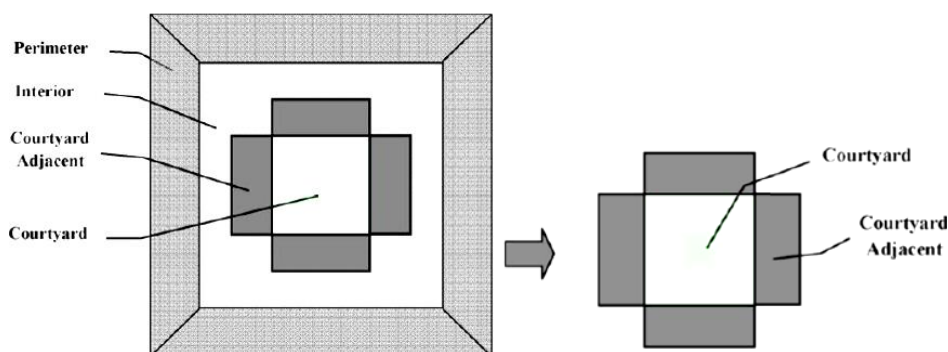


Figure.4.5: Le modèle d'étude: Le périmètre et les zones intérieures sont exclues du modèle
(Source : Al-Dawoud, 2007).

Les principales conclusions de cette analyse ont révélé que l'intégration du patio dans tous les climats était une option énergétiquement efficace. Néanmoins, les climats arides humides et humides chauds montrent un résultat significatif dans la réduction de la consommation énergétique par rapport à la zone tempérée dans les climats froids. Il a été également constaté que le type et le pourcentage de vitrage affectent beaucoup la performance énergétique du

patio. Par exemple, dans un patio avec un double vitrage, la consommation totale d'énergie a été réduite de 24% par rapport à un patio avec simple vitrage, avec un pourcentage de vitrage de 30%. En outre, la réduction atteint 43% avec l'utilisation de triple verre, selon les calculs de l'étude. Le patio a été retrouvé une solution énergétiquement efficace de performance optimale surtout dans les bâtiments bas ou à mi-hauteur dans tous les climats, tandis que l'atrium était une solution efficace pour les bâtiments de grande hauteur (Al-Dawoud, 2007).

4.4.3.1. Le contrôle solaire :

Une étude approfondie du contrôle solaire et des ombres. En concevant l'ombrage des façades et des fenêtres par les stratégies de contrôle solaire, le concepteur peut réduire les besoins énergétiques pour le chauffage, le refroidissement et l'éclairage des bâtiments. Le contrôle solaire utilise le soleil pour le chauffage passif et l'éclairage naturel et minimise les implications de surchauffe grâce au pare-soleil, à l'orientation et à la conception adéquate des fenêtres (Szokolay S.V, 1999).

4.4.3.2. Outils et programmes de simulation :

Les programmes de simulation, tels que l'écoulement dans une cavité fermée utilisé par Hijikata et Kotake (1993) sont utiles pour comprendre comment la géométrie et les surfaces chauffent et affectent la convection naturelle dans une cavité étroite de haute. Moser (1996) et Luther (1996) utilisent la dynamique des fluides par des programmes de renforcement pour estimer et analyser la consommation d'énergie et le confort (Luther M.B, 1998). Ces programmes comprennent DOE-2 et TRNSYS.

L'analyse des moyens de température en modifiant la géométrie du patio affecte l'environnement thermique dans un bâtiment. Ils concluent, les patios étroits ont une zone plus protégée de l'impact solaire direct, moins le mélange d'air et moins de rayonnement et donc plus de refroidissement, et vice versa pour des patios plus larges (Patricia M. D, 1995). Une stratégie visant à réduire la chaleur dans les patios est discutée par Luther et Smith (1995), la conclusion est un coûteux système à double vitrage avec des surfaces à faible émissivité et du gaz inerte entre le double vitrage (Fig.4.6).

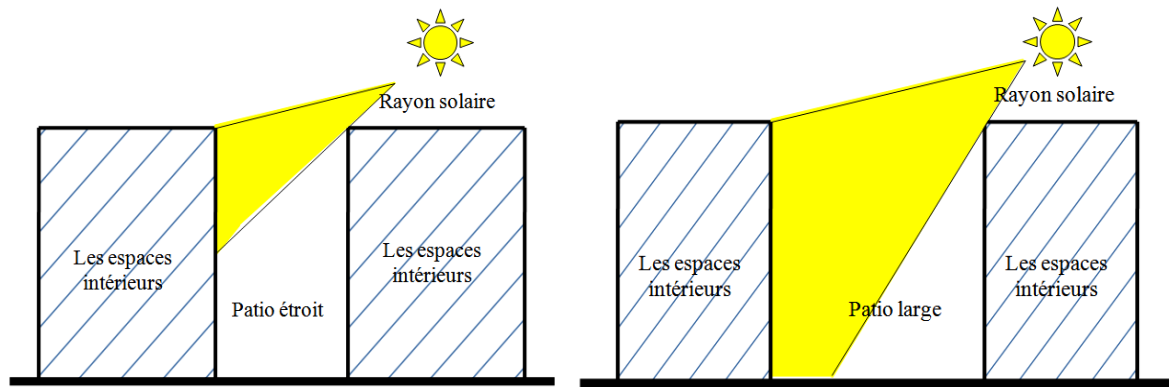


Figure.4.6 : Effet du ratio d'ouverture patio sur l'exposition solaire (Source : Auteur).

Ces solutions ne permettent pas d'améliorer de la lumière faible à cause de l'élévation. Edmunds (1996) discute à l'aide d'un vitrage angulaire sélectif dans les puits de lumière pour améliorer l'éclairage naturel et suggère qu'ils pourraient réduire la surchauffe quand le soleil est à haute altitude (Edmunds, P. J, 2009).

4.4.3.3. Etudes d'ombrage et d'éclairage naturel :

Il existe trois types de bases de dispositifs d'ombrage externe: horizontal, vertical et cage d'œufs « *egg-crate* ». Un périphérique horizontal donnera toujours une section en forme de masque d'ombrage. Muhaisen (2006) a réalisé une étude de l'effet des proportions d'un patio rectangulaire sur les conditions d'ombrage et de l'exposition solaire en utilisant la simulation numérique dans quatre climats différents, en utilisant deux ratios, R_1 et R_2 , pour obtenir en même temps la zone de mur ombragée optimale en été et l'optimum zone éclairée par le soleil en hiver (Tab.4.3). Ces ratios ont été définis comme suit:

$$R_1 = \frac{\text{Surface de plancher (m}^2\text{)}}{\text{Hauteur (m)}} \quad (1 \text{ à } 10)\dots \quad (2)$$

$$R_2 = \frac{\text{Largeur (m)}}{\text{Longueur (m)}} \quad (0.1 \text{ à } 1)\dots \quad (3)$$

Tableau.4.3 : Ratios optimaux et leurs zones correspondantes de mur ombragées et ensoleillées
(Source : Muhaisen, 2005).

Localisation	Eté		Hiver		Réduction acceptable	
	Ratio optimal	Valeur maximale	Ratio optimal	Valeur maximale	Eté (%)	Hiver (%)
Kuala Lumpur	R1= 1, R2 = 0,1	95,3	R1= 10, R2 = 1	44	40	40
Caire	R1= 1, R2 = 1	82,6	R1= 10, R2 = 1	37,5	35	50
Rome	R1= 1, R2 = 0,1	92,4	R1= 10, R2 = 1	30,8	40	40
Stockholm	R1= 1, R2 = 0,1	96,7	R1= 10, R2 = 1	5,6	50	40

Muhaisen (2005) a recommandé des formes étroites pour le patio dans le climat aride et chaud. L'étude a également examiné l'effet de la hauteur sur la performance énergétique annuelle du patio dans les lieux examinés comme dans la figure 4.7 Muhaisen a indiqué que le patio le plus profond est le plus ombragé. Dans les climats chauds, les patios ont tendance à être plus profond pour fournir plus d'ombre et moins de gain solaire, alors que dans les climats froids le patio est moins profond cela permettre des gains thermiques dans le bâtiment.

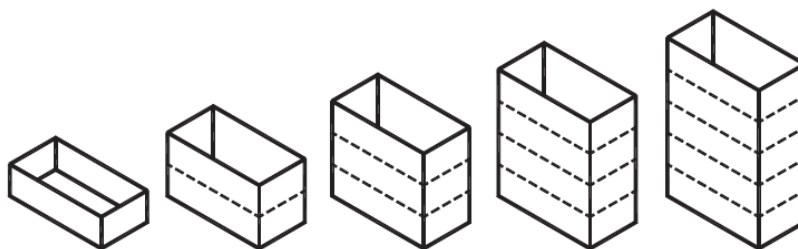


Figure.4.7: Étude par rapport aux hauteurs des bâtiments à patio (Source : Muhaisen, 2005).

En outre, un patio rectangulaire avec des R_2 de 0,5 et une hauteur d'un étage de 3 mètres ont été pris comme modèles de référence pour tester l'effet de la variation des hauteurs (nombre d'étages) sur les conditions d'ombrage. Un nombre différent d'étages (varie de 1 à 5 étages) ont été testés par rapport du modèle de base en ce qui concerne le pourcentage de zones ombragées et exposées respectivement en été et en hiver. Cependant, les résultats montrent que l'augmentation du nombre d'étages conduit à une augmentation de la zone d'ombre en été. D'autre part, il a montré que, par rapport à l'accroissement de la hauteur du bâtiment, il y a moins de zones ombragées comme le cas du Caire, le tableau 4.4 ET 4.5 montrent les réductions des valeurs maximales des zones ombragées dans les différentes hauteurs des bâtiments examinés des quatre localités.

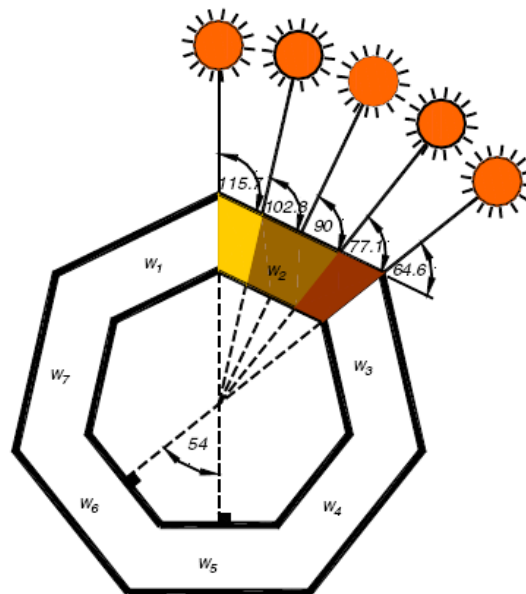
Tableau .4.4 : Taux moyen d'augmentation des zones ombragées et la diminution de la surface exposée due à la variation d'hauteur d'étage (Source : Muhaisen, 2005).

Kuala Lumpur		Caire		Rome		Stockholm	
Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver
4,3%	- 6%	2,5%	-7,5%	3,4%	-6,6%	6,3%	-1,3%

Tableau .4.5 : Pourcentage de réduction maximale possible dans les zones ombragées et ensoleillées (Source : Muhaisen, 2005).

Hauteur du bâtiment	Kuala Lumpur		Caire		Rome		Stockholm	
	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver	Eté	Hiver
1 niveau	17	0	10	0	14	0	25	0
2 niveaux	14	5	8	14	11	16	19	3
3 niveaux	10	11	6	23	7	22	13	4
4 niveaux	6	18	3	27	4	25	6	5
5 niveaux	0	24	0	30	0	26	0	5

Muhaisen (2005) a conclu que, au Caire et à Rome, le rendement optimal peut être atteint à la hauteur de deux étages, alors qu'un patio de trois étages assure un rendement optimal efficacement à Kuala Lumpur. A Stockholm, la hauteur la plus efficace est un étage puisque la performance de l'hiver est la plus décisive. Dans des articles de recherche de Muhaisen et Gadi (2005), une étude a été menée pour examiner l'effet des géométries d'un patio: polygonales multi-faces (Fig.4.8), circulaires et rectangulaires sur les zones ombragées et ensoleillées grâce à des calculs informatiques (programme IES).

**Figure.4.8:** Patio polygonal testé (Source : Muhaisen, 2005).

Il a été constaté que les formes du patio les plus profondes et les plus allongées sont recommandées pour atteindre la maximale de zone interne ombragée en été, et en conséquence, diminuer les besoins d'énergie annuels. Selon Muhaisen, cette forme accroissait l'autoprotection tout en réduisant le besoin de refroidissement de 4%. Les ratios idéaux ont été définis comme ceux qui assurent des charges d'énergie minimale tout au long de l'année, en supposant que l'énergie requise pour le refroidissement et le chauffage est traitée de la même façon. Un patio avec R_1 égale ou supérieure à 5 a été recommandé pour toute l'année. Cependant, il a conclu que la forme géométrique polygonale est plus efficace en été qu'en hiver (Fig.4.9).

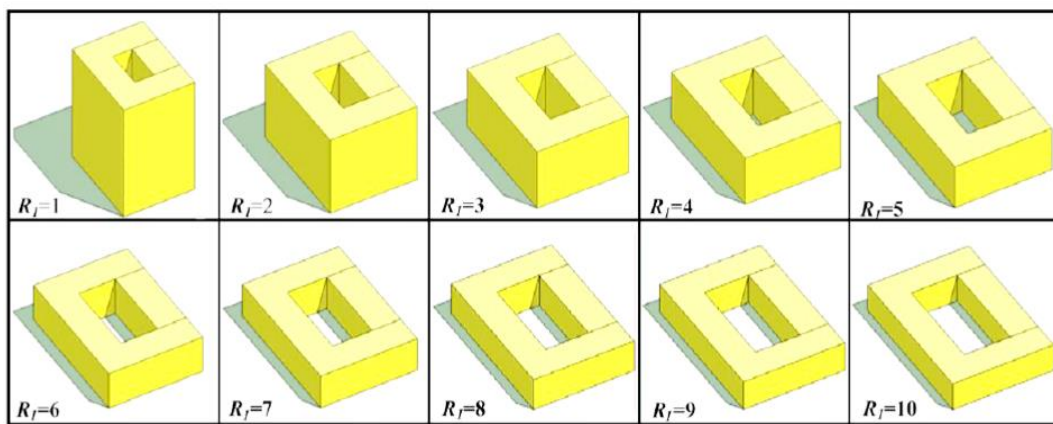


Figure.4.9 : Formes de bâtiments à patio examiné allant de $R=1$ à $R=10$ (Source : Muhaisen, 2005).

Une autre étude menée par Meir, Perlmutter et Etzion (1995) a été entreprise sur deux bâtiments à patio de formes identiques dans un climat aride et chaud, avec des orientations différentes. Le rapport hauteur sur largeur (H/W) est dans la gamme de 0,47 à 0,56, tandis que le rapport longueur sur largeur (L/W) est d'environ 3,8. Les patios ont été orientés vers deux orientations différentes: sud et ouest (Fig.4.10). La température de l'air et l'humidité relative ont été mesurées pendant trois jours au cours d'une période chaude d'été et de même pendant la période froide de l'hiver.

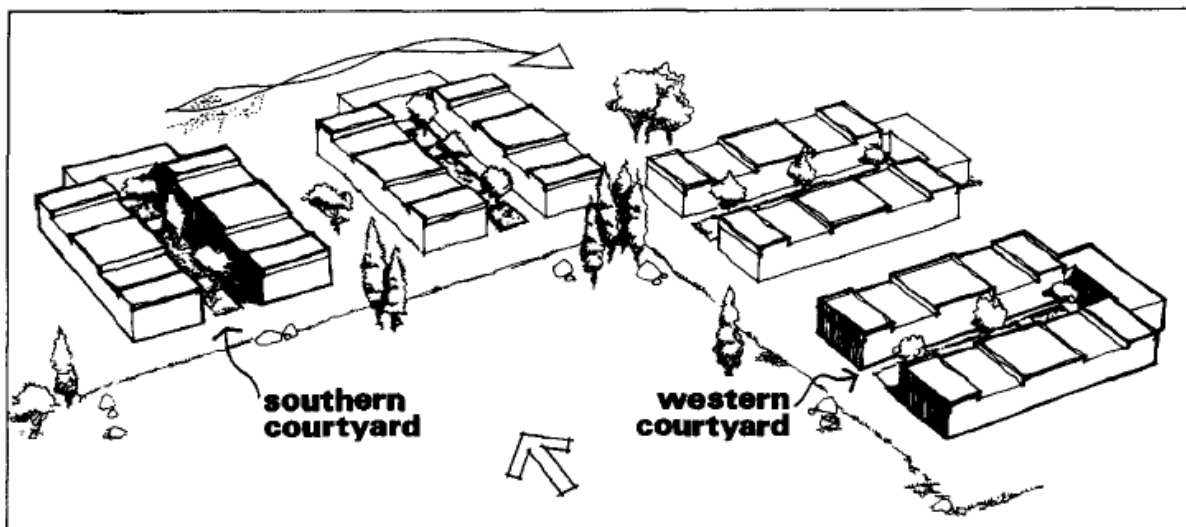


Figure.4.10: Disposition générale de la zone des patios suivis (Source : Meir, 1995).

En été, l'ombrage interne a été évalué régulièrement pour les deux patios, et il a été constaté que le rayonnement solaire direct atteint en grande partie la cour de l'ouest que dans le patio orienté plein sud en début de matinée et en fin de l'après-midi, ce qui était un facteur significatif du gain thermique intensifier tel que représenté sur les figures 4.11 et 4.12.

Il est clair que la géométrie ainsi que l'orientation ont un effet conséquent sur le comportement thermique du patio. Il est à noter aussi que le patio a subi une surchauffe pendant la journée durant la période estivale due essentiellement à l'insolation excessive et au manque de ventilation.

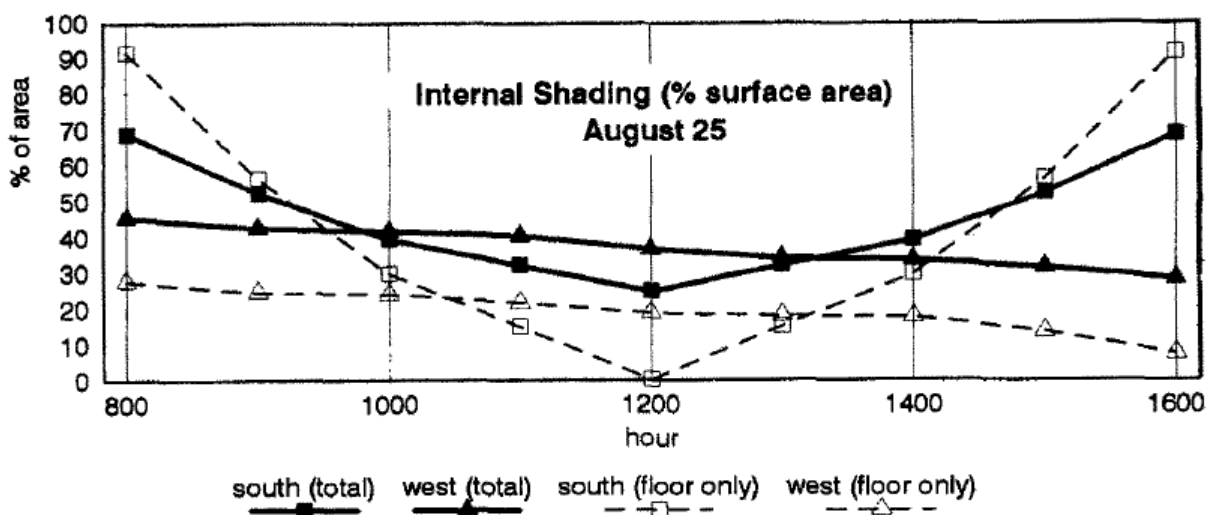


Figure.4.11: Ombrage interne du patio pour les deux directions (Source : Meir, 1995).

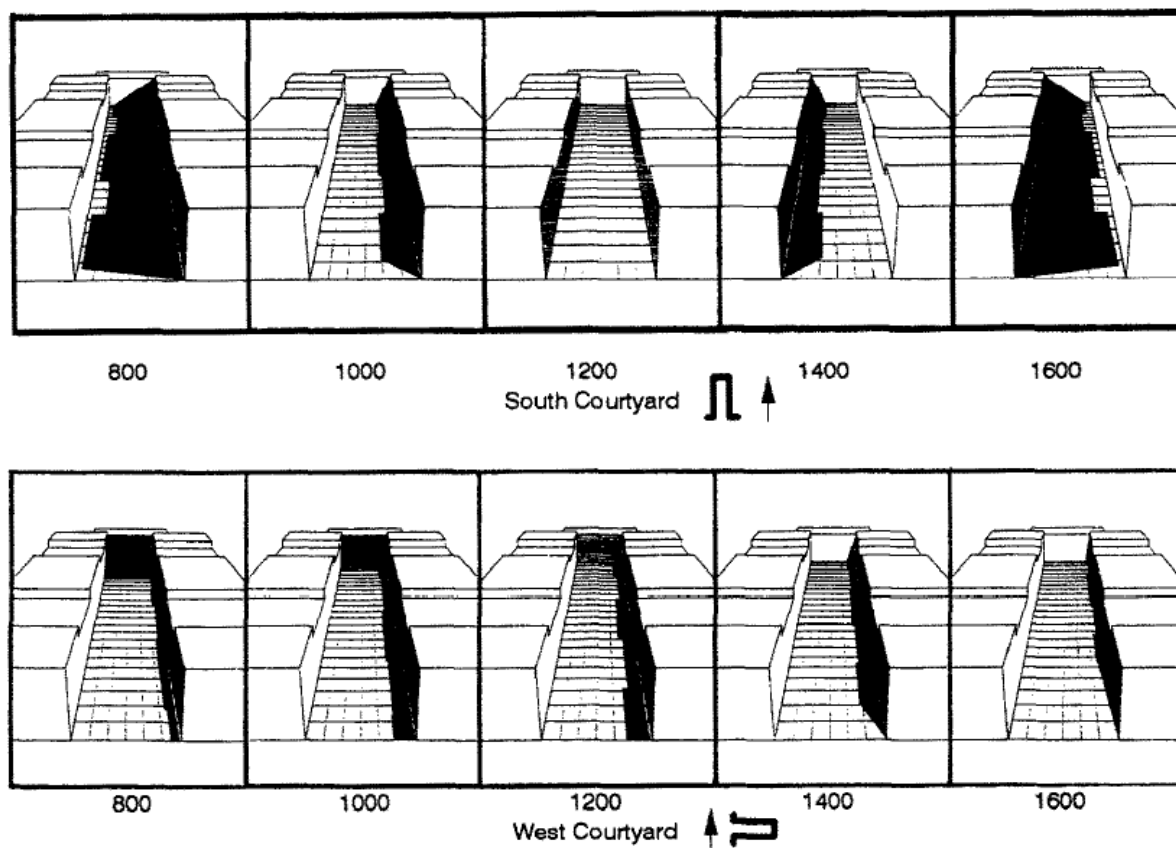


Figure.4.12: Pourcentage des superficies totales et celles au sol dans l'ombre (Source : Meir, 1995).

4.5. Résumés des résultats des études thermiques dans les bâtiments à patio:

4.5.1. Par rapport au climat:

La plupart des études ont été menées par rapport au climat aride chaud ont examiné les bâtiments à patio par rapport à la forte chaleur qui reste le problème climatique majeur au désert qui peut être résolu avec des stratégies passives qui sont essentiellement basées sur la protection solaire.

4.5.2. Par rapport à la hauteur du bâtiment:

Les études représentées étaient préoccupées par les bâtiments à un seul ou à deux niveaux. Autres documents ont discuté l'effet de la hauteur accrue sur le bilan thermique du bâtiment. Il a été constaté que l'efficacité du patio diminue lorsque la hauteur du bâtiment dépasse 10 étages où il est plus efficace de transformer le patio en un atrium dans ce cas (Al-Dawoud 2007, et Al-Dawoud et Clark 2007). Une autre étude menée par Hakmi (cité dans Edwards et al 2006) a présenté une autre proposition pour des habitations à patio de plusieurs étages avec différentes configurations. Hakmi soutient l'efficacité environnementale de ces configurations.

4.5.3. Par rapport à l'éclairage naturel et l'ombrage:

La forme la plus recommandée dans le climat chaud et aride est le patio étroit et profond avec un rapport d'aspect faible, ce qui signifie moins d'exposition au rayonnement solaire (Muhaisen 2005 et Muhaisen et Gadi 2005).

4.5.4. Par rapport à la ventilation et la circulation d'air:

Certains articles soulignent l'importance de la ventilation et les conditions thermiques adéquates dans un bâtiment à patio (Meir et al, 1995). Cela inclut l'effet de la ventilation de cheminée où les patios agissent comme puits thermique (Al-Saud et Al-Hemiddi 2006), en plus du rôle de la ventilation transversale dans l'amélioration de la fraîcheur des espaces intérieurs (Al-Saud et Al-Hemiddi 2001 et Rajapaksha et al, 2002).

4.6. Conclusions :

Le changement climatique et le réchauffement de la planète dû essentiellement à l'utilisation et à la consommation excessive des énergies fossiles et aux émissions de G.E.S (gazes à effet de serre) sont les défis majeurs que doit relever l'architecture dans sa conception des bâtiments et des villes.

Il est clair à travers ce chapitre que la conception architecturale est au cœur de la stratégie du respect de l'environnement. Le patio en tant qu'élément de composition en architecture peut aussi jouer le rôle d'un régulateur thermique et lumineux et un impact significatif sur la consommation totale d'énergie d'un bâtiment.

Une grande partie sur l'environnement thermique a été examinée en accord avec l'environnement lumineux des bâtiments à patio dans les zones arides. Sur la base des variations morphologiques des bâtiments à patio, et de la composition urbaine pour étudier les effets thermiques et à l'éclairage. Des travaux et des enquêtes visent à comprendre et à déduire la performance énergétique et bioclimatique de l'architecture introvertie examinée.

Les caractéristiques typo-morphologiques tels que : rapport surface-volume, densité de l'ombre, la distribution de l'éclairage naturel, ouverture au ciel ont un impact décisif sur l'environnement thermique d'un bâtiment à patio. La performance thermique d'un bâtiment à patio dépend aussi de variables tels que : le contexte et la forme urbaine, les données du site, et l'orientation.

La combinaison des techniques passives serait certainement importante en réduisant notre dépendance aux systèmes actifs, minimiser les problèmes environnementaux dus à la

consommation excessive d'énergie et d'autres ressources naturelles, ainsi la volonté de développer une forme intégrée, qui sera plus sensible au climat, plus économe en énergie, plus durable et respectueuse de l'environnement de futur.

CHAPITRE V

L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX DANS LES BATIMENTS A PATIO

Chapitre V

L'ENVIRONNEMENT LUMINEUX DANS LES BATIMENTS A PATIO

5.1. Introduction:

Ce chapitre présente les impacts du bâtiment à patio sur l'environnement lumineux en accord avec l'environnement thermique. Un bâtiment, qui contient un espace patio, est une composition unique, qui présente de nombreux avantages en environnement lumineux et thermique dans les espaces adjacents en climats chauds et arides. Ce chapitre porte également sur l'environnement aride, le confort, la consommation de l'énergie et l'impact des patios sur l'éclairage naturel.

L'architecture durable utilise des approches passives pour aboutir le confort. L'un de ses objectifs est de fournir un éclairage naturel adéquat pour un confort visuel. Son atténuation a nécessité d'étudier et d'analyser les contributions, la fluctuation et le dynamisme de la lumière naturelle qui dépend des conditions climatiques, du temps de la journée et de la saison.

Pour bien mener une étude de l'éclairage naturel, il est indispensable de connaître les composants de la lumière naturelle, ainsi que ses principes, ses avantages et ses limites. Connaître les conditions d'éclairage de chaque lieu, ses différents types, la fréquence et la prédominance du ciel pendant les mois et/ou les saisons de l'année, mais aussi les dispositions d'intégrer l'éclairage naturel dans le processus de conception et l'estimation des grandeurs photométriques.

Ce chapitre aborde les développements récents des simulations informatiques lumineuses qui permettent d'approfondir les recherches sur la performance des bâtiments. Le développement, l'amélioration et l'utilité de ces programmes, sont en progression permanentes, basées

essentiellement pour développer une conception qui augmente la quantité de l'éclairage naturel et améliore le niveau de confort thermique au sein des bâtiments à patio.

5.2. Aperçu général sur l'éclairage naturel:

Tout au long de l'histoire, la lumière naturelle était la principale source de l'éclairage naturel dans les bâtiments, et plus récemment avec de l'énergie électrique. Au milieu du 20^{ème} siècle, la lumière électrique a supplanté l'éclairage naturel dans les bâtiments en de nombreux cas. Heureusement, au cours du dernier quart du 20^{ème} siècle et au début des années de ce siècle, les architectes et les concepteurs ont reconnu l'importance et la valeur de l'introduction de la lumière naturelle dans les bâtiments.

L'éclairage naturel peut fournir une contribution positive à l'humain, comme le démontrent des études récentes, il peut avoir aussi un impact sur la performance humaine (Heshong Mahone Groupe, 1999). La conception d'un éclairage naturel adéquat s'interprète par des économies d'énergie et d'une réduction de la demande électrique pendant les heures de la journée lorsque les niveaux d'éclairages disponibles sont élevés.

À travers l'histoire, l'éclairage naturel dans les bâtiments a un impact sur le confort humain et a réduit le stress et l'inconfort des utilisateurs (IEA SHC 21, 2000), une influence directe sur la conception des bâtiments y compris l'organisation des espaces. L'éclairage naturel devient un enjeu considérable dans la conception architecturale. Le Corbusier a si clairement identifié l'importance de la lumière dans l'architecture : " *L'architecture est le jeu savant, correct et magnifique des volumes assemblés sous la lumière* " (Le Corbusier, 1989). Cela résume l'utilisation de l'éclairage naturel dans les bâtiments en mettant l'accent sur les objectifs et les critères de conception, le climat et le temps, les conditions du ciel, et les stratégies de l'éclairage naturel.

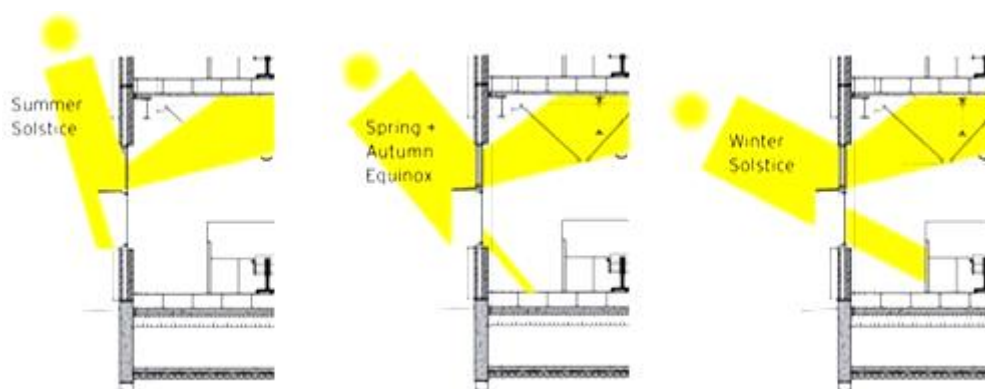


Figure.5.1: Le control de l'éclairage naturel (Source : <https://continuingeducation.bnpmmedia.com>).

Le confort humain prend en compte le confort thermique, le confort visuel, le confort acoustique...etc. en plus du confort physique l'occupant est aussi pris en considération. Bien que le confort humain soit subjectif, et affecté par des facteurs personnels, ces derniers comprennent l'activité, l'habillement, l'âge, le sexe, le métabolisme, la santé, et la perception sensorielle, mais il est principalement affecté par des facteurs environnementaux.

Les variables environnementales comprennent la température, le débit d'air, l'humidité, les niveaux d'éclairage, le niveau du bruit (AWC, 2000). Pour l'éclairage naturel, l'essentiel nécessaire pour faciliter le confort visuel des occupants d'un bâtiment peut également avoir d'autres effets positifs, y compris ceux qui sont psychologique et physiologique. Le contact avec le monde extérieur régule l'horloge du corps, spécule les niveaux d'hormones du métabolisme. La création d'un espace plus sain plus lumineux et des conditions de travail agréables peut améliorer la productivité et réduisant la fatigue (Ruck, 1989).

5.2.1. L'éclairage naturel par un patio :

Le confort dans les bâtiments qui comprennent des patios variés en fonction de l'emplacement des occupants. Dans le patio lui-même, qui est généralement utilisé comme un espace de transition et de détente, l'exigence de confort lumineux est moins rigoureuse. Les niveaux d'éclairage minimums peuvent être atténués sans ressentir de l'inconfort par les occupants.

5.2.2. L'éclairage naturel des espaces Adjacents :

L'exigence d'un niveau de confort idéal est plus nécessaire dans les espaces adjacents au patio. Ces espaces sont généralement utilisés comme des bureaux, des espaces de travail ou des espaces habitables, et peut-être occupés pendant de longues périodes de temps. Les degrés de température et d'éclairage dans ces espaces sont affectés par les conditions à l'intérieur du patio et le climat extérieur.

5.3. Effets de l'éclairage naturel :

La nature subjective des conditions d'éclairage adéquates non seulement exige un minimum de niveaux d'éclairage, mais aussi un minimum de qualité de la lumière :

5.3.1. Le contraste :

L'un des facteurs influençant la performance visuelle. C'est une appréciation subjective de la différence d'apparence entre deux parties du champ visuel vues simultanément ou successivement. Il est indispensable pour l'accomplissement des tâches visuelles, donc pour le confort visuel des occupants de l'espace (Benchaikh. A, 2007). Il peut s'agir d'un contraste de

couleurs, d'un contraste de luminance, d'un contraste simultané ou successif. Du point de vue physique, le contraste de luminance entre deux plages lumineuses est généralement représenté par la formule :

$$C = \frac{L2 - L1}{L2} \dots\dots (1)$$

C : le contraste

L2 : luminance du détail ou valeur maximale

L1 : luminance du fond ou la valeur minimale

Donc, il est subordonné au choix de la couleur, de la matière, de l'orientation de la source lumineuse et des taches a accompli. Le contraste est un paramètre très déterminant de la qualité et la quantité de la lumière pour décrire l'esthétique de l'espace architectural (Demers, 2007).

5.3.2. Effet d'éblouissement :

L'éblouissement est l'inconfort visuel causé lorsqu'il existe une différence des niveaux d'éclairage entre deux zones dans le champ de vision en même temps. Il peut être produit directement, indirectement ou par réflexion. L'éblouissement direct peut être causé en regardant une source de lumière. D'après le vocabulaire international de l'éclairage (CIE, 2011), l'éblouissement est caractérisé par des conditions de vision sous lesquelles un sujet éprouve une gêne ou une réduction de l'aptitude à distinguer les détails ou les objets, par suite d'une répartition défavorable des luminances ou d'un contraste excessif.

5.4. Grandeurs photométriques:

Les grandeurs physiques sont utilisées pour évaluer certaines caractéristiques physiques de la lumière déterminantes pour la sensation visuelle. Ces grandeurs photométriques permettent de quantifier la lumière naturelle reçue par une surface : l'éclairage, et l'impression visuelle produite : la luminance. L'éclairage est la grandeur la plus utilisée.

5.4.1. Éclairage :

Il caractérise la puissance lumineuse qui atteint une surface (s) donnée (s). L'unité de mesure est le lux (lx). $1 \text{ lux} = 1 \text{ lm/m}^2$, donc, permet de quantifier la lumière reçue par une surface (Bartenbach, 2005); il est indépendant de la nature de celle-ci. Il est exprimé en lux. L'éclairage moyen d'une surface donnée est le quotient du flux lumineux sur la surface de cette dernière; son niveau mesure donc la densité de flux lumineux reçu par la

surface. On parle aussi d'éclairage ponctuel, d'éclairage en un point d'une surface, d'éclairage horizontal et vertical.

Le lux (Lux) est une unité de mesure de l'éclairage lumineux dont le symbole est le lux. Il caractérise le flux lumineux reçu par unité de surface. Un lux est l'éclairage d'une surface qui reçoit, d'une manière uniformément répartie, un flux lumineux de 1 lumen/m².

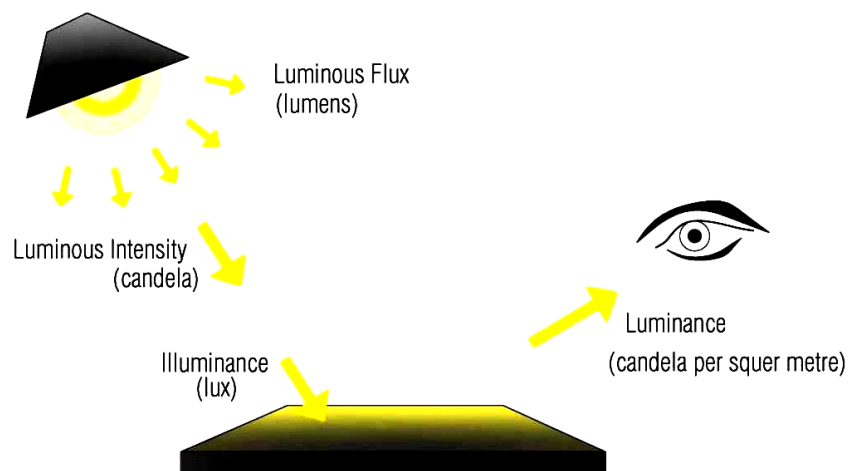


Figure.5.2 : Schéma de l'éclairage (quantité de la lumière reçue par une surface) et de la luminance (quantité de la lumière perçue par l'œil) (Source : Bartenbach, 2005).

Les mesures d'éclairage permettent de déterminer si la quantité de lumière qui parvient à l'objet ou une surface est suffisante pour que celui-ci soit perçue. On utilise un luxmètre composé d'une cellule qui transforme le flux lumineux reçu en une grandeur électrique mesurable.



Figure.5.3: Le luxmètre (appareil de mesure de l'éclairage) (Source : www.cdiscount.com).

Tableau .5.1: Exemples des niveaux d'éclairage dans différentes conditions climatiques et spatiales (Source : Guedouh, 2010).

Plein soleil, à midi au sol	100 000 lx
Temps nuageux au sol	2 000 à 10 000 lx
Pleine lune au sol	0,25 lx
Habitation	150 à 300 lx
Rue éclairée au sol	20 à 50 lx
Bureau	400 à 600 lx

5.4.2. Luminance (L) :

Les capacités visuelles et le confort visuel ne sont pas affectés par le flux lumineux qui frappe la surface de travail, mais par la lumière qui parvient aux yeux de l'opérateur par l'intermédiaire de la zone ou de l'objet éclairé : cette lumière correspond à la luminance. La luminance est le flux lumineux émis ou réfléchi par unité de surface dans une direction donnée. Cette notion ne s'applique donc pas seulement aux sources mais aussi à tous les objets qui renvoient une partie de la lumière qu'ils ont reçue (Bartenbach 2005). En matière d'éclairage, on considère principalement la luminance d'une source primaire (lampe ou luminaire), ou celle d'une source secondaire (surface éclairée qui réfléchit la lumière). L'unité de mesure est la candela/m² (cd/m²), la luminance se traduit par la sensation de luminosité ou de brillance.

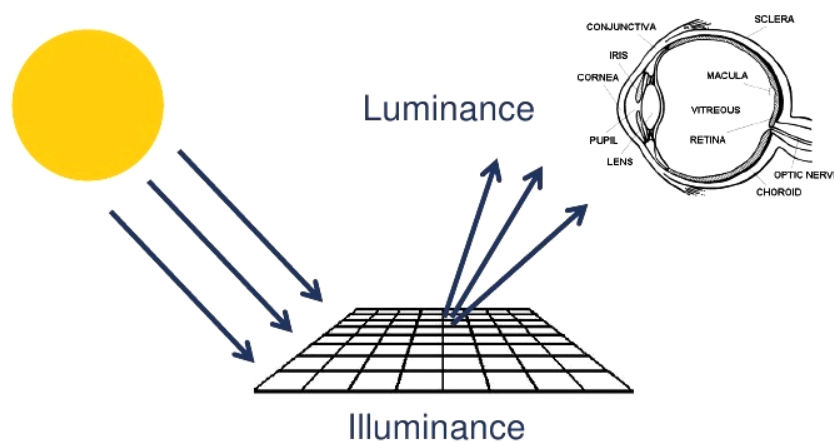


Figure.5.4: Schéma de la luminance (quantité de la lumière perçue par l'œil) (Source : Bartenbach, 2005).

Les mesures de la luminance permettent d'évaluer les risques d'éblouissement (luminances trop importantes) et de gêne (rapports de luminances trop élevés). Pour mesurer la luminance

d'une source lumineuse ou d'une surface qui réfléchit la lumière, on utilise un luminance-mètre, constitué d'une cellule sensible à la lumière que lui envoie une partie limitée de la source ou de la surface réfléchissante dont on cherche à mesurer la luminance.



Figure.5.5 : Le Luminance-mètre (appareil de mesure de la luminance)
(Source : www.directindustry.fr).

5.4.3. Facteur de la lumière du jour (FLJ) :

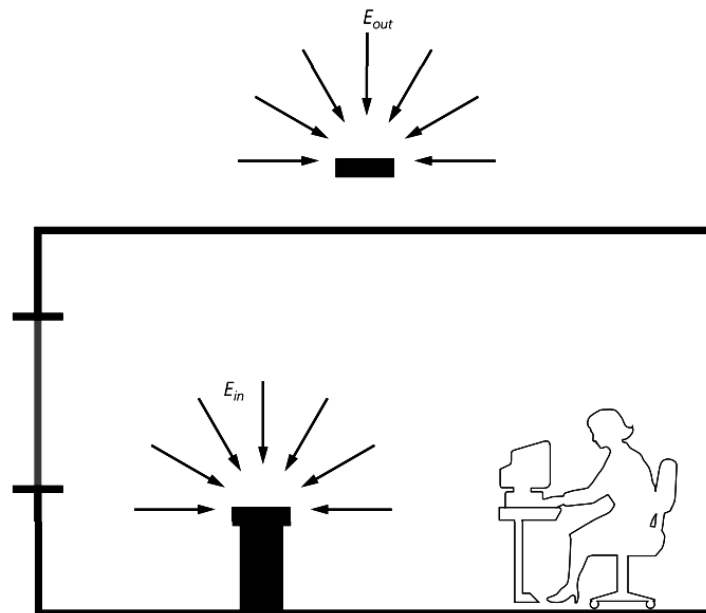


Figure.5.6 : Éclairage horizontal interne et externe (Source : theses.ulaval.ca).

Le facteur de lumière du jour à un point quelconque est le rapport de l'éclairage intérieur à ce point à l'éclairage horizontal global en conditions de ciel couvert standard CIE, il est important de noter qu'un facteur de lumière du jour illustre combien en total de la lumière du ciel pénètre un espace intérieur à une certaine latitude. Le facteur de lumière du jour (FLJ) est normalement exprimé en pourcentage:

$$FLJ = \frac{E_{int}}{E_{ext}} \times 100 \dots \quad (1)$$

L'éclairage intérieur est généralement évalué à la hauteur du plan de travail (Fig.5.6). La lumière directe du soleil est évidemment exclut du calcul. Parce que le ciel couvert sera généralement le plus convenable, la méthode du facteur de lumière du jour devrait être considérée comme l'évaluation du "pire cas", principalement adaptée au calcul des valeurs minimales. Car la luminance du ciel ne varie pas avec l'azimut, l'orientation de la scène autour l'axe z n'a aucun effet sur le FLJ. La qualité de l'éclairage sera considérée comme satisfaisante pour un FLJ supérieur à 1%. Moins de 0,5 % il est considéré que la zone n'est pas correctement éclairée naturellement.

Tableau .5.2: Qualification de valeurs FLJ (Source : Guedouh, 2010).

FLJ < 0.5 %	Insuffisant
0,5 % < FLJ < 1 %	Faible
1 % < FLJ < 2 %	Satisfaisant
2 % < FLJ < 3 %	Bon
3 % < FLJ < 5 %	Très bon
5 % < FLJ	Excellent

5.5. Conditions du ciel :

La saison de l'année, la météo et l'heure de la journée combinée avec le déplacement prévisible du soleil ont créé des conditions d'éclairage naturel très variables et dynamiques. Les conditions atmosphériques et la pollution varient selon la saison et le climat. Les villes urbaines peuplées ont plus de polluants que les villes rurales. Le design de l'éclairage naturel est généralement basé sur l'état du ciel dominant et le microclimat pour un site. Il y a trois conditions de ciel communes: le ciel clair, le ciel couvert, et le ciel partiellement nuageux.

Le ciel clair comprend un soleil intense et plus brillant à l'horizon qu'au zénith, sauf dans la zone autour du soleil. Dans le bâtiment, l'éclairage naturel dépend directement de la position du soleil et les conditions atmosphériques. Aujourd'hui, il est facile d'utiliser des graphiques, des diagrammes et des logiciels permettent l'étude de la géométrie solaire de tout

emplacement géographique et moment de la journée. Le ciel est globalement divisé en plusieurs catégories en fonction de la quantité de la couverture nuageuse.

Tableau.5.3 : Type de ciel selon la nébulosité (Source : Guedouh, 2010).

Ciel description	Oktas
Clair	1-3
Intermédiaire	4-5
Couvert	6-8

Les variations de luminance dans le ciel sont larges et difficiles à quantifier. Toutefois, la répartition théorique du ciel comprend : le ciel intermédiaire, le ciel couvert et le ciel clair (IES 1995; CIE 1994).

5.5.1. Les modèles de ciel :

Pour pouvoir prédire avec précision les éclairements obtenus à l'extérieur éclairé en lumière naturelle, il est essentiel de pouvoir déterminer la distribution des luminances du ciel. Pour cela, des recherches et des observations ont été menées à travers le monde, et plusieurs modèles numériques ont été créés et standardisés afin de décrire des répartitions types de luminances qui correspondent le mieux aux conditions de ciel les plus rencontrées dans la réalité (Zemmouri N, 1987).

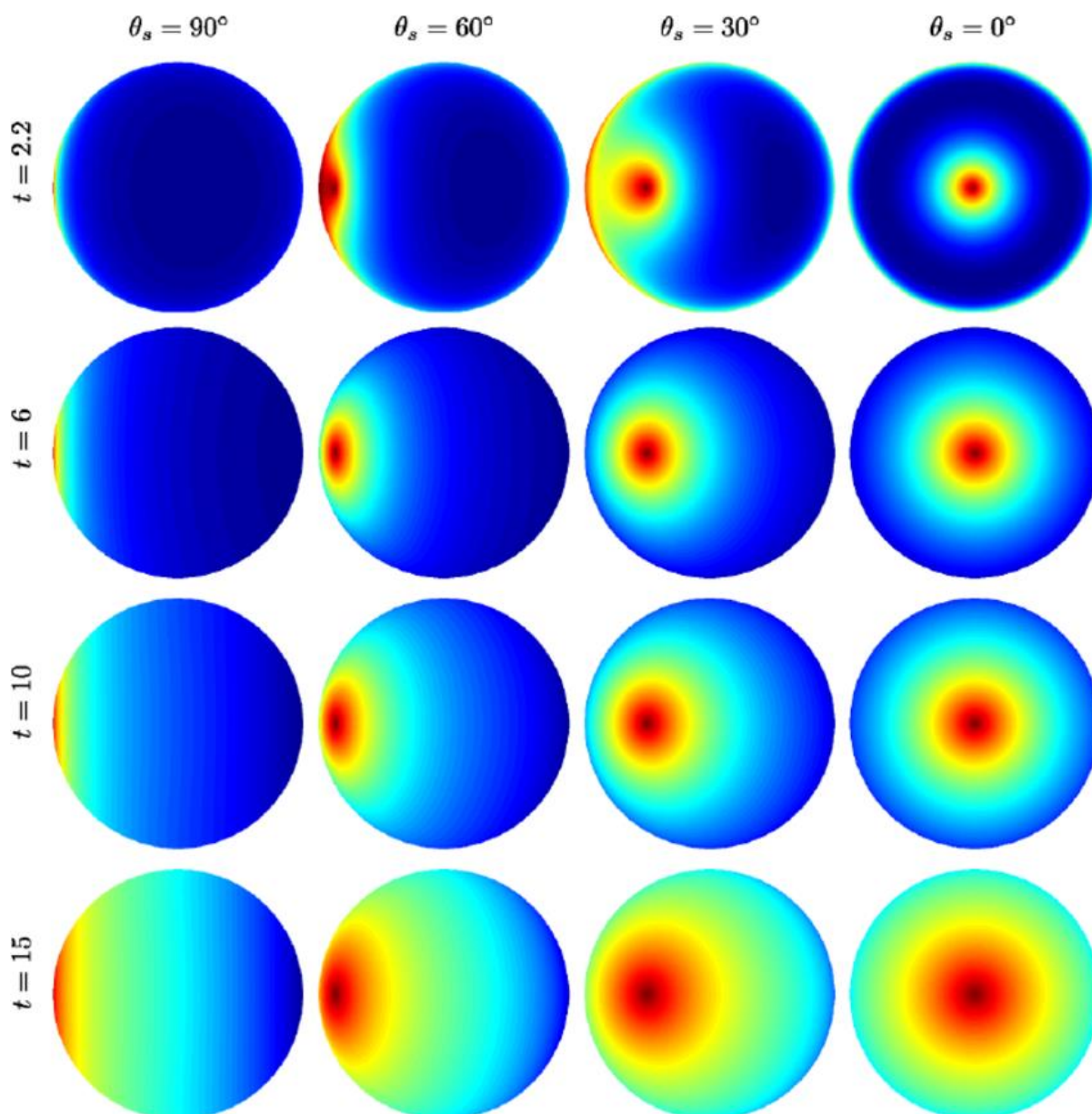


Figure.5.7: Modèle de ciel de Perez pour les différentes positions solaires (Source : www.researchgate.net).

Ces modèles sont généralement décrits par des formules exprimant la variation des luminances des différentes zones/mailles du ciel souvent par rapport à la luminance au zénith et selon la position du soleil et les caractéristiques de l'atmosphère. A noter que de manière générale, ces modèles de ciel ne prennent pas en considération le rayonnement direct du soleil.

5.5.2. Stratégie d'éclairage naturel dans le bâtiment :



Figure.5.8: L'éclairage naturel dans le bâtiment, a. Eclairage latéral, b. Eclairage zénithale (Source : <http://base.planete-batiment.com>).

Nous avons besoin de lumière pour voir. La pénétration de la lumière naturelle dans les bâtiments a été d'une considération primordiale. Dans l'Egypte ancienne, la lumière réfléchie sur les tombes est estimée selon la position des puits de lumière. Le niveau des éclairagements dans les espaces intérieurs est la somme de : la composante du ciel (diffuse et directe), la composante réfléchie externe (CER) et la composante réfléchie interne (IRC). Cette lumière pénètre dans nos bâtiments et arrive finalement sur le plan de travail.

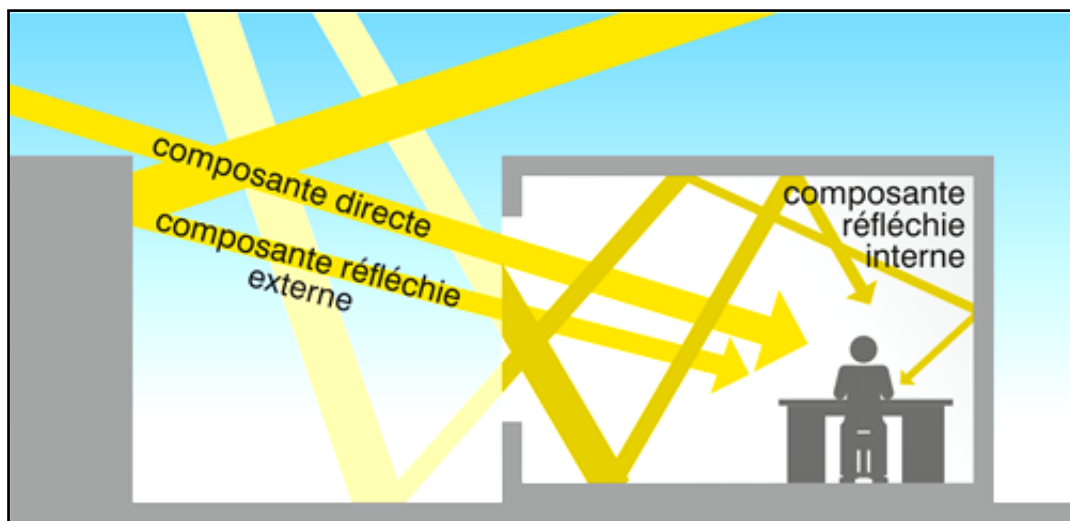


Figure.5.9: Interaction lumière naturelle et bâtiment (Source : www.energieplus-lesite.be).

Lors de chaque réflexion l'intensité de la lumière est réduite par absorption. Cette réduction de l'intensité et, par conséquent, le niveau d'éclairage a une décroissance par rapport à la profondeur de la pièce. Cette décroissance du niveau de d'éclairage se traduit par la nécessité de lumières artificielles. Les inconvénients de la pénétration de la lumière naturelle

comprennent du gain de chaleur indésirable. Au cours de la journée, une répartition des niveaux d'éclairage incompatibles crée de contraste excessif et d'éblouissement.

5.6. L'éclairage naturel dans le bâtiment :

L'éclairage naturel est l'un des facteurs qualitatifs importants dans le bâtiment, ce qui est également efficace sur la santé et le bien-être des occupants. L'ouverture des façades a été une stratégie pour admettre la lumière à l'intérieur du bâtiment. Cependant, l'ouverture de la façade ne répond pas aux exigences de confort dans les conditions climatiques extrêmes, comme les régions chaudes et arides. Il existe plusieurs stratégies d'éclairage naturel efficaces dans l'architecture traditionnelle.

Les villes situées dans des régions chaudes et arides sont confrontées à un rayonnement solaire de haute intensité, qui nécessite de réaliser un équilibre entre l'éclairage naturel et la protection solaire. Les bâtiments de l'architecture traditionnelle sont des échantillons qui peuvent révéler beaucoup de leçons sur la manière de composer avec le climat.

5.6.1. La planification de la l'éclairage naturel à la phase de conception :

Tableau.5.4: Le processus de la conception de l'éclairage naturel dans les bâtiments.

Le bâtiment	Les espaces	Les fenêtres	Systèmes d'éclairage naturel
la disponibilité de l'éclairage naturel	Relation avec des espaces adjacents	La conception des façades et des fenêtres	fonction du système (s)
Latitude l'ensoleillement probabilité température obstacle schéma de conception du bâtiment Patio / atriums Bloc (Masse compacte.) noyau	Autonome lumière d'emprunt donnant la lumière lumière inter-changeant la fenestration unilatérale, latérale unilatérale, zénithal multilatérale, zénithal multilatérale, lumière latérale et zénithal proportion le rapport hauteur à la profondeur,	conception simple conception divers division au sein de fenêtres division entre les fenêtres	fonctions multiples éblouissement, ombrage, redirection fonctions uniques protection contre éblouissement Brise-soleil Autres fonctions

Les stratégies d'éclairage naturel et de la thermique et des stratégies de conception architecturale sont inséparables. L'éclairage naturel ne remplace pas seulement l'éclairage

artificiel, il réduit la consommation d'énergie électrique, et influence également le chauffage et les charges de refroidissement. La planification de l'éclairage naturel et la protection solaire impliquent donc d'intégrer les perspectives et les exigences de diverses spécialités professionnelles. La conception bioclimatique commence dès le choix du terrain et se poursuit jusqu'à que la phase d'utilisation du bâtiment. L'organisation de l'éclairage a des objectifs différents à chaque étape de la conception du bâtiment.

5.6.2. Spécifications appropriées à l'éclairage naturel:

1. L'éclairage naturel est la combinaison de la lumière solaire directe, lumière réfléchiée du ciel et la lumière réfléchiée par le sol. La lumière diffuse du ciel est la lumière qui est émise par les molécules d'air, des aérosols et des particules telles que des gouttelettes d'eau dans les nuages dans l'atmosphère; excluant les rayons directs.
2. L'éclairage naturel des espaces peut être fourni par la lumière du soleil directe, de lumière diffuse du ciel ou une combinaison entre eux. Dans les climats chauds où la lumière du soleil peut causer des gains de chaleur, qui provoque des perturbations du confort thermique, l'objectif est d'empêcher la lumière directe du soleil de pénétrer à l'intérieur des bâtiments.
3. Les facteurs influents la quantité de lumière dans un bâtiment sont les suivantes: latitude et la longitude, la forme, le lieu, le paysage, l'orientation, la fonction, les matériaux de construction, textures des façades extérieures et de cloisons intérieures, taille de la fenêtre et sa position, des composants de fenêtre (tels que le rapport du verre, matière du vitrage et les dispositifs d'ombrage).
4. Une méthode courante pour calculer la quantité de lumière en utilisant le facteur de lumière du jour (FLJ). Le FLJ est un rapport de l'éclairement intérieur sur celui de l'extérieur qui diffère d'un bâtiment à l'autre selon leur fonction.
5. Une autre définition précise du FLJ : est l'éclairement reçu du ciel au niveau du plan de travail dans un espace intérieur avec une distribution de luminance exacte. Si le taux de facteur de lumière du jour est inférieur à 2%, l'espace semble être sombre et profond et nécessite souvent l'utilisation de l'éclairage électrique pendant la journée et l'éclairage électrique domine celui naturel.
6. Si la valeur du facteur de lumière du jour est comprise entre 2% et 5%, les fenêtres ont fourni une lumière du jour considérable, mais encore l'éclairage électrique supplémentaire est parfois nécessaire, et si le facteur de lumière du jour est de 5% ou plus, il y aurait assez de lumière dans la pièce et l'éclairage électrique journalier rarement nécessaire.

7. Dans d'autres recherches, les zones à FLJ de moins de 1% sont trop sombres sans le potentiel de profiter de la lumière naturelle.

Tableau.5.5 : Valeurs du FLJ standard pour certaines fonctions différentes (Source : Taleghani M, 2014).

Les fonctions	Moyenne adéquate Du facteur de lumière du jour (en%)
Les écoles et les collèges	
Les salles de classe, laboratoires, et ateliers Artistiques ou personnalisées	5
Les halls	1
Banques Comptoirs, dactylographie, comptabilité	5
dans les différentes activités	
Les espaces de circulation et Escaliers	2
Espaces de réception	2
Hôpitaux	
lecture et rapport chambres et Pharmacies	5
La réception et les salles d'attente	2
Fonctions domestiques	
Cuisine	5
Chambres	1
salons et salles polyvalentes	1.5
pièces de lecture et de travail	5

5.7. Méthodes d'étudier l'éclairage naturel des bâtiments :

Dans un premier temps, l'importance de l'éclairage naturel et de ses effets sur la santé humaine ainsi que ses caractéristiques appropriées ont été étudiées par le biais des précédentes recherches. Ensuite, la qualité de l'éclairage dans le bâtiment est étudiée par des études de cas ou évaluée par la modélisation et la simulation des logiciels informatiques (*Dialux, Ecotect, Radiance, Solen, ou DesignBuilder*).

Les données requises pour la modélisation, telles que les dimensions et types de matériaux du bâtiment, obtenu par le biais de mesures internes directes (des relevés *in situ*). En outre, la

compatibilité de ces stratégies d'éclairage naturel avec le confort thermique des occupants a été illustrée à l'aide du logiciel d'analyse. Par conséquent, la méthode que l'on va utiliser dans cette recherche est basée sur une étude de cas et la simulation informatique

5.7.1. Méthodes de calcul de l'éclairage naturel :

5.7.1.1. Mesures de la luminance et de l'éclairement :

Dans une étude de l'éclairage naturel, il est important de savoir clairement ce que nous voulons évaluer, quels aspects seront évalués tels que : la luminance (cd/m^2), éclairement (lux), l'uniformité, entre autres, en dehors de connaître les mesures dont nous disposons pour mener à bien cette évaluation. Dans les études d'éclairage, il est pertinent d'examiner les différents paramètres utilisés, les concepts qui sont intégrés et comment ces derniers sont appliquées. Au fil du temps, il a été possible d'obtenir les différents paramètres grâce à des calculs simples ou même avec des calculs plus complexes. De nos jours, les mesures dynamiques sont préférables, car ils permettent d'intégrer les conditions météorologiques, les différents types de ciels et de leur variabilité.

5.7.1.2. Calcul du facteur de la lumière du jour (FLJ) :

L'indicateur le plus couramment utilisé dans l'éclairage naturel, développé, il y a plus de 50 ans, est le facteur de la lumière du jour (FLJ), un indicateur statique qui exprime la relation entre l'éclairage intérieur horizontal (plan de travail) et l'éclairement global extérieur (sans obstruction), simultanément mesurée pour un ciel couvert CIE (Lune, P.; Spencer, 1942). La raison initiale d'utiliser cet indicateur en fonction des pourcentages était d'éviter les fluctuations de l'intensité de la lumière du jour (Waldrum, 1950). En ce qui concerne cet indicateur, Reinhart (2006) explique que, au début, il a été utilisé un test de conformité pour une exigence légale minimale et n'en pas été pensé comme un indicateur de prédire ou d'évaluer une conception. Sa plus grande limitation est que, pour sa détermination, l'orientation et l'heure de la journée ne sont pas prises en compte et qu'il est seulement utilisé avec un ciel couvert. Cette condition ne correspond pas à tous les climats, surtout dans les régions du tropical, où un ciel clair est le plus dominant. La mauvaise prédiction du facteur de lumière du jour (FLJ) peut conduire à de graves problèmes de conception en sous-estimant la disponibilité de la lumière, ce qui suggère la conception de façades avec trop de verre, ce qui conduit à une surchauffe à l'intérieur et l'éblouissement la plupart du temps. En outre, en ne considérant pas l'orientation, la conception des façades sera identique, ce qui va à l'encontre des préceptes de conception passive.

5.7.1.3. La modélisation du climat en fonction de l'éclairage naturel (CBDM) :

Le développement des bases de données météorologiques permet l'élaboration de mesures pour évaluer l'éclairage à partir des conditions climatiques typiques d'un lieu particulier. La modélisation du climat en fonction de l'éclairage naturel (CBDM) considère que la qualité et la quantité de l'éclairage naturel dépendent de la disponibilité solaire. Les mesures développées et utilisées dans les calculs de l'éclairage naturel et les performances énergétiques sont basées sur l'intervalle de temps où les niveaux d'éclairement intérieur à référence d'un bâtiment sont atteints. Ces intervalles de temps prolongent normalement, durant toute l'année, sur la base des données externes telles que le rayonnement solaire annuel et l'emplacement du bâtiment. Le principal avantage de cette lumière naturelle s'est les indicateurs dynamiques de performance, par rapport aux mesures statiques, qu'ils considèrent le caractère des variations journalières et saisonnières, ainsi que les données météorologiques irrégulières (Reinhart, Mardaljevic, & Rogers 2006).

5.7.1.4. Daylight autonomie" (DA) :

La première mesure de "CBDM" était "Daylight autonomie" (DA), initialement proposé par l'Association suisse des électriciens en 1989 et adapté par Reinhart en 2006. Ce fut intégré dans le logiciel "Daysim" où nous pouvons actuellement l'obtenir par les commandes de "Radiance" ou par l'intermédiaire de l'outil de "DIVA" de Rhino. Cet indicateur se réfère au pourcentage de temps dans lequel le niveau d'éclairement minimal de l'éclairage naturel intérieur est maintenu; généralement, il a été défini en fonction de la tâche visuelle à la portée de main. La valeur d'éclairement requis est défini par le concepteur, généralement à la suite des exigences réglementaires ou manuelles comme le manuel "IESNA" ou autres. Son avantage est qu'il permet la prédiction de l'éclairage naturel tout au long de l'année sur un point donné ou d'une grille pour un intervalle de temps d'une heure ou 5 minutes, compte tenu de toutes les conditions de ciel au cours de l'année (Reinhart et al., 2006).

En outre, il permet de simuler le bâtiment à un endroit précis avec un certain climat compte tenu de l'orientation du bâtiment. Depuis, l'éclairage naturel autonomie exprime le pourcentage de temps sur lequel chaque point de la grille permet de réaliser la tâche visuelle requise en utilisant seulement de l'éclairage naturel, il est un indicateur exact pour estimer la consommation d'énergie. Toutefois, il ne considère pas les moments où trop d'éclairage naturel est fourni, ce qui signifie qu'il est possible d'atteindre un bon niveau d'autonomie "DA" (100%) et en même temps avoir une gêne visuelle, due à des excès d'éclairage naturel avec des niveaux d'éclairement supérieurs à 3000 lux.

5.7.1.5. L'éclairage d'autonomie continu (DACON) :

En 2006, Rogers a proposé l'éclairage d'autonomie continu (DACON), une mesure qui fournit des crédits de pourcentage lorsque les niveaux d'éclairement sont en dessous de la valeur d'éclairement attendu. Il offre une flexibilité pour le calcul du "DA" parce qu'il y a une transition entre la conformité et la non-conformité. Pour évaluer l'éblouissement, il définit un second indicateur appelé "Maximum Daylight Autonomie" (Damax), pour indiquer le pourcentage d'heures où l'influence de la lumière du soleil est excessive (Reinhart et al., 2006).

5.7.1.6. Combinaison "Daylight Autonomie" (DA) et "le Maximum Daylight Autonomie" (Damax) :

Mardaljevic et Nabil ont proposé une modification, l'intégration du "Daylight Autonomie" (DA) avec "le Maximum Daylight Autonomie" (Damax). En considérant que les éclairagements en temps réel présentent de grandes variations, cette estimation propre de la variabilité de la lumière naturelle intégrant une série d'objectifs, laissant la notion de seuil derrière, l'obtention de l'objectif de mise en conformité avec une valeur d'éclairement fixe (c'est-à-dire 300 lux). Le but de "Daylight utiles Autonomie" (IDU) intègre les points possibles sur le plan de travail et la définition de la série de niveaux d'éclairagements "utiles" pour les occupants. Au début, la plage utile a été définie entre 100 et 2000 lux; cette gamme, à respecter et/ou un score, tandis que les niveaux inférieurs (<100 lux) et plus (> 2.000 lux) ne reçoivent pas un score (Nabil & Mardaljevic, 2006). En 2012, les gammes ont été modifiées en fonction des enquêtes effectuées sur des immeubles de bureaux, définissant comme utile la plage comprise entre 100 et 3000 lux, où les crédits sont affectés; les valeurs sous la gamme utile appelée IDU inférieur (ou IDU-f <100 lux) et les niveaux au-dessus appelés IDU dépassé (ou IDU-e > 3000 lux) ne sont pas des crédits affectés. Ici, la plage utile a été subdivisée: IDU supplémentaire (ou IDU-a) à moins de 100 à 300 lux, IDU autonome (IDU-a) éclairage entre 300-3000 lux et IDU combiné (ou IDU-c) avec des valeurs > 100 lux et < 3000 lux. Pour les niveaux d'éclairement de IDU-c, l'éclairage artificiel supplémentaire peut être nécessaire pour compléter la lumière du jour pour les tâches courantes telles que la lecture, et l'IDU autonome, l'éclairage artificiel supplémentaire est susceptible d'être inutile (Mardaljevic et al., 2012). Cette mesure intègre un nouveau concept en matière d'évaluation de l'éclairage naturel: le concept de la fourchette cible d'éclairement, ce qui nécessite la définition des seuils supérieurs et inférieurs d'éclairagements.

5.7.1.7. Méthode "Light solve" :

Une méthode qui tient compte de la fréquence et les types de ciel a été développé par Andersen et al. (2008a). "Light solve" se compose d'une méthode de segmentation temporelle qui divise raisonnablement l'année. Il commence par la moyenne des données météo Année/heure (TMY2) à travers un nombre limité de périodes, au cours de laquelle les positions du soleil et les conditions climatiques sont similaires en utilisant le modèle de ciel ASRC-CIE développé par Perez, la détermination de l'éclairement dans chaque moment, pour chacun des quatre modèles de ciel CIE standard (couvert, intermédiaire, clair brouillé, clair). Les valeurs d'éclairement résultant sont ajoutées et mesurées en fonction de l'apparition du type de ciel au cours de cette période (Andersen et al., 2008b). La méthode décrite peut être appliquée à connaître les fréquences selon les types de ciels.

Cette révision présente plusieurs solutions de rechange qui permettent de positionnement des études de l'éclairage naturel, à partir du facteur de lumière du jour, présente enfin des mesures dynamiques, ce qui permet de réaliser des évaluations plus appropriées. Ces mesures sont assimilées dans le logiciel de pointe; cependant, il est possible de les évaluer dans la phase de préconception en utilisant un logiciel simple, citée entre autres: "*Ecotect*", "*Velux*" "*Daylighting Visualizer*", "*DesignBuilder*", "*Daysim*". Connaissant le ciel prédominant d'un endroit permet d'utiliser ce type du ciel pour effectuer la simulation dans une étape ultérieure. Fournir les informations des types et des fréquences des ciels aidera à définir des stratégies de conception passive pour être intégré, ce qui conduit à la deuxième partie de la recherche.

5.7.2. Le site et les obstacles du bâtiment :

Sur un site de bâtiments, le ciel est généralement obstrué dans une certaine mesure par les bâtiments et de la végétation environnante. Étudier les obstacles à un site de construction sur le potentiel de la lumière naturelle des façades du bâtiment et lui permet d'attribuer en ce qui concerne la disponibilité de l'éclairage naturel. Dans de nombreux cas, les bâtiments sont auto-obstruction, les bâtiments empêchent la lumière naturelle de se propager. Ces règlements ont évolué dans la législation de protéger le droit à la lumière naturelle, rédigée à l'origine (dès 1792) sources primaires, quand la lumière artificielle était inconnue ou inaccessible à la majorité de la population, et la disponibilité de l'éclairage naturel était essentielle dans l'intérieur des bâtiments.

Pour le choix des stratégies d'éclairage naturel, un concepteur doit tenir en compte de la mesure dans laquelle le nouveau bâtiment va créer un obstacle pour les bâtiments existants, en

réduisant leur accès à la lumière naturelle, et/ou reflétera la lumière du soleil qui pourrait provoquer l'éblouissement au niveau de la rue ou d'augmenter les charges thermiques dans les bâtiments voisins. Pour les façades fortement obstruées, les systèmes de l'éclairage naturel peuvent améliorer la distribution de la lumière dans les espaces intérieurs. Prismes en verre ont été utilisés à cette fin, il y a plus d'un cent ans; aujourd'hui une gamme de systèmes peut être utilisée, y compris des éléments holographiques, "laser-cut" panneaux et des éléments "anidolic".

5.7.3. Stratégies de l'éclairage naturel des espaces intérieurs :

Les objectifs d'éclairer les espaces intérieurs de façon adéquate selon les tâches visuelles, à créer un environnement visuel attrayant, et d'économiser l'énergie électrique. La conception du bâtiment et l'application des systèmes jouent un rôle d'en atteindre ses objectifs. L'exécution des stratégies d'éclairage naturel des espaces intérieurs dépend:

- La disponibilité de la lumière naturelle sur l'enveloppe du bâtiment qui détermine le potentiel de l'éclairage naturel d'un espace;
- Les propriétés physiques et géométriques de la fenêtre (s), et la manière dont elles sont utilisées pour exploiter et répondre à l'éclairage naturel disponible;
- Les propriétés physiques et géométriques de l'espace.

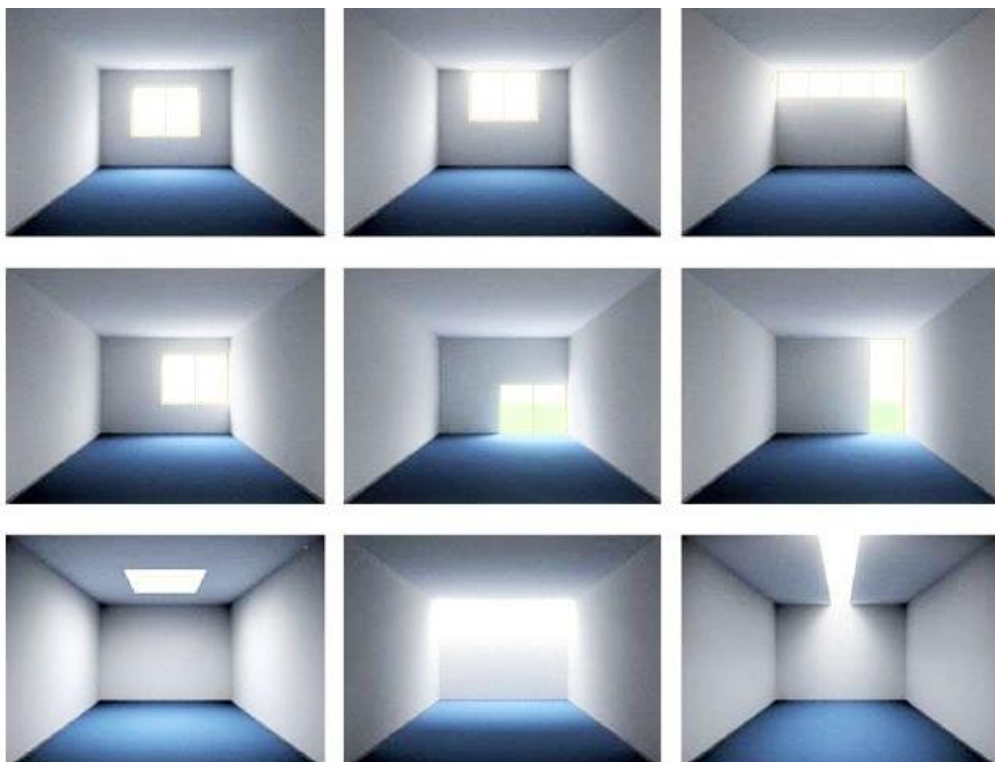


Figure.5.10: Impact de la conception des ouvertures sur l'éclairage naturel (Source : www.pinterest.fr).

5.7.4. Fonction des fenêtres :

L'ancienne définition d'une fenêtre comme une ouverture dans une enveloppe opaque est plus strictement en vigueur. Des innovations telles que les structures de squelette entièrement vitrées et façades doublent peau défier la portée de cette définition. Néanmoins, nous allons utiliser le terme «fenêtre» pour analyser les stratégies d'éclairage naturel. Les fenêtres ont plusieurs fonctions, qui varient en fonction du cas de la conception.

L'éclairage naturel est l'un des principales fonctions des fenêtres. La conception de la fenêtre détermine la distribution de l'éclairage naturel à un espace. Les fenêtres choisies uniquement pour leurs caractéristiques architecturales qui peuvent fonctionner de façon satisfaisante dans de nombreux cas. Pour les habitations et autres bâtiments, qui ont des exigences visuelles relativement minimales, l'application de systèmes d'éclairage naturel avancés n'est généralement pas appropriée. Les systèmes d'éclairage naturel avancés peuvent être utiles dans les cas où:

- des tâches difficiles sont effectuées, et un degré élevé de contrôle sur l'environnement visuel est nécessaire;
- la géométrie du bâtiment est complexe, par exemple, il y a des façades fortement obstruées ou espaces profonds;
- le contrôle des charges thermiques est nécessaire (protection solaire réglable peut être un moyen efficace dans ce cas).

L'éclairage naturel est inséparablement lié au gain solaire. Dans certains cas, de la conception, ajouté des gains solaires de l'éclairage naturel peuvent être la bienvenue; dans d'autres cas, le gain de chaleur doit être contrôlé. Si les gains solaires sont souhaitables, les fenêtres sont une bonne façon de les fournir. D'une manière générale, le but de la conception des bâtiments est de réduire les charges de refroidissement. Il y a un certain nombre de façon de contrôler l'énergie solaire et les gains provenant des fenêtres et des façades; la méthode la plus simple est l'approche de gain directe, où un système commande d'ombrage fonction simultanément avec les environnements visuels et thermiques. Plus les techniques sont avancées, telles que les fenêtres de recueil et les façades doubles peau, permettent un certain degré de contrôle séparé des environnements thermiques et visuels. Dans les conceptions architecturales de l'énergie solaire passive, les gains solaires sont contrôlés par l'orientation et l'application des systèmes d'ombrage en fonction de la position du soleil.

Le fonctionnement des fenêtres doit être envisagé lorsque les systèmes de l'éclairage naturel sont sélectionnés. Les systèmes d'ombrage situés dans le volet de la fenêtre ne fonctionnent pas correctement lorsque la fenêtre est ouverte; si les systèmes redirigeant la lumière du jour sont attachés à la fenêtre, l'opération de la fenêtre aura un impact sur la performance des systèmes. Les surfaces vitrées sont une interface entre intérieur et extérieur; par conséquent, les fenêtres comportent un certain nombre de considérations de conception. Mais à part les principales fonctions mentionnées ci-dessus, les questions suivantes sont particulièrement importantes pour les surfaces vitrées:

- éblouissement,
- la vie privée/dépistage de vue,
- protection contre le cambriolage.

5.7.5. Dispositifs de protection solaire des fenêtres :

Les dispositifs d'ombrage tels que les écrans, les stores, les volets, les rideaux et les surplombs peuvent réduire la surchauffe en été ainsi que la consommation d'énergie en période froide, comme le montre la figure 5.11.

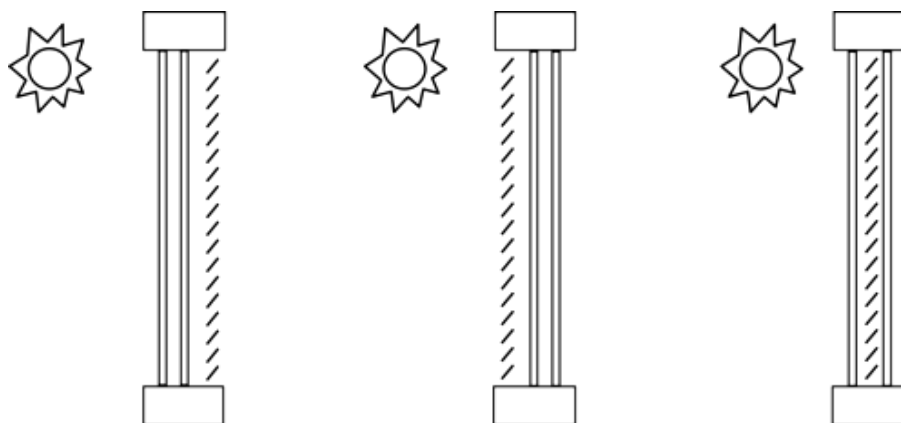


Figure.5.11: Choix d'emplacement des dispositifs d'ombrage (Source : bigladdersoftware.com).

5.8. L'éclairage naturel dans les bâtiments à patio :

5.8.1. Etat de l'art :

Les recherches sur la pénétration dans des bâtiments à patio prennent la forme de prédiction des niveaux d'éclairement dans les patios et les espaces adjacents en utilisant soit des études sur des modèles réduits, une analyse d'équations ou des simulations informatiques. Certaines études ont utilisé une combinaison de ces méthodes. Dans la recherche, des comparaisons ont été faites entre des modèles avec des variations des paramètres particuliers. Ces paramètres comprennent la géométrie du patio, des surfaces, type de vitrage et/ou de ciel.

La distribution du ciel le plus couramment utilisé et le plus facile à simuler est le ciel couvert parce qu'il n'y a pas de soleil direct et le rapport de la luminance zénith à l'horizon est simplement d'ordre 3:1. La plupart de la modélisation précédente utilise cette distribution et tous les résultats sont donné en FLJ (Aizlewood 1997; Littlefair 1994; Boubekri 1995; Aschehoug 1992; Iyer-Raniga 1994).

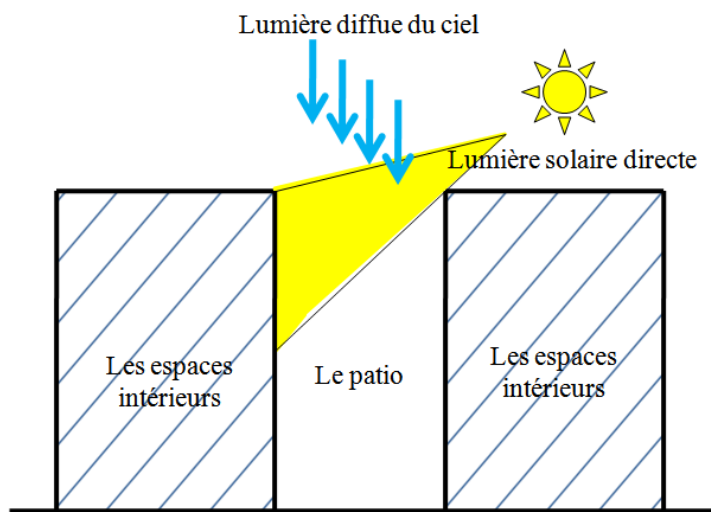


Figure.5.12: Schéma de pénétration de la lumière naturelle dans un patio (Source : Auteur).

La prédiction des niveaux de lumière a été assimilée à un grand nombre de documents en utilisant des méthodes zonales ou en créant des équations analytiques (Boubekri 1996, Liu 1991, Aizlewood 1996). Ces méthodes sont une simplification de la situation réelle. L'acceptation d'une certaine lumière directe du soleil peut être souhaitable de donner un avantage et la netteté à la conception du patio. Mais la surchauffe, cependant, doit être évitée pour maintenir le confort des occupants (Aizlewood 1995).

La géométrie du patio a été trouvée l'un des facteurs les plus importants qui affectent la pénétration de la lumière. La profondeur et la superficie de section transversale du patio affectent l'angle solide de la composante du ciel, et ainsi, déterminent la quantité de lumière directe pour qui atteindra le patio.

Certaines recherches examinent la variation de l'éclairage dû au changement du patio géométrie, la forme du puits et le pourcentage d'ouvert/fermé des murs (référence). Un examen particulier de l'éclairage dans les patios, des équations analytiques comprennent et prédisent: la composante du ciel, des rapports dimensionnels d'aspect, composante réfléchi interne et le facteur de lumière du jour.

5.8.2. Etude de cas sur l'impact des formes de patio sur l'éclairage naturel:

Dans une étude sur le facteur de lumière du jour (FLJ) dans les bâtiments à patio, Ntefeh (et al, 2003) ont évalué la performance des différentes formes introverties. Leur travail présente l'influence de la forme du patio et son orientation sur la durée et les niveaux d'éclairage du sol et des façades. L'étude a été basée sur des simulations avec le logiciel "SOLENE". Ce logiciel est utilisé pour le calcul de la durée d'ensoleillement, et la méthode de radiosité pour le calcul de la quantité de lumière du jour (Groleau et Miguet, 2002). Le choix de formes étudiées a été fondé sur un ensemble de bâtiments à patio existants dans des pays de la Méditerranée. Des formes de patio régulières : carré, rectangle, triangle et cercle sont principalement utilisés selon plusieurs orientations (Fig.5.13).

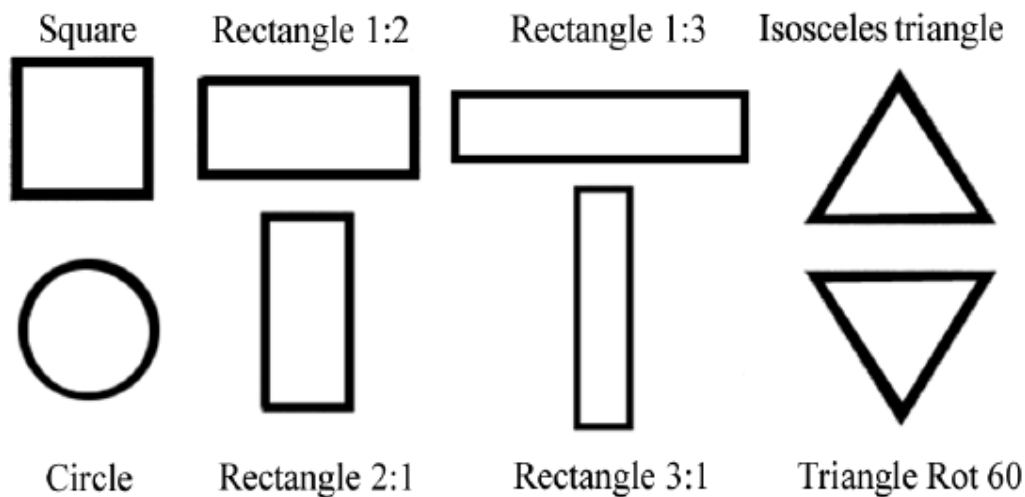


Figure.5.13 : Les différentes formes de patio étudiées (Source : Ntefeh et al, 2003).

En comparant les différentes formes, les résultats montrent que le rapport rectangulaire (2:1) a les valeurs les plus élevées en cas de gain solaire en été et du réchauffement en l'hiver. Le cas de la forme rectangulaire (3:1) semble plus adéquat par rapport aux autres. Au contraire, les résultats de la forme circulaire sont contradictoires. Cette forme présente le plus haut niveau d'éclairage et de gain de chaleur en hiver, et le plus bas niveau de la protection solaire en été.

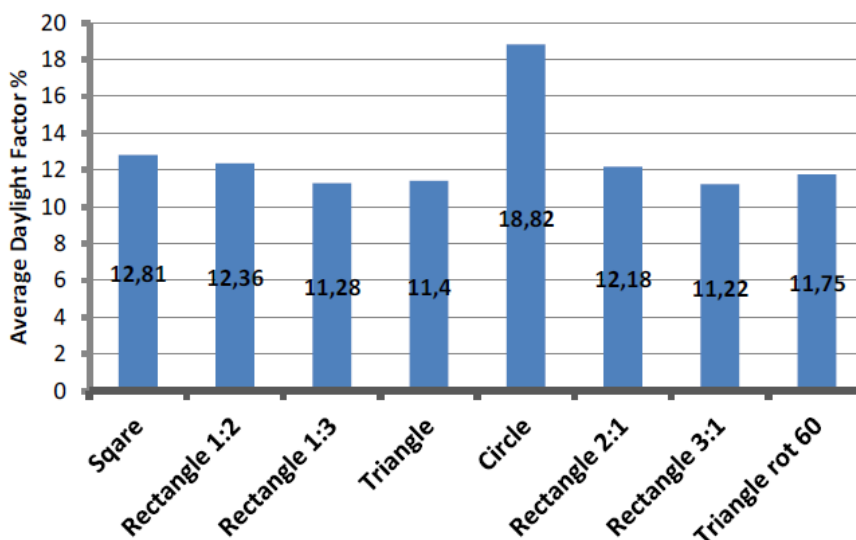


Figure.5.14 : Moyennes du facteur de lumière du jour (FLJ en %) (Source : Ntefeh et al, 2003).

5.8.3. Etude de cas sur l'impact des la profondeur du patio sur l'éclairage naturel :

Les patios profonds sont généralement des zones de rassemblements sociaux de sorte que les niveaux d'éclairage ne sont pas aussi critiques que dans les espaces voisins où les gens travaillent souvent et ont besoin d'un éclairage adéquat à la tâche. L'idée de modifier le patio et d'améliorer le niveau d'éclairage dans les espaces adjacents a été discuté de façon générale par Steemers (1994), Matusiak (1998), et Saxon (1983). La modification de la taille du vitrage des espaces adjacents et la profondeur du patio ont été discutées, ainsi que l'élargissement des murs du patio. Ces modifications ont entraîné une amélioration des niveaux d'éclairage sur la partie inférieure du patio et les niveaux d'éclairage des espaces adjacents au patio.

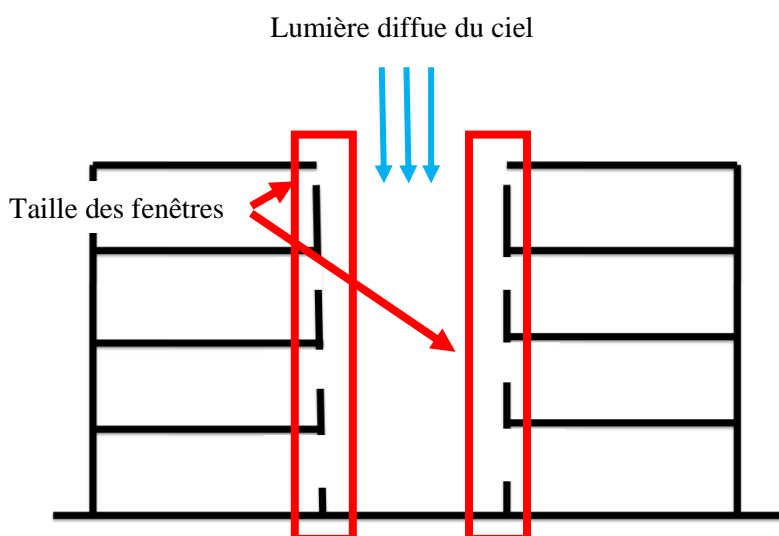


Figure.5.15 : Patio de tailles variables du vitrage selon la profondeur (Source : Auteur).

5.8.4. Patio, FLJ, et ratio d'Aspect :

Des lignes directrices rigoureuses sur la lumière naturelle pour prédire les proportions du patio sont basées sur le FLJ (défini dans le chap.5 ; Le ratio entre l'éclairage disponible à un certain point dans un espace, et l'éclairage disponible à l'extérieur au même moment). Parce que l'éclairage naturel coïncide l'insolation maximale, les espaces dans les climats froids bénéficient d'un FLJ plus élevé, tandis que les espaces dans des climats chauds se contentent souvent de facteurs de lumière du jour plus bas. Les FLJ recommandés pour des tâches spécifiques sont exposés dans le tableau 5.6.

Tableau.5.6 : Facteurs de lumière du jour (FLJ) recommandés (Source : Millet et Bedrick, 1980).

La tâche	FLJ	
	Grande lumière naturelle d'hiver (proche de l'équateur)	Faible lumière naturelle d'hiver (proche du pôle nord)
Tâches de vision ordinaire, tel que : la lecture, classement, et travail de bureau facile	1,5 %	2,5%
Tâches modérément difficiles, tel que : lecture continuée, Travail sténographique, travail manuel sur machine	2,5%	4,0%
Tâches continuées, difficiles, tel que : rédaction, révision de mauvaise copie, travail fine à la machine et inspection délicate	4,0%	8,0%

L'éclairage naturel dans le patio est une conséquence du ratio d'aspect (voire chap. 2). L'évaluation de l'éclairage naturel des intérieurs du bâtiment a été toujours fondée sur le facteur de lumière du jour intérieur (FLJ). On considère qu'un FLJ entre 2 et 4 pourcents est adéquat pour la plupart des tâches journalières dans les résidences et les bureaux. Les patios avec des murs colorés et des arcades tout autour peuvent s'atteindre à ces FLJ approximatifs sous les arcades :

Tableau.5.7 : Les valeurs du FLJ correspondant aux différents ratios d'aspect (Source : Reynolds J, 2002).

Ratio d'Aspect	FLJ des arcades adjacentes
5	4.0 pourcent
4	3.8 pourcent
3	3.5 pourcent
2	3.0 pourcent
1	2.1 pourcent

Plus le haut de la fenêtre est élevé au-dessus du sol, plus la pénétration de la lumière naturelle dans les espaces intérieurs est profonde. Pareillement, plus la largeur de la fenêtre est relative à la surface du sol, le plus le FLJ est élevé. Une distance dans une pièce qui dépasse 2,5 fois la hauteur (H) de l'ouverture, il n'y aura pas de suffisamment de l'éclairage naturel et l'éclairage artificiel sera probablement utilisé de façon routinière. Dans les bâtiments à patio avec des arcades, cette distance de 2,5 devrait être mesurée à partir de la face de l'arcade dans la limite du patio. Clairement, l'arcade intercepte la lumière naturelle qui autrement servirait au-delà de l'espace.

La pénétration de la lumière naturelle à travers une fenêtre ou une porte apparaît généralement adéquate dans une zone de profondeur qui ne dépasse pas les 2,5H de l'ouverture, d'où H est la hauteur de l'ouverture au-dessus du sol. Pour la surface intérieure de cette zone :

$$\text{FLJ}_{\text{Moy}} = \frac{(0,2) \text{ surface de la fenêtre}}{\text{Surface du sol}} \dots \quad (2)$$

$$\text{FLJ}_{\text{Min}} = \frac{(0,1) \text{ surface de la fenêtre}}{\text{Surface du sol}} \dots \quad (3)$$

Basé sur la recherche de Stein et Reynolds 2000.

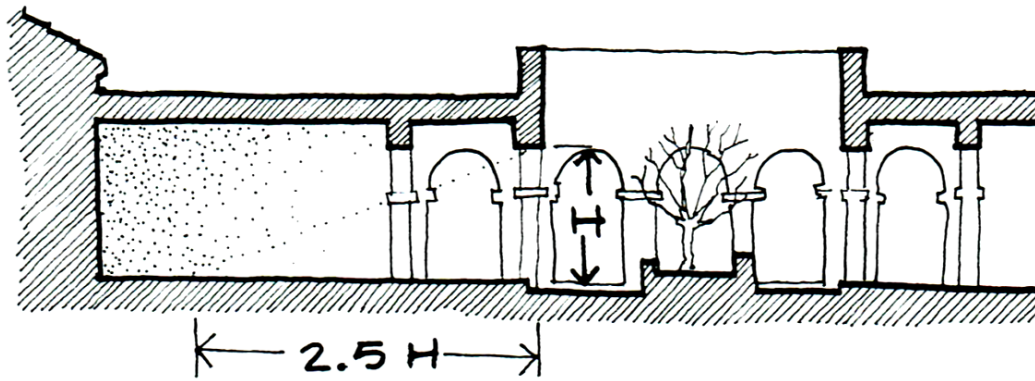


Figure.5.16 : Rapport de la pénétration de la lumière naturelle à partir du patio dans un espace intérieur (Source : Stein et Reynolds, 2000).

Dans les espaces adjacents derrière des arcades auraient considérablement des FLJ inférieurs, plus loin du patio moins être éclairés (Fig.5.16). Au-dessous de ces arcades plein de lumière du jour peut se dérouler des activités comme extension à celles des espaces intérieurs (Fig.5.17).



Figure.5.17 : Les arcades autour du patio plein de lumière du jour (Source : Auteur).

5.8.5. L'éclairage naturel dans les espaces adjacents au patio :

Les zones adjacentes aux patios peuvent être utilisées pour des fonctions diverses. Dans ces espaces, les tâches spécifiques sont souvent réalisées selon des exigences stables, de haute qualité, surtout les conditions lumineuses. Il existe de nombreux facteurs qui influent les niveaux d'éclairage dans ses propriétés, y compris la géométrie du patio, et la géométrie et

la réflectivité et le vitrage de l'espace adjacent. Le facteur de lumière du jour (FLJ) dans les espaces adjacents a été mesuré de deux façons différentes. Une façon mesurait directement le niveau d'éclairement à plusieurs postes au sein de l'espace en utilisant des modèles réduits. L'autre façon est en rapportant le facteur de lumière verticale d'une paroi du patio et le FLJ moyen dans l'espace adjacent en utilisant des équations analytiques.

5.9. Conclusion :

L'éclairage est phénomène en évolution et changement qui exige une conception en fonction des principes bioclimatiques. Pour obtenir des avantages des patios dans des climats chauds, des modifications compositionnelles sont nécessaires pour la réduction des gains thermiques. La simulation numérique des environnements thermiques et lumineux constitue aujourd'hui des outils fiables pour atteindre des solutions optimales.

Les patios sont des espaces extérieurs à ciel ouvert et sont totalement enfermés par le bâtiment. Dans le patio en partie close, la façade et les matériaux devraient refléter la lumière du jour sans augmenter l'éblouissement pour les utilisateurs du bâtiment. Tout autant que la configuration à patio est climatiquement appropriée dans les climats arides et chauds, elle peut être proposée avec différemment à travers l'organisation spatiale.

Dans la recherche d'une configuration "optimale" du patio relativement à la pénétration de la lumière naturelle, une conception responsable est nécessairement suggérée. Actuellement, le modèle numérique des bâtiments à patios permet de prédire et d'estimer d'avance les valeurs des niveaux d'éclairement et des FLJ dans les espaces environnants.

CONCLUSION DE LA PARTIE THEORIQUE

Résumé des résultats de la revue de la littérature :

Les études antérieures menées sur la typologie des bâtiments à patio ont été présentées dans la revue de littérature. En résumé, les aspects socioculturels ont été discutés brièvement, en plus des paramètres formels et géométriques, en revanche, Les études menées sur la performance environnementale, par rapport à la thermique, l'éclairage naturel, l'ombrage, et de la ventilation ont été présentés en détail. D'autres directives et générateurs de conception, sur la base des ouvrages relatifs, ont été décrits pour la modélisation des modèles de base de notre recherche.

Sous des conditions climatiques et morphologiques différentes telles que: la forme du bâtiment, la hauteur, l'orientation, ratio ouvert/fermé, le type de vitrage, l'isolation, la direction du vent, la performance thermique et l'éclairage naturel des bâtiments à patio est conditionné par l'ajustement des caractéristiques du bâtiment.

Les caractéristiques du patio et des surfaces influencent d'une manière significative la distribution de la lumière et de la chaleur dans les espaces adjacents aux différentes conditions de ciel. En tant qu'espace ouvert directement à l'extérieur, plusieurs variables ont un impact décisif dans l'éclairage et le refroidissement du bâtiment, pour ruminer ces variables sous des stratégies de protection solaire et d'éclairage naturel durant la saison estivale, plusieurs variables morfo-climatiques doivent être prises en compte et testées à savoir les indices et indicateurs morphologiques tels que : ratio d'ouverture, ratio d'aspect, rapport ouvert/fermé, et le rapport surface/volume... etc., l'approche que l'on propose va inclure des mesures quantitatives de l'éclairage naturel et la thermique tels que : les niveaux d'éclairement, le FLJ, la température d'air et l'humidité relative, ainsi que des simulations sur des modèles numériques sous des conditions climatiques spécifiques.

La 2^{ème} partie de cette recherche va se pencher sur l'étude de cas sous les conditions physiques, environnementales et climatiques de la ville de Biskra. Sur la base d'une analyse sélective, des échantillons représentatifs de la typologie morphologique des bâtiments à patio de la ville de Biskra vont être sélectionnés pour étude. Les mesures in situ et la simulation numérique sont les principaux outils d'investigation.

PARTIE ANALYTIQUE

Deuxième partie

ETUDE ANALYTIQUE

Introduction de la partie analytique :

La première partie de la présente thèse est consacrée à l'état de l'art du sujet, une revue de littérature exhaustive et récente nécessaire sur l'effet de cette typologie spécifique sur l'environnement lumineux et thermique intérieur des bâtiments, a qualifiée le rôle du patio de régulateur des conditions de confort thermique et lumineux des usagers et de la consommation énergétique du bâtiment.

Cette partie expérimentale est composée de quatre chapitres.

Le premier chapitre est une description climatique ainsi qu'une analyse sélective des échantillons de bâtiments à patio dans la ville de Biskra. Le deuxième s'appuie sur l'analyse et l'interprétation des valeurs collectées des températures d'air, de l'humidité relative et des niveaux d'éclairement, suivant une technique d'investigation des compagnes de mesure *in situ* en utilisant des instruments de monitoring digitaux, les bâtiments à patio sélectionnés seront analysés.

La deuxième technique expérimentale est la simulation numérique de différents modèles en utilisant le logiciel "*DesignBuilder*" V.5. Cette technique est utilisée non seulement pour l'objectif de l'évaluation des environnements thermiques et lumineux mais aussi pour la recherche de modèles optimaux.

Parmi les bâtiments à patio sélectionnés pour les compagnes de mesure *in situ*, on trouve des sièges administratifs, des écoles et des bureaux, en général, cela présente des lieux de travail ; par contre, les modèles numériques utilisés pour la simulation se sont générés à partir d'un modèle de base modélisé selon les indicateurs thermo-lumineux étudiés.

CHAPITRE VI

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT D'ETUDE

Chapitre VI

PRESENTATION DE L'ENVIRONNEMENT D'ETUDE

6.1. Introduction:

Notre objectif dans ce chapitre est d'obtenir le maximum d'informations à partir des enquêtes sur terrain. Il s'agit d'une analyse du degré d'adaptation des bâtiments à patio à leur contexte physique et climatique. L'analyse porte sur les caractéristiques morphologiques et typomorphologiques représentant les indicateurs sur lesquels on s'appuiera plus tard pour les modèles optimisés.

Dans notre zone d'étude, les bâtiments à patio existent depuis des siècles et que chaque bâtiment à un style et une architecture de caractéristiques morphologiques spécifiques : hauteurs/largeurs, orientations, ratios et indices, types et tailles d'ouvertures, couleurs et textures des surfaces.

Le choix du corpus d'étude choisi est fondé sur les critères suivants :

1. période historique, 2. La composition, 3. Le style, 4. L'orientation... etc.

Ces critères ont un impact sur l'environnement thermique et lumineux des espaces adjacents. Dans ce chapitre, on va présenter la zone d'étude qui contient une analyse des données : climatiques, architecturales, urbaines de la ville, ainsi qu'une analyse détaillé des échantillons sélectionnés.

6.2. Présentation du cas d'étude :

6.2.1. Climat de l'Algérie :

Le climat de l'Algérie est varié, le pays à une très grande superficie : la partie nord possède un climat méditerranéen (Classification de Köppen Csa), alors que le reste du pays possède en majorité un climat désertique (Classification de Köppen BWh). Cependant, entre ces deux grands types de climats, existent des climats de transition, notamment le climat semi-aride

(Classification de Köppen BSk), l'Algérie est un pays de la zone subtropicale où le climat dominant est chaud et sec (Fig.6.1).

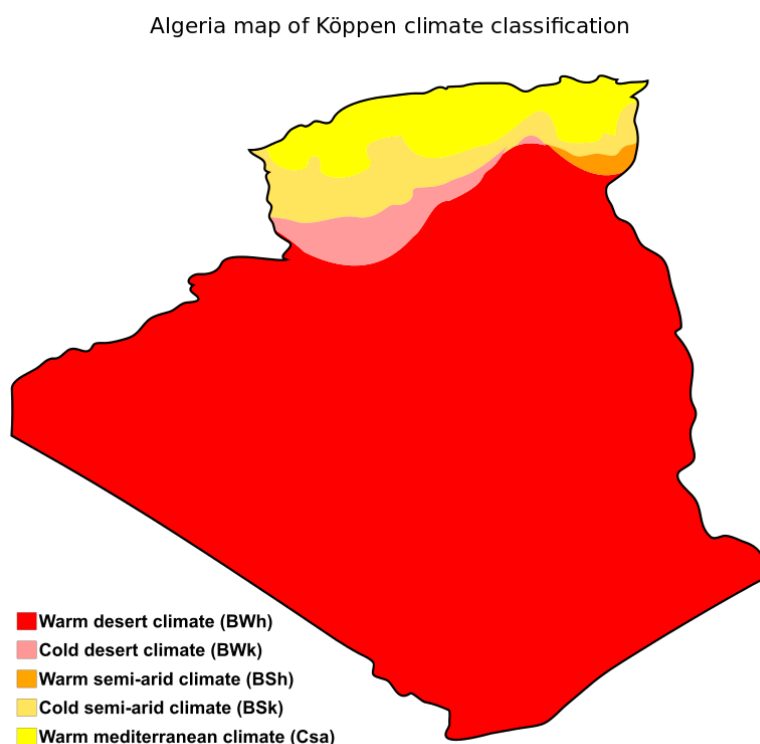


Figure.6.1: Classification des climats en Algérie selon Koppen (Source : en.wikipedia.org).

Les facteurs climatiques demeurent les plus déterminants quant aux conditions de vie des habitants d'une ville et d'une région en général. Sur la base des données recueillies auprès de la station météorologique de Biskra et l'office national de la météorologie (ONM). La zone de Biskra est considérée comme étant une zone à climat aride avec des hivers doux à Semi-rigoureux et des étés chauds et secs.

6.2.2. Climat aride et chaud :

Dans la partie centrale et méridionale, dans le vaste désert algérien, le climat est typiquement désertique, caractérisé par la chaleur et la sécheresse toute l'année, ce qui contribue à une aridité très prononcée. L'été est torride, long ou très long dans l'ensemble du territoire saharien, mais la chaleur annuelle moyenne augmente généralement en allant de plus en plus au sud; en hiver, la température maximale reste autour de 25 °C et 28 °C en janvier, alors qu'en été, la zone la plus torride se situe entre les latitudes 24° et 30° Nord où les températures maximales moyennes tournent autour de 44 °C - 48 °C en juillet et août avec des pics de 50 °C - 53 °C à l'ombre, notamment dans le "triangle de feu", zone délimitée par Adrar -

Reggane et Ain Saleh, alors que l'extrême sud est parfois touché par des ramifications de la mousson d'Afrique de l'Ouest, qui apporte quelques passages nuageux et des averses occasionnelles, d'où la baisse relative de température. La chaleur devient épuisante dès le mois d'avril et le reste jusqu'au mois d'octobre. Cette région est une des régions les plus chaudes au monde. Le ciel est par définition clair dans le Sahara, surtout dans les régions centrales où la nébulosité descend très basse.

6.2.3. Wilaya de Biskra :

Depuis sa promotion en 1974 en chef-lieu de Wilaya, la ville de Biskra a accédé au rang de centre urbain régional. Situé en zone aride, son climat est caractérisé par un hiver doux à semi rigoureux et un été chaud et sec. Les vents dominants sont ceux du Nord-Ouest (vents froids) qui soufflent depuis novembre à mai; et les vents du Sud et sud-est (vents chauds) soufflant de juillet à septembre.

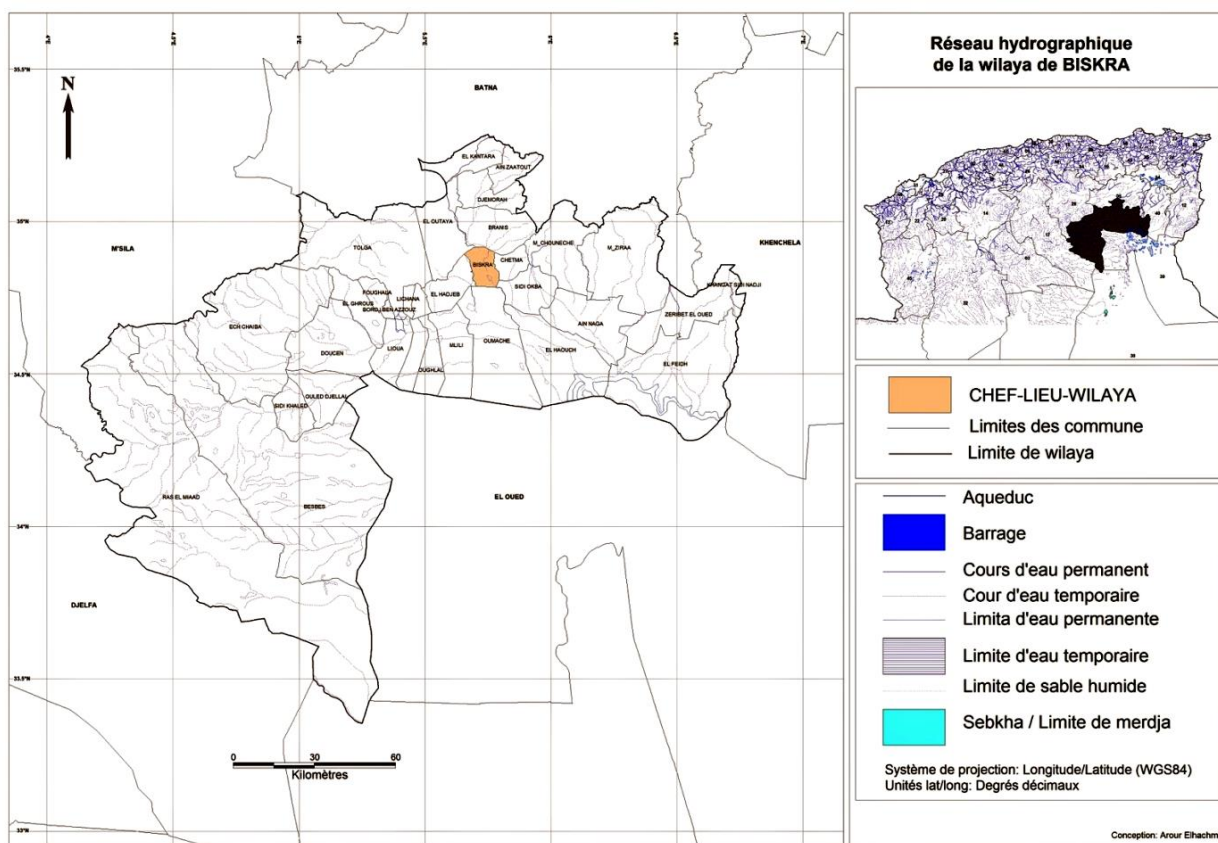


Figure.6.2: Situation géographique et découpage administratif de la Wilaya de Biskra (Source : decoupageadministratifalgerie.blogspot.com).

6.2.4. La ville de Biskra :

Biskra se trouve à une distance de 425 km au Sud Est d'Alger, de 242 km au Sud de Constantine et de 240 km au Nord d'El Oued; une position qui lui permet de relier le Nord au Sud du pays. Biskra est également située au piémont Sud de l'Atlas saharien (Aurès), ce qui lui confère un climat aride: froid en Hiver et très chaud en été. Ces aspects particuliers des facteurs géo-climatiques et topographiques ont joué un rôle essentiel dans l'aménagement de la région en général et de la ville en particulier.

Le processus de développement urbain de la ville de Biskra ne peut être cerné correctement sans la mise en évidence de tous les paramètres constitutifs de la ville et de son environnement communal. De plus, cela permettra de comprendre comment les pentes et les facteurs géo-climatiques peuvent participer dans la configuration urbaine et architecturale.

Son altitude est estimée à 120 mètres par rapport au niveau de la mer, se situe à la latitude de 34,89° Nord et la longitude entre 5,65° et 05,77° Est. La situation de la ville au piémont Sud des Zibans, appartenant à la chaîne de l'Atlas Saharien, est au carrefour des passes qui fait le lien entre le Nord et le Sud. Biskra garde la porte Sud des Aurès, comme Batna la porte Nord, et commande tout le Sahara algérien oriental. Depuis les temps les plus reculés, la ville a toujours été une grande région de transit, fut également connue pour être un centre économique, administratif et culturel (Fig.6.3).



Figure.6.3: Les limites du centre-ville de Biskra (Source: <http://data.bnf.fr>).

6.2.4.1. Site et situation :

a. La situation :

La ville de Biskra se situe dans une zone-charnière entre le Tell et le Sahara, elle est le chef-lieu de la wilaya et occupe une superficie de 127,55 km², elle est limitée :

- Au Nord par les communes de Branis et El Outaya.
- A l'Est par la commune de Chetma.
- Au Sud par les communes d'Oumache et Sidi Oqba.
- A l'Ouest par la commune d'El Hadjeb.

b. Le site :

La ville de Biskra est installée au pied du Djebel Boughezal et est traversée du Nord au Sud par oued Biskra (oued Sidi Zarzour), un immense oued qui prend source aux monts des Aurès.

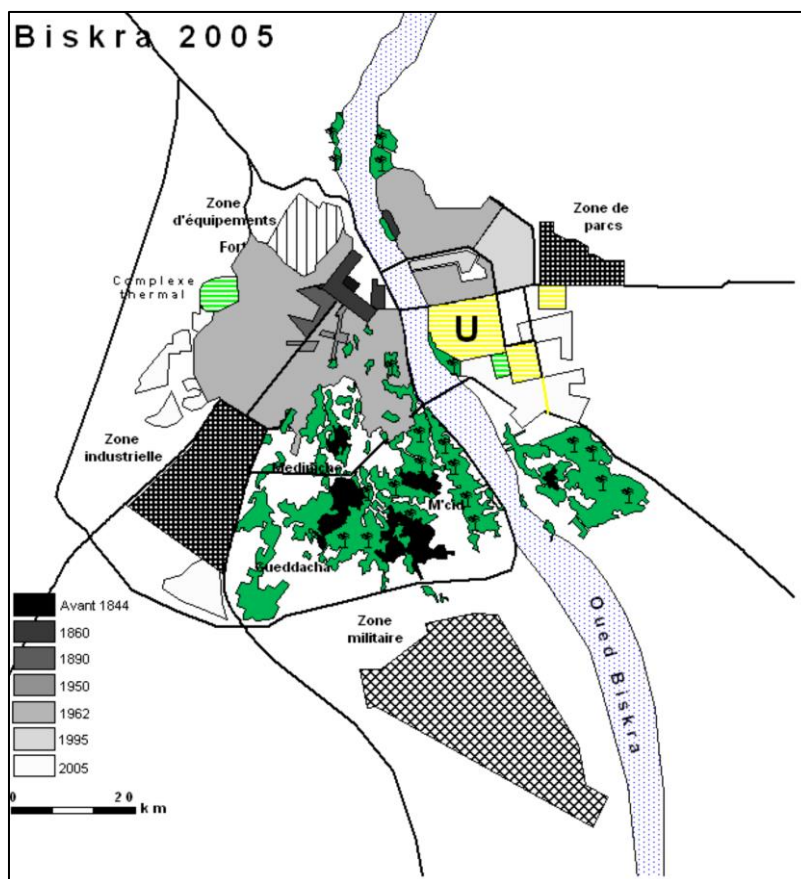


Figure.6.4: Les secteurs urbains de la ville de Biskra (Source: DUC de Biskra).

Le site sur lequel a été fondée la ville s'établit sur une immense zone de plaines qui représente environ 80% de la superficie totale de la commune (Fig.6.4). Au nord de la ville, on retrouve une zone au relief très accidenté et qui occupe environ 10% de la superficie communale.

6.2.4.2. Historique de la ville de Biskra :

a. Urbanisation : naissance de la ville :

Née comme cité intra-palmeraie, Biskra s'est développée à l'époque coloniale comme agglomération en rase campagne, ville de garnison, au tracé en damier, sans caractère architectural. Les faubourgs algériens, populaires et denses, se sont constitués sur sa frange sud, coincés entre noyau colonial et palmeraie. Ces espaces limités n'étaient pas à l'échelle de la grande expansion des décennies récentes. Celle-ci a impliqué dans un premier temps une poussée vers l'ouest qui, franchissant la voie ferrée, a créé la zone d'habitat Ouest et la zone industrielle. Puis, la topographie limitant vite les possibilités dans cette direction, une poussée plus récente a amené à franchir l'oued Biskra et à créer sur la rive gauche la zone d'habitat Est, l'Université, une zone de dépôt, divers équipements (Fig.6.5). Trois ponts permettent aujourd'hui de franchir l'oued, large de 500 mètres.

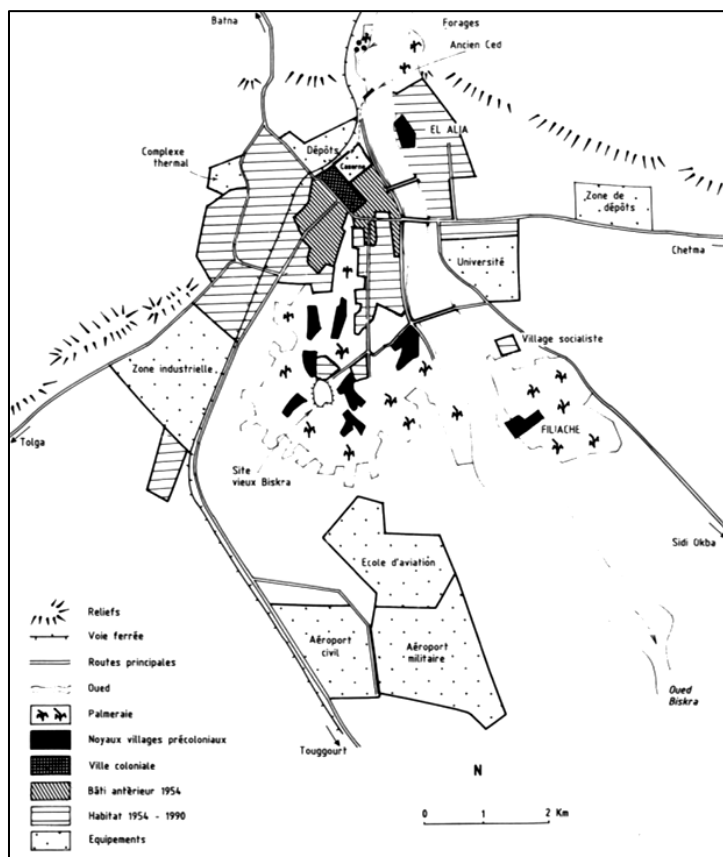


Figure.6.5: Zones urbaines de Biskra (Tous les quartiers) (Source : M. Cote, 1991).

6.3. Architecture et urbanisme de Biskra:

6.3.1. Époque précoloniale :

A travers l'histoire, la ville de Biskra a été le lieu de succession de différentes civilisations, joue le rôle d'un lieu d'échanges et rencontre, connu sous le nom de "Gétule" à l'époque

grecque, et elle était habitée par des tribus primitives, à l'époque romaine, connue sous le nom "Vecera", elle était devenue capitale de Numidie, de cette époque il ne reste plus que des vestiges.

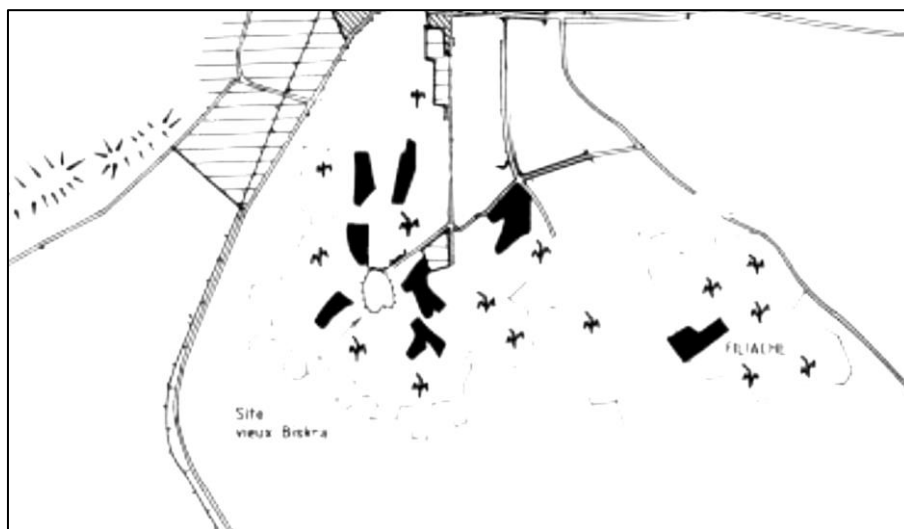


Figure.6.6: La centralité traditionnelle de la ville de Biskra au 17ème siècle

(Source: Abdelhamid Z, 1998).

Selon la description d'Ibn khaldoun au moyen Age, la ville était bâtie par des musulmans, qui avaient disparu totalement. Alors que la ville ancienne, remonte à l'époque turque, construite à l'intérieur d'un fort dans une palmeraie, au sud de la ville. Comme suite à une épidémie de peste, cette ville a été abandonnée en 1670, et réorganisée sous forme de sept villages éparpillés (Fig.6.6). Cette période est caractérisée par une coexistence entre l'habitat et la palmeraie, source économique et support matériel pour cet habitat. Il s'agissait du modèle traditionnel de la centralité (centre/périphérie) sur lequel reposait l'organisation de la plupart des villes islamiques à savoir: la mosquée et le marché.

La ville de Biskra est composée de différentes formes urbaines, à cause d'importantes mutations urbaines, donnant naissance à des formes à chaque époque de l'histoire. Sur le plan historique, Biskra est un établissement humain très ancien. Son origine remonte à la préhistoire. Habitée depuis l'Antiquité comme l'attestent les nombreux vestiges et écrits découverts dans la partie Est de l'Oued Sidi Zarzour, plusieurs études ont été faites sur cette mutation, qui ont essayé d'analyser la croissance urbaine ainsi les étapes marquantes du développement urbain de la ville de Biskra, tout en précisant les caractéristiques du tissu urbain à chaque période. L'image urbaine qui reflète actuellement la ville de Biskra constitue la synthèse des étapes successives de son développement historique. Son tissu urbain se prête aisément à une lecture chronologique et l'on peut notamment y déceler :

1. Architecture traditionnelle (noyau ancien)
2. Architecture coloniale
3. Architecture contemporaine 1 (les quartiers populaires spontanés)
4. Architecture contemporaine 2 (les extensions récentes, lotissements communaux et coopératifs)

a. Architecture précoloniale (le noyau ancien):

Les matériaux de construction assurent un très grand rôle dans le confort thermique. Cela grâce d'une part à l'épaisseur des murs et d'autre part à leur inertie thermique qui joue un rôle important dans le déphasage thermique journalier, qui atteint les 12h. En plus, la forme urbaine compacte de ses groupements, ses rues, ruelles et impasses étroites et sinueuses, créent de l'ombre et minimisent les surfaces extérieures exposées au rayonnement solaire. L'introversion de son espace habité à son tour rend l'habitation protégée de toute insolation ou effet de nuisance sonore et climatique.



Figure.6.7 : Place du marché - vieux Biskra (Source: <https://howlingpixel.com>).

Ces dernières sont les génératrices des îlots linéaires, évolutifs et de caractère rural du ksar. Cette logique de morphogenèse de l'îlot permet à la fois la naissance d'une certaine urbanité dans ces types de ksour et la préservation des palmeraies. La compacité des constructions est conçue pour minimiser les surfaces exposées au rayonnement solaire. La composition

architecturale horizontale et introvertie est prévue pour mieux s'adapter aux conditions climatiques rigoureuses. Les façades aveugles en témoignent. Morphogénèses linéaires des unités urbaines (îlots) le long de seguias tracées aléatoires des rues, des ruelles et des impasses.

A travers la lecture des façades urbaines et la morphologie extérieure des constructions, on distingue certaines diversités dans le traitement de la façade qui tend à être aveugle, ceci à l'exception de la présence de quelques petites ouvertures, dont le rôle se limite à l'aération. La hauteur des constructions conjuguée à la largeur des rues et des ruelles offre un maximum d'ombre pendant la journée.

b. Vieux Biskra:

Le noyau ancien correspond à une urbanisation précoloniale. À l'origine, il correspondait à sept villages éparpillés. Ceux-ci prirent naissance après l'éclatement de l'agglomération initiale, suite à une épidémie de peste qui frappa la ville vers 1740. Aujourd'hui les sept villages existent toujours. Ils sont situés au sud de la ville actuelle et correspondent aux quartiers : M'cid, Ras el Guerria, Medjeniche, Gueddacha, Bab el Fath, Bab el Darb, Korra. Ils se sont développés le long des seguias, ces quartiers sont disséminés dans la palmeraie, et beaucoup de constructions illicites s'y sont greffé accentuant leur état de délabrement.

Caractériser par une très forte compacité à l'échelle urbaine. Les ruelles sont étroites et les hauteurs des constructions sont basses (R+1) et très encombré les unes dans les autres. D'un autre côté, les habitations sont construites avec des briques de terre (toub), la maison traditionnelle est, en outre, très peu ouverte sur l'extérieur, la façade presque aveugle (sans décrochement ou encorbellements), donc c'est une texture plus ou moins lisse et d'une couleur marron, les recherches en bioclimatique ont prouvé que les entités urbaines traditionnelles sont très adaptées aux conditions climatiques locales, par ces volumes qui se protègent mutuellement des aléas climatiques (chaleur, vent...).

Ce "milieu urbain" assure une ambiance très confortable en été, protection du soleil (du fait de la compacité de l'organisation urbaine, orientation optimale...etc., qui offrirait de l'ombre dans les rues, de l'air frais, pour cela les habitants pouvaient ainsi profiter de se déplacer sans gêne pour leurs activités, rencontres et détente à l'extérieur (Guedouh M S, 2010).

6.3.2. Époque coloniale :

Après la colonisation du territoire algérien par les Français en 1830, la capitale des Ziban a été occupée par l'autorité coloniale représentée par le DUC d'Aumale en 1844. Il y a eu l'apparition d'une nouvelle ville située au nord de la palmeraie, conçu sur la base d'un tracé parcellaire en damier. Le modèle traditionnel de centralité a perduré jusqu'à l'arrivée des Français au 19^{ème} siècle. Cette époque fut marquée par la construction, en 1850, du fort Saint Germain, qui représentait le premier noyau de la ville coloniale. Ce fort a donné à la ville sa forme, son orientation et ses rues régulières, rectilignes et parallèles (plan damier colonial). En 1868, Biskra est hissée au rang de commune mixte, et en 1876 au statut de commune de plein exercice.

a. Le damier colonial :

Le damier colonial a été emménagé en 1855, au nord de la ville actuelle pour accueillir la colonisation civile française. Devient l'héritage colonial urbain à Biskra et il correspond à une implantation sous forme d'une trame orthogonale (un damier colonial) (Guedouh M S, 2010). A l'intérieur de ce damier, la forme d'îlot dominant se présente sous forme d'un carré de 30 mètres, sur lesquels s'ouvrent des maisons individuelles de deux niveaux, elles sont caractérisées par de grandes ouvertures sur l'extérieur, réalisées aussi par des matériaux locaux le "Toub" (Agli N, 1988).

b. Sur un plan urbanistique :

Cette ville a donné de nouvelles techniques urbanisation, caractérisée par la disparition de l'eau et la végétation en tant qu'élément structurant de la forme urbaine, à base d'îlots réguliers, des voies mécaniques, des rues ont été conçues pour s'adapter aux conditions climatiques, orientées (E-O, N-S). Dans les années 50, la ville de Biskra a connu l'apparition des extensions populaires vers le sud qui s'inspirait du damier, mais qui ne respectaient pas la régularité de son tracé, donnant naissance à des îlots de formes très variées, et n'obéissant à aucune logique formelle appelée lotissement farhat ou el-dhalaa. A la fin des années 50 (1958) a connu l'impact du plan du développement (plan de Constantine) qui consiste à la réalisation de logement (HLM), et qui est des logements à caractère d'urgence.

c. Sur le plan architectural :

Ainsi, la ville coloniale de Biskra comprenait désormais un nouveau type de centralité, essentiellement fondée sur le développement et la mise en place d'une administration "centralisée" (hôtel de ville), des équipements culturels, culturels, commerciaux, touristiques:

les hôtels, les cafés, les restaurants, les cinémas et les jardins s'installent donc dans la ville coloniale. Une formulation d'un style reposait sur l'empreinte de segments pertinents dans l'architecture arabo-islamique telle que les arcs outrepassés, les coupoles, les claustras et les baies géminées. Architecturalement, la ville coloniale saharienne s'est imposée avec ses immeubles de rapport qui déclinent une architecture urbaine et la néo-mauresque (Arabisation) sont adoptés comme style architectural.

6.3.3. Époque de l'indépendance :

Cette époque a été marquée par deux grandes phases, qui ont touché la croissance urbaine de la ville de Biskra, où l'on peut distinguer deux périodes :

a. De 1962 à 1974 :

Cette période est caractérisée principalement par une croissance urbaine anarchique due à l'absence d'un schéma directeur, ce qu'il veut dire une absence des instruments d'urbanisme, et qui a engendré des tissus urbains hétéroclites aux dépens des palmeraies. Après les inondations de septembre 1969, qui ont frappé la ville, on constate un changement radical à propos de l'utilisation des matériaux à base de terre, au profit de nouveaux matériaux de construction tels que le ciment, le parpaing.

b. Après 1974 :

Marquée par une urbanisation très rapide, mais fondée sur des outils d'aménagement, le P.U.D (plan d'urbanisme directeur), et les ZHUN (zone d'habitat urbaine nouvelle), sous une approche de quantité qui néglige toute dimension contextuelle. C'est à partir des années soixante-dix et particulièrement 1974 quand le pays avait connu un bouleversement radical par l'installation de nouveaux mécanismes telles les refontes administrative et juridique que Biskra a accédé au rang de chef-lieu de Wilaya et bénéficiée d'un P.M.U (plan de modernisation urbaine) et d'un plan d'action de développement dans le cadre des programmes lancés lors du P.N.D 74/77,(zone industrielle, Z.H.U.N, zone d'activités, zone d'équipement, zone d'expansion touristique...) qui ont été matérialisées dans l'élaboration de l'instrument d'urbanisme directeur (P.U.D) instauré à l'époque et adopté par les autorités publiques en avril 1976. Cette époque a engendré la prolifération des constructions illicites, la disparition progressive de la palmeraie, à cause des plans d'aménagement inappropriés au contexte d'une ville au désert.

6.3.4. La ville contemporaine :

A l'ère actuelle, la phase de gestion transitoire à l'échelle nationale due à la nouvelle législation algérienne, la ville de Biskra a connu une occupation spatiale contrôlée et rationnelle (par la présence d'outils de gestion urbaine et d'instruments de contrôle tels que : P.D.A.U et P.O.S à l'échelle urbaine et les permis de construire à l'échelle architecturale).

6.4. Le climat de Biskra:

6.4.1. Données climatiques :

6.4.1.1 La température de l'air :

Dans les régions chaudes et sèches, il existe d'importantes amplitudes journalières des températures de l'air, mais aussi des amplitudes annuelles sont également importantes (Fig.6.8).

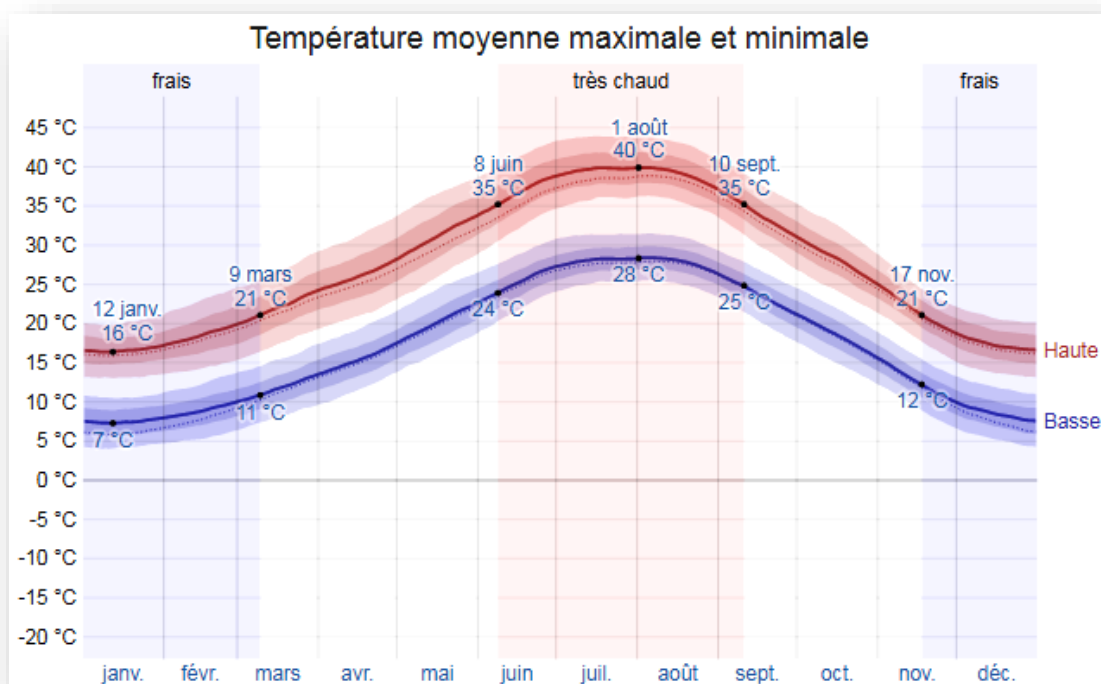


Figure.6.8 : Variation annuelle des températures (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

Le moyen journalier maximal (ligne rouge solide) montre la température maximale moyenne d'une journée pour chaque mois pour Biskra. De même, "le signifie minimum quotidien" (ligne bleue) indique la température minimale moyenne. A Biskra, au niveau de la lisière la plus septentrionale du désert, les températures moyennes maximales sont de 41-42 °C en

juillet - août avec, cependant, des pics de 48 °C - 52 °C lors des invasions d'air surchauffé venu du sud.

6.4.1.2. L'humidité relative :

La région de Biskra était considérée comme une zone aride, comme son nom l'indique le climat chaud est caractérisé par une très faible humidité relative, entre 10 et 50%. Il est tout à fait normal de constater des pourcentages d'humidité relativement bas. D'après les données de 10 années d'observation toujours (1990-2000) (fr.climate-data.org), nous avons constaté que le taux d'humidité de la ville de Biskra reste peu élevé et donc considéré comme sec: il est de l'ordre de 41,54%.

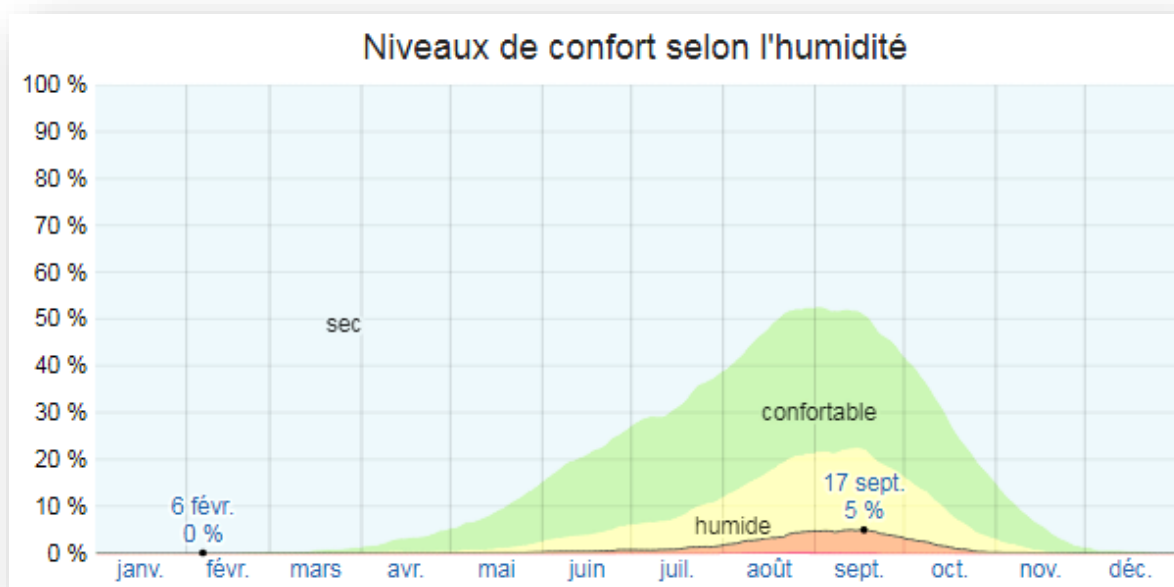


Figure.6.9: Niveau de confort selon l'humidité annuelle à Biskra - unité : (%) (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

6.4.1.3. Les vents :

Les vents dans les climats arides varient progressivement au cours de la même journée, plutôt faibles au début du jour et atteignent leur maximum l'après-midi, les vents chauds dominent ces régions et sont souvent chargés de poussière. Le diagramme montre les moyennes annuelles des vitesses du vent de Biskra pour chaque mois.

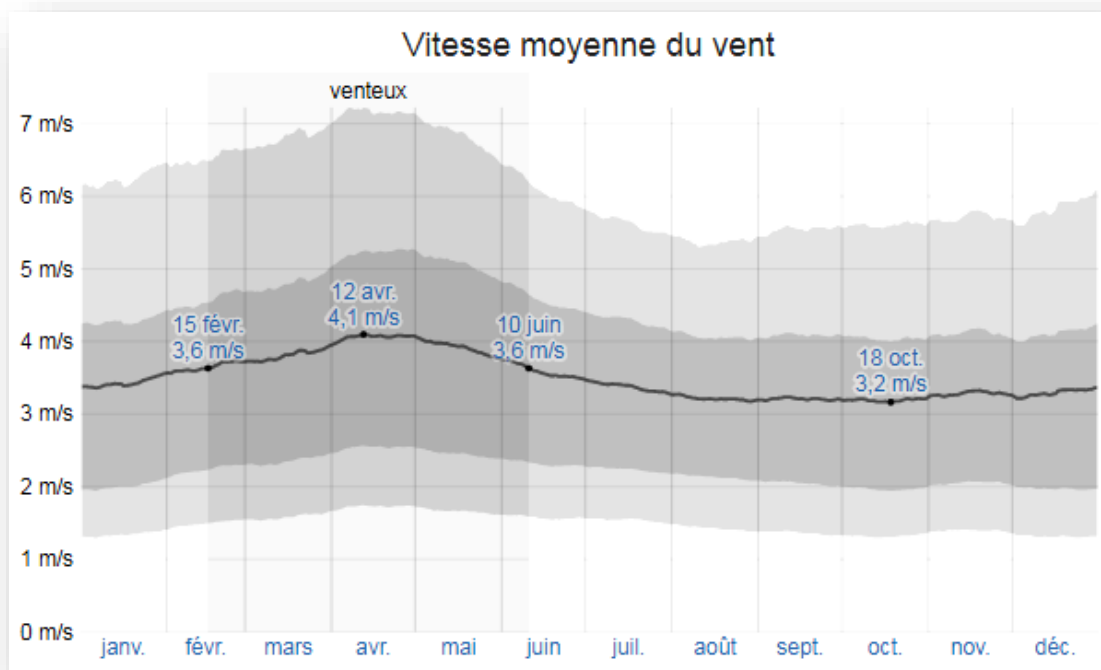


Figure.6.10: Vitesse du vent annuelle - unité : Km/h (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

Le diagramme montre le nombre de jours du mois à atteindre certaines vitesses de vent (Fig.6.10).

6.4.1.4. Les précipitations :

Un jour de précipitation est un jour au cours duquel on observe une accumulation d'eau, mesurée d'au moins 1,00 millimètre d'eau. La probabilité de jours de précipitation à Biskra varie au cours de l'année, avec une probabilité de précipitation quotidienne supérieure à 8 %. La saison la plus sèche dure 2,4 mois, du 10 juin au 23 août. La probabilité de précipitation la plus basse est 2 % le 10 juillet (Fig.6.11).

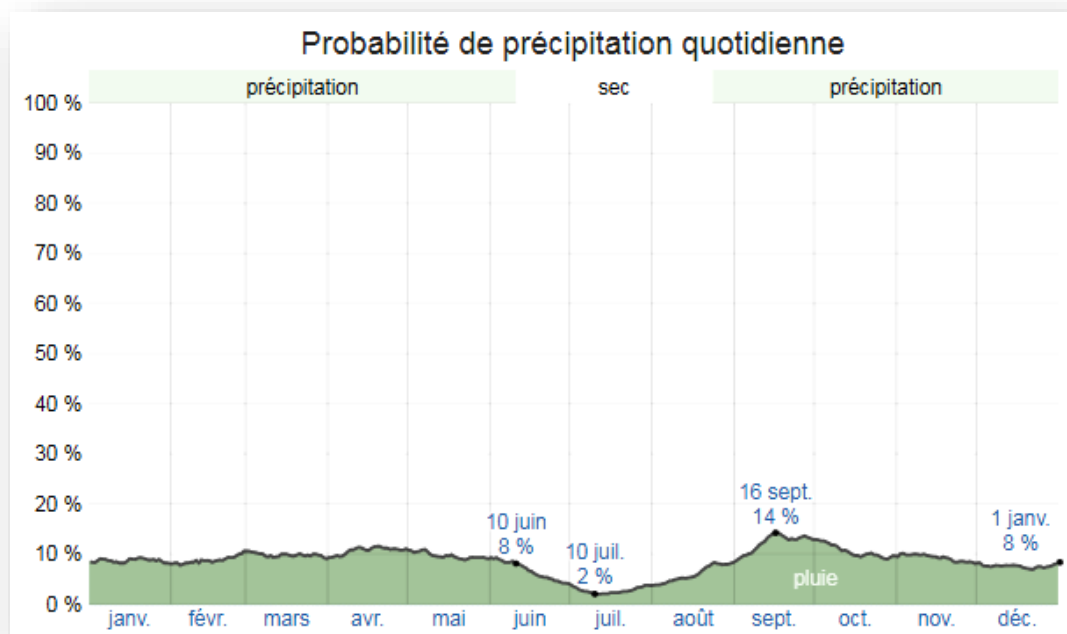


Figure.6.11 : Le taux des précipitations annuelles de la ville Biskra (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

Le diagramme de précipitation de Biskra montre de faibles quantités de précipitations de 2 mm le mois de juillet (le mois le plus sec de l'année). En septembre, les précipitations sont les plus importantes de l'année avec une moyenne de 23.6 mm (Fig.6.12).

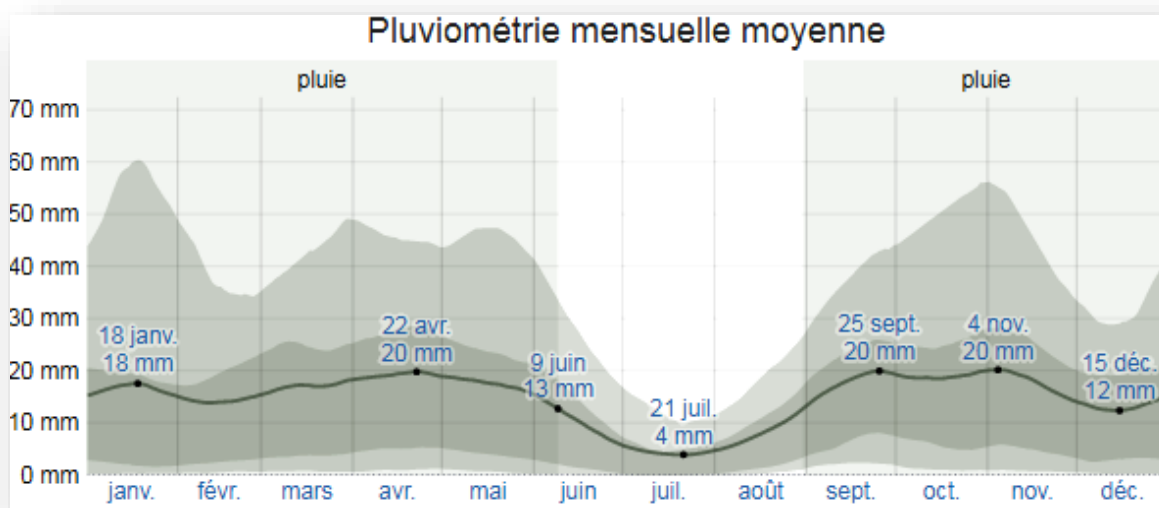


Figure.6.12 : Pluviométrie mensuelle moyenne à Biskra (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

6.4.2. Le rayonnement solaire :

Dans ces régions dites arides, le rayonnement solaire est très intense surtout en été. Les surfaces dans ces milieux sont chauffées par les rayons du soleil pendant la journée et refroidiront la nuit. La longueur du jour à Biskra varie considérablement au cours de l'année. Le jour le plus court est le 21 décembre, avec 9 heures et 49 minutes de jour ; le jour le plus long est le 21 juin, avec 14 heures et 30 minutes de jour. Le rayonnement solaire incident atteignant la surface du sol dans une zone étendue, en tenant pleinement compte des variations saisonnières sur la longueur du jour, de la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon, de l'absorption par les nuages et d'autres composantes atmosphériques. Le rayonnement en ondes courtes inclut la lumière visible et le rayonnement ultraviolet.

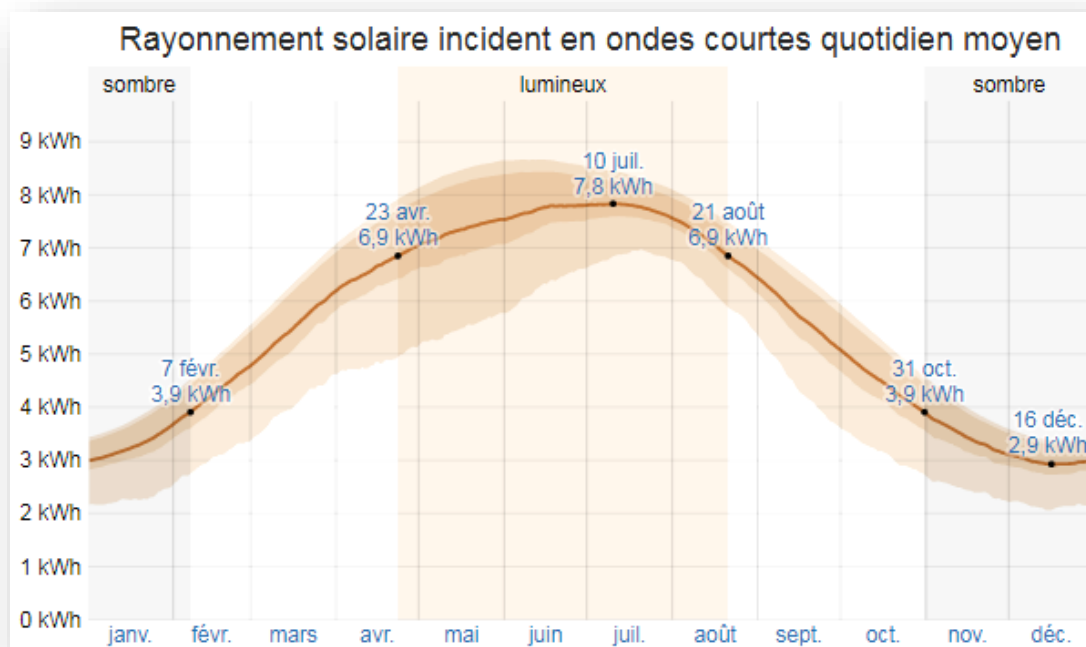


Figure.6.13 : Rayonnement solaire incident à Biskra (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

Le rayonnement solaire incident en ondes courtes quotidiennes moyennes connaît une variation saisonnière considérable au cours de l'année. La période la plus lumineuse de l'année dure 4,0 mois, du 23 avril au 21 août, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré supérieur à 6,8 kWh. Le jour le plus lumineux de l'année est le 10 juillet, avec une moyenne de 7,8 kWh. La période la plus sombre de l'année dure 3,2 mois, du 31 octobre au 7 février, avec un rayonnement solaire incident en ondes courtes par mètre carré inférieur à 3,9 kWh. Le jour le plus sombre de l'année est le 16 décembre, avec une moyenne de 2,9 kWh.

6.4.2.1. Le potentiel lumineux:

Les résultats de la recherche menée par Zemmouri (zemmouri N, 2005), ont permis la division du territoire algérien en quatre zones d'éclairéments (Fig.6.14).

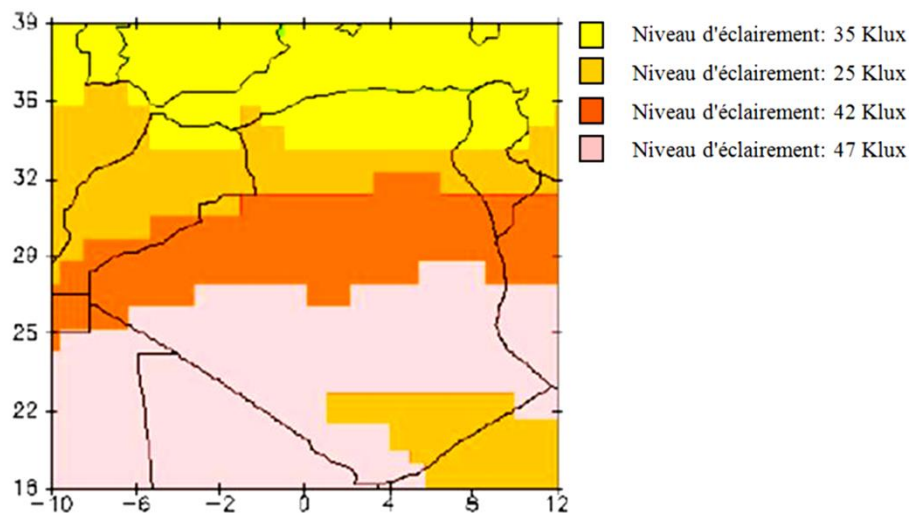


Figure.6.14: Zonage des niveaux moyens d'éclairément horizontal en Algérie (Zemmouri N, 2005).

Le graphe ci-dessous résume les résultats de dix années de mesure de la nébulosité à partir des données satellitaires, il représente le pourcentage des nuages dans le ciel durant la journée. Les résultats de la couverture nuageuse à Biskra sont les suivants :

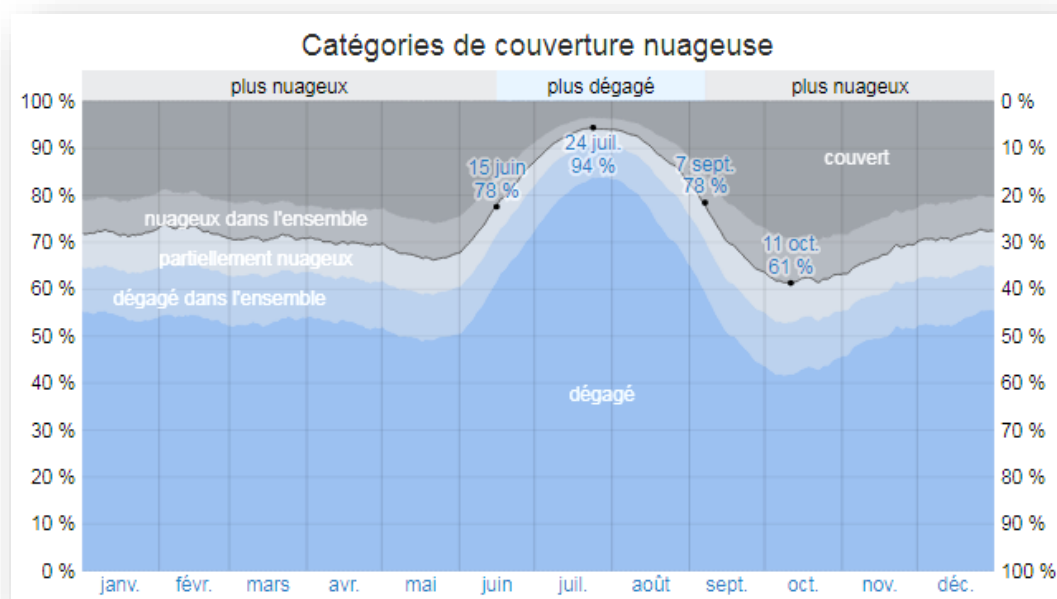


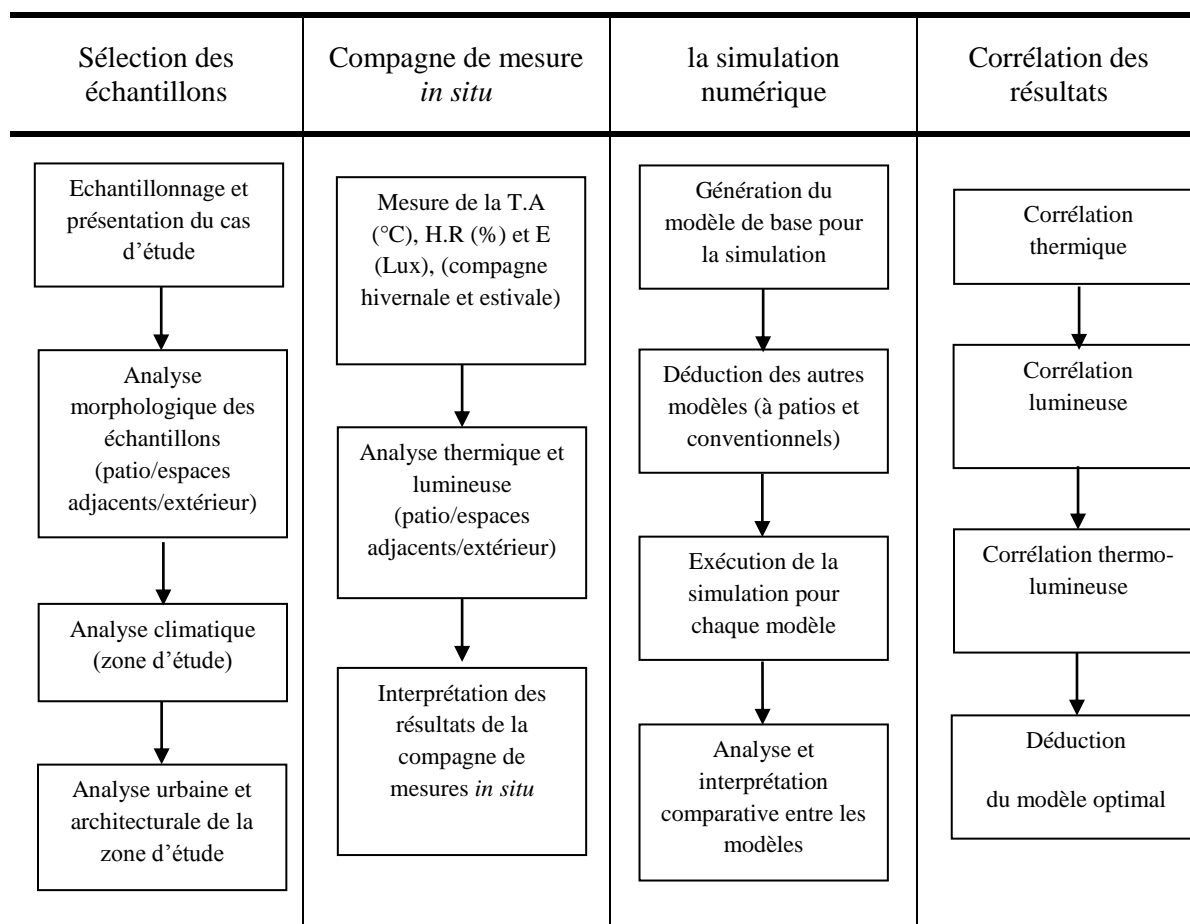
Figure.6.15: La nébulosité annuelle à Biskra - Unités: (%) (Source : <https://fr.climate-data.org/>).

6.5.1. Méthodologie de recherche :

Le diagramme 6.1 décrit la procédure de recherche adoptée. L'investigation est divisée en 4 grandes parties :

1. Sélection et présentation des échantillons du cas d'étude ;
2. La campagne de mesure ;
3. La simulation numérique ;
4. Corrélation et interprétation des résultats des deux techniques.

Tableau.6.1 : La disposition des tâches de recherche.



La génération des modèles de la simulation numérique permettra la prédiction des caractéristiques morphologies d'un bâtiment à patio et ses spécificités par rapport aux autres morphologies conventionnelles. Ces modèles seront générés en s'inspirant des échantillons existants, selon les ratios, indices et indicateurs qui ont un impact direct sur les environnements thermo-lumineux :

1. générer un modèle de base avec une composition architecturale basé sur des caractéristiques morphologiques qui ont plus d'effet sur l'environnement thermique et lumineux.

2. comparé des modèles à patio et d'autres sans patio (monobloc) selon :

- Des éléments intrinsèques : appartenant au même modèle celui du bâtiment à patio.
- Des éléments extrinsèques : comparer le modèle à patio avec des modèles conventionnels monobloc.

6.5.2. Sélection des échantillons de bâtiments à patio:

Les échantillons de bâtiments à patio significatifs sélectionnés sont représentatifs de l'architecture du cas d'étude, ayant des caractéristiques morphologiques spécifiques. Des campagnes de mesures *in situ* des données climatiques de la température ambiante, de l'humidité relative et des niveaux des éclairagements au plan : des espaces intérieurs, à l'intérieur du patio et à l'extérieur du bâtiment.

6.6. Présentation des échantillons de bâtiments à patio :


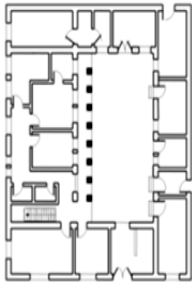


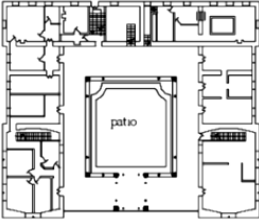


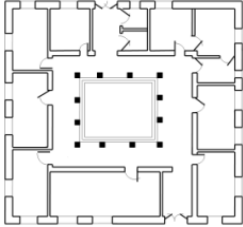





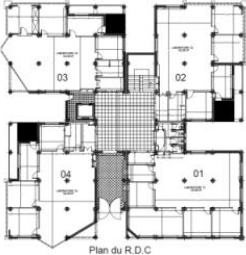

Dans notre recherche, on a sélectionné parmi les bâtiments de la ville cinq échantillons de bâtiments à patio les plus représentatifs de Biskra et qui représentent des morphologies spécifiques dans l'histoire de la ville.

6.6.1. Critère de choix des échantillons de bâtiments à patio :

Les critères suivants étaient déterminants dans la sélection de notre corpus d'étude :

- Usage : équipement public et lieu de travail.
- Morphologie : forme architecturale.
- Valeurs bioclimatiques.

Tableau.6.2 : Détails des échantillons de bâtiment à patio.

Le bâtiment	Caractéristiques du bâtiment	Vue en Plan	Vue du Patio
<p>Echantillon 1 : siège de la Daïra</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de niveaux : R+1 2. Galerie : une seule rangée, coté Est 3. Présence importante de la végétation et un petit bassin d'eau 		
<p>Echantillon 2 : ancien siège de l'APC</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de niveaux : R+1 2. Galerie tout autour 3. Absence de la végétation dans le patio 		
<p>Echantillon 3 : école des beaux-arts</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de niveaux : RDC 2. Galerie tout autour 3. Présence de la végétation dans le patio 		
<p>Echantillon 4 : nouveau siège de l'APC</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de niveaux : R+4 2. Galerie tout autour 3. Faible présence de la végétation dans le patio 		
<p>Echantillon 5 : bloc des laboratoires à l'université de Biskra</p> 	<ol style="list-style-type: none"> 1. Nombre de niveaux : R+4 2. Balcon tout autour 3. Absence totale de la végétation dans le patio 		

6.6.2. Description constructifs des échantillons:

Tous les bâtiments sont situés dans le centre-ville de Biskra. Le tableau 6.3 ci-dessous décrit la description constructive et structurelle des échantillons :

Tableau.6.3 : Détails constructifs des échantillons sélectionnés.

Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5
<ul style="list-style-type: none"> - Mur porteur en terre (40cm) - couche enduit-plâtre - Plancher en dalle pleine 	<ul style="list-style-type: none"> - Mur porteur en terre (50cm) - couche enduit-plâtre - Plancher en dalle pleine 	<ul style="list-style-type: none"> - Mur porteur en terre (40cm) - Soubassement en pierre - couche enduit-plâtre - Plancher en dalle pleine 	<ul style="list-style-type: none"> - Double mur en brique avec lame d'air (30cm) - structure en poteaux-poutres - couche enduit-ciment - Plancher en corps-creux 	<ul style="list-style-type: none"> - Double mur en brique avec lame d'air (30cm) - structure en poteaux-poutres - couche enduit-ciment - Plancher en corps-creux

6.6.3. Analyse morphologique des échantillons de bâtiments à patio sélectionnés:

a. Analyse globale des liaisons :

Une des caractéristiques les plus importantes des bâtiments à patio est de posséder non pas une, mais deux enveloppes verticales. L'une externe, séparant le bâtiment de son environnement extérieur, l'autre interne, sépare les espaces intérieurs du patio lui-même. Si nous nous en tenons à une approche purement topologique du plan, nous trouvons donc, dans tout bâtiment à patio, les trois zones successives incluses les unes dans les autres (Abdulac S, 1982).

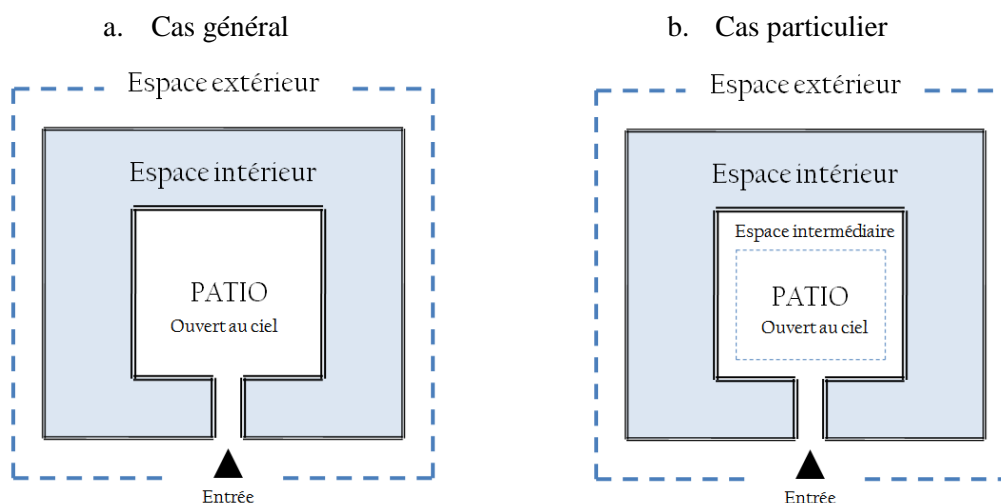


Figure.6.17 : Les trois zones d'un bâtiment à patio (1. le patio, 2. Espace intérieur, 3. Espace extérieur) (Source : Auteur).

C'est l'étude des liaisons entre le patio et les espaces intérieurs. Soient une liaison directe : elle s'effectue à travers l'enveloppe interne du bâtiment grâce aux percements, soit une liaison indirecte : elle s'effectue au travers d'un espace qui vient s'interposer entre les deux précédents, un espace intermédiaire. Nous verrons qu'il peut s'agir de galeries ou de petits espaces ouverts qui, en tout cas, possèdent une situation et des qualités intermédiaires entre le patio et les espaces intérieurs (Fig.6.17).

b. Rapport dimensionnel patio/espaces intérieurs :

Il existe plusieurs manières d'aborder ces rapports, la première consiste à comparer la surface du patio avec celle des espaces intérieurs en présentant éventuellement ce rapport sous forme de pourcentage. Une deuxième manière semble meilleure consister à comparer non pas des surfaces, mais des longueurs prises le long d'une coupe transversale effectuée sur le bâtiment. Ici encore, les dimensions absolues de chacun des espaces ne font que renvoyer à la taille du bâtiment, tandis que leurs dimensions relatives suffisent à donner une image des proportions du bâtiment. Par la comparaison des profondeurs respectives des trois zones : le patio, espace abri intermédiaire ou de transition et les espaces intérieurs.

c. Rapport dimensionnels :

C'est-à-dire celui des proportions entre sa hauteur, sa longueur et sa largeur. Du point de vue de leurs proportions, on peut classer les différents types de patio en six catégories. Celles-ci constituent une série de repères qui pourront être utiles, par exemple, dans l'étude du microclimat du patio.

6.6.4. Caractéristiques morphologiques des échantillons:

a. Echantillon 1 :

Tableau.6.4 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 1.


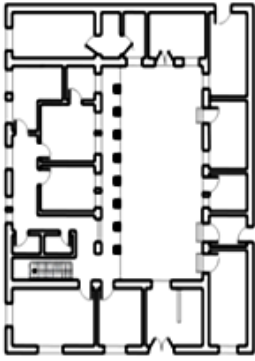
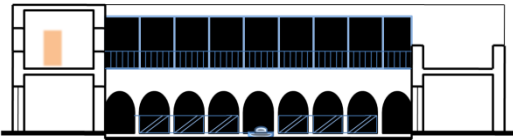

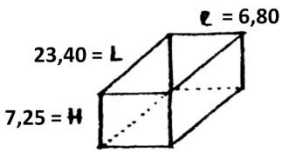

Echantillon de Bâtiment	Surfaces et ratios	Coupe transversale
<p>Echantillon 1</p> 	 <p>1. Ratio surface patio/surface totale : 31%</p> <p>2. Surface totale : 31x15,83 = 490,73 m²</p> <p>3. Hauteur moyenne du bâtiment : 9+9+6+5= 7,25m</p>	 <p>Coupe AA</p>
		 <p>Coupe BB</p>

Tableau.6.5 : Caractéristiques morphologiques du patio (échantillon 1).

Type de patio	Caractéristiques morphologiques	rapport ouvert/fermé :	Vue du patio
 <p>Type parallélépipède</p>	<p>1. Surface patio : 23,40x6,80 = 156,12 m²</p> <p>2. Ratio d'aspect : Surface du patio/ (Moyenne des hauteurs des murs)² : 156,12/(7,25)² = 2,97</p> <p>3. Indice d'ombre solaire : Hauteur du mur Sud (m)/ Largeur du sol (Nord-Sud) (m) : 5/23,40 = 0.21</p>	<p>Faces patio : 25%</p> <p>Faces extérieures : 22%</p>	

b. Echantillon 2 :

Tableau.6.6 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 2.

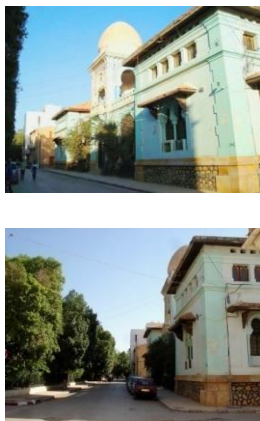
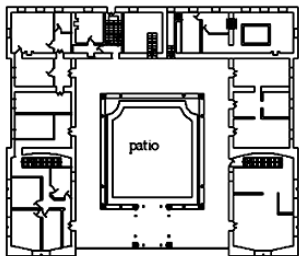

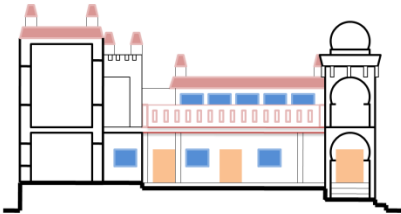
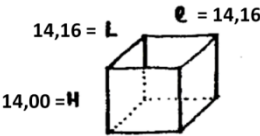

Echantillon de Bâtiment	Surfaces et ratios	Coupe transversale
<p>Echantillon 2</p> 	 <p>1. Ratio surface patio/surface totale : 15%</p> <p>2. Surface totale : $31,6 \times 42,5 = 1343 \text{ m}^2$</p> <p>3. Hauteur moyenne du bâtiment : 12m</p>	 <p>Coupe AA</p>  <p>Coupe BB</p>

Tableau.6.7 : Détails morphologiques du patio (échantillon 2).

Type de patio	Caractéristiques morphologiques	rapport ouvert/fermé :	Vue du patio
 <p>Le type cubique</p>	<p>1. Surface patio : $14,16 \times 14,16 = 200,6 \text{ m}^2$</p> <p>2. Ratio d'aspect : Surface du patio/ (Moyenne des hauteurs des murs)² : $200,6 / (7)^2 = 4,09$</p> <p>3. Indice d'ombre solaire : Hauteur du mur Sud (m)/ Largeur du sol (Nord-Sud) (m) : $6 / 14,16 = 0,42$</p>	<p>Faces patio : 18%</p> <p>Faces extérieures : 21%</p>	

c. Echantillon 3 :

Tableau.6.8 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 3.


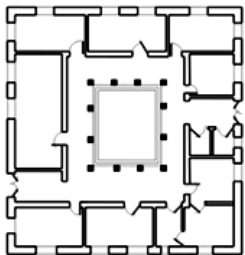
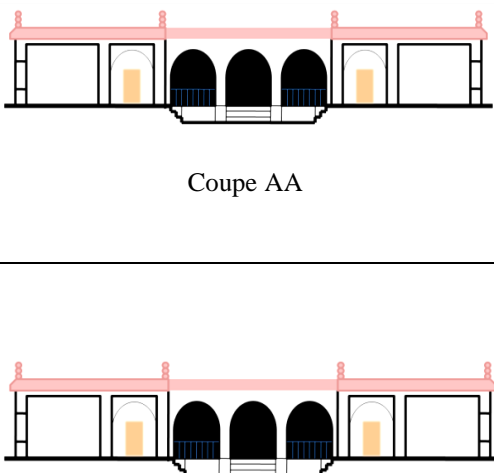
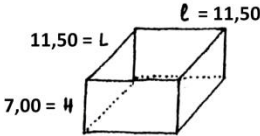

Echantillon de Bâtiment	Surfaces et ratios	Coupe transversale
<p>Echantillon 3</p> 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Ratio surface patio/surface totale : 22% 2. Surface totale : $25 \times 24,2 = 605 \text{ m}^2$ 3. Hauteur moyenne du bâtiment : 7m 	 <p style="text-align: center;">Coupe AA</p> <p style="text-align: center;">Coupe BB</p>

Tableau.6.9 : Détails morphologiques du patio (échantillon 3).

Type de patio	Caractéristiques morphologiques	rapport ouvert/fermé :	Vue du patio
 <p>Le type plat carré (en plan)</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Surface patio : $11,5 \times 11,5 = 132,25 \text{ m}^2$ 2. Ratio d'aspect : Surface du patio/ (Moyenne des hauteurs des murs)² : $132,25 / (7)^2 = 2,69$ 3. Indice d'ombre solaire : Hauteur du mur Sud (m)/ Largeur du sol (Nord-Sud) (m) : $7 / 11,5 = 0,60$ 	<p>Faces patio : 15%</p> <p>Faces extérieures : 30%</p>	

d. Echantillon 4 :

Tableau.6.10 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 4.



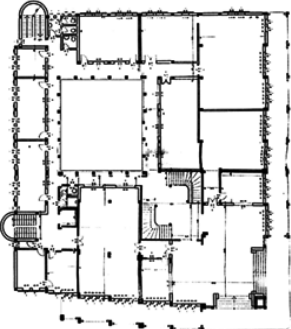
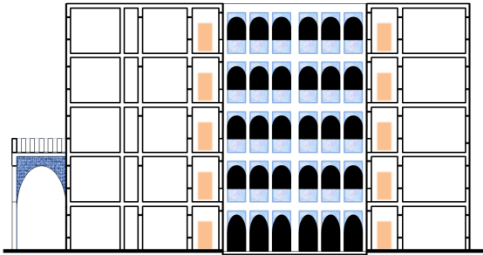
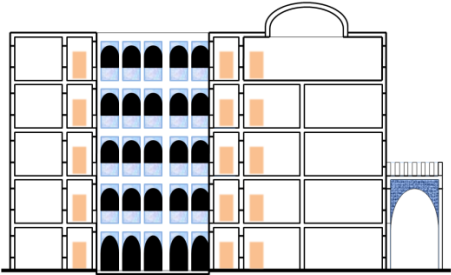
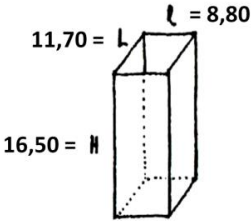


Echantillon de Bâtiment	Surfaces et ratios	Coupe transversale
<p>Echantillon 4</p>  	 <p>1. Ratio surface patio/surface totale : 10%</p> <p>2. Surface totale : $33,35 \times 30,65 = 1022,17 \text{ m}^2$</p> <p>3. Hauteur moyenne du bâtiment : 16,5m</p>	 <p>Coupe AA</p>  <p>Coupe BB</p>

Tableau.6.11 : Détails morphologiques du patio (échantillon 4).

Type de patio	Caractéristiques morphologiques	rapport ouvert/fermé :	Vue du patio
 <p>Le type patio puits de plan carré</p>	<p>1. Surface patio : $11,7 \times 8,8 = 102,96 \text{ m}^2$</p> <p>2. Ratio d'aspect : Surface du patio/ (Moyenne des hauteurs des murs)² : $102,96 / (16,5)^2 = 0,37$</p> <p>3. Indice d'ombre solaire : Hauteur du mur Sud (m)/ Largeur du sol (Nord-Sud) (m) : $16,5 / 11,7 = 1,41$</p>	<p>Faces patio : 35%</p> <p>Faces extérieures : 26%</p>	 

f. Echantillon 5 :

Tableau.6.12 : Caractéristiques morphologiques de l'échantillon 5.


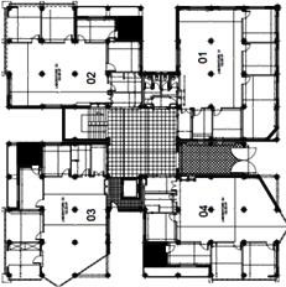
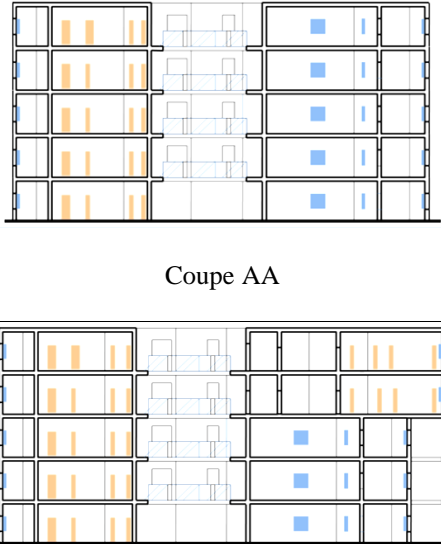
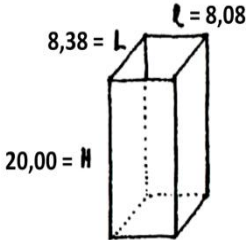

Echantillon de Bâtiment	Surfaces et ratios	Coupe transversale
<p>Echantillon 5</p> 	 <ol style="list-style-type: none"> 1. Ratio surface patio/surface totale : 7% 2. Surface totale : 31,55x30,58 = 964,80 m² 3. Hauteur moyenne du bâtiment : 20m 	 <p style="text-align: center;">Coupe AA</p> <p style="text-align: center;">Coupe BB</p>

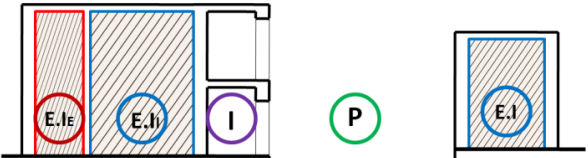
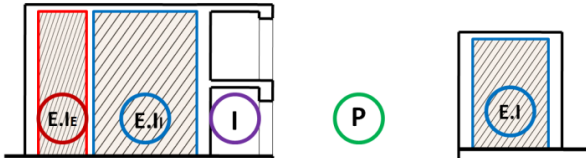

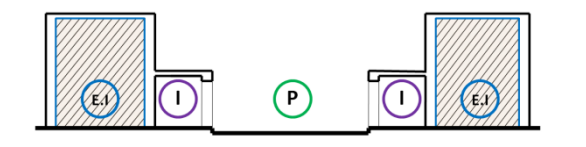


Tableau.6.13 : Détails morphologiques du patio (échantillon 5).

Type de patio	Caractéristiques morphologiques	Rapport ouvert/fermé :	Vue du patio
 <p>Le type patio puits de plan carré</p>	<ol style="list-style-type: none"> 1. Surface patio : 8,38x8,08 = 67,71 m² 2. Ratio d'aspect : Surface du patio/ (Moyenne des hauteurs des murs)² : 67,71/(20)² = 0,16 3. Indice d'ombre solaire : Hauteur du mur Sud (m)/ Largeur du sol (Nord-Sud) (m) : 20/8,38 = 2,38 	<p>Faces patio : 26%</p> <p>Faces extérieures : 37%</p>	

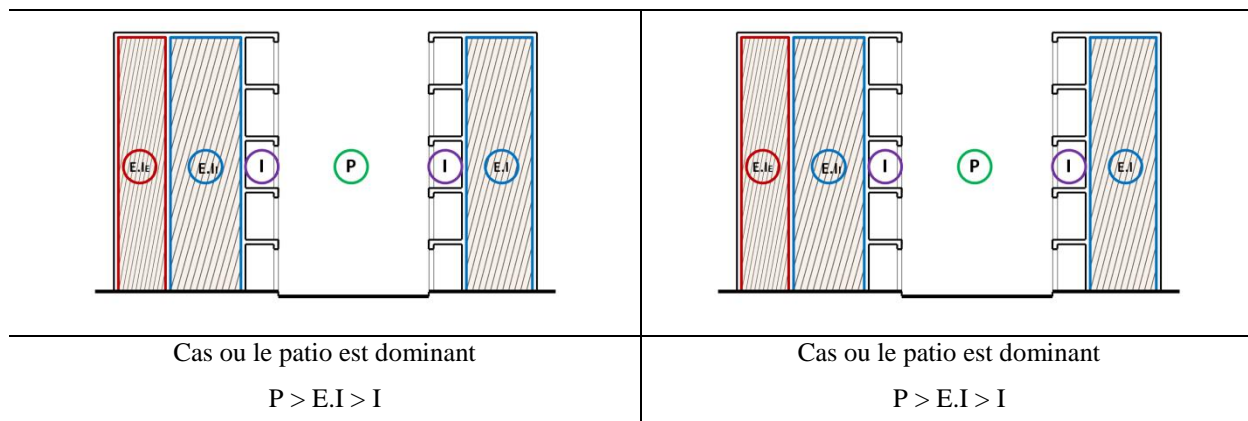
6.6.5. La hiérarchisation et rapport topologique :

Ici on articule la hiérarchie du centre-périphérie. Il s'agit d'évaluer le degré plus au moins grand d'éloignement des espaces intérieurs par rapport au patio. Cela permet de dégager, et c'est le point essentiel, la position des espaces intérieurs par rapport au patio. Cette hiérarchie spatiale permet d'évaluer les qualités thermiques et lumineuses des espaces avec un impact direct du patio, et ceux les plus éloignés, souvent dépourvus d'ouvertures sur l'extérieur, jouissent d'une grande inertie thermique par rapport aux espaces donnant directement sur le patio (Abdulac S, 1982).

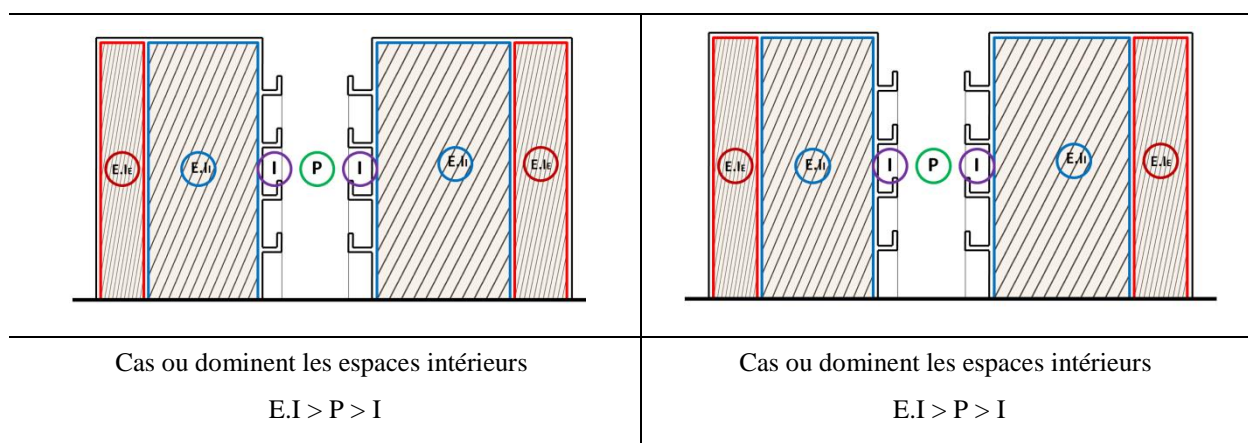
Tableau.6.14 : Caractéristiques des échantillons de bâtiments à patio sélectionnés.

Echantillon 1	
	
Il n'existe pas de zone d'espace intermédiaire $E.I > P > I$	Il n'existe pas de zone d'espace intermédiaire $E.I > P > I$
Echantillon 2	
	
Cas ou le patio est dominant $P > E.I > I$	Cas ou le patio est dominant $P > E.I > I$
Echantillon 3	
	
Cas ou le patio est dominant $P > EI > I$	Cas ou le patio est dominant $P > EI > I$

Echantillon 4



Echantillon 5



6.6.6. Les indicateurs morphologiques :

Les indicateurs morphologiques utilisés dans cette recherche permettent d'évaluer les environnements thermiques et lumineux à partir des caractéristiques de cette typologie de bâtiment et de son patio. Selon la revue de littérature, les importants ratios et indices morphologiques sont exclusivement choisis en relation avec la pénétration solaire et l'éclairage naturel.

a. Ratio Ouverture patio:

Le ratio de l'ouverture du patio est calculé à partir du rapport de la surface patio sur la surface totale en plan du bâtiment. Ce rapport nous permet de savoir l'importance de la taille du patio, son exposition au rayon solaire et la quantité de la lumière naturelle pénétrante.

$$\text{Ratio Ouverture patio} = \frac{\text{Surface au sol du patio}}{\text{Surface totale en plan du bâtiment}} \dots \quad (1)$$

b. Ratio d'aspect :

Une d'importantes considérations de l'efficacité d'un patio comme une canalisation de la nature, où le degré de l'ouverture au ciel, est d'une suprême importance.

$$\text{Ratio d'Aspect} = \frac{\text{Surface du sol du patio}}{(\text{Moyenne des hauteurs des murs entourant})^2} \dots \quad (2)$$

Plus le ratio d'aspect est grand, plus l'exposition du patio au ciel est grande. Cette exposition permet le réchauffement par le soleil le jour, le refroidissement par radiation du climat froid la nuit, et quelques pénétrations du vent (ratio d'aspect utilisé dans la conception de l'éclairage naturel trouvé dans Baker, Fanchiotti and steemers, 1993).

c. Indice d'ombre solaire

Inversement, l'indice d'ombre solaire examine l'exposition au soleil d'hiver.

$$\text{Indice d'ombre solaire} = \frac{\text{Hauteur du mur sud}}{\text{Largeur nord-sud du sol}} \dots \quad (3)$$

Quand l'indice d'ombre solaire est élevé, le plus profond est le puits formé par le patio, et moins le soleil d'hiver atteint le sol, ou même le mur Nord du patio. En dernier, le tableau ci-dessous résume les différents ratios déjà cités au-dessus des différents échantillons des bâtiments à patio sélectionnés.

Tableau.6.15: Ratios des différents échantillons sélectionnés.

	Echantillon 1	Echantillon 2	Echantillon 3	Echantillon 4	Echantillon 5
Ratio d'ouverture	31%	15%	22%	10%	7%
Ratio d'Aspect	2,97	4,09	2,69	0,37	0,16
Indice d'ombre solaire	0.21	0.42	0,60	1,41	2,38
Rapport ouvert/fermé	23,5	19,5	22,5	30,5	31,5
Ratio surface/volume	40%	20%	34%	9%	13%

6.7. Conclusion :

En général, l'objectif de ce chapitre est l'identification des caractéristiques morphologiques de l'architecture introvertie de notre cas d'étude, qui a pour but, de chercher à décortiquer la forme du bâtiment à patio, d'analyser son rapport aux conditions climatiques, et d'essayer de répondre à la question de la morphologie qui peut prendre l'architecture introvertie pour une meilleure adaptation thermo-lumineuse dans une région aride. Par conséquent, cette phase correspond à la description de la forme du bâtiment et à l'analyse de sa composition.

Des bâtiments à patio les plus représentatifs de l'architecture locale constituent nos échantillons de corpus d'étude. Ce dernier fera l'objet d'une campagne de mesure *in situ* dans des bâtiments à patio anciens et contemporains. Dans une zone aride caractérisée par un climat chaud et sec, cette campagne de mesure devrait couvrir des saisons extrêmes (hivernales et estivales).

Notre choix est effectué sur des configurations particulières à patios centraux, caractérisées par des morphologies différentes telles que : nombre d'étages, le style architectural, type de patio, différents ratios ...etc., mais aussi des patios de diverses particularités : arcades, galeries, végétation, eau, couleurs et textures des surfaces...etc. Le choix des bâtiments à patio a été fondé sur plusieurs critères morphologiques et fondements climatiques qui influencent le microclimat des espaces adjacents tels que : l'orientation, les hauteurs et la superficie des constructions, la présence de la verdure, des plans d'eau, des galeries et/ou passages couverts. Par la suite, établit un inventaire morphologique, calculent des ratios et indices de chaque échantillon, et tracer un protocole de mesure identique des campagnes saisonnières.

Les bâtiments à patio choisis représentent un certain nombre de critères appropriés à une telle évaluation bioclimatique, d'abord, ils se trouvent dans un climat aride, la valeur historique et architecturale des bâtiments représente l'objet de plusieurs investigations précédentes, chaque échantillon choisi représente des spécificités diacritiques qui le spécifient des autres, ce qui va engendrer des différents environnements et, par conséquent, des résultats pratiques et pertinents.

En totalité, cinq échantillons de bâtiments à patio sélectionnées seront les prototypes typiques pour des mesures mobiles multi-horaires. Une multiplication des stations de mesure à pour

objective de couvrir le maximum de variations des températures de l'air, de l'humidité relative et des éclairagements possibles, et cela pour toutes les campagnes de mesure.

L'analyse des caractéristiques morphologiques servira à identifier des codes de lecture à partir des constituants de la forme du bâtiment. Les paramètres calculés et analysés sont : le ratio ouverture patio, le ratio d'aspect, l'indice d'ombre solaire, le rapport ouvert/fermé. L'exploration des indicateurs morphologiques nous permet de saisir des particularités formelles qui contribuent à la compréhension et au décodage des impacts morpho-climatiques sur les qualités thermiques et lumineuses des espaces adjacents.

CHAPITRE VII
COMPAGNES DE MESURE IN SITU

Chapitre VII

COMPAGNES DE MESURE IN SITU

7.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à une évaluation quantitative de l'environnement thermique et lumineux à partir des valeurs des températures de l'air, de l'humidité relative et des niveaux d'éclairement obtenus *in situ*. Les résultats obtenus pendant une année de mesure *in situ* réalisée dans divers bâtiments à patio durant la saison estivale et hivernale sont sélectionnés sur une base de variations morphologiques, les échantillons de bâtiments à patio représentent différentes configurations construites durant des périodes distinctes. Les données obtenues seront traduites en graphes, comparées et analysées. L'objectif étant d'évaluer l'effet de la morphologie de ce type de bâtiment sur le microclimat.

La complexité des travaux de recherche *in situ* nécessite une investigation de longue durée pour tester la valeur bioclimatique des échantillons. Ces bâtiments de différentes morphologies engendrent des conditions thermiques et lumineuses spécifiques, qui seront examinés par le biais d'une enquête *in situ* et par l'extraction du maximum de stratégies et de techniques passives. Une comparaison des *inputs* (les caractéristiques morphologiques) et des *outputs* (l'environnement thermique et lumineux) des échantillons sélectionnés servira à étudier l'impact de la morphologie du bâtiment sur les environnements étudiés.

7.2. Objectifs des campagnes de mesures :

- Analyser et réinterpréter le rôle du bâtiment à patio dans une vision morpho-climatique ;
- Rétablir certains aspects morphologiques, en rapport aux conditions climatiques des zones arides ;
- Rechercher les exigences du confort d'une typologie spécifique des bâtiments introvertis ;
- Trouver des nouvelles approches sur l'introduction du patio en tant que générateur de conditions thermiques et lumineuses meilleures ;

7.3. Critères de choix des journées et des stations de mesure :

7.3.1. Choix des journées représentatives :

Les journées choisies sont les plus représentatifs des saisons hivernales et estivales. Les mesures sont prises a couvrir l'ensemble des journées représentatives :

- A 9h pour le début de la journée
- A 11h pour la mi-journée
- A 14h pour la soirée
- A 17h pour la fin de journée

Pour étudier l'environnement thermique et lumineux adjacent, Nous avons procédé à une répartition zonale suivant les différentes orientations, pour couvrir au maximum l'espace autour du bâtiment, de même pour l'ensemble des échantillons sélectionnés.

La période du monitoring estivale a duré 5 jours complets entre 26 et 30 juillet 2015 :

1. l'environnement thermique : analyser la variation de la température extérieure et intérieure des différents espaces : extérieur, patio, espace intérieur.
2. l'environnement lumineux : analyser la variation de l'éclairément dans les différents espaces : extérieur, patio, espace intérieur.

7.3.2. Choix des stations de mesure:

La difficulté majeure des campagnes *in situ* est de pouvoir sélectionner les stations de mesure les plus adéquates pour une lecture approfondie de la réalité des données de l'environnement thermique et lumineux. Notre choix s'est porté sur le centre du plan horizontal de chaque zone tout en variant la hauteur des stations.

La résolution du problème de la complexité de la propagation de la lumière dans le bâtiment nécessite une multiplication des points et des périodes de mesures. Les points localisés dans chaque espace sont respectés durant toute la campagne. On a choisi comme repaire de mesure le centre du patio et celui de chaque zone d'un espace intérieur selon les deux axes nord-Sud et Est-Ouest, ces axes sont importants pour évaluer l'impact thermique et lumineux du patio sur les espaces adjacents.

7.4. Collecte des données climatiques :

7.4.1. Mesure des températures d'air, d'humidité relative et des niveaux d'éclairement :

Les variations des niveaux d'éclairement (lux), des températures de l'air (°C), et des taux d'humidité relative (%). Ces grandeurs sont les plus importantes pour l'évaluation quantitative des environnements thermiques et lumineux des bâtiments à patio.

7.4.2. Traitement de données collectées :

Après l'achèvement de la campagne de mesure, nous avons procédé au calcul des moyennes suivantes :

1. Moyenne des éclairements des zones (patio, espace intérieur) :

$$E_{zone} = E_{p1} + E_{p2} \dots E_{pn}/N \dots \quad (1)$$

2. Moyenne des températures de l'air des zones (patio, espace intérieur) :

$$T_{zone} = T_{p1} + T_{p2} \dots T_{pn}/N \dots \quad (2)$$

3. Moyenne de l'humidité relative des zones (patio, espace intérieur) :

$$HR_{zone} = HR_{p1} + HR_{p2} \dots HR_{pn}/N \dots \quad (3)$$

3. les cumuls d'éclairements, des températures de l'air et de l'humidité relative de chaque échantillon :

$$\Sigma E_N = \Sigma E_{N1} + \Sigma E_{N2} + \dots + \Sigma E_{Nn} \dots \quad (4)$$

$$D'où : E_N = E_{zone1} + E_{zone2} \dots + E_{zone n} \dots \quad (5)$$

La variation entre les différents bâtiments est examinée, afin de suivre les variations des températures d'air et des éclairements entre les différentes zones du bâtiment. Une deuxième comparaison des résultats saisonniers par le calcul des moyennes des différentes zones des bâtiments, enfin une estimation globale des cumuls annuels.

7.5. Protocole des mesures *in situ* :

Tous les bâtiments à patio sélectionnés se situent dans le centre-ville de Biskra, les 5 échantillons de bâtiments à patio sont:

1. Ancien siège de la Daïra de Biskra :

- Situer dans le quartier du damier colonial

- Composé de 2 niveaux

- Disposé de 2 façades orientées Nord et Est

- Les surfaces verticales sont de couleur blanche
- Le patio a une forme rectangulaire
- Un seul rangé de galerie côté Est
- Une présence d'un bassin d'eau et de végétation sous forme d'arbre et

2. Ancien siège de l'APC :

- Un bâtiment de la période colonial
- Un bâtiment à 2 niveaux et de 4 façades, de couleur bleue claire
- Le patio est de forme carrée
- Des galeries tout autour sans végétation

3. Ecole des beaux-arts :

- Bâtiment de l'époque postcoloniale
- Bâtiment à 2 niveaux de 3 façades
- Le patio est de forme carrée
- Des galeries tout autour avec une présence de végétations

4. Nouveau siège APC :

- Un bâtiment contemporain de 5 niveaux et 4 façades,
- Le patio de forme rectangulaire
- Des galeries tout autour et sans végétation.

5. le bâtiment des laboratoires à l'université de Biskra :

- Un bâtiment contemporain de 5 niveaux et 4 façades
- Le patio de forme carrée

- Sans galeries et sans végétation.

Tous ces bâtiments de diverses morphologies ont été sélectionnés pour des campagnes de mesure saisonnières. L'objectif est d'évaluer les environnements thermiques et lumineux de ces échantillons.

7.5.1. Campagnes de mesure :

Les données recueillies au cours de l'été 2015 et l'hiver 2016 ont été obtenues sous des conditions extrêmes. Les étapes du déroulement des travaux sont les suivantes:

- Les mois et les jours choisis sont les plus représentatifs de leur saison (journées les plus chaudes et les plus froides).
- Les relevés sont réalisés grâce à des mesures mobiles. Tous les relevés ont été réalisés sous des conditions de ciel clair; ce dernier étant le plus dominant de l'année.
- La variation journalière la matinée (9h), mi-journée (11h), l'après-midi à (14h) et en fin de journée à (17h).
- Le centre du patio comme repaire de mesure.

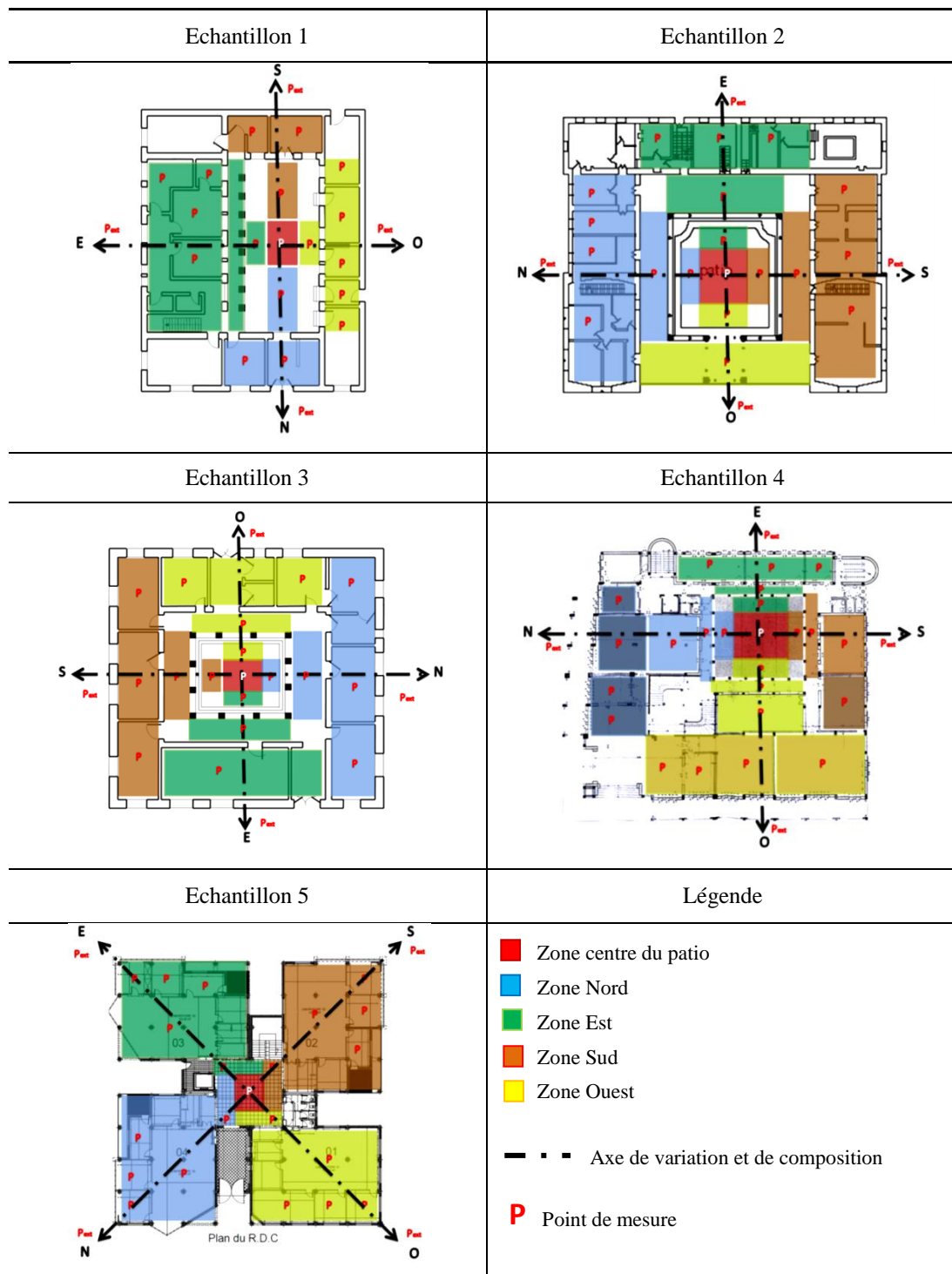
La période du monitoring a duré 5 jours en juillet 2015. Cette période représente une partie de la saison la plus chaude à Biskra. En hiver, la période choisie est de la même durée en février (du 1^{er} au 5) de l'année 2016. Il convient de noter que les bâtiments à patio étaient vacants pendant la période de suivi et que toutes les unités de climatisation, de chauffage et les appareils d'éclairage artificiel étaient éteintes.

7.5.2. Présentation des stations de mesure :

Le tableau ci-dessous montre l'emplacement des points de mesures à l'intérieur du bâtiment à patio en utilisant un appareil de mesure digital pour mesurer:

1. La température de l'air intérieur : mesuré à l'abri, à une hauteur de 1,50 m
2. L'humidité relative
3. Les niveaux des éclairages : mesurer à l'ombre au niveau du sol (considéré comme le dernier plan à recevoir et cumulant le rayonnement lumineux (direct/diffus du ciel/réfléchi des surfaces)).

Tableau.7.1 : Zonage et localisation des points de mesure.



Les deux axes d'orientation Nord-Sud et Est-Ouest nous semblent importants pour évaluer l'impact du patio sur les espaces adjacents. La facilité du repérage des stations *in situ* nécessite des éléments structurant à différentes échelles du bâtiment (Tab.7.1). Les points de mesures sont rangés de l'extrême Sud à l'extrême Nord (pareille pour l'axe Est-Ouest). Ce

choix se justifie par la composition formelle du bâtiment qui influence la variation des niveaux d'éclairage et les températures d'air.

7.5.3. Instrument de mesure :

L'appareil de mesure utilisé est un LM/FI 20, un instrument de mesure multifonctions combiné 4 en 1 : anémomètre, hygromètre, thermomètre et luxmètre (Fig.7.1). Il enregistre des valeurs minimales et maximales avec une haute précision (sans sonde). Les mesures du niveau d'éclairage naturel varient dans une gamme allant de 0 à 20 000 Lux ou 0 à 2 000 Fc (précision $\pm 5\%$ + 8 digits), en revanche, la gamme des mesures du thermomètre varie de -100 à +1300 °C (précision $\pm 1\%$ +1 °C).

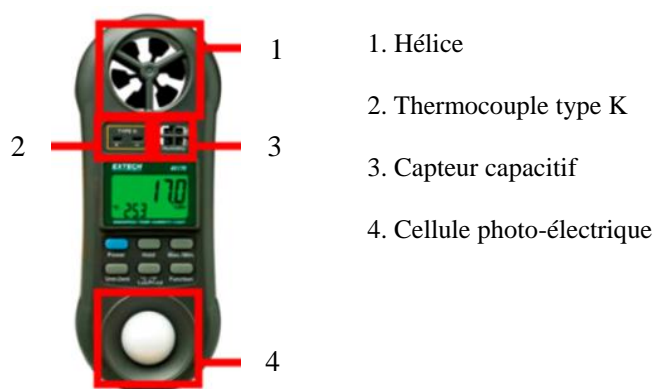


Figure.7.1: Appareil de mesure: un Thermo-Hygro-Anémo-Lux-mètre
(Source : www.franceenvironnement.com).

7.5.4. Résultats des campagnes de mesure:

Le tableau ci-dessous résume les valeurs maximales et minimales enregistrées pendant les campagnes de mesure : températures d'air, niveaux d'éclairage, et humidité relative.

Tableau.7.2 : Valeurs minimales/maximales enregistrées (Toutes les campagnes de mesure).

	Températures d'air (°C)	Niveaux d'éclairage (Lux)	Humidité relative (%)
Valeur minimale au patio	14,2	164	16,9
Valeur maximale au patio	41,5	19090	38,9
Valeur minimale à l'extérieur	14,2	374	14,4
Valeur maximale à l'extérieur	43,4	19200	41,3
Valeur minimale Dans les espaces intérieurs	15,1	12	15,6

Valeur maximale			
Dans les espaces intérieurs	40,6	1171	50,3

7.5.5. Traitement des valeurs mesurées :

Après l'achèvement de la campagne de mesure des deux saisons, nous avons procédé à l'évaluation quantitative des températures, de l'humidité relative et des niveaux d'éclairements obtenus *in situ*. L'évaluation fondée sur le zoning et l'axialisation selon les différentes orientations permet d'évaluer et d'étudier l'éclairage naturel des bâtiments à patio, cette méthode déterminera plus tard les conditions, les besoins et le contrôle de l'environnement lumineux. Les mesures étaient traduites en graphe, et comparées sur plusieurs différentes variations, qui par la suite offrent une vision plus détaillée de l'environnement thermique et lumineux des bâtiments étudiés. La comparaison mettra en évidence l'impact de différentes caractéristiques morphologiques du patio sur le microclimat thermique et lumineux des espaces adjacents dans chaque échantillon.

7.6. Analyse des résultats des campagnes de mesure :

7.6.1. Echantillon 1 - Siège de la Daïra :

a. Campagne estivale :

- l'environnement thermique :

Il est clair qu'à 14h l'heure la plus chaude de la journée, une analyse primaire des valeurs des températures et de l'humidité relative et des éclairements collectés pendant une journée représentative d'été. Le bâtiment 1 avec ses caractéristiques morphologiques spécifiques à un faible impact sur les valeurs des températures d'air et d'humidité. La température maximale enregistrée est de 43°C à l'extérieur tandis que la température maximale dans le patio est de (41,5°C) et enfin une température maximale a l'intérieur du bâtiment de 41,9°C à l'étage dans la zone Nord (Fig.7.2).

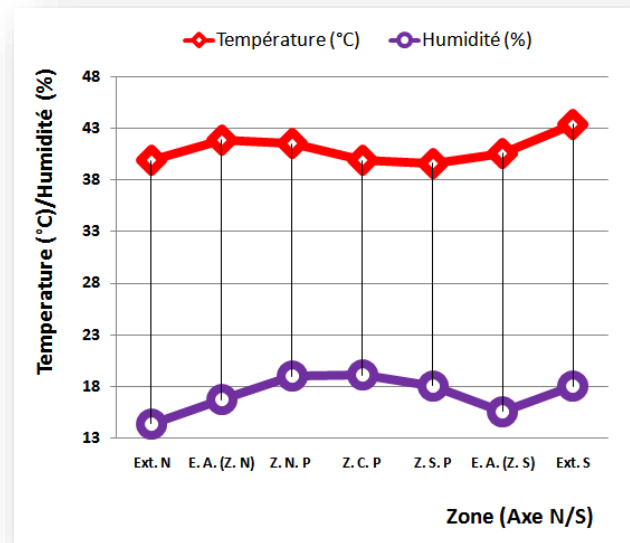


Figure.7.2: Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon1).

Pour les valeurs des HR, elles sont élevées au début de la journée surtout dans le patio avec une présence dense de végétation et de l'eau (sous forme d'un petit bassin), la valeur maximale enregistrée à 9h00 dans les espaces intérieurs (zone Ouest). Dans les heures avancées de la journée les valeurs du HR diminuent, elles atteignent des valeurs très basses de 15,6% dans les espaces intérieurs de la zone Sud.

- L'environnement lumineux :

En été, il est évident que les niveaux d'éclairement pendant la saison estivale sont les plus élevés et intenses de l'année. L'environnement lumineux nécessite une régularisation des valeurs élevées des éclairagements extérieurs, la figure 3 démontre que les valeurs des éclairagements extérieurs sont très élevées avec des valeurs de 17760 lux Nord et 11170 lux, tandis que les valeurs dans les espaces intérieurs du bâtiment sont de 967 lux et 654 lux, et qui présentent des valeurs au-dessus de la norme minimale recommandée de 500 lux pour un espace de travail.

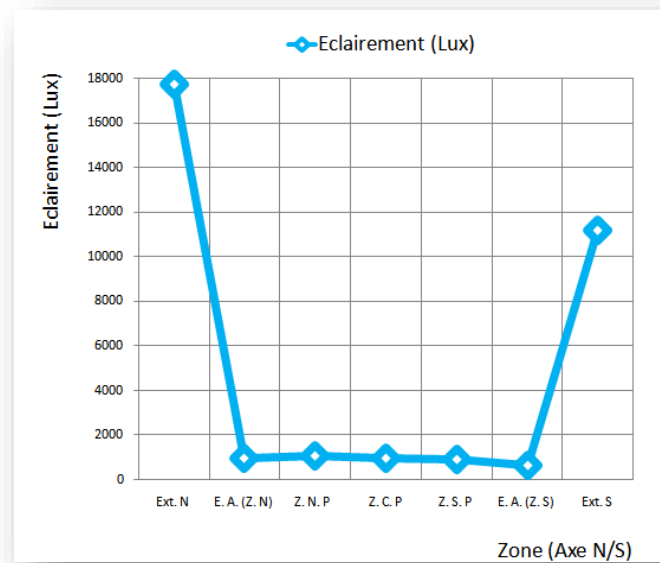


Figure.7.3 : Variations des niveaux d'éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 1).

Les galeries du côté Est et Nord font face au rayon solaire incident de l'Ouest et du Sud. Les arbustes plantés au côté Ouest procurent de l'ombrage au patio et des surfaces verticales. L'utilisation des plantes grimpantes collées aux murs du patio minimise l'exposition directe aux rayons solaires, et tard le transfère de la chaleur à travers les surfaces verticales. L'ouverture et la couleur blanche des murs du patio participent à l'éclairage du patio et des espaces intérieurs adjacents et procurent les niveaux d'éclairage demandés.

b. Compagne hivernale :

- l'environnement thermique :

En hiver, réchauffer le bâtiment est l'objectif principal. On remarque (fig.7.4) que les températures d'air, enregistré lors de la compagne de mesure hivernale, sont maintenues à des degrés similaires dans les trois zones, varie entre 23°C et 25°C.

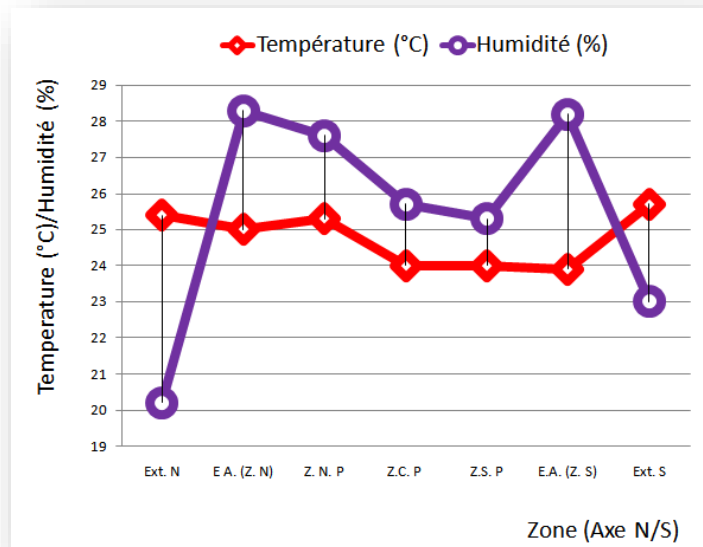


Figure.7.4 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 1).

- L'environnement lumineux :

En hiver, l'environnement lumineux de l'échantillon 1 semble mal éclairé, les niveaux d'éclairage extérieur et du patio sont plus élevés que ceux des espaces intérieurs, malgré la disponibilité de la lumière naturelle à l'extérieur, le système d'éclairage naturel dans cet échantillon n'arrive pas à procurer un éclairage naturel suffisant à l'intérieur. Plusieurs facteurs influence les niveaux d'éclairage: type d'éclairage utilisé (unilatéral, bilatérale...etc.), rapport ouvert/fermé, la présence de la végétation (Fig.7.5).

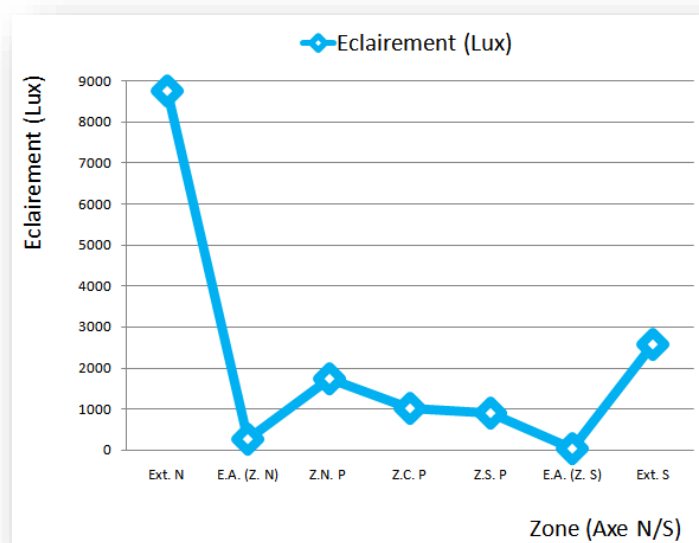


Figure.7.5 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 1).

7.6.2. Echantillon 2 - ancien siège APC:

a. Campagne estivale :

- L'environnement thermique :

Le bâtiment 2 semble moins protéger du soleil d'été, une absence de variation entre les températures des zones (extérieur, patio et espaces intérieurs) et qui varient entre 40°C, 39°C et 37°C (Fig.7.6). La présence des espaces intermédiaires au niveau du R.D.C offre une faible protection au patio et aux surfaces environnantes.

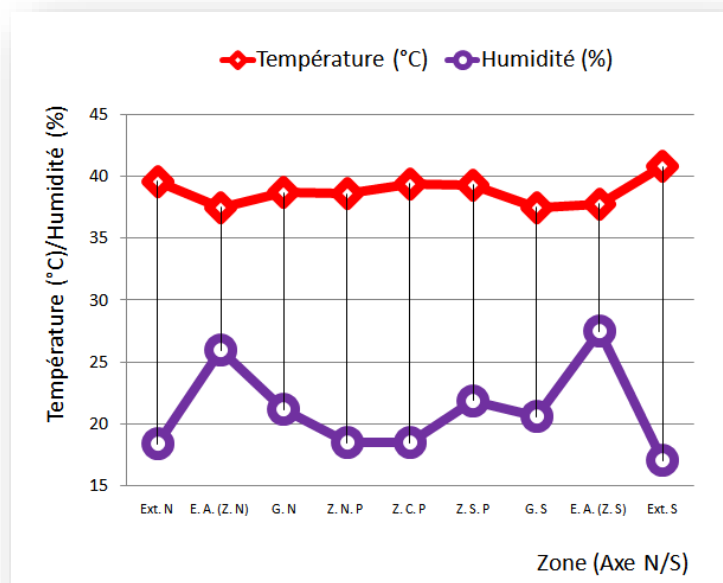


Figure.7.6 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 2).

- L'environnement lumineux :

Pour ce bâtiment, l'environnement lumineux semble mal éclairé à l'intérieur tandis que l'éclairage extérieur est très élevé. Des valeurs d'éclairages extérieurs de plus de 11000 lux par contre l'éclairage des espaces intérieurs ne dépasse pas les 400 lux (Fig.7.7).

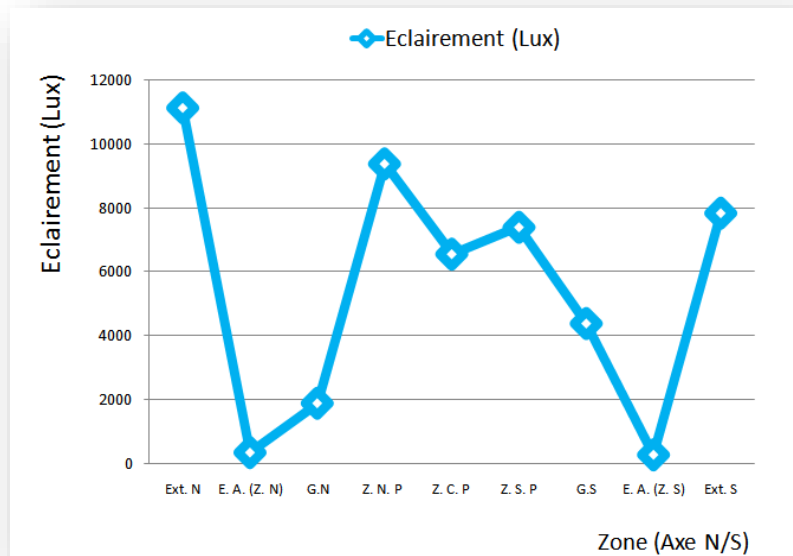


Figure.7.7 : Variations des niveaux d'éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 2).

Malgré la symétrie dans la composition de ce bâtiment, on observe que le côté ouest est sans espaces intérieurs, d'où l'emplacement de l'entrée principale au milieu des arcades à deux niveaux avec des plantes grimpantes, tous ces dispositifs ont procuré : de l'ombre, l'humidification, la ventilation, et l'éclairage naturel même en fin de journée.

b. Compagne hivernale :

- l'environnement thermique :

Dans le bâtiment 2, les températures de l'air enregistrées en hiver varient entre 26°C (Fig.7.8). La présence des espaces intermédiaires uniquement dans le R.D.C expose le patio au soleil et provoque du réchauffement qui se transmet dans les espaces adjacents durant la journée.

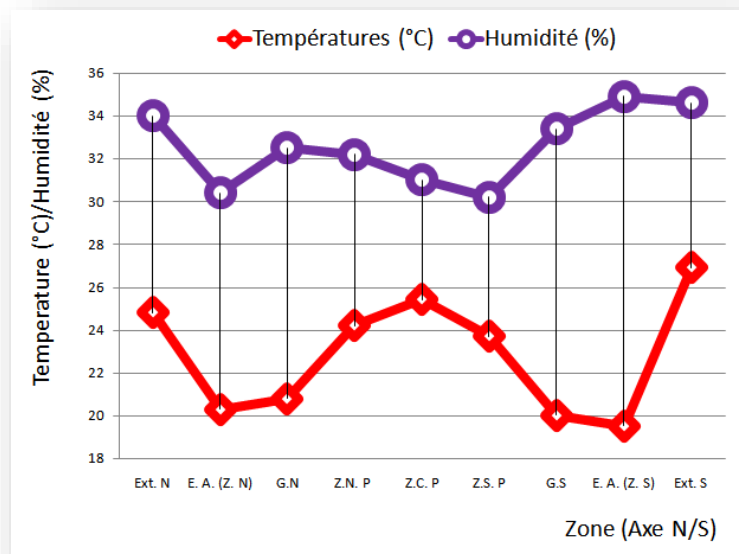


Figure.7.8 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 2).

- L'environnement lumineux :

Dans ce bâtiment à deux étages, des niveaux d'éclairage qui dépassent les 1000 lux au patio même sous les arcades du RDC, ce qui offre une grande possibilité d'éclairer naturellement les espaces intérieurs, mais malheureusement le système d'éclairage utilisé (la taille des ouvertures côté patio) n'offrent pas un éclairage suffisant pour les espaces intérieurs avec des valeurs de 180 lux aux 350 lux (Fig.7.9).

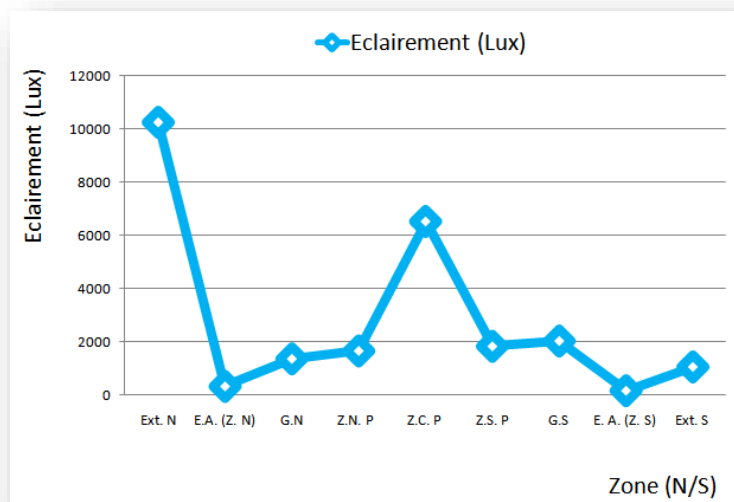


Figure.7.9 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 2).

7.6.3. Echantillon 3 - Ecole des beaux-arts :

a. Campagne estivale :

- L'environnement thermique :

Dans le bâtiment 3 à un niveau, réduire les températures extérieures élevées est difficilement aboutis, des valeurs approximatives de température de l'air enregistré à l'extérieur (37 °C et 38°C) de 37°C au patio, tandis qu'elles sont un peu plus moins dans les espaces intérieurs, qui variés entre 33 et 35°C.

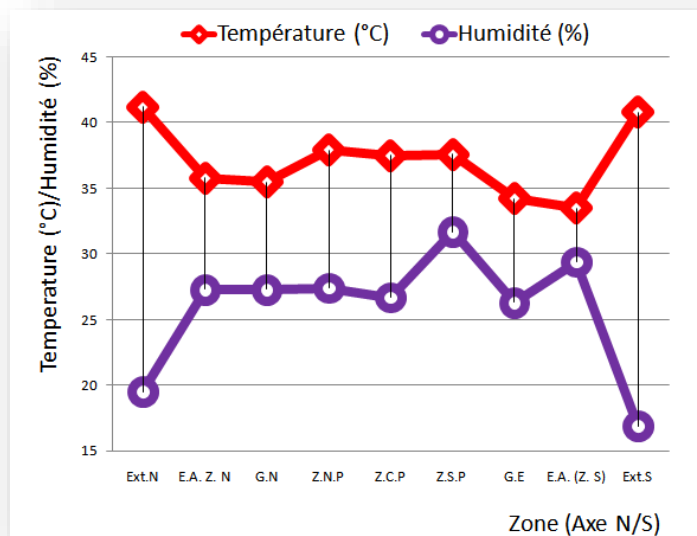


Figure.7.10 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 1).

- L'environnement lumineux :

Cet échantillon d'un seul niveau, les espaces intérieurs sont bien éclairés, puisque les niveaux d'éclairage enregistrés dépassent la norme internationale (500 lux de référence) et varient de 700 lux aux 900 lux. Tandis que les autres zones (patio, espace intermédiaire, extérieur) sont très éclairées avec des valeurs d'éclairage qui dépassent les 1000 lux (Fig.7.11).

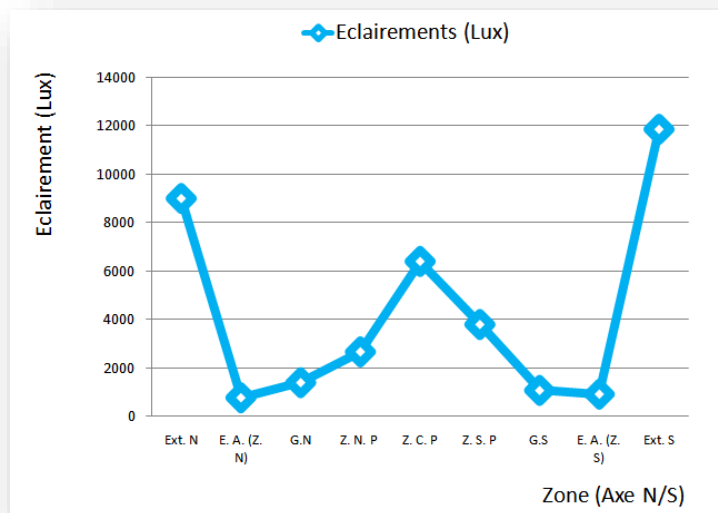


Figure.7.11 : Variation des niveaux d’éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 3).

b. Compagne hivernale :

- l’environnement thermique :

Le patio du bâtiment à un seul niveau régule thermiquement ces espaces adjacents, la valeur de la température de l’air enregistrée dans le patio est de 25°C, et qui dépassent celles enregistrées à l’extérieur qui varient entre 23 et 24°C. Une observation aussi importante liée au bâtiment à patio qui révèle que cette morphologie introvertie est assez hivernale qu’estivale, le patio est un espace bioclimatique qui réagit inversement à des facteurs climatiques extrêmes (Fig.7.12).

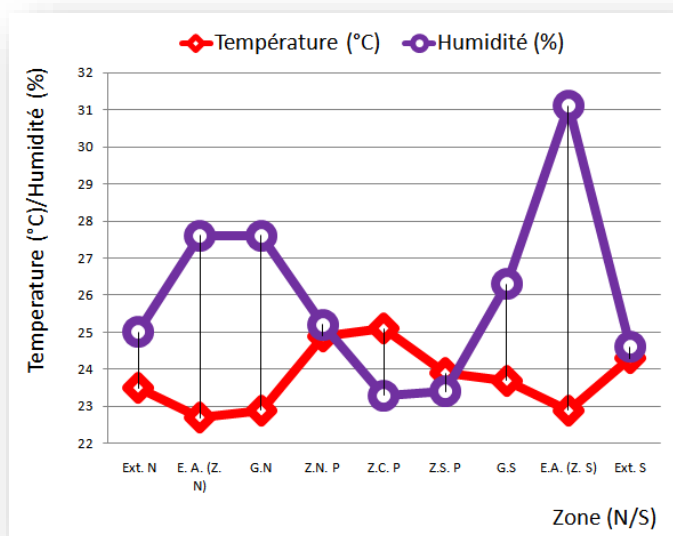


Figure.7.12 : Variations hivernales des températures de l’air et d’humidité relative (Axe N/S - Echantillon 3).

- L'environnement lumineux :

La concentration des éclairagements dans la zone centrale du patio (15170 lux), qui dépasse même l'éclairage extérieur de 9800 lux au Nord, un cumul de rayon lumineux composé de tout sort de source: direct du soleil, diffuse, réfléchi des surfaces blanches. Les patios peu profonds réfléchissent les éclairagements à des niveaux très élevés (Fig.7.13).

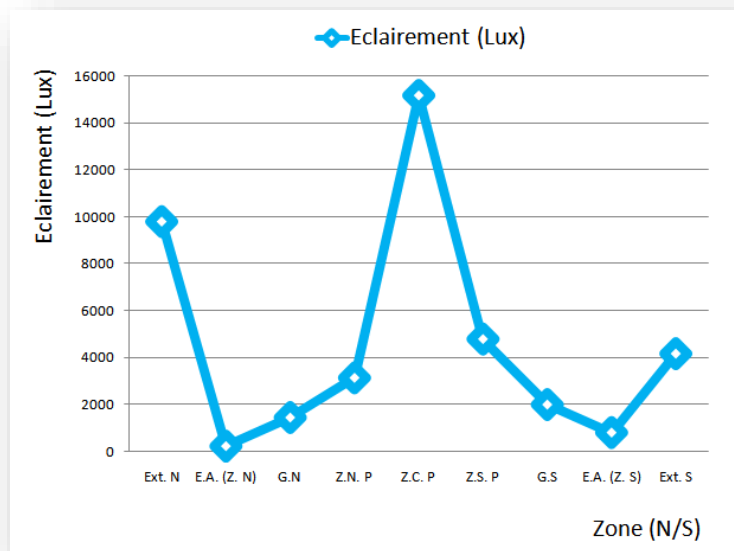


Figure.7.13 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 3).

7.6.4. Echantillon 4 - Nouveau siège APC :

b. Compagne estivale :

- l'environnement thermique :

L'environnement thermique dans le bâtiment 4 semble plus adapter à notre contexte, les températures modérées à cause des dispositifs de protection intérieure et extérieure. Pour l'extérieur, la présence des arcades diminue d'une manière significative les températures de l'air estivales du 37°C sans protection contre 34°C sous arcades. Dans le patio, les températures de l'air enregistrées sont de 37°C malgré la profondeur, qui signifie que le ratio d'ouverture de 10% et le ratio d'aspect de 0,37 ont un impact dans le contrôle thermique du bâtiment à patio. Les températures de l'air des espaces intérieurs ne diffèrent pas de ceux du patio et qui variées entre 35°C à 36°C (Fig.7.14).

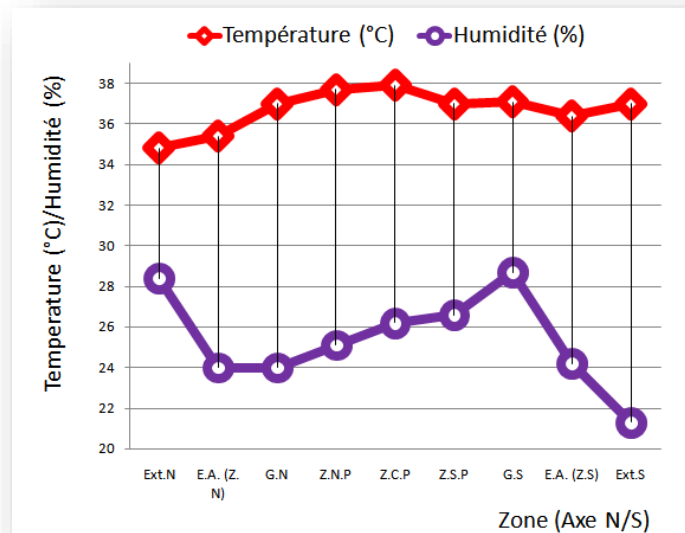


Figure.7.14 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 4).

- L'environnement lumineux :

L'éclairage naturel des espaces intérieurs dans ce bâtiment à patio profond diffère selon leurs positions par rapport au patio, pour ceux qui bénéficient d'un éclairage naturel bilatéral ou d'un seul côté vers l'extérieur l'éclairage naturel, dans ce cas, est suffisant varié de 450 lux à 580 lux, tandis que ceux qui sont de face du patio, surtout qui se trouvent dans les niveaux inférieurs, d'où les éclairagements sont très bas d'une valeur de 200 lux (Fig.7.15).

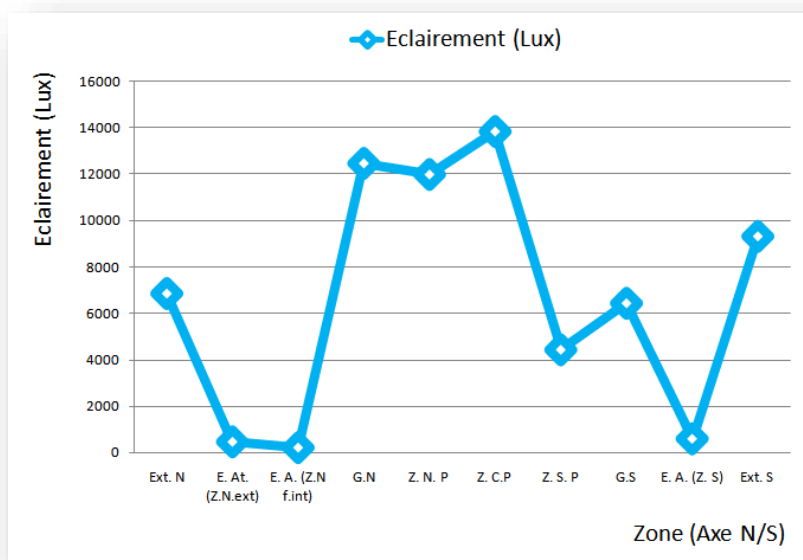


Figure.7.15 : Variations des niveaux d'éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 4).

b. Campagne hivernale :

- l'environnement thermique :

Le bâtiment 4 de plusieurs niveaux, avec des valeurs de températures de l'air similaires très basses enregistrées pendant la campagne hivernale, ces valeurs des températures de l'air varient entre 18°C et 19 °C dans les différentes zones qui composent et entour le bâtiment (Fig.7.16). Le patio profond régularise parfaitement les températures.

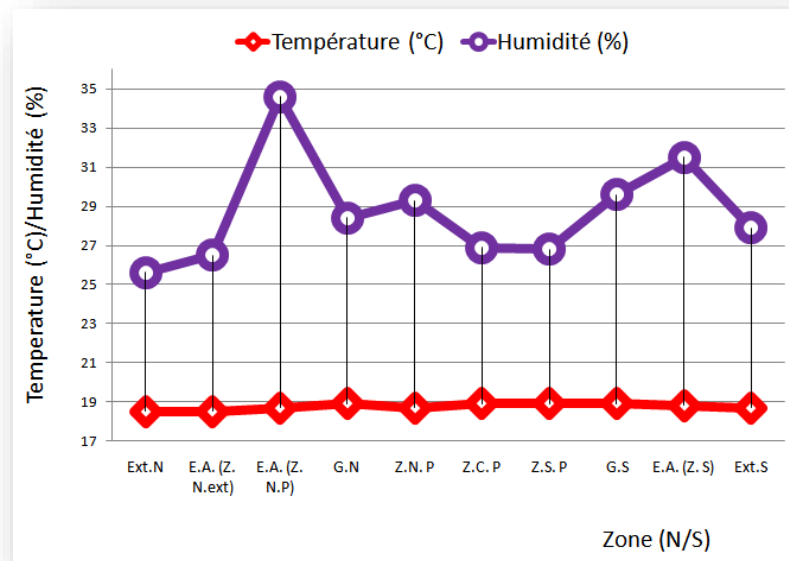


Figure.7.16 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 4).

- L'environnement lumineux :

Similairement à leur impact sur l'environnement thermique, les patios profonds ont un impact indésirable sur l'environnement lumineux, les niveaux d'éclairage diminuent d'une manière remarquable dans les étages inférieurs du bâtiment (Fig.7.17).

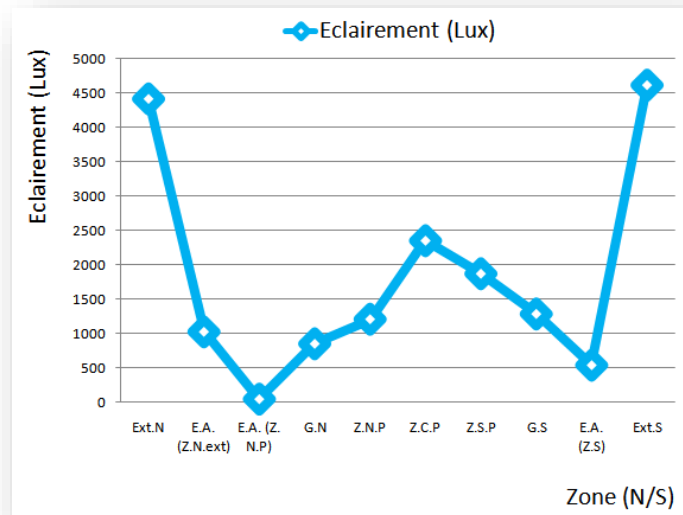


Figure.7.17 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 4).

7.6.5. Echantillon 5 - Bloc des laboratoires à l'université de Biskra:

a. Compagne estivale :

- l'environnement thermique :

En été, ce bâtiment 5 avec une morphologie extravertie et un ratio ouvert/fermé élevé et un patio étroit et profond semble incapable à diminuer les températures de l'air extérieures. En outre, des gains thermiques significatifs à travers les surfaces vitrées dû à l'exposition solaire pendant la journée surtout à travers les surfaces Sud (Fig.7.18).

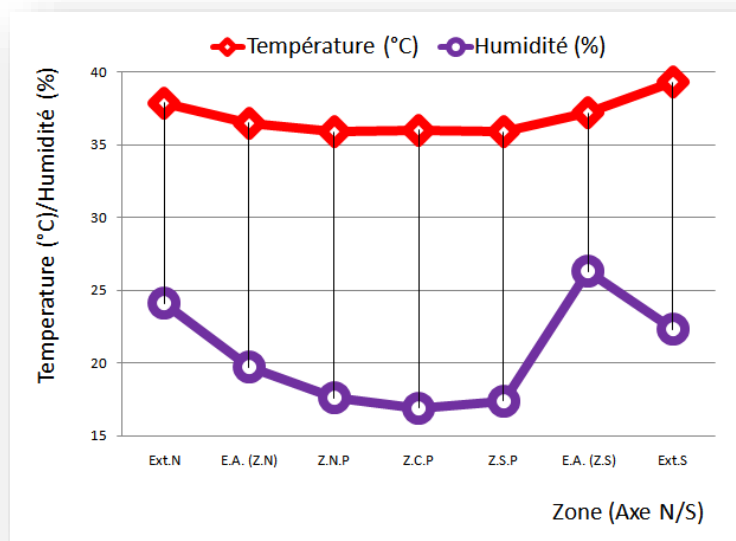


Figure.7.18 : Variations estivales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 5).

- L'environnement lumineux :

Malgré le ratio ouvert fermé élevé, les espaces intérieurs sont très mal éclairés surtout qui se trouvent aux niveaux inférieurs, d'où les niveaux d'éclairage sont très faibles entre 60 lux et 80 lux pour l'orientation nord (Fig.7.19).

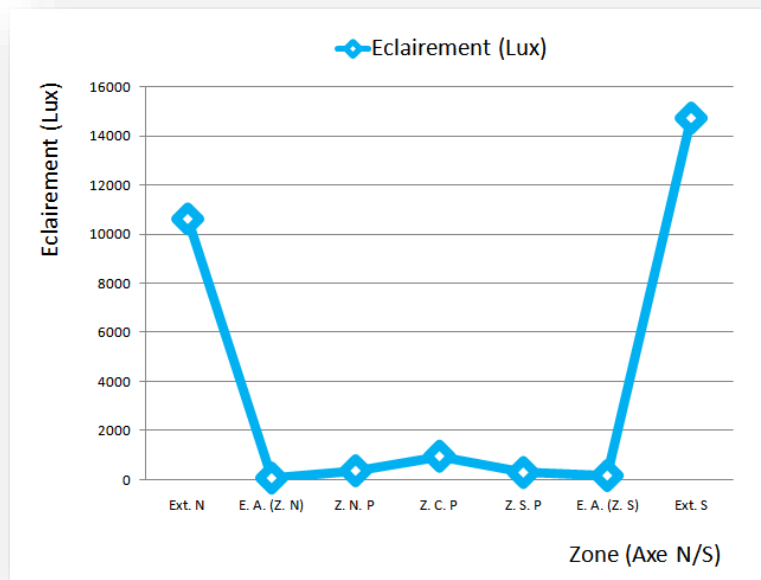


Figure.7.19 : Variations des niveaux d'éclairage estivaux (Axe N/S - Echantillon 5).

b. Campagne hivernale :

- l'environnement thermique :

Dans ce 2^{ème} échantillon de 5 niveaux, avec un pourcentage ouvert/fermé élevé et un ratio d'ouverture patio très bas, arrive à modérer thermiquement les espaces intérieurs par des gains solaires à travers les surfaces verticales extérieures vitrées, le patio profond étroit minimise la déperdition thermique en hiver.

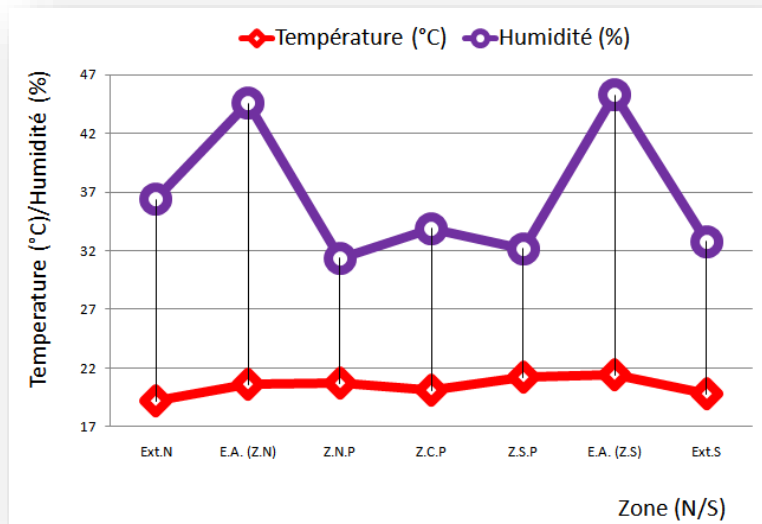


Figure.7.20 : Variations hivernales des températures de l'air et d'humidité relative (Axe N/S - Echantillon 5).

- L'environnement lumineux :

Comme ce bâtiment présente la morphologie à la fois introvertie et extrovertie avec un pourcentage ouvert/fermé élevé, il offre un éclairage naturel assez suffisant pour les espaces intérieurs. Malgré la profondeur du patio, les niveaux inférieurs sont aussi bien éclairés avec des niveaux d'éclairage qui dépasse la norme (de 500 lux) (Fig.7.21).

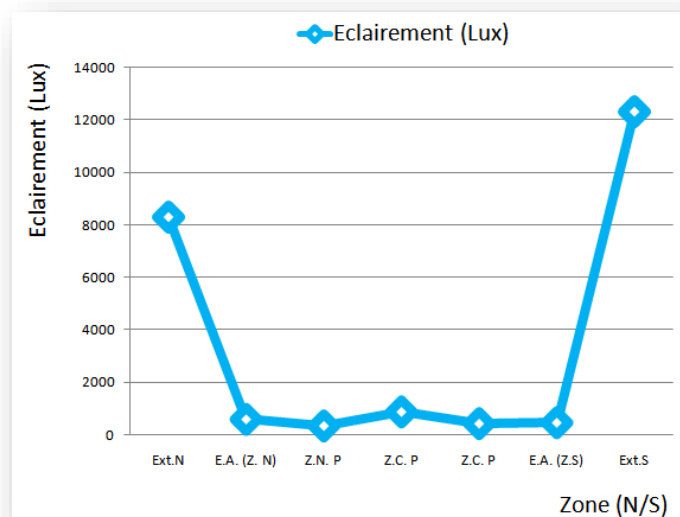


Figure.7.21 : Variations des niveaux d'éclairage hivernaux (Axe N/S - Echantillon 5).

7.7. Analyse des variations thermo-lumineuses :

7.7.1. Analyse des variations thermo-lumineuses entre les différents patios :

Une analyse première, infirme que les différents patios des échantillons sélectionnés engendrent des environnements thermiques et lumineux spécifiques. Les résultats obtenus des compagnes de mesure démontrent qu'il existe de larges différences entre les bâtiments à un niveau et ceux de plusieurs niveaux (Fig.7.22).

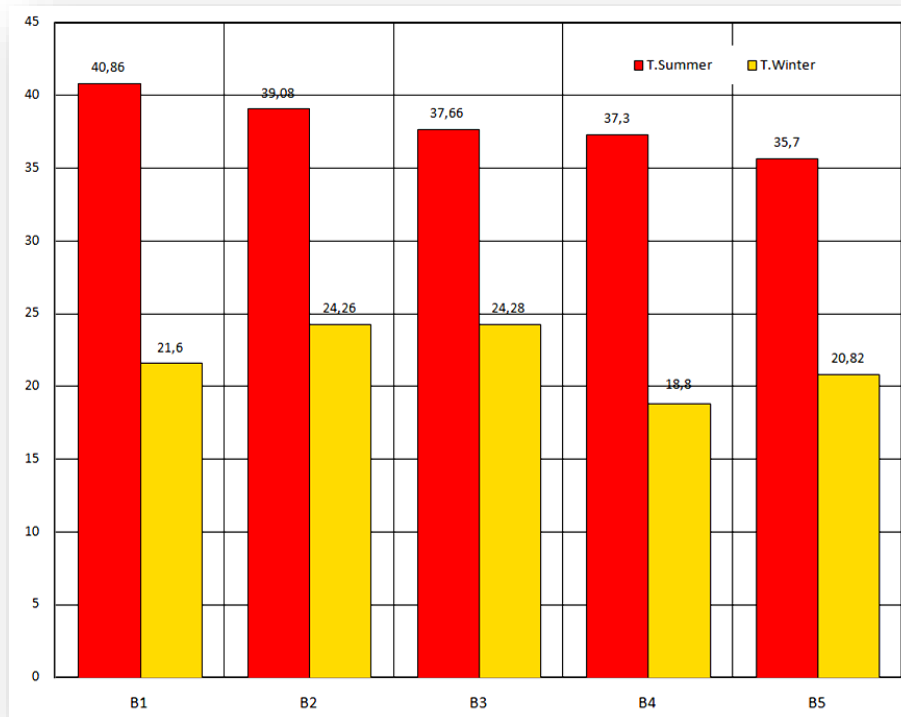


Figure.7.22 : Les variations saisonnières des températures de l'air (Tous les patios).

On observe clairement que les patios des bâtiments à un et à deux niveaux sont ceux les plus chauds, dû à l'ensoleillement, tandis que les bâtiments à plusieurs niveaux avec des patios profonds sont les moins chauds, cela est dû à la profondeur qui joue un rôle prépondérant en été mais pas pour la saison hivernale d'où le réchauffement est souhaitable. En ce qui concerne l'environnement lumineux, celui-ci semble plus complexe que l'environnement thermique, puisque la lumière naturelle est très sensible au phénomène du réfléchissement des surfaces, encore ici en marque l'effet de la profondeur du patio, plus le patio est profond plus les niveaux d'éclairément diminués, à l'exception de quelques réfléchissements qui franchissent cette règle (Fig.7.23).

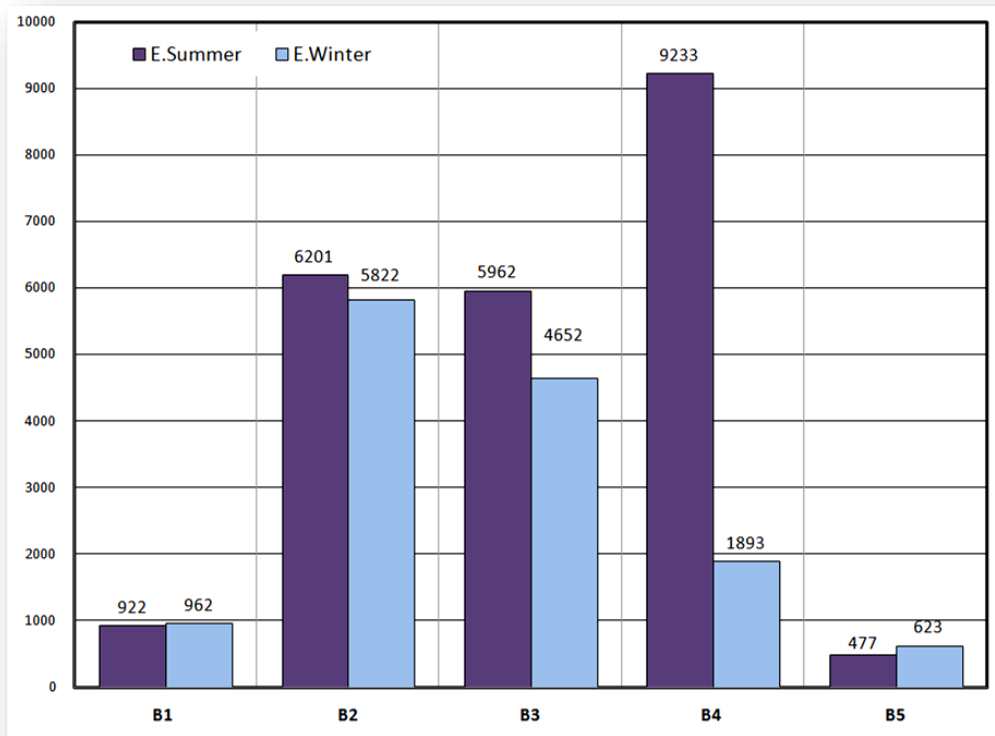


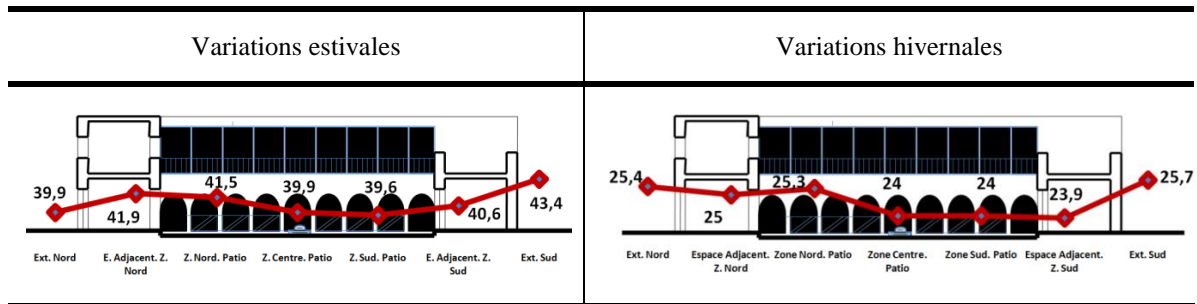
Figure.7.23 : Les variations saisonnières des éclairements (Tous les patios).

En ce qui concerne la température, plus le patio est profond, moins il est exposé au soleil d'été, moins les espaces intérieurs du bâtiment sont thermiquement régulés. La profondeur du patio répond à la plupart des objectifs bioclimatiques d'été. D'une part, la température diminue continuellement avec la profondeur du patio, en revanche, la profondeur a un effet inverse sur les températures en hiver. D'autre part, la profondeur a un impact remarquable sur l'environnement lumineux, nous avons remarqué que les quantités de lumière naturelle restent élevées même dans des bâtiments à patio profond ; en raison des ratios d'ouverture et d'aspect élevés.

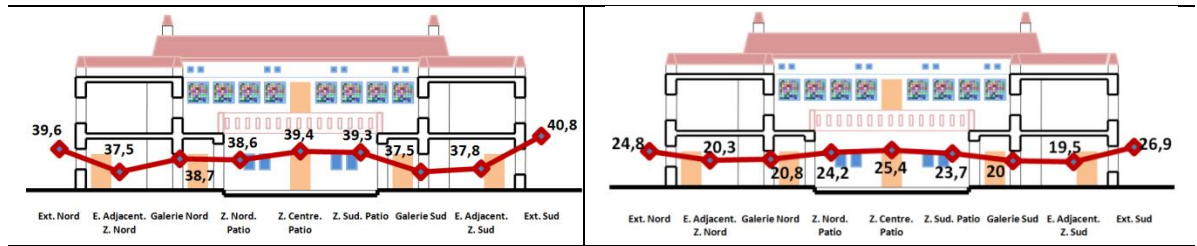
7.7.2. Analyse des variations thermo- lumineuses entre les échantillons :

L'analyse des variations des températures le long des axes Nord-Sud et Est-Ouest est fondée par la superposition des graphes de variations thermiques et lumineuses sur des sections verticales des bâtiments, cette technique permet d'évaluer judicieusement les changements des températures de l'air et des niveaux d'éclairément des trois zones qui composent un bâtiment à patio : l'extérieur, le patio et les espaces intérieurs. Cette superposition permettra aussi de faire une lecture des variations de température ambiante et des niveaux des éclairéments par rapport aux caractéristiques morphologiques des bâtiments à patio.

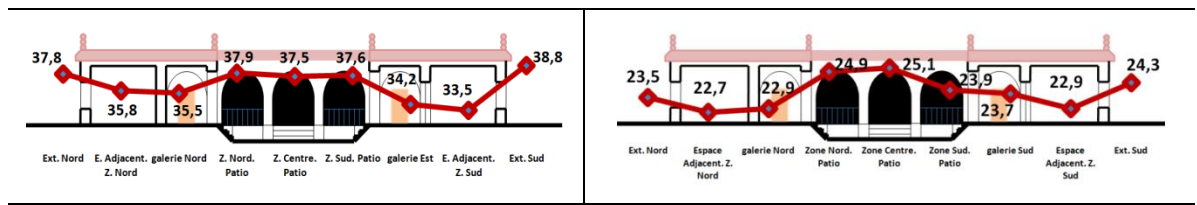
Tableau.7.3: Profils de températures ambiantes hivernales et estivales dans les cas d'étude.



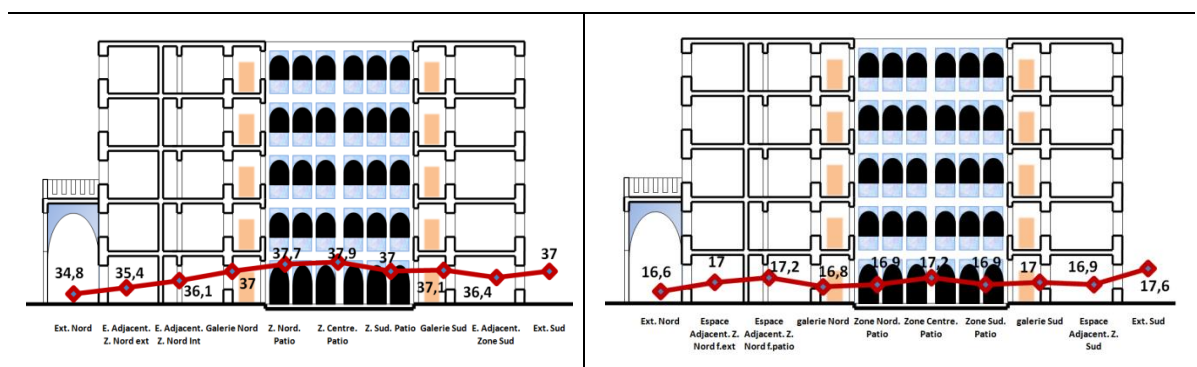
Profils saisonniers des températures d'air (échantillon 1)



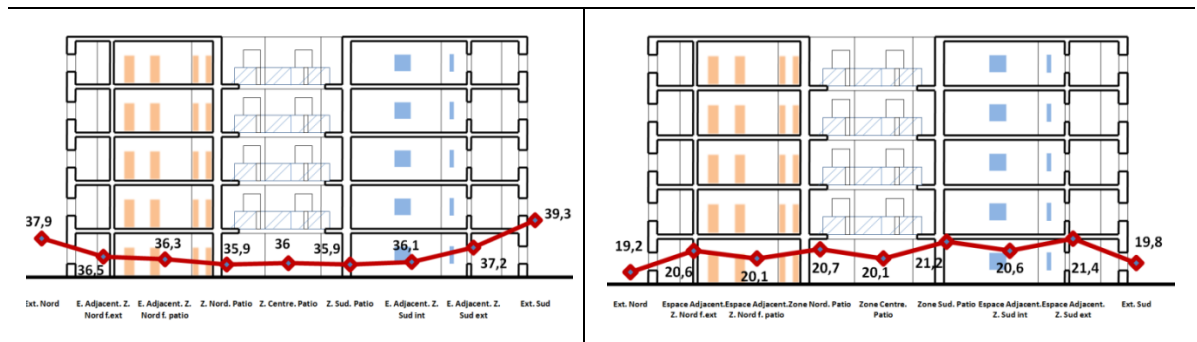
Profils saisonniers des températures d'air (échantillon 2)



Profils saisonniers des températures d'air (échantillon 3)



Profils saisonniers des températures d'air (échantillon 4)



Profils saisonniers des températures d'air (échantillon 5)

L'analyse des données recueillies nous a permis de clarifier l'impact morphologique du bâtiment à patio sur les variations des températures et des niveaux d'éclairément entre la trilogie zonale: patio/espaces intérieurs/extérieurs (Tableaux 7.3 et 7.4).

En général, la différence entre les températures de l'air enregistrées à l'extérieur du bâtiment et le centre du patio est de moins de 3°C. Le patio arrive à maintenir des températures agréables à l'intérieur, c'est ainsi le cas des espaces adjacents, ces derniers possèdent des températures approximatives de celles du patio, cela dépend de l'orientation. La présence du patio permet des gains solaires en hiver même à la fin de journée pour les espaces orientés Nord et Est.

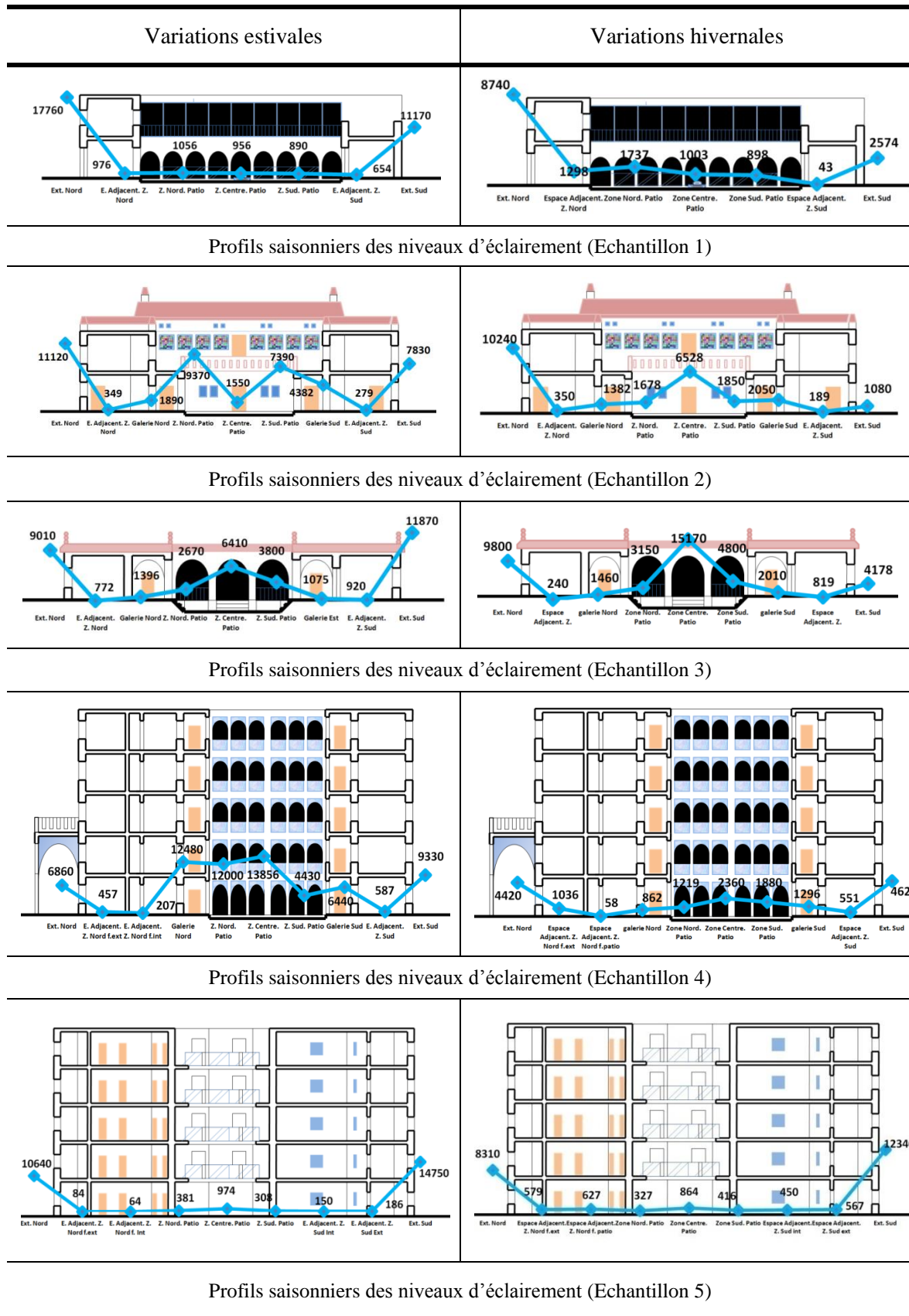
Dans le cas du bâtiment à RDC le patio se réchauffe au contraire à la saison estivale, en effet, le bâtiment à patio est en mutation interactive selon la saison. En été, il se refroidit et l'hiver se réchauffe, nous pouvons juger que le bâtiment à patio est une morphologie bioclimatique du sens premier du mot.

Dans un bâtiment, le patio pourrait contrôler les environnements thermiques et lumineux; Il refroidit les espaces adjacents en été et les réchauffe en hiver. Les températures diminuent, de façon hiérarchique, de l'extérieur vers l'intérieur, en particulier pour les patios possédant des espaces intermédiaires. En raison de la domination du patio ($P > EI > I$), les échantillons 2, 3 et 4 répondent aux objectifs estivaux et hivernaux, tandis que le bâtiment 5, avec une forme extravertie et un patio profond et étroit, semble inadapté à des températures élevées.

Eclairer un bâtiment semble plus facile de l'extérieur que par le biais d'un patio, mais les avantages d'éclairer par un patio sont :

- Doubler les possibilités d'éclairage naturel
- Une meilleure protection solaire par : des galeries, des arcs, des auvents et des couloirs... etc.
- Un large choix de positions et de tailles d'ouverture et d'orientation
- Introduction de la végétation et de l'eau à l'intérieur du bâtiment
- Diversité des formes.
- Offrir des éclairéments de plus au début et à la fin de journée.

Tableau.7.4: Profils des niveaux d'éclairage des échantillons sélectionnés (Eté/Hiver).



7.7.3. Interprétation des résultats :

1. Le bâtiment à patio central est un des modèles architecturaux qui possèdent un "self-control". Ce type de bâtiment s'adapte avec des conditions climatiques extrêmes. En été, il se refroidit. Par contre, en l'hiver il se réchauffe. Le bâtiment à patio présente une morphologie bioclimatique idéale pour le climat aride.
2. Il est à noter qu'il est plus facile d'éclairer naturellement un bâtiment de l'extérieur qu'à travers un patio. Les avantages d'éclairer par le patio demeurent dans l'utilisation des stratégies de protection solaire par : des espaces intermédiaires (galeries, arcades, passages ou des auvents), la végétation, choix de l'orientation, de la position et la taille des ouvertures.
3. La profondeur du patio joue un rôle prépondérant pour l'environnement thermique et lumineux.
4. En été, les espaces intérieurs des niveaux supérieurs sont les plus exposés à l'ensoleillement; l'ouverture du patio offre l'avantage de réduire la surface de la toiture.
5. Dans le cas de domination des espaces intérieurs, le patio aura moins d'impact sur l'environnement thermique et lumineux adjacent.
6. Afin de créer un environnement thermique et lumineux adéquat selon les rapports dimensionnels, la formule favorisée pour la trilogie : patio/espaces intérieurs/espace intermédiaire, serait ($P=E=I$) ; traduite morphologiquement par un équilibre proportionnel entre ces trois zones qui forment le bâtiment à patio.

7.8. Bilan thermique et lumineux :

Des bilans thermiques et lumineux saisonniers ont été établis pour mieux saisir l'importance de la spécificité de ce dispositif spatial et évaluer l'impact du patio sur l'environnement thermique et lumineux des espaces adjacents.

7.8.1. Bilan thermique et lumineux estival :

La moyenne des valeurs mesurées est calculée par les moyens globaux de chaque zone. L'environnement thermique et lumineux des bâtiments à patio se déchiffre distinctement dans chaque échantillon et entre les saisons, en raison de : la position du soleil, les températures de l'air et de l'intensité lumineuse et bien sûr des caractéristiques morphologiques du bâtiment. Le bâtiment 4 est le plus efficace et répond aux besoins des environnements thermiques et lumineux estivaux (Fig.7.24).

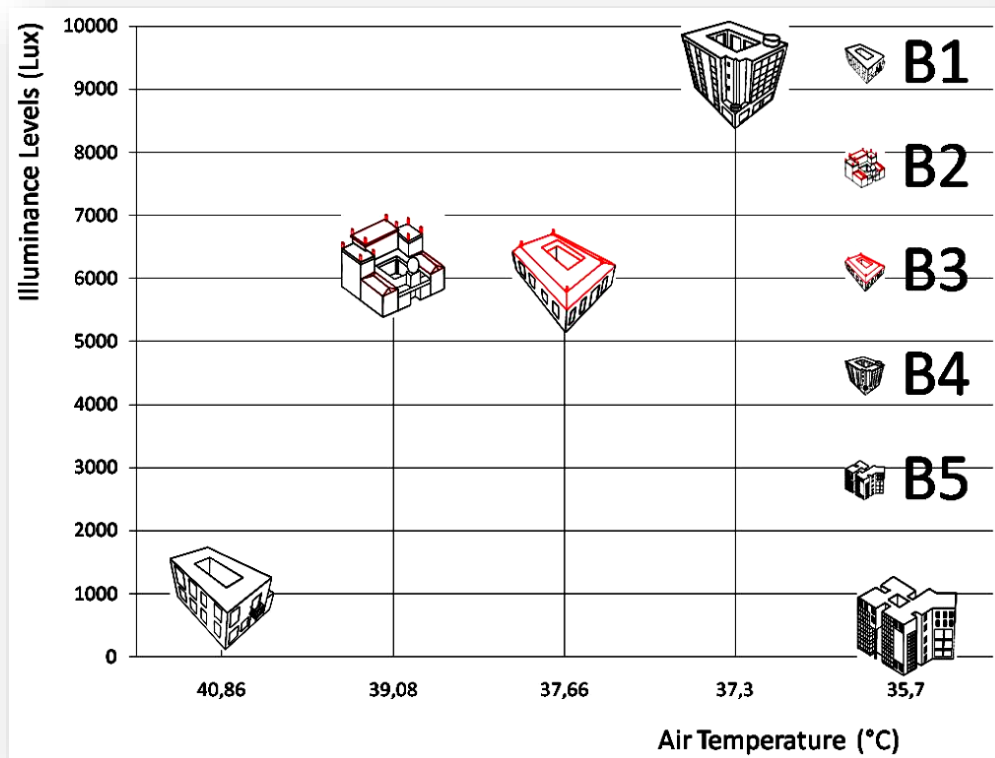


Figure.7.24: Bilan thermique et lumineux pour l'ensemble des cas d'étude (Saison estivale).

7.8.2. Bilan thermique et lumineux hivernal :

Pendant la saison d'hiver, le bâtiment 4 est le plus éclairé et le moins réchauffé, car il a: le patio le plus profond, le plus grand rapport d'aspect et le patio le plus éclairé. En outre, il n'a pas le même impact en hiver en raison de son indice d'ombre solaire élevé. Autre, le bâtiment 3 le plus exposé à l'ensoleillement, et le moins protégé à cause de : hauteur basse du mur Sud, domination des espaces intermédiaires, absence de végétation. Pendant la saison hivernale, les bâtiments de 1 et 2 étages (Echantillons 1 et 2) profitent de gains solaires importants tandis que les bâtiments à 5 niveaux (Echantillons 4, 5) semblent incapables de fournir un environnement thermique hivernal adéquat (Fig.7.25).

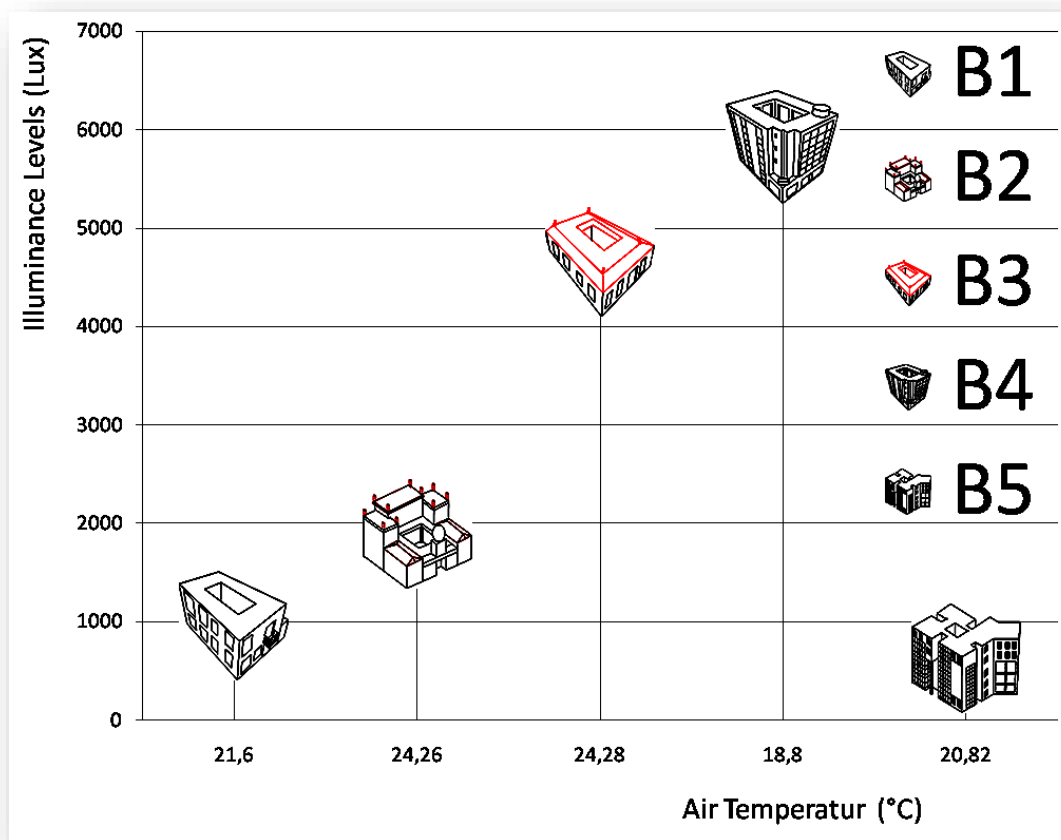


Figure.7.25: Bilan thermique et lumineux pour l'ensemble des cas d'étude (Saison hivernale).

A ce stade du développement, voici une liste des solutions optimales de paramètres morphologiques dans les limites des résultats des travaux *in situ* :

- Une forme compacte du bâtiment ;
- Nombre de niveaux : de plus de 2 jusqu'à 5 étages ;
- Un patio profond de forme rectangulaire ;
- Rapport d'ouverture : entre 15% et 30% ;
- Rapport d'aspect : de 0,15 à 0,4 ;
- Un indice d'ombre solaire : de 0,20 à 0,40 ;
- Maximisées la taille des ouvertures des murs du patio ;
- Protégées les murs du patio par des espaces intermédiaires ;
- La végétation recommandée : des plantes grimpantes ou des arbres de densité basse.

On observe clairement qu'il existe un désaccord entre les besoins thermiques et lumineux de chaque bâtiment à patio, le bâtiment 5 est le moins éclairé et le moins chaud (pour la saison estivale), cela est dû à la profondeur et le ratio d'ouverture du patio étroit, qui minimise au maximum l'impact thermique. En ce qui concerne l'environnement lumineux, malgré l'extraversion de la forme et le système d'éclairage (baie vitrée) cela n'a pas fourni un éclairage naturel suffisant à l'intérieur du bâtiment, dû à la protection solaire des façades par une double peau qui obstrue la pénétration de la lumière naturelle.

Dans chaque bâtiment à patio étudié, nous avons clairement observé la différence entre les qualités thermiques et lumineuses. Le bâtiment 4 est le plus éclairé et le moins surchauffé (en été), par rapport à l'environnement thermique, cela est dû à la profondeur et au rapport d'ouverture patio, ainsi que la protection solaire par des galeries des surfaces verticales, celles de l'extérieur et du patio. En ce qui concerne l'environnement lumineux, la forme et le système d'éclairage utilisés fournissent un éclairage naturel suffisant dans le bâtiment.

7.9. Conclusion :

Un nombre important de données a été recueilli sous des conditions météorologiques typiques de la région au cours de la période d'investigation. On a constaté que les températures de l'air, de l'humidité relative et des niveaux d'éclairement mesurés varient selon des différentes conditions. Le premier constat, une variation observée entre les différentes zones du même bâtiment (les zone Nord et Sud sont moins chaudes et sont souvent celles avec des niveaux d'éclairement moins élevés), comme il a été démontré que la variation entre les FLJ des espaces adjacents dépend essentiellement de : l'orientation, la taille et la position des fenêtres, la présence des galeries et la végétation, et en toute évidence ces variations changent d'un échantillon à un autre.

Il est clair que les aboutissements des moyennes des éclairements dans les bâtiments à patio nécessitent une couverture générale des différentes zones. En ce qui concerne les températures de l'air et les niveaux d'éclairements annuels, nous avons constaté qu'il existe un grand déphasage journalier et annuel. Cela nécessite de faire des choix en accord entre ces deux environnements et de minimiser au maximum le déphasage thermique.

Le patio semble la base de la composition du bâtiment à patio; non pas comme un simple centre, mais en tant qu'un noyau central lié à l'ensemble d'une façon systémique par rapport à l'organisation, la morphologique, et le climat. Le bâtiment à patio double les choix de l'éclairage naturel et de la protection solaire en offrant des possibilités de réajustement par le

biais des surfaces verticales extérieures ainsi les surfaces intérieures. La campagne de mesure a été utile par l'apport de beaucoup d'informations sur l'environnement thermique et lumineux journalier et saisonnier dans un bâtiment à patio des régions arides et chaudes.

L'éclairage naturel d'un bâtiment à patio de l'extérieur peut offrir plus de possibilités quantitatives et qualitatives d'illumination. Mais l'avantage offert par le patio reste plus efficace dans la mesure où il fournit : la protection, la régulation et l'homogénéisation de l'environnement lumineux en accord avec l'environnement thermique.

Les paramètres morphologiques du bâtiment à patio devraient être profondément liés proportionnellement à la composition géométrique du patio, qui peut être conçue dans une combinaison relative à des indicateurs importants tels que: la profondeur du patio, les divers rapports et types de patio. Les proportions, qui contrôlent fondamentalement l'environnement thermique et lumineux du bâtiment, peuvent être développées dans une approche proportionnelle.

Le patio doit être considéré en tant que partie d'un ensemble; nous avons constaté que les trois zones (l'extérieur, les espaces intérieurs et le patio) interagissent d'une manière systémique. Ces trois zones peuvent offrir des niveaux d'éclairage suffisants et homogènes avec une protection solaire. Une méthode basée de nombreux rapports morphologiques servira au contrôle des environnements thermique et lumineux dans le bâtiment.

Les niveaux d'éclairage dans les espaces voisins au patio ont été suffisamment éclairés, mais des exceptions peuvent être relevées en cas de la présence des espaces intermédiaires tels que : les arcades, galeries, couverture végétale dense ou des arbustes. Ces dispositifs servent à améliorer les qualités de l'environnement thermiques, en procurant de protection, d'ombrage et assurent la circulation et la visibilité.

Le chapitre suivant sera consacré à l'application de la deuxième technique de notre examen, la simulation informatique des environnements thermiques et lumineux à partir des modèles numériques, ces derniers seront : modélisés selon des critères de base typo-morphologique, analysés à plusieurs niveaux de disposition et d'arrangement et selon les indicateurs qui ont des effets capitaux sur les environnements étudiés.

CHAPITRE VIII

MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE

Chapitre VIII

MODELISATION ET SIMULATION NUMERIQUE

8.1. Introduction:

Ce chapitre sera consacré à la simulation des modèles numériques, il a pour but, la prédiction des conditions thermiques et lumineuses des espaces intérieurs. Les modifications typomorphologique des modèles numériques permettent d'extraire les impacts des indicateurs morphologiques sur l'environnement thermique et lumineux. Ces modèles physiques se sont modélisés par rapport aux rôles que peut jouer le patio dans le bâtiment sous des conditions climatiques spécifiques.

Ce chapitre présentera les résultats de deux types de simulation : l'une à l'échelle architecturale et l'autre à l'échelle urbaine, ces simulations correspondent à la performance thermique et lumineuse des modèles de bâtiments. Les simulations peuvent dévoiler d'autres résultats que ceux des travaux *in situ* en raison de l'incapacité à contrôler l'échelle et la complexité des conditions réelles pour des longues périodes de temps et tenir en compte toutes les modifications éventuelles des conditions climatiques et morphologiques. Les simulations informatiques offrent rarement des valeurs absolues, ils sont généralement utilisés en tant qu'outil de comparaison pour trouver des solutions optimales.

Les programmes de simulation peuvent simultanément examiner des modèles sous des conditions climatiques à long terme, et de couvrir un maximum de modèles et de périodes, tandis que, sous des conditions réelles, une enquête annuelle sur terrain va prendre au moins douze mois. La modélisation informatique de la performance des bâtiments a considérablement progressé au cours de ces dernières années. Elle est récemment mise au point dans les programmes très avancés par exemple : *DesignBuilder*, *Radiance*, *Lightscape*... etc., ces *softwares* offrent des visualisations assez réalistes.

Le programme de simulation informatique utilisé dans le cadre de cette recherche sert à prédire la performance thermique et lumineuse des modèles de bâtiments à patio et des modèles de bâtiments conventionnels. Les modifications des paramètres morphologiques du

bâtiment peuvent révéler l'effet des rapports géométriques et les divers ratios et indices morphologiques sur les environnements étudiés.

Les simulations numériques qui démontrent l'impact des modifications et des changements effectués au niveau de la forme des typologies de bâtiments vont influencer nos deux environnements étudiés. La simulation est capable de prédire la température et les niveaux d'éclairage à l'intérieur des bâtiments à toute heure de la journée et au cours de l'année. L'analyse et l'interprétation des résultats de la simulation seront discutées dans ce chapitre.

8.2. Théorie de la Simulation numérique :

8.2.1. Rôle de la simulation :

Le programme de simulation thermique se compose d'une série d'algorithmes qui simulent le processus naturel impliqué dans le transfert de chaleur dans les bâtiments. La simulation thermique a été initialement faite pour enquêter sur la protection solaire et minimise les gains de chaleur radiative. Plus tard, la simulation a été améliorée pour inclure la convection et de conduction des pertes, qui ont fait le programme plus réaliste. Le programme de simulation compte deux sous logiciels différents pour les différents types d'environnement thermique/lumineux. Le programme des calculs thermiques "*EnergyPlus*" calcule tout types de température zonale moyenne dans chaque zone, les températures ambiantes externes pourraient être recueillies, tandis que, le programme utilisé pour la simulation de l'éclairage naturel est fait sous le programme "*Radiance*" pour calculer des niveaux d'éclairage des zones internes, ainsi que les différentes valeurs du FLJ.

Les techniques de modélisation et de simulation peuvent aider à prédire les performances environnementales des systèmes de construction. Ces deux méthodes sont très importantes dès les premières étapes de la conception, ainsi que pendant les processus d'exploitation et de gestion.

8.2.2. La simulation thermique et lumineuse :

Les programmes de simulation de prédiction de l'éclairage naturel et de la thermique consistent en une série d'algorithmes simulant le ciel, la géométrie de la construction, sol, fenêtre, murs et surfaces du bâtiment. Les équations sont basées principalement sous forme de programmes, la seule source de lumière simulée est le ciel. L'objectif de ces programmes de simulation était de trouver les niveaux d'éclairage dans une structure prescrite du bâtiment à tout moment et de les comparer au plan d'éclairage obtenu.

Les simulations de la thermique et de l'éclairage naturel ont été initialement produites sur des formes géométriques bidimensionnelles. Récemment, les modèles sont conçus et développés dans l'interface même du logiciel. Les simulations sont mises à jour pour simuler des modèles réduits tridimensionnels. Les programmes de simulation informatiques sont potentiellement beaucoup plus développés et rapides en raison de la facilité avec laquelle les programmes peuvent être modifiés pour être simulés sous différentes conditions climatiques.

Ces programmes ont été utilisés pour prédire les niveaux d'éclairement et les températures dans le bâtiment à partir des inputs : le type de ciel, les données du site, les morphologies et les structures du bâtiment, et détails des surfaces internes. La simulation a été conçue pour prédire des valeurs d'éclairement correspondantes aux données mesurées. Les modèles numériques ont été conçus pour faire des prédictions, exposant les résultats des niveaux d'éclairement et les températures de l'air dans les différentes typologies avec celles qui sont mesurés *in situ*.

8.3. La modélisation architecturale sur "DesignBuilder":

Sous "DesignBuilder", la première étape de simulation consiste à construire le modèle et sa description géométrique. Pendant la phase de modélisation, on doit faire le choix des : formes, matériaux, vitrages, revêtements de façade... etc., ces éléments sont placés dans la bibliothèque du logiciel. L'utilisateur peut alors associer les différents éléments des objets suivants: bâtiment zones, parois, ouvertures... etc., (Fig.8.1). Le comportement des occupants du bâtiment (exemple : habitation, lieu du travail...), est défini dans un scénario d'occupation.

Tableau.8.1 : Phases de modélisation sous "DesignBuilder".

Phase	Tache à réaliser
Phase 1	Choix du site
Phase 2	Choix du type de bâtiments
Phase 3	Division du bâtiment en "Bloc"
Phase 4	Division du bloc en "Zone"
Phase 5	Déterminer les "Surfaces"
Phase 6	Déterminer les "Ouvertures"

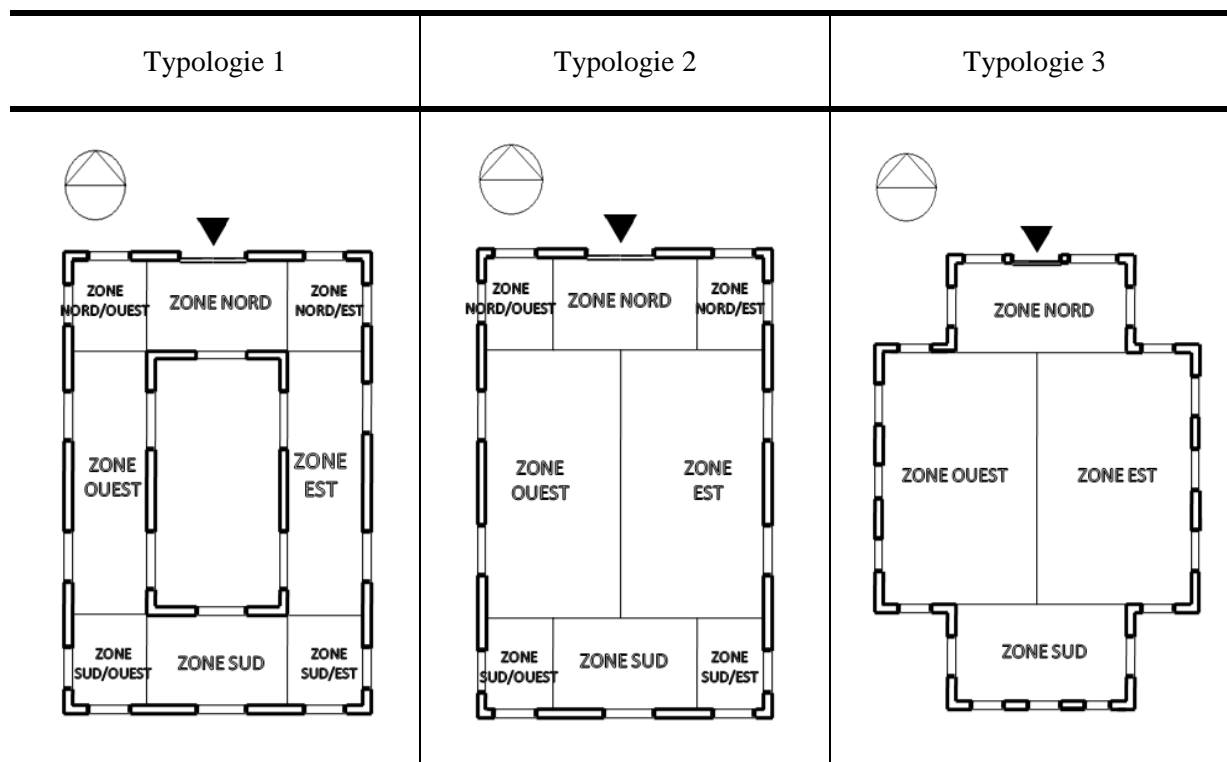
Les modèles numériques permettent d'évaluer la performance énergétique d'un bâtiment, compte tenu de profils de : température, humidité et niveaux d'éclairement... etc., la structure de modélisation a un intérêt de faciliter : la modification, l'addition, la suppression, et le

remplacement d'un objet à n'importe quel niveau, et d'affiner une esquisse en prenant en compte l'objectif de la simulation.

8.3.1. Les modèles de bâtiments :

Trois typologies architecturales présentées dans le tableau 8.2 et qui représentent les modèles de bâtiments de base pour la simulation. Typologie 1 avec un patio et les deux autres typologies (2 et 3) sans patio. L'objectif de cette simulation est d'analyser la performance thermique et lumineuse à une échelle architecturale, et de vérifier si les typologies à patio présentent des qualités bioclimatiques performantes par rapport à celles qui sont sans patio dans un contexte aride.

Tableau.8.2 : Les modèles de bâtiments de la simulation.



En outre, le rapport surface/volume de chaque modèle est décrit dans le tableau 8.3.

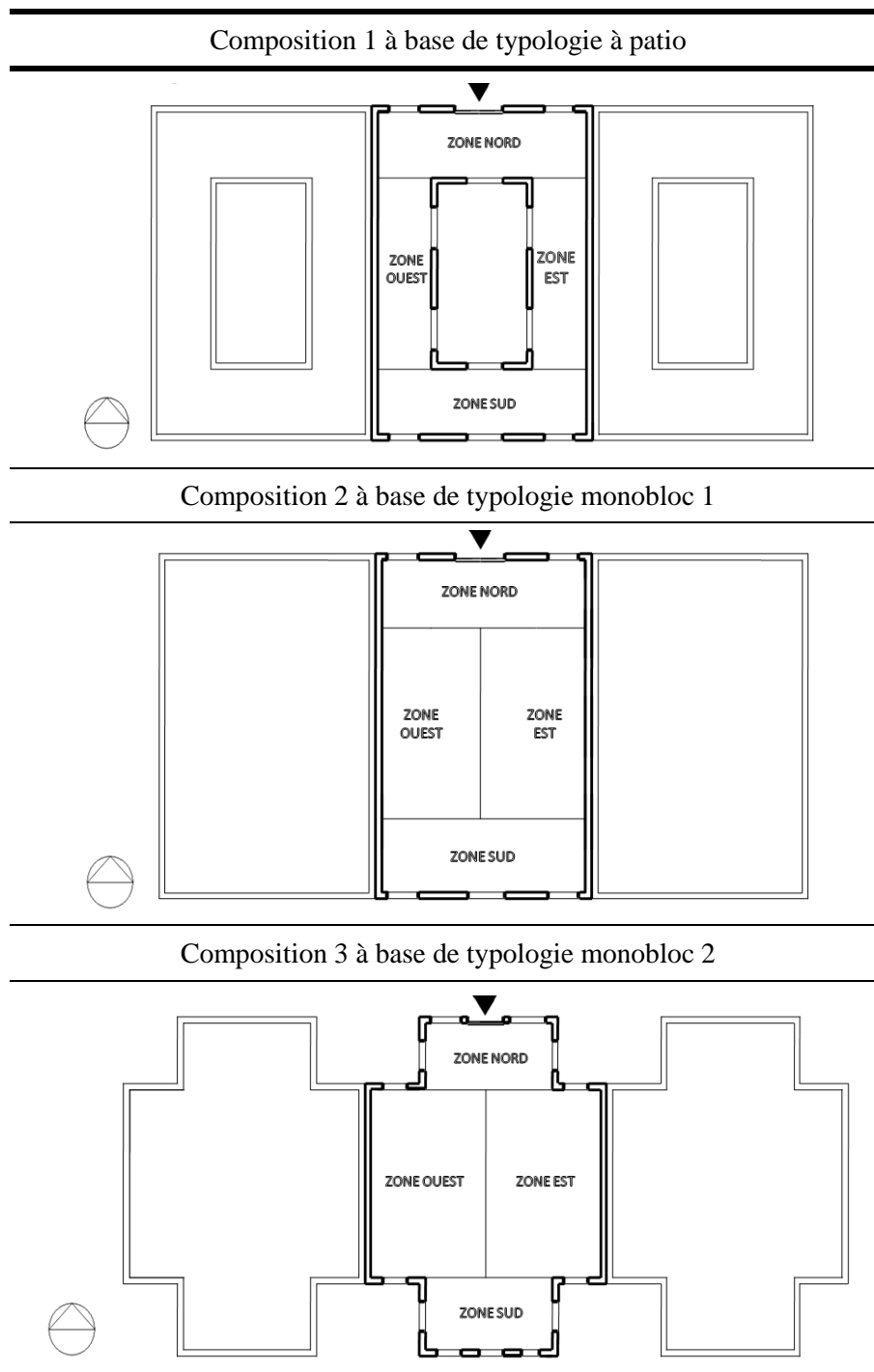
Tableau.8.3 : Le rapport surface/volume des différents modèles.

Modèle	Bloc Simple (cubique)	extraverti	à patio médian	à patio étroit	à patio large
1 étage	0.48	/	0.60	0.56	0.54
2 étages	0.29	0.50	0.46	/	/
5 étages	/	/	0.18	/	0,18

8.3.2. Effet de la composition urbaine :

L'environnement urbain proche peut avoir un effet sur les performances énergétiques du bâtiment. Le tableau 8.4 présente les trois compositions urbaines à base des 3 typologies déjà présentés dans le tableau 1.8. Ces compositions urbaines sont organisées linéairement le long de l'axe Est-Ouest.

Tableau.8.4 : Compositions urbaines génériques de base. Du haut en bas: introverti à patios, monobloc 1 et monobloc 2.



8.3.3. Méthode et modèles :

La simulation thermique réalisée sous le logiciel "*DesignBuilder*" se fonde sur le moteur "*EnergyPlus*" destiné pour les calculs physiques et énergétiques. Le principe de simulation de "*DesignBuilder*" est l'une des plus complètes méthodes utilisant des paramètres dynamiques comprend des inputs et des pertes énergétiques. Les données météorologiques sélectionnées sont ceux de la ville de Biskra. La simulation effectuée est purement passive excluant tous les systèmes mécaniques. A mentionner que "*DesignBuilder*" est validé par la *BESTEST* (simulation énergétique des bâtiments TEST).

8.3.4. Description du modèle à patio :

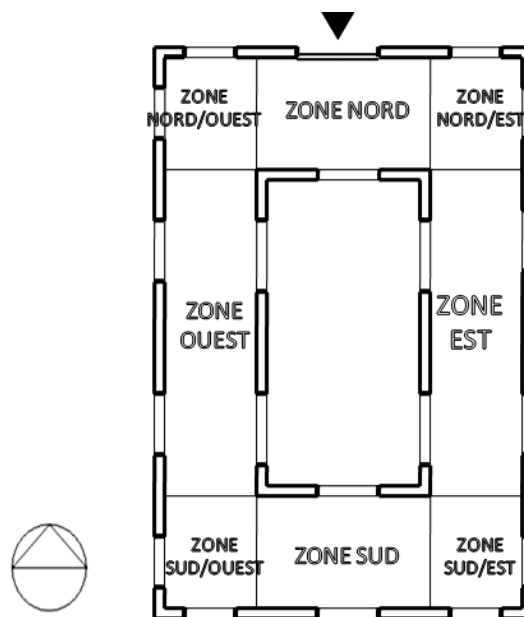


Figure.8.1 : Le modèle du bâtiment à patio.

Le modèle de bâtiment à patio est d'une forme rectangulaire avec une superficie de 300m² (20mx15m). Ce modèle renferme un patio au centre de dimension de 6.5mx8.5m (Fig. 8.1, ci-dessus), il possède huit zones à l'intérieur.

8.4. Les outils de simulation :

8.4.1. Évaluation de l'environnement thermique et l'environnement lumineux :

Les calculs d'éclairage et la thermique avec "*DesignBuilder V.5*" une version d'essai qui utilise le moteur de simulation de l'éclairage naturel "*Radiance*" et "*EnergyPlus*" pour les calculs thermiques. La hauteur des calculs des niveaux d'éclairement et des FLJ est de 0,8 m au-dessus du sol sur un plan de travail. Les niveaux d'éclairement dans une zone dépendent de nombreux facteurs, y compris l'état du ciel, la position du soleil, la position et la taille et

l'emplacement des fenêtres, type du vitrage des fenêtres. Dans notre simulation, le minimum requis des niveaux d'éclairage est de 500 lux.

8.4.2. DesignBuilder:

L'un des récents outils de la simulation numérique est DesignBuilder® qui fournit des outils de modélisation et de calculs avancés dans une interface facile à utiliser. Il permet de développer : une modélisation de bâtiments, tester les conditions de confort et d'économies en énergies dès la phase de la conception jusqu'à la phase de la réalisation, évaluer l'efficacité énergétique et la performance du bâtiment, visualisez des résultats sous forme graphique et des bilans (<http://www.designbuilder.co.uk/>).

8.4.3. EnergyPlus :

"*EnergyPlus*" a été choisi pour les simulations thermiques développées sous "DesignBuilder". Les principales caractéristiques de "*EnergyPlus*" sont la capacité de faire: la modélisation du transfert de chaleur et la modélisation des toitures végétalisées, des échanges des ondes radiatifs, les effets de la canopée des plantes par convection, l'évapotranspiration du sol et des plantes, et la conduction de chaleur. Dans ce chapitre, ce programme simulé l'environnement thermique intérieur spécifique d'un bâtiment à patio, il calcule plusieurs types de températures telles que : la température opérative (°C), température de l'air (°C), température ambiante et les gains solaires (W/h).

8.4.4. Radiance :

Les simulations des environnements lumineux ont été effectuées sous "*Radiance*" qui est un programme d'analyse et de visualisation de l'éclairage naturel et artificiel des espaces intérieurs du bâtiment. Sous des conditions de ciel différentes, "*Radiance*" réalise des calculs : des niveaux d'éclairage (Lux), du FLJ (%), et d'irradiation... etc. il affiche ces résultats sous forme graphique et des bilans de performance de l'éclairage naturel dans le bâtiment.

8.5. Processus de simulation :

Dans cette section, le processus de simulation par ordinateur est expliqué :

8.5.1. Données météorologiques de calcul:

Les données météorologiques correspondent à la ville Biskra utilisées pour les simulations sont fournies par la base de données : Météo.Algeria.DZ, accessible à partir du logiciel "*DesignBuilder*".

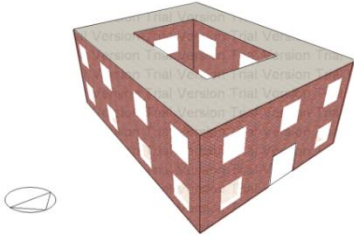
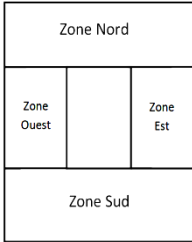
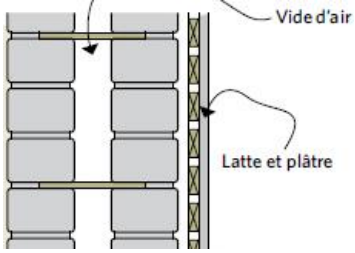
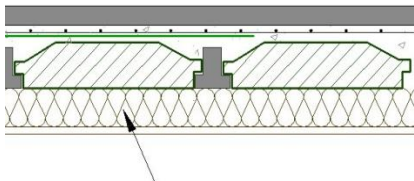
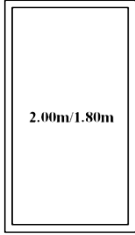
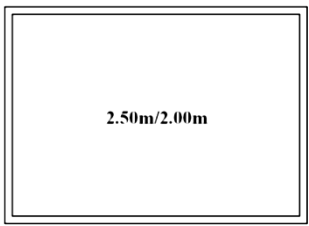
8.5.2. Modèles et variations morpho-climatiques :

En tant que modèles inspirés de l'architecture de ces régions chaudes et arides, le choix des typologies du bâtiment est basé essentiellement sur une variation morphologique à la fois intrinsèque et extrinsèque. L'objectif est de comparer des bâtiments avec et sans patio par la simulation numérique, cette simulation permet d'évaluer les environnements thermiques et lumineux et de vérifier l'efficacité du modèle à patio aux autres modèles, pour ce faire, des paramètres morphologiques ont été maintenus pour tous les tests, tels que : la surface totale du bâtiment, le zoning, les types et les dimensions des fenêtres, et l'orientation.

8.5.3. Le modèle de base :

Le modèle de base est un bâtiment à patio central ouvert entouré par des espaces adjacents, modélisé dans l'interface graphique de "DesignBuilder" avec quatre zones de bureau en plus de la zone patio sur deux étages (détail dans le tableau 8.5). Chaque espace a été séparé de l'environnement extérieur par un mur en double parois de briques de 15 et 10 cm avec une lame d'air au milieu. Les deux types de fenêtres utilisées sont : sur les façades extérieures des fenêtres de taille moyenne de (1.80m/2.00m), tandis que les fenêtres des murs intérieurs côté patio de dimensions de (2.50m/2.00m). Ses caractéristiques ont été maintenues pour le reste des modèles dérivés.

irradiation **Tableau.8.5** : Détails du modèle de base.

Modèle du bâtiment à patio	Zoning (espaces adjacents)	Composants du mur extérieur
		
Composants de la dalle	Type de fenêtres	Type de fenêtres (côté patio)
		

Sur la base de la proposition décrite précédemment, deux types de formes de bâtiment sont générés dans l'interface graphique du logiciel "*DesignBuilder*": les modèles conventionnels et les modèles à patio. Une vue générale et rapprochée pour les deux modèles sont présentées dans les tableaux ci-dessous. Neuf modèles de bâtiments à patio réalisés : à un niveau, à deux niveaux et à cinq niveaux, pour tester leur efficacité en matière de consommation d'énergie.

Tableau.8.6 : Modèles de bâtiments à patio.

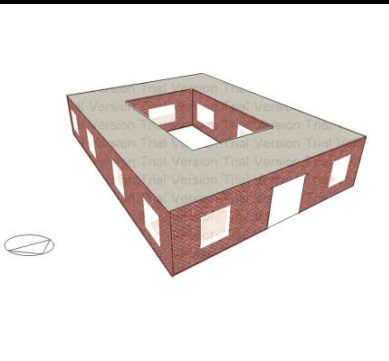
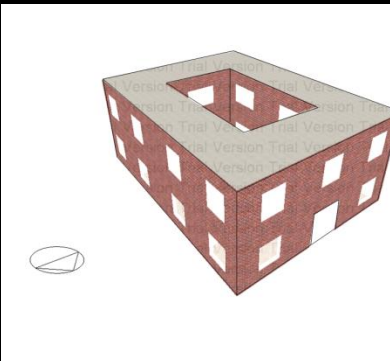
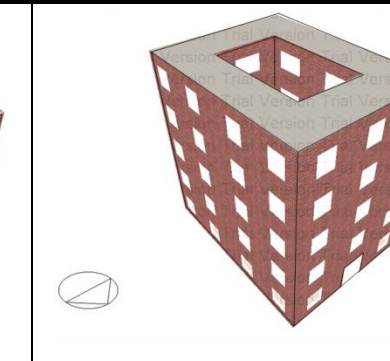
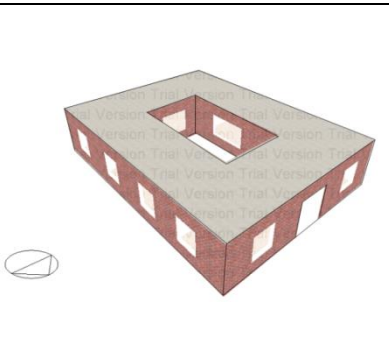
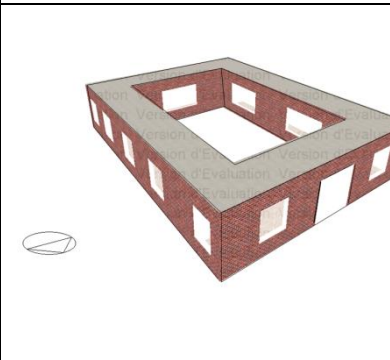
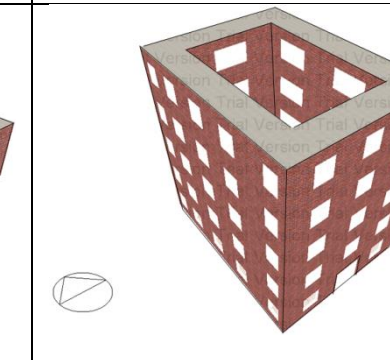
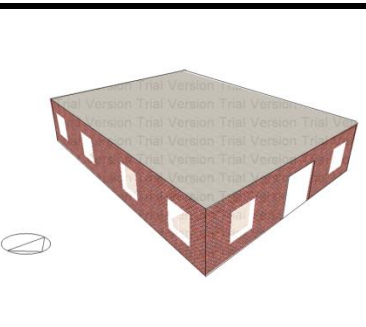
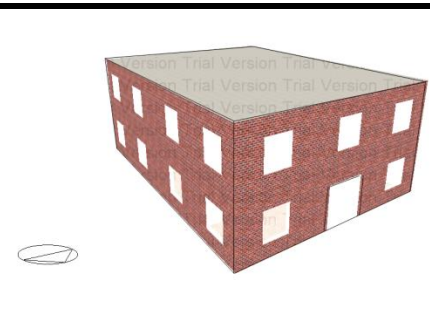

Modèle 1 : bâtiment à patio (1 niveau)	Modèle 2 : bâtiment à patio (2 niveaux)	Modèle 3 : bâtiment à patio (5 niveaux)
		
Modèle 4 : bâtiment à patio (ouverture étroite) (1 niveau)	Modèle 5 : bâtiment à patio (grande ouverture) (1 niveau)	Modèle 6 : bâtiment à patio (grande ouverture) (5 niveaux)
		

Tableau.8.7 : Modèles monoblocs (sans patio).

Modèle 7 : bâtiment Monobloc (1 niveau)	Modèle 8 : bâtiment Monobloc (2 niveaux)	Modèle 9 : bâtiment Monobloc avec décrochements (2 niveaux)
		

8.5.4. Données d'entrée :

Les données d'entrée nécessaires à la réalisation d'une étude d'éclairage naturel et de la thermique peuvent être générées selon le processus suivant :

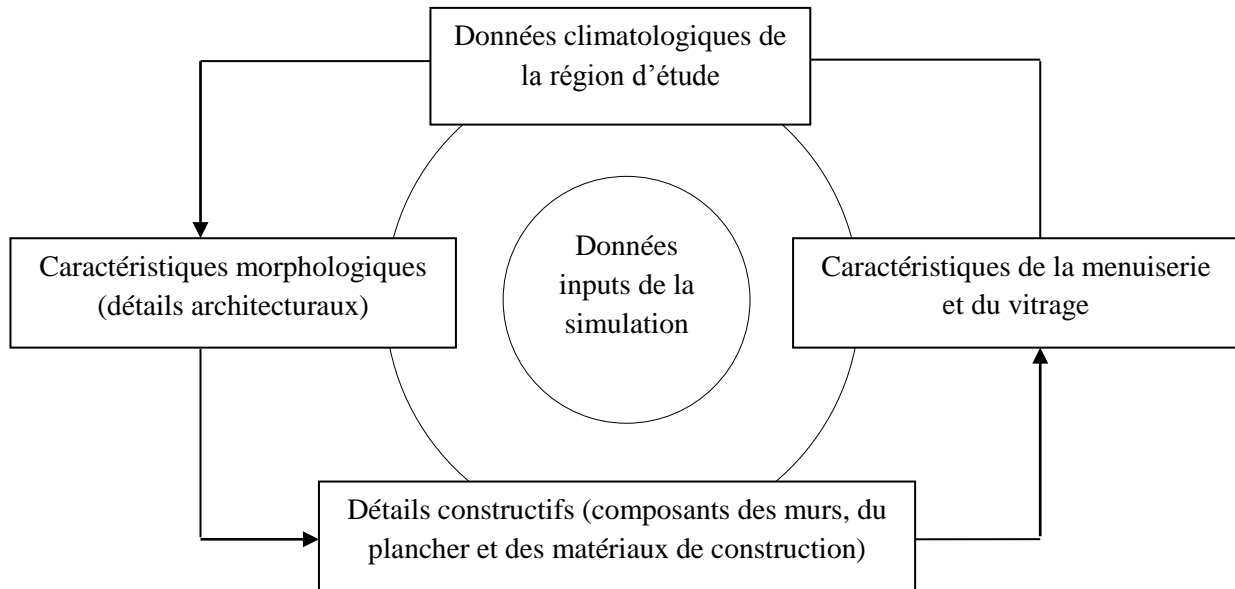


Figure.8.2 : Schéma des données d'inputs du logiciel "DesignBuilder".

8.5.5. Protocol de simulation :

Après la modélisation des modèles dans l'interface graphique de *DesignBuilder v5.6.0.015*, nous avons procédé à des simulations neutres, passives où tous les actifs sont désactivés: la climatisation, le chauffage, l'éclairage artificiel et la ventilation mécanique, ainsi que l'occupation. La simulation est fondée sur la comparaison des effets de la profondeur du patio, le nombre d'étages, le ratio d'ouverture et la typologie du bâtiment sur sa performance thermique et lumineuse.

8.6. Résultats de la simulation des compositions urbaines:

8.6.1. Protection solaire :

D'après les graphes du bilan thermique (w/m^2) sur la figure 8.3, les degrés d'expositions solaires diffèrent entre les trois compositions. Chaque typologie présente une protection diverse. La typologie du bâtiment monobloc symbolise une fermeture solaire pendant la saison estivale, tandis que le modèle à bâtiment à patio est le modèle optimal qui s'adapte à des conditions climatiques annuelles différentes (Fig.8.3).

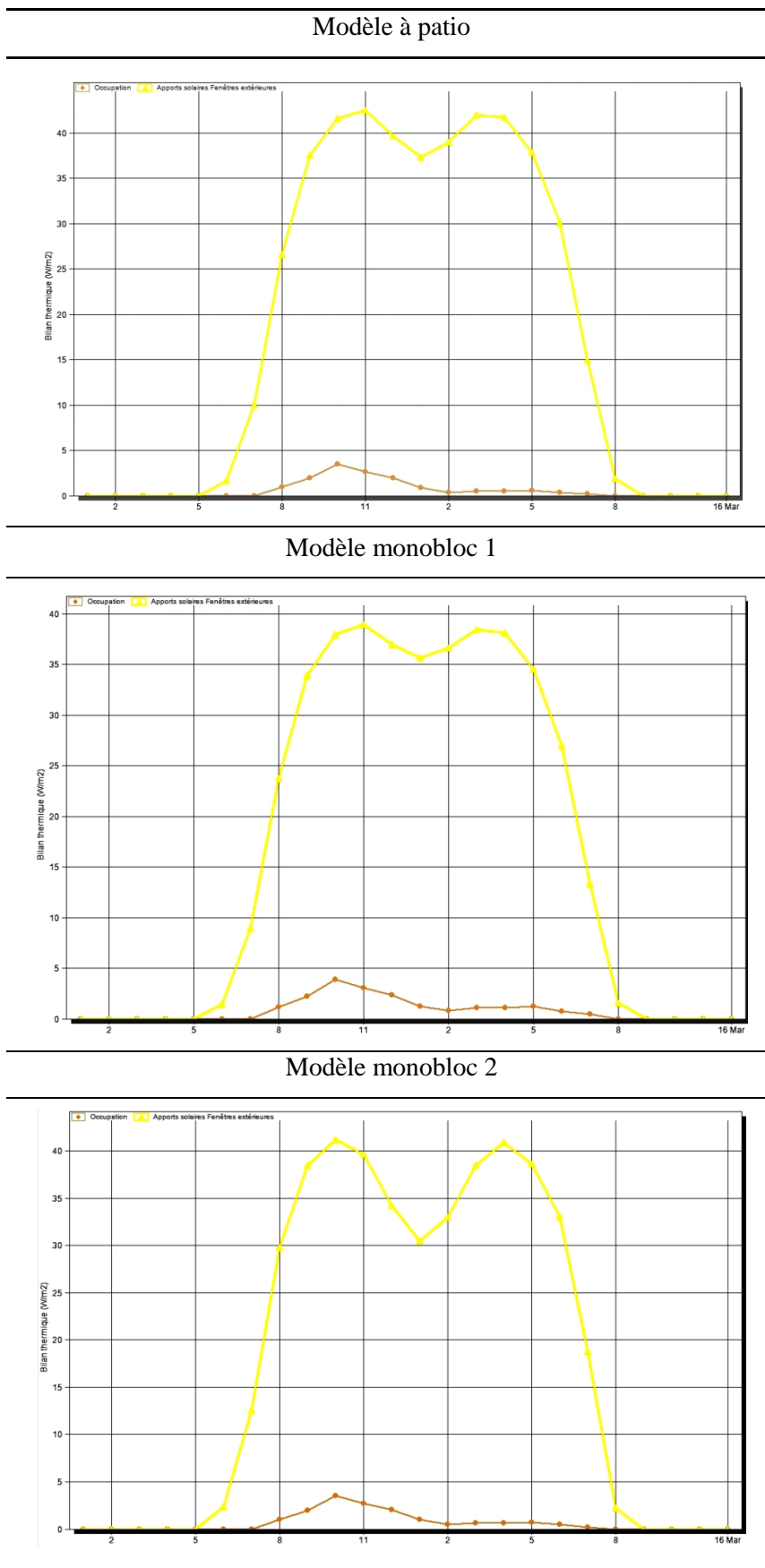
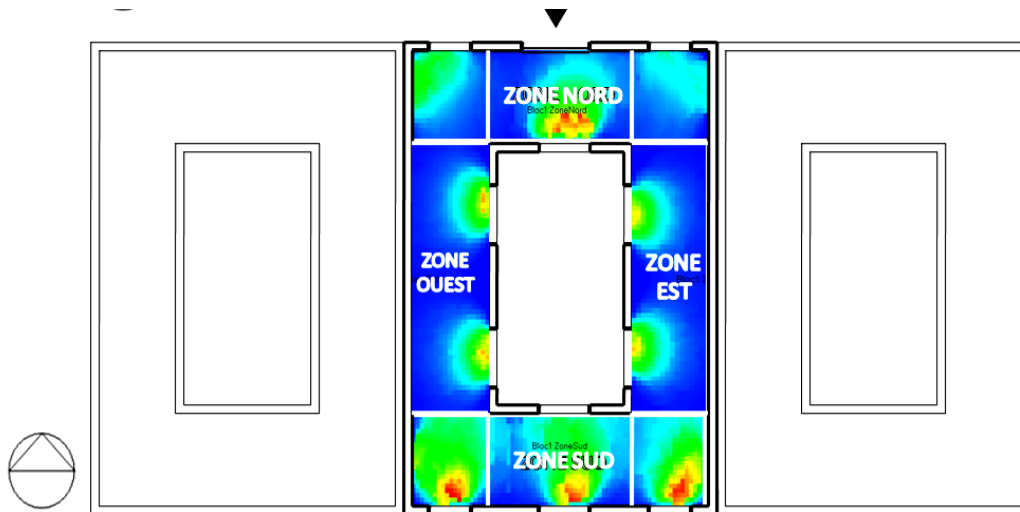


Figure.8.3 : Exposition solaire des compositions de base typologiques en été.

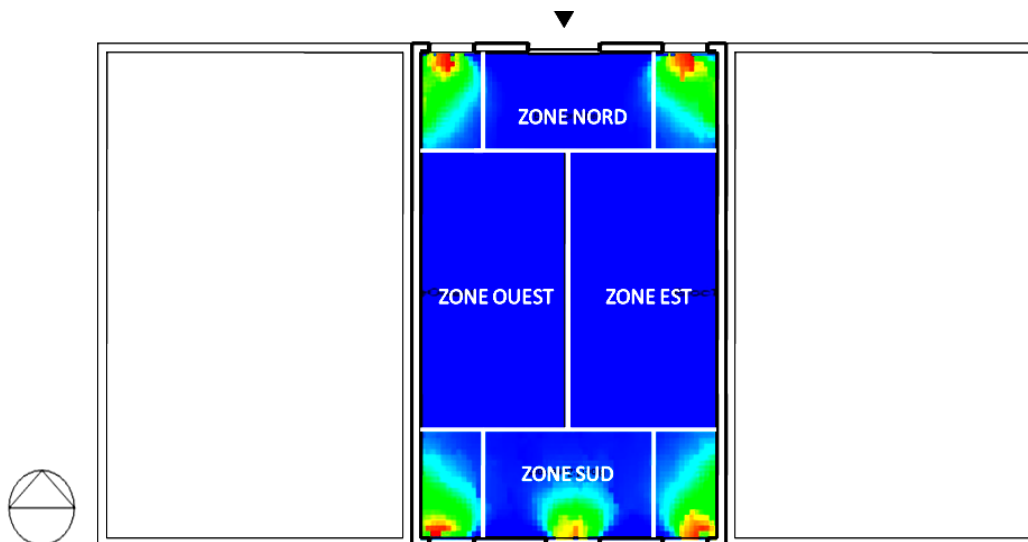
8.6.2. Potentiel lumineux :

L'étude des trois compositions de base des trois typologies a démontré que la composition de base d'une typologie à patio est la plus performante en matière d'éclairage naturel et des performances thermiques. La zone centrale d'un bâtiment est la plus difficile à éclairer naturellement, elle correspond à l'emplacement du patio.

Environnement lumineux : typologie à patio



Environnement lumineux : typologie monobloc 1



Environnement lumineux : typologie monobloc 2

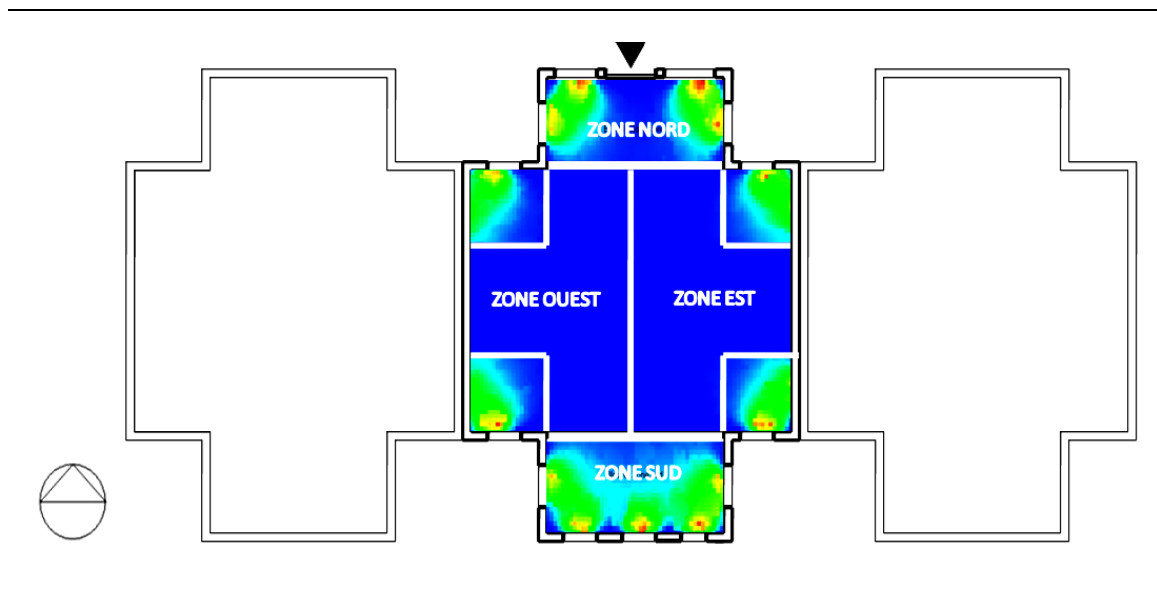


Figure.8.4 : Le potentiel lumineux : modèle à patio et monobloc 1 et 2.

- Cas 1: Environnement lumineux : typologie à patio :

L'environnement lumineux dans le modèle à patio présente un éclairage naturel bien éclairé. Les niveaux d'éclairage dépassent la norme requise pour l'éclairage naturel, les valeurs de (E_{int}) varient de 1000 à 2000 pour les zones adjacentes au patio.

- Cas 2: Environnement lumineux : typologie monobloc 1 :

Dans ce 1^{er} modèle monobloc, on trouve une grande zone au centre mal éclairée. A l'exception des zones adjacentes aux ouvertures.

- Cas 3: Environnement lumineux : typologie monobloc 2 :

Les conditions de l'éclairage naturel dans ce 2^{ème} modèle monobloc d'une forme extravertie s'emble inadéquates, les niveaux d'éclairage sont très faibles surtout dans la zone centrale du bâtiment toujours très mal éclairée.

On peut conclure que l'emplacement du patio au centre du bâtiment présente une solution efficace pour l'éclairage naturel à l'échelle urbaine, surtout dans le cas de difficulté et de contraintes parcellaires.

8.7. Les résultats de la simulation :

8.7.1. Simulation de la saison estivale:

a. Profils des données climatiques:

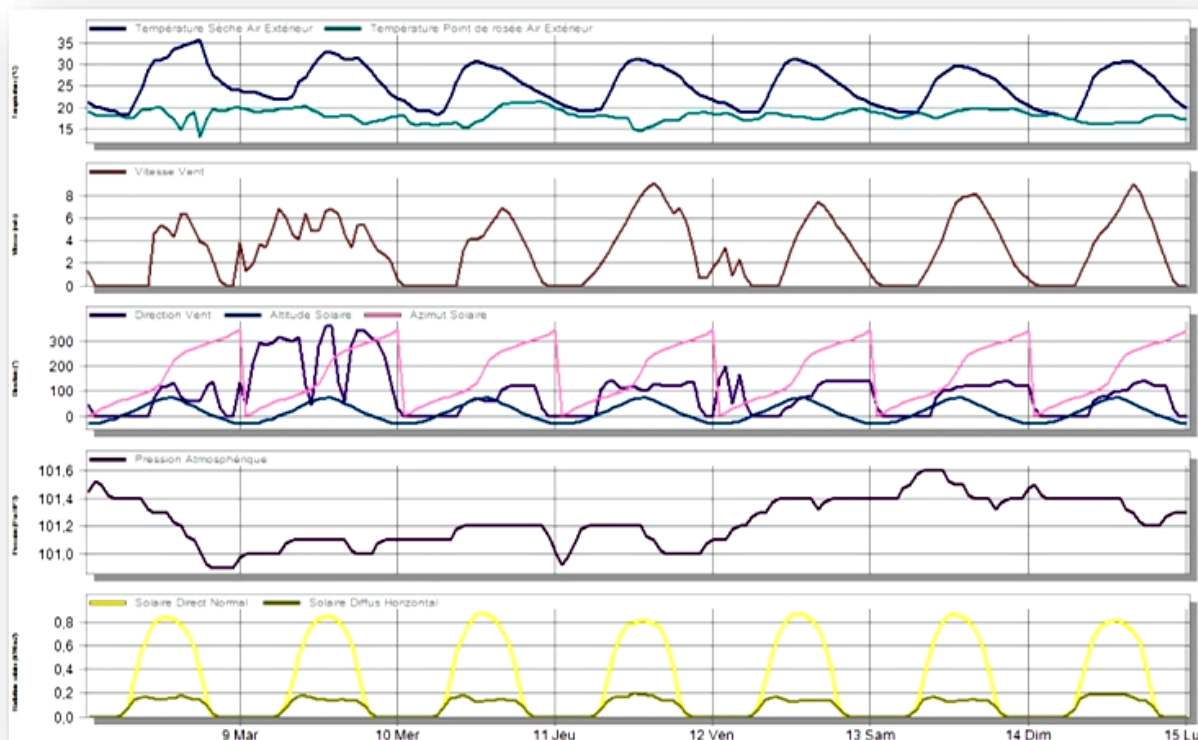


Figure.8.5 : Profils des données climatiques estivales.

Les données du site et les conditions de la simulation sont les mêmes pour l'ensemble des modèles. Ces données se sont établies à partir de dix ans de collecte de données satellitaires, elles sont utilisées sous licence et fournies à partir de la même base de données « Météo.Algeria.DZ » accessible à partir du logiciel "DesignBuilder".

b. Profils des éclairagements et facteurs de lumière du jour (FLJ) :

Tableau.8.8 : Les valeurs des éclairagements pendant la saison estivale.

Modèle	Eclairage minimal (Lux)	Eclairage maximal (Lux)	Eclairage de Référence (Lux)
Modèle 1	107,78	2408,56	51,128
Modèle 2	17,78	1863,63	55,898
Modèle 3	22,71	1828,95	55,934
Modèle 5	47,16	2313,52	55,938

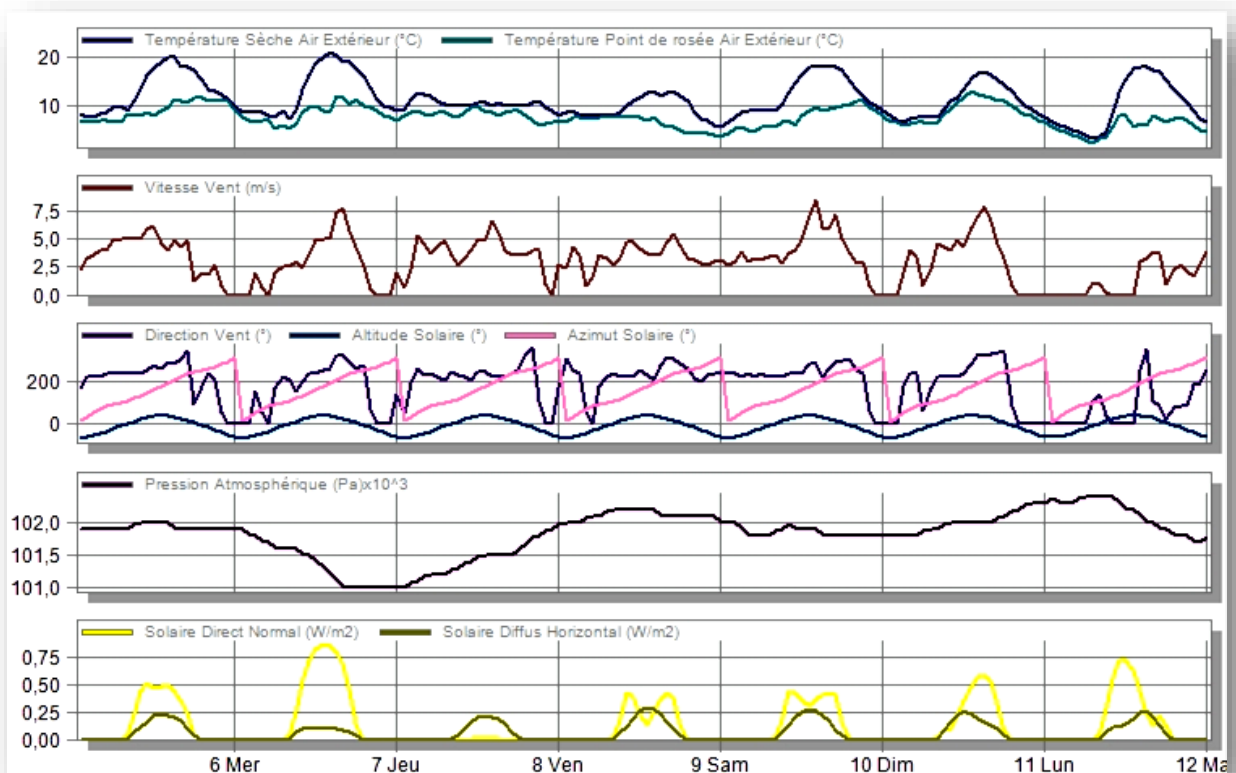
Tableau.8.9 : Les valeurs des FLJ (Tous les modèles).

Modèle	FLJ Minimal (%)	FLJ Maximal (%)	FLJ Moyen (%)
Modèle 1	1,17	26,36	8,6
Modèle 2	0,18	18,65	5,6
Modèle 3	0,23	18,28	6,02
Modèle 5	0,47	23,11	9,46

Contrairement à ce que l'on présume, les niveaux d'éclairage d'hiver ne sont pas beaucoup moins intenses que ceux d'été, pour le même modèle du bâtiment à patio. Le maximum d'éclairage enregistré en été est de 2408,56 lux, tandis qu'en hiver il est de 2412,81 lux, une différence de 4 lux. En ce qui concerne le FLJ la moyenne d'hiver (9,69%) dépasse celle d'été (8,6%). On conclut que le bâtiment à patio est mieux éclairé en hiver qu'en été.

8.7.2. Simulation hivernale:

a. Profils des données climatiques hivernales:

**Figure.8.6** : Profils des données climatiques hivernales.

Pour la saison hivernale, les données climatiques extérieures utilisées pour la simulation sont identiques à la saison. La semaine typique sélectionnée est de 5 aux 11 Fév. très proche à celle

sélectionnée pour les mesures in situ. Les températures d'air varient de 0°C pendant la nuit à 20°C comme valeur maximale pendant la journée.

b. Profils des éclairements et facteurs de lumière du jour (FLJ) :

Tableau.8.10 : Les valeurs des éclairements hivernaux (Tous les modèles).

Modèle	Eclairage minimal (Lux)	Eclairage maximal (Lux)	Eclairage de Référence (Lux)
Modèle 1	66,1	2412,81	39,234
Modèle 2	15,27	1871,7	55,919
Modèle 4	14,13	1870,08	55,907
Modèle 5	102,49	2851,89	39,257
Modèle 9	13,15	1606,32	55,949

Tableau.8.11 : Les valeurs des FLJ (Tous les modèles).

Modèle	FLJ Minimal (%)	FLJ Maximal (%)	FLJ Moyen (%)
Modèle 1	0,94	34,39	9,69
Modèle 2	0,15	18,7	5,58
Modèle 4	0,14	18,69	5,12
Modèle 5	1,46	40,57	12,95
Modèle 9	0,13	16,04	3,33

8.8. Analyse et interprétation des résultats de la simulation:

8.8.1. Par rapport aux différentes typologies architecturales :

La simulation thermique a démontré que les températures dépassent le seuil du confort d'été surtout dans la période de surchauffe. Mais elles sont bien au-dessus des températures maximales, selon l'analyse comparative des trois types de bâtiments du même niveau, il est clairement que le patio est moins performant en matière de qualités thermiques (Fig.8.7).

Température d'une semaine typique en été des modèles 2, 8 et 9

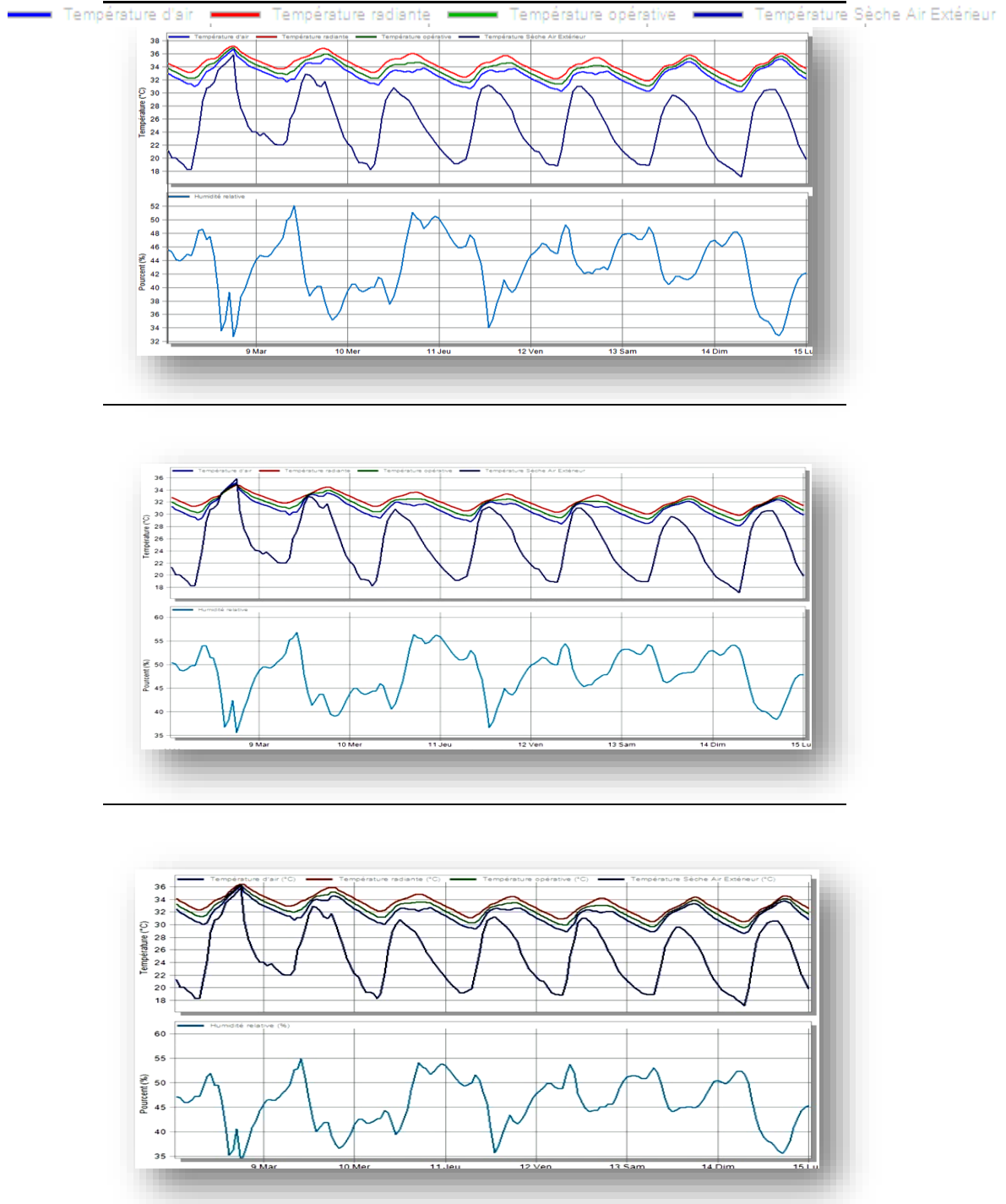


Figure.8.7 : Profils de températures : Modèle à patio et modèles sans patio.

Nous distinguons clairement dans la figure 8.7 que les températures de l'air d'une semaine typique dans un bâtiment à patio sont de moyenne de 38 °C contre une moyenne de 36 °C pour les autres modèles monobloc. La configuration du bâtiment à patio est plus exposée et

moins protégée des phénomènes thermiques. La performance thermique du patio est principalement affectée par l'ensoleillement de l'enveloppe interne.

L'impact de la configuration à patio sur l'environnement lumineux est plus important, les niveaux d'éclairage des espaces adjacents (Fig.8.8) dépassent le minimum d'éclairagements demandés (500 lux) dans le modèle à patio. Par contre, les modèles conventionnels contiennent une grande zone au centre mal éclairée, cette zone nécessite un recours à l'éclairage artificiel. En plus l'éclairage bilatéral du patio permet une répartition presque homogène sur tout l'espace provoquant une diminution de zones contrastées.

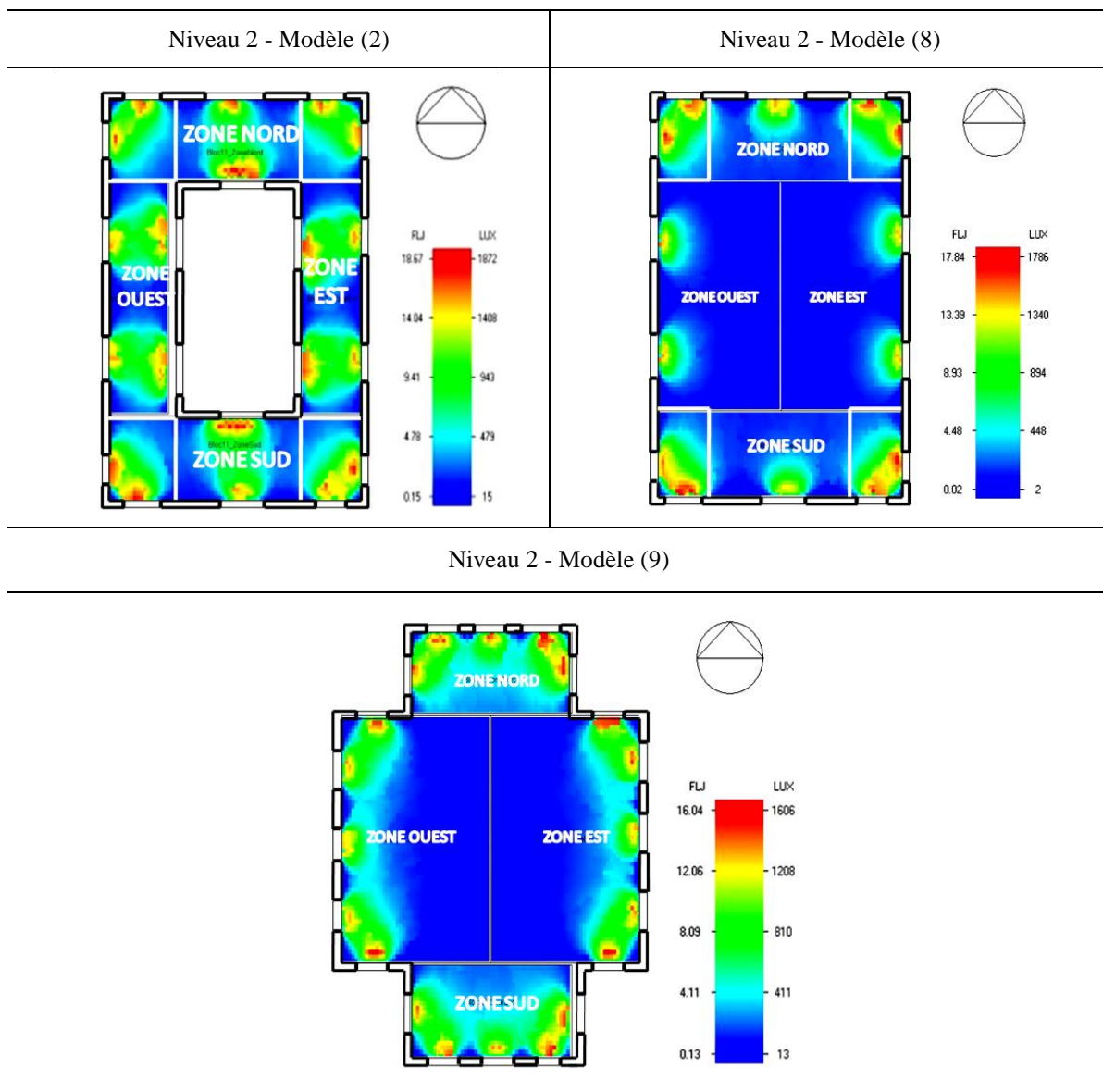


Figure.8.8 : Variations des éclairagements entre les modèles monoblocs et à patio en été.

8.8.2. Par rapport à la profondeur du patio:

Muhaisen & Gadi (2005) ont déjà souligné que les patios peu profonds sont plus performants en hiver. Les formes profondes requièrent peu d'énergie pour le refroidissement d'été. Dans le même modèle du bâtiment à patio de cinq niveaux, nous avons remarqué que la profondeur du patio joue un rôle régulateur (Fig.8.9).

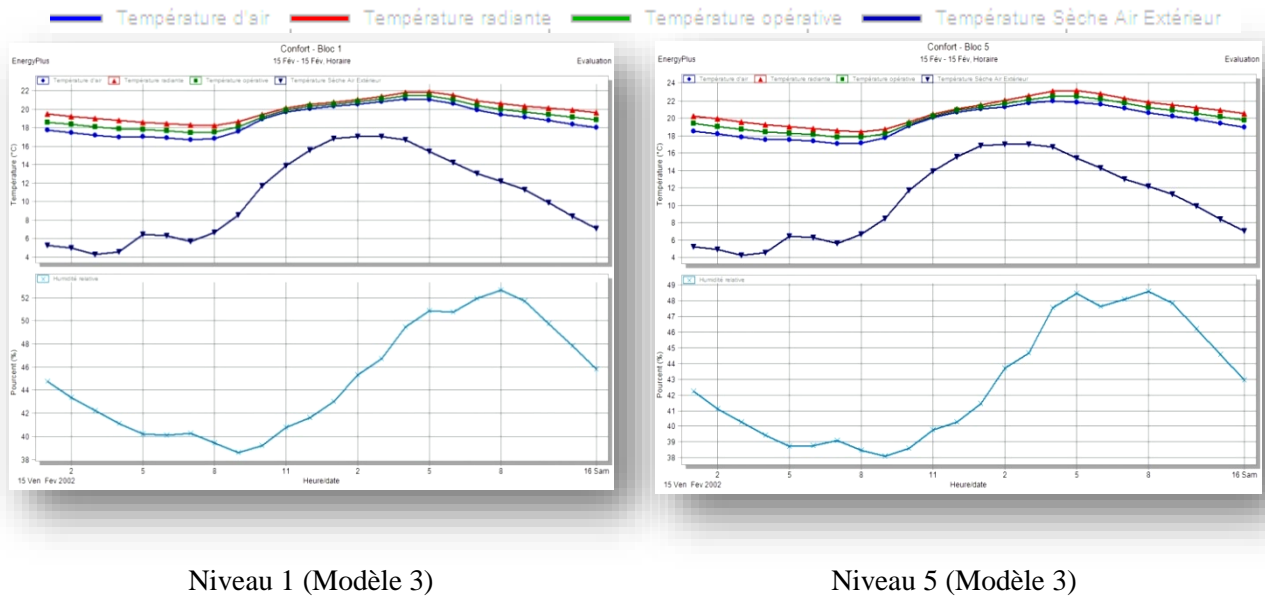


Figure.8.9 : Effet de la profondeur du patio sur l'environnement thermique du modèle 3.

La profondeur du patio à un impact sur l'environnement lumineux, plus le patio est profond, plus les niveaux des éclairagements des niveaux inférieurs diminuent (Fig.8.10).

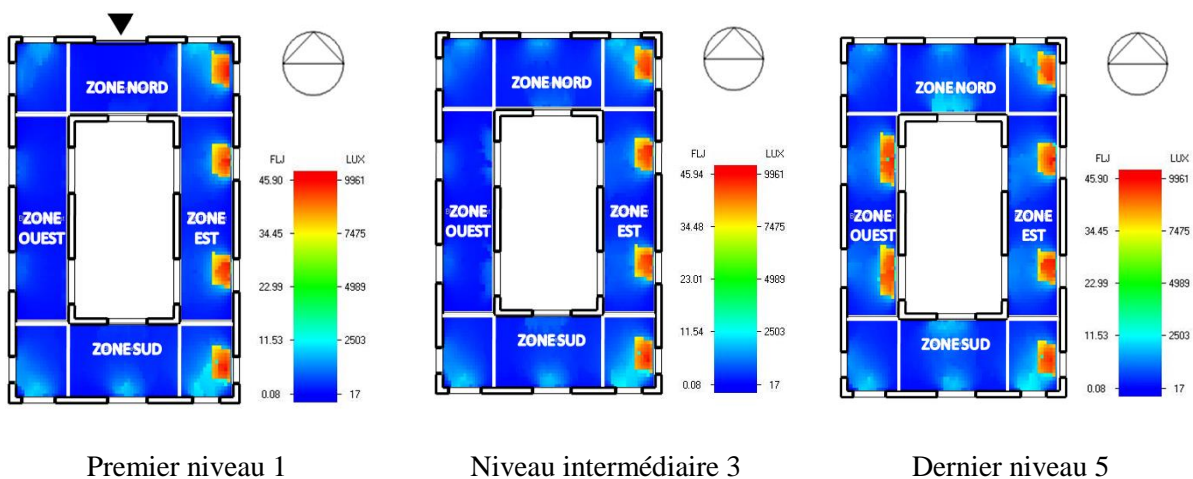


Figure.8.10 : Effet de la profondeur du patio sur les niveaux d'éclairément du modèle 3.

8.8.3. Par rapport au ratio d'ouverture:

Une simulation d'hiver a pour objectif de tester le comportement hivernal du bâtiment à patio, et d'examiner son comportement et sa performance pendant la saison froide. Les modèles testés sont fondés sur le rapport de l'ouverture du patio et la profondeur, cela va nous permettre d'évaluer le rôle du patio dans le réchauffement passif et l'éclairage naturel des espaces adjacents en hiver.

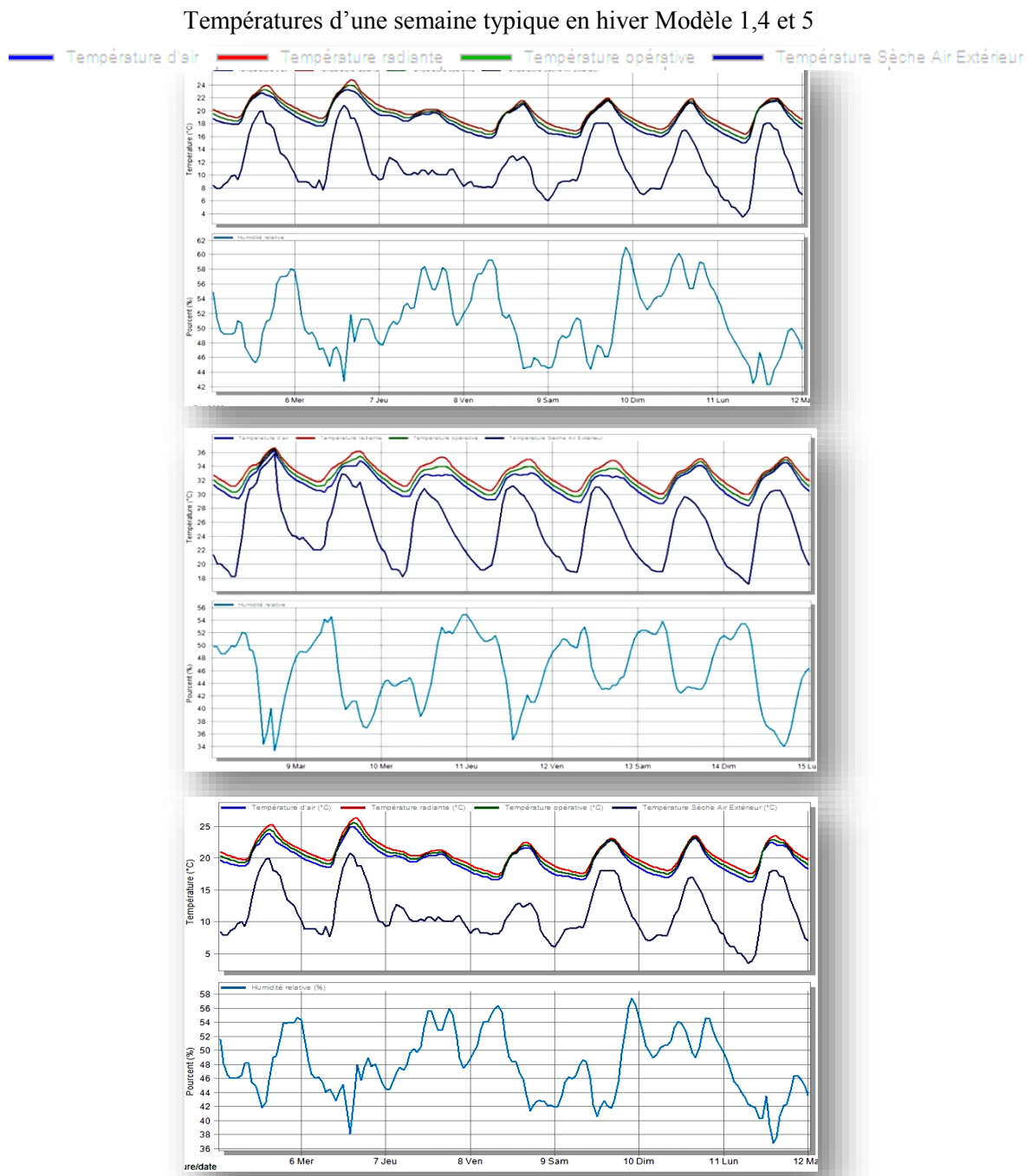


Figure.8.11: Températures de l'air et humidité relative enregistrées des modèles à 1 niveau avec différents ratio d'ouverture.

Il est clair que le ratio d'ouverture patio/surface totale permet des gains solaires, d'où le patio joue son rôle pleinement en tant que régulateur thermique en hiver. En prenant en considération le ratio d'ouverture pour les modèles 1, 4 et 5, les valeurs des niveaux d'éclairage sont inversement proportionnelles au ratio d'ouverture. Mais il est important de noter qu'il peut y avoir des risques d'éblouissements puisque les niveaux d'éclairage dépassent les 2000 lux dans le modèle extrême.

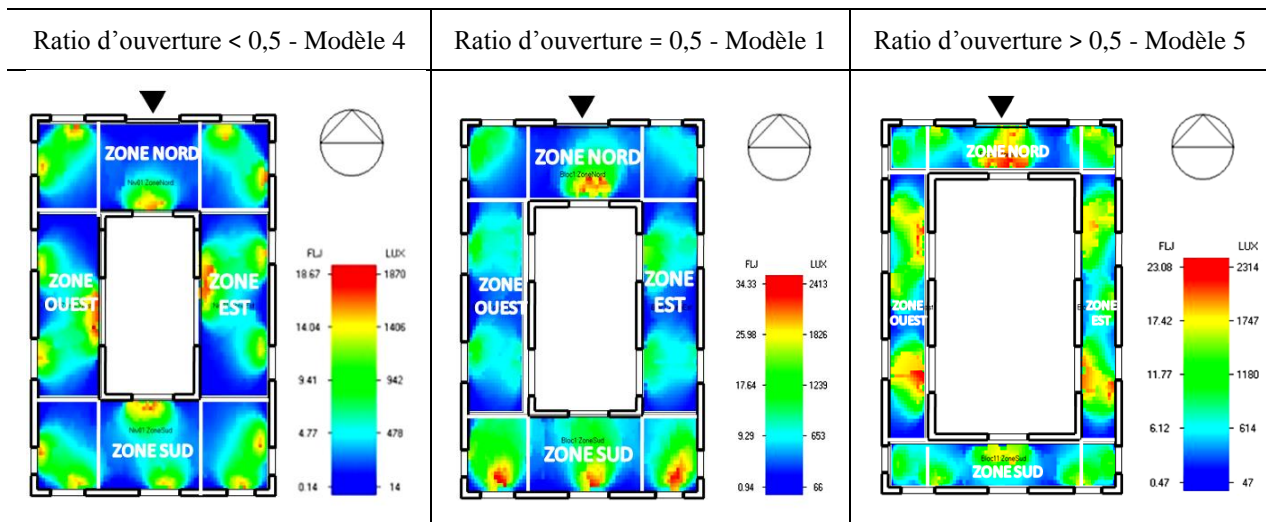
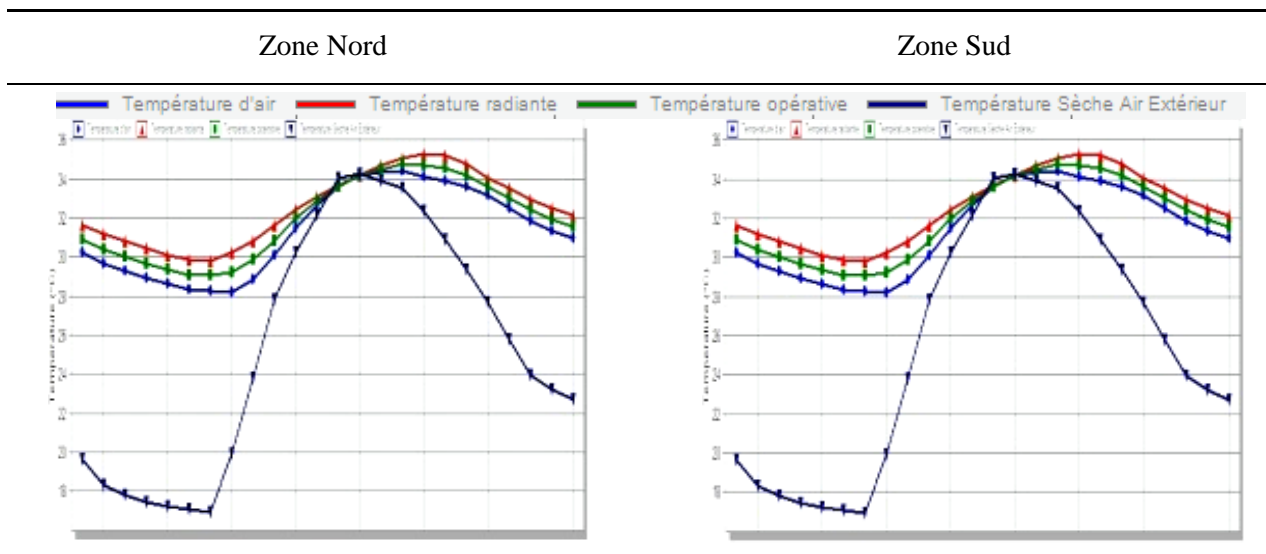


Figure.8.12: Impact du ratio d'ouverture sur les niveaux d'éclairage.

8.8.4. Effet de l'orientation :

L'effet de l'orientation est d'une importance majeure vue les résultats obtenus et présentés dans la figure ci-dessous.

Profils de températures



Zone Est

Zone Ouest

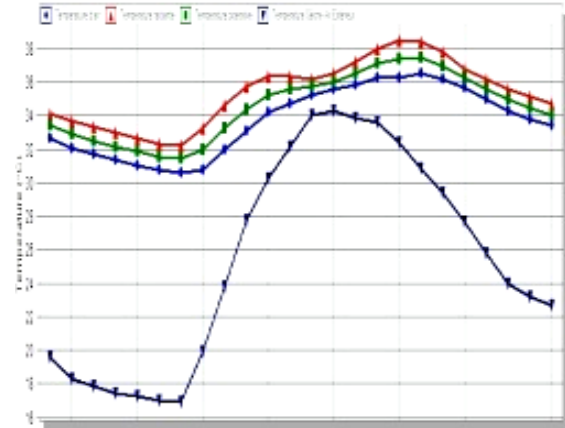
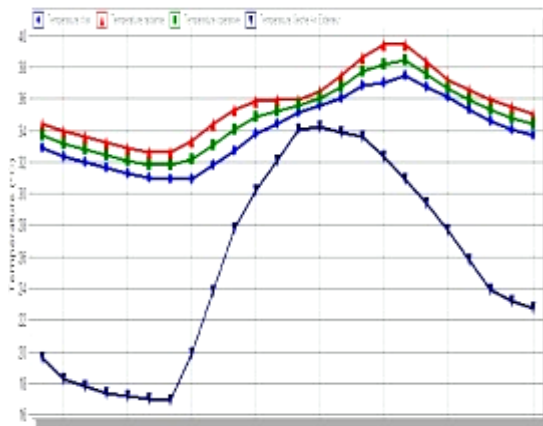
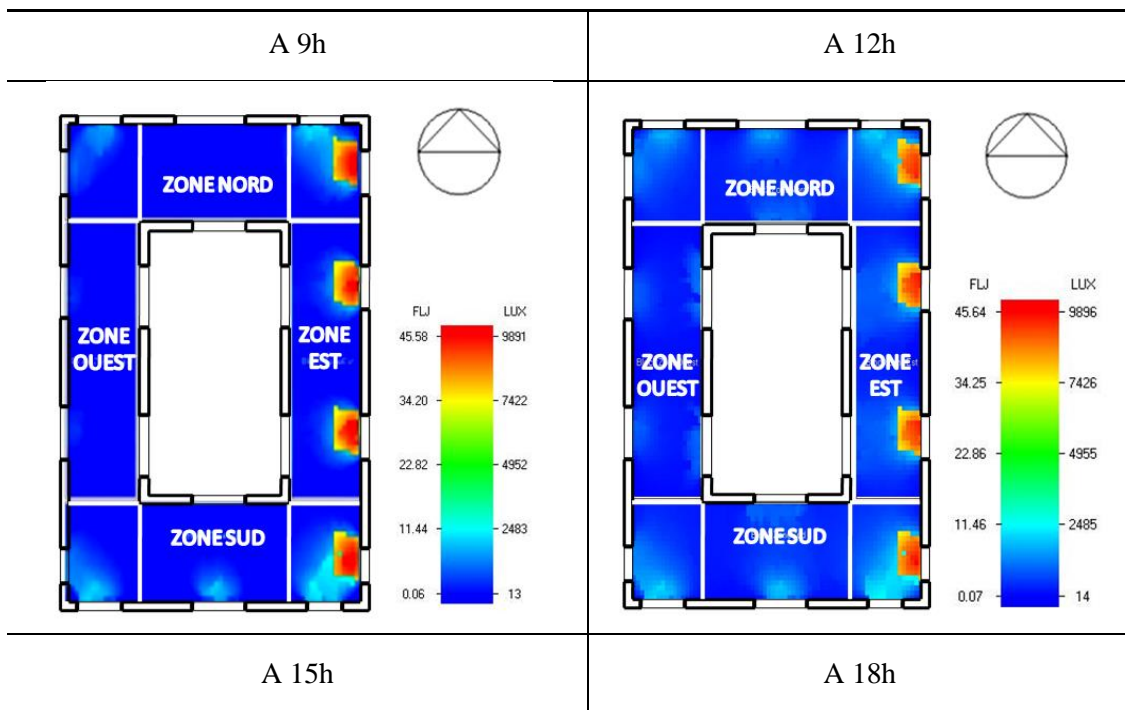


Figure.8.13 : Températures d’air par rapport aux différentes orientations - journée d’été (Modèle 1).

Les températures maximales sont enregistrées dans la zone Est et Ouest, qui atteint les 40°C dans la zone Est. Les températures maximales ne dépassent pas les 36°C pour la zone Nord (Fig.8.13), les gains solaires croissent à travers les surfaces vitrées orientées Est et Ouest.

Niveaux d’éclairage (Environnement lumineux) - Modèle 1



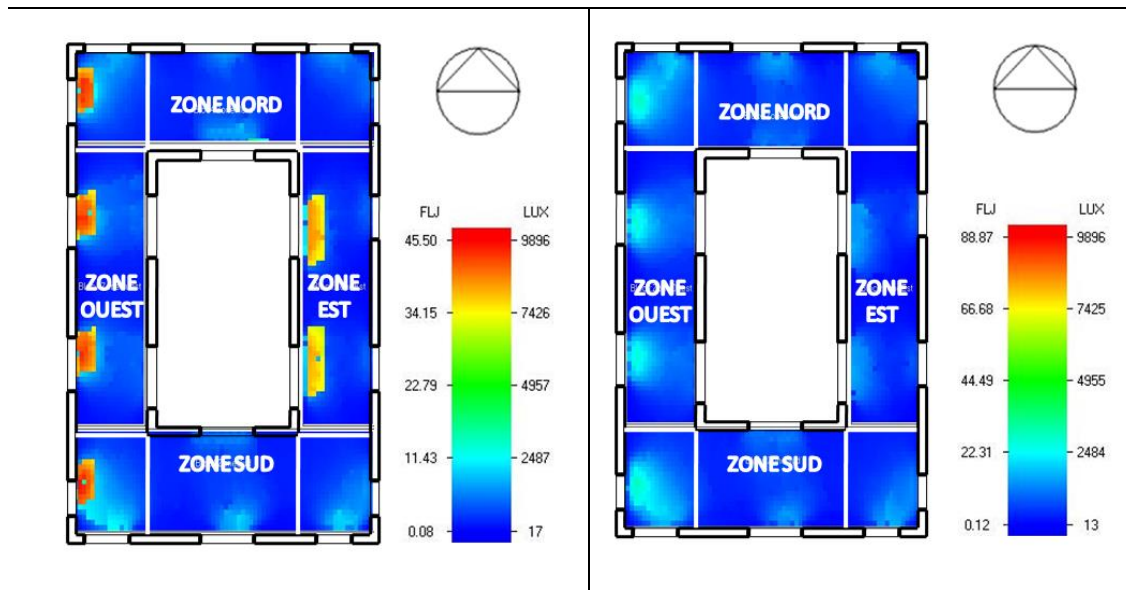
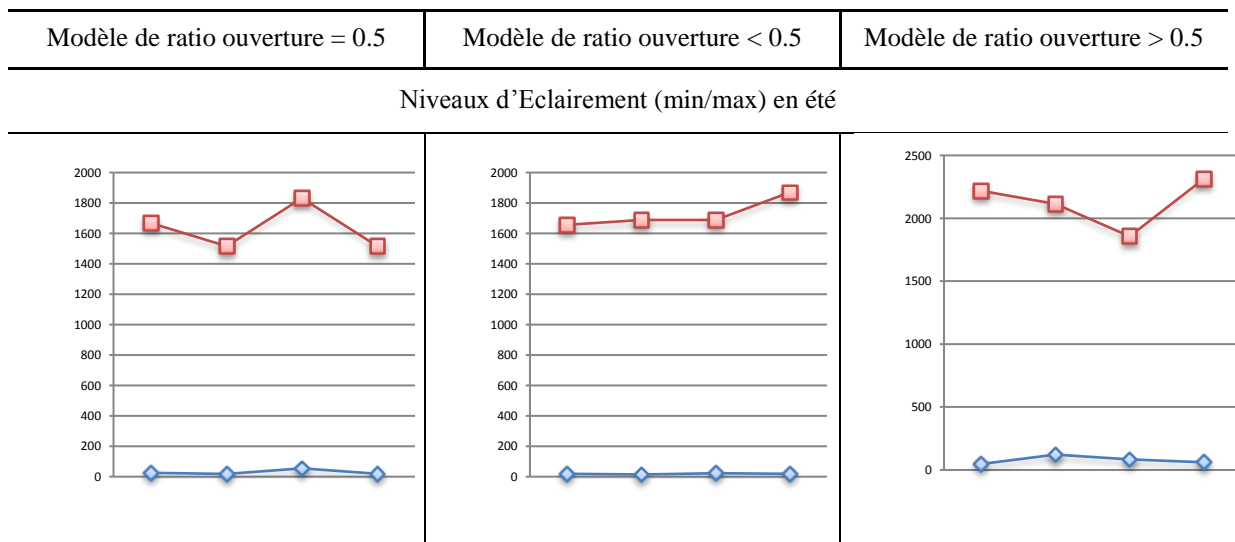


Figure.8.14 : Niveaux d'éclairages d'une journée d'été (Modèle 1).

La simulation d'éclairage dans une journée d'été montre que les zones Est et Ouest bénéficient d'un éclairage naturel meilleur que celles qui sont orientées Nord et Sud (Fig.8.14). On conclut que le bâtiment à patio peut résoudre le dilemme d'ambivalence entre l'environnement thermique et lumineux par des simples orientations de la forme du bâtiment ou/et du patio.

8.8.5. Impact du ratio d'ouverture sur les FLJ:

La figure 8.15 ci-dessous récapitule les valeurs des éclairages min/max et les valeurs des FLJ min/max, les courbes des variations des valeurs du FLJ démontrent que, plus le ratio d'ouverture est grand, plus les valeurs des FLJ sont élevés. Le patio est aussi un régulateur lumineux.



FLJ (min/max) en été

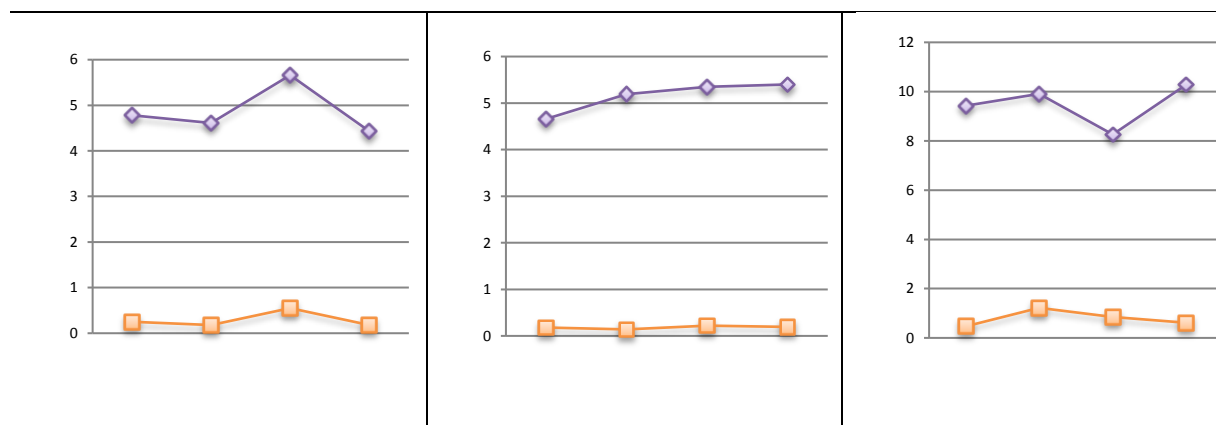


Figure.8.15 : Valeurs des éclairements/FLJ (min/max) pendant une journée d'été.

8.9. Conclusion:

Cette partie importante de la recherche consacrée à l'étude des environnements thermiques et lumineux des espaces adjacents dans le bâtiment à patio par le biais de la simulation. Les résultats figurant dans cette section sont principalement ceux du programme de simulation "DesignBuilder" (l'ensemble des résultats sont donnés dans l'annexe 4). Les résultats de simulations sont fondés sur une analyse comparative entre des modèles à patio et d'autres monoblocs; nous permettent d'évaluer l'effet du patio sur les performances thermiques et lumineuses produites par un bâtiment à patio. Les résultats de simulation ont été analysés à plusieurs niveaux et selon les indicateurs morpho-climatiques qui ont un impact déterminant sur les environnements étudiés.

Les valeurs obtenues des niveaux d'éclairage horizontaux et du facteur de la lumière du jour (FLJ) sous des conditions de ciel clair ont révélé que les espaces intérieurs du modèle à patio bénéficient d'un grand potentiel d'éclairage naturel surtout pour des zones adjacentes au patio. La simulation a aussi révélé que le modèle à patio fournit des éclairements adéquats pour l'ensemble des espaces adjacents quelle que soit leur orientation. Les résultats montrent que la profondeur a un double effet, elle diminue la quantité des éclairements des espaces adjacents des niveaux inférieurs, et elle diminue le degré des températures de l'air de plus en plus vers des niveaux inférieurs.

L'observation des résultats de la simulation sur des modèles numériques et ceux des données recueillies *in situ* dans des différents échantillons - détaillés dans l'annexe 3 - démontre que sous des conditions similaires, l'existence d'une conformité entre les résultats obtenus par la

compagne de mesure et les simulations par "*DesignBuilder*". Dans l'ensemble, la simulation de l'éclairage naturel et l'environnement thermique sont assez identiques avec les données expérimentales recueillies. Une corrélation entre les résultats de la simulation et des mesures *in situ* fera l'objet du prochain chapitre.

CHAPITRE IX

**CORRELATION DES RESULTATS DES
COMPAGNES DE MESURE ET DE LA
SIMULATION NUMERIQUE**

Chapitre IX

CORRELATION DES RESULTATS DES COMPAGNES DE MESURE ET DE LA SIMULATION NUMERIQUE

9.1. Introduction:

L'étude du degré de corrélation entre l'éclairage naturel et la protection solaire dans des bâtiments à patio doit être réalisée le plus en amont possible afin d'orienter les choix morphologiques. Cette étude du bâtiment à patio permet de déterminer les niveaux de performance atteints en fonction des choix morphologiques initiaux testés d'un ensemble de bâtiments à patio, et d'étudier l'impact du patio sur les espaces intérieurs. Ce chapitre est destiné à la corrélation entre l'environnement thermique et l'environnement lumineux entre les échantillons et les modèles du cas d'étude.

Les résultats de la simulation numérique ont été obtenus à partir d'un logiciel qui simule à la fois l'éclairage naturel et la thermique du bâtiment. Le *software* "DesignBuilder" simule les environnements thermiques et les environnements lumineux, pour des longues périodes. Il parvient ainsi à coupler les résultats de l'étude de l'éclairage naturel, et l'étude thermique des espaces intérieurs adjacents du bâtiment sous les conditions climatiques spécifiques de Biskra.

Les variantes de modèles ont été choisies sur la base des changements des paramètres suivants : ratio d'ouverture, ratio d'aspect, pourcentage ouvert/fermé, et la profondeur... etc. Les résultats obtenus après des campagnes de mesure *in situ* et les simulations numériques ainsi que l'évaluation des qualités thermiques et lumineuses des espaces selon les paramètres climatiques suivants : les niveaux d'éclairement, le facteur de lumière du jour, les températures et l'humidité.

La corrélation entre les environnements thermiques et lumineux effectuée peut dévoiler le modèle optimal dans une zone aride. La morphologie optimale parvient à la résolution du dilemme entre l'éclairage naturel et la protection du bâtiment contre l'insolation dans les régions arides et chaudes. Pour atteindre des résultats opérants, l'objectif de ce chapitre est de déterminer un modèle optimal ou le patio joue effectivement le rôle régulateur.

9.2. Les bases de corrélation des deux techniques d'investigation:

1. La ville de Biskra est choisie comme cas d'étude pour des campagnes de mesure *in situ* et des simulations numériques estivales et hivernales.
2. Les modèles utilisés dans la simulation ont été inspirés des caractéristiques morphologiques des échantillons de bâtiments à patio sélectionnés pour les mesures *in situ*.
3. Les indicateurs, les indices et les rapports morphologiques retenus sont similaires pour l'étude analytique tels que: ratio d'ouverture, ratio d'aspect, indice d'ombre solaire, rapport ouvert/fermé et rapport ouverture patio... etc.
4. Les paramètres climatiques utilisés dans cette recherche sont identiques pour les deux techniques, et qui sont : la température de l'air (°C), l'humidité relative (%) et les niveaux d'éclairement (Lux).
5. Le protocole de mesure et de la simulation appliqué est basé sur le zoning des espaces intérieurs selon les orientations : Nord, Sud, Est, et Ouest.
6. L'analyse des résultats est essentiellement concentrée sur une évaluation regroupant à la fois des environnements thermiques et lumineux des espaces adjacents.

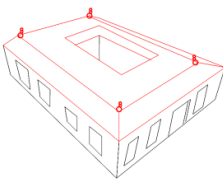

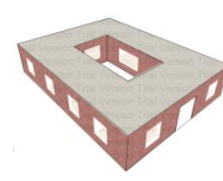


9.3. Catégorisation des échantillons et modèles :

Cette catégorisation permet, sur la base des similarités morphologiques, de déterminer les indicateurs décisifs qui engendreront des environnements thermiques et lumineux adéquats et adaptés aux conditions climatiques arides et chaudes.

9.3.1. 1^{ère} catégorisation : bâtiments à 1 niveau :

La première catégorisation regroupe tous les échantillons et modèles à 1 seul niveau (Tab.9.1).

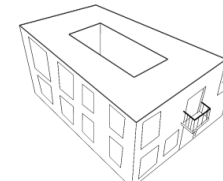
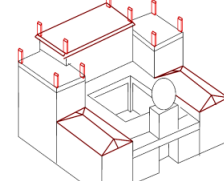
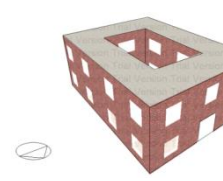
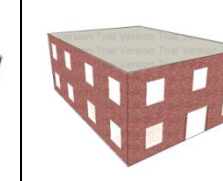

Tableau.9.1 : 1^{er} groupe : bâtiments à 1 niveau.

Echantillon 3	Modèle 1	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 7
				
Ratio d'ouverture: 22% Surface totale : 605 m2 Ratio d'Aspect : 2,69 Indice d'ombre solaire : 0,60 Pourcentage ouvert/fermé : 22,5%	Ratio d'ouverture: 18% Surface totale : 244,5 m2 Ratio d'Aspect : 3,45 Indice d'ombre solaire : 0,47 Pourcentage ouvert/fermé : 9%	Ratio d'ouverture: 11% Surface totale : 265 m2 Ratio d'Aspect : 2,18 Indice d'ombre solaire : 0,57 Pourcentage ouvert/fermé : 11%	Ratio d'ouverture: 21% Surface totale : 235 m2 Ratio d'Aspect : 4,06 Indice d'ombre solaire : 0,40 Pourcentage ouvert/fermé : 9%	Ratio d'ouverture: 0% Surface totale : 300 m2 Ratio d'Aspect : / Indice d'ombre solaire : / Pourcentage ouvert/fermé : 6%

9.3.2. 2^{eme} catégorisation : bâtiments à 2 niveaux :

La deuxième catégorisation regroupe tous les échantillons et modèle à 2 niveaux (Tab.9.2).

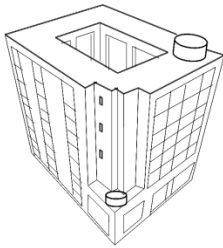
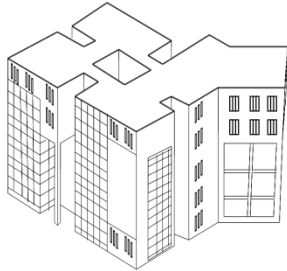
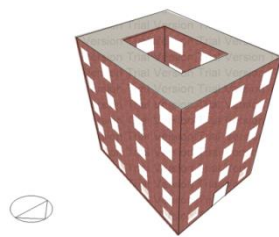
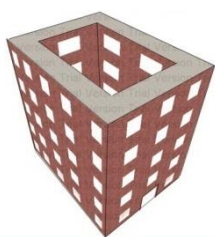
Tableau.9.2 : 2^{eme} groupe : bâtiments à 2 niveaux.

Echantillon 1	Echantillon 2	Modèle 2	Modèle 8	Modèle 9
				
Ratio d'ouverture: 22% Surface totale : 605 m2 Ratio d'Aspect : 2,97 Indice d'ombre solaire : 0.21 Pourcentage ouvert/fermé : 23,5%	Ratio d'ouverture: 15% Surface totale : 605 m2 Ratio d'Aspect : 4,09 Indice d'ombre solaire : 0.42 Pourcentage ouvert/fermé : 19,5%	Ratio d'ouverture: 18% Surface totale : m2 Ratio d'Aspect : 0,68 Indice d'ombre solaire : 0,94 Pourcentage ouvert/fermé : 9%	Ratio d'ouverture: Surface totale : m2 Ratio d'Aspect : / Indice d'ombre solaire: / Pourcentage ouvert/fermé : 6%	Ratio d'ouverture: Surface totale : m2 Ratio d'Aspect : / Indice d'ombre solaire: / Pourcentage ouvert/fermé : 7%

9.3.3. 3^{ème} catégorisation : bâtiments à 5 niveaux :

La troisième catégorisation regroupe tous les échantillons et modèle à 5 niveaux (Tab.9.3).

Tableau.9.3 : 3^{ème} groupe : bâtiments à 5 niveaux.

Echantillon 4	Echantillon 5	Modèle 3	Modèle 6
			
Ratio d'ouverture: 10% Surface totale : 605 m2 Ratio d'Aspect : 0,37 Indice d'ombre solaire : 1,41 Pourcentage ouvert/fermé : 30,5%	Ratio d'ouverture: 7% Surface totale : 605 m2 Ratio d'Aspect : 0,16 Indice d'ombre solaire : 2,38 Pourcentage ouvert/fermé : 31,5%	Ratio d'ouverture: 18% Surface totale : m2 Ratio d'Aspect : 0,13 Indice d'ombre solaire : 2,35 Pourcentage ouvert/fermé : 10%	Ratio d'ouverture: 21% Surface totale : m2 Ratio d'Aspect : 0,16 Indice d'ombre solaire : 2 Pourcentage ouvert/fermé : 10%

9.4. Protocole de validation des résultats des techniques d'investigation :

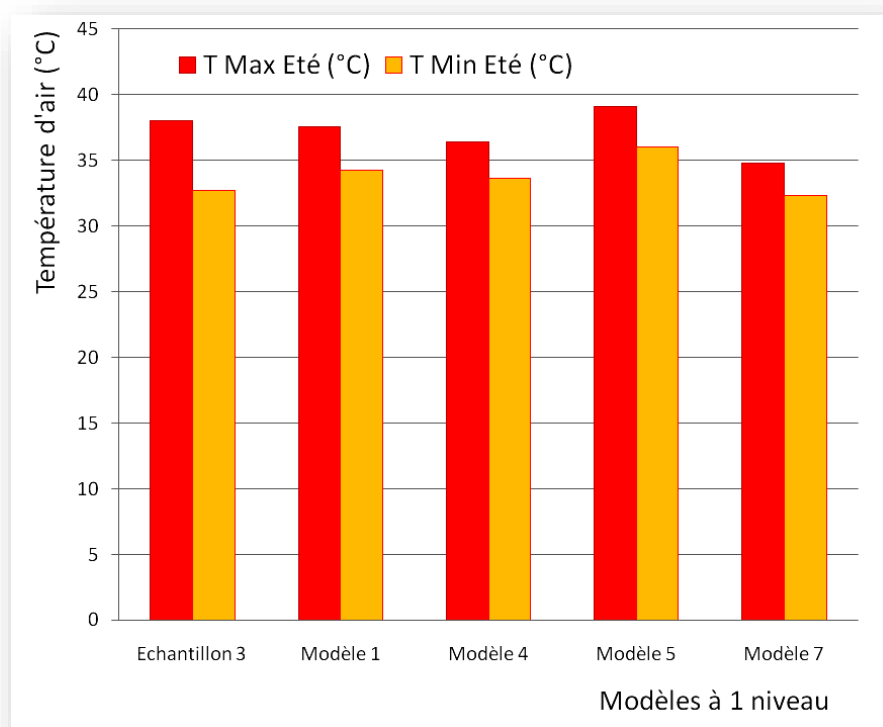
L'étude de validation des hypothèses de départ a constitué notre principale référence. Des résultats expérimentaux des campagnes de mesures *in situ* et les résultats de la simulation numérique sont utilisés pour faire:

- Une corrélation des résultats selon des caractéristiques morphologiques similaires.
- Une validation des résultats de la corrélation concernant les performances thermiques et lumineuses des espaces intérieurs, et qui viennent compléter les résultats des deux techniques utilisés dans le cadre de notre recherche.

9.4.1. Corrélation de l'environnement thermique :

9.4.1.1. L'environnement thermique estival :

a. Dans les bâtiments à 1 niveau :

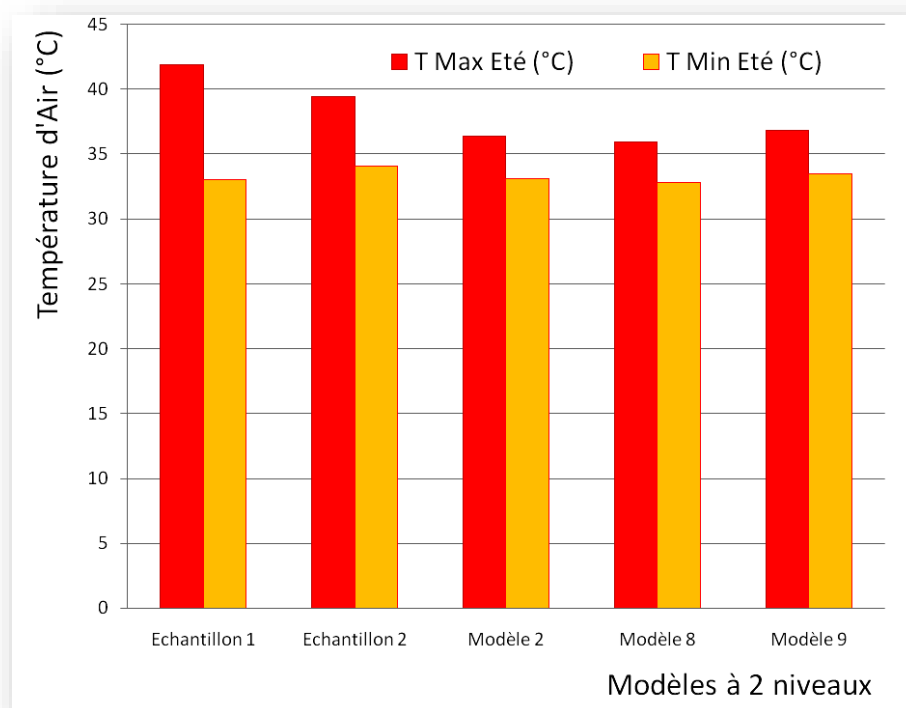


	Echantillon 3	Modèle 1	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 7
T _{Max Eté} (°C)	38	37,5	36,4	39,1	34,8
T _{Min Eté} (°C)	32,7	34,2	33,6	36	32,3

Figure.9.1 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 1 niveau.

D'après la figure 9.1, les valeurs des températures de l'air enregistré *in situ* et simulé dans les bâtiments à 1 niveau révèlent que la température de l'air maximale est de 39°C dans le modèle 5, cela confirme que plus le ratio d'ouverture patio est grand, plus le bâtiment est exposé au soleil d'été, ce qui engendre par conséquent plus de gains thermiques. Par contre, le modèle 4 d'un ratio d'ouverture patio le plus petit est d'une température de l'air maximale la plus basse qui est de 36°C. La température de l'air minimale pendant une journée d'été a été enregistrée dans l'échantillon 3, expliqué par une protection solaire avec plusieurs dispositifs.

b. Dans les bâtiments à 2 niveaux :

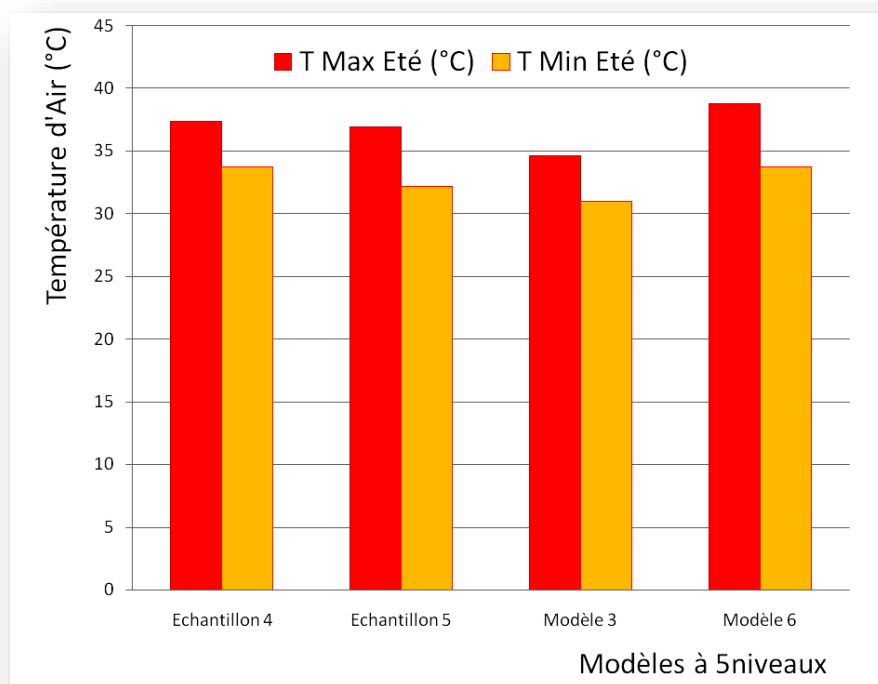


	Echantillon 1	Echantillon 2	Modèle 2	Modèle 8	Modèle 9
T _{Max Eté} (°C)	41,9	39,4	36,4	35,9	36,8
T _{Min Eté} (°C)	33	34,1	33,1	32,8	33,5

Figure.9.2 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 2 niveaux.

Dans les modèles et échantillons à deux niveaux, l'échantillon 1 avec un ratio d'aspect le plus élevé est le bâtiment qui subit une surchauffe en été, avec des températures de l'air de presque 42°C. Tandis que les modèles monobloc avec des températures d'air approximativement semblables et qui sont de moyenne de 36°C.

c. Dans les bâtiments à 5 niveaux :



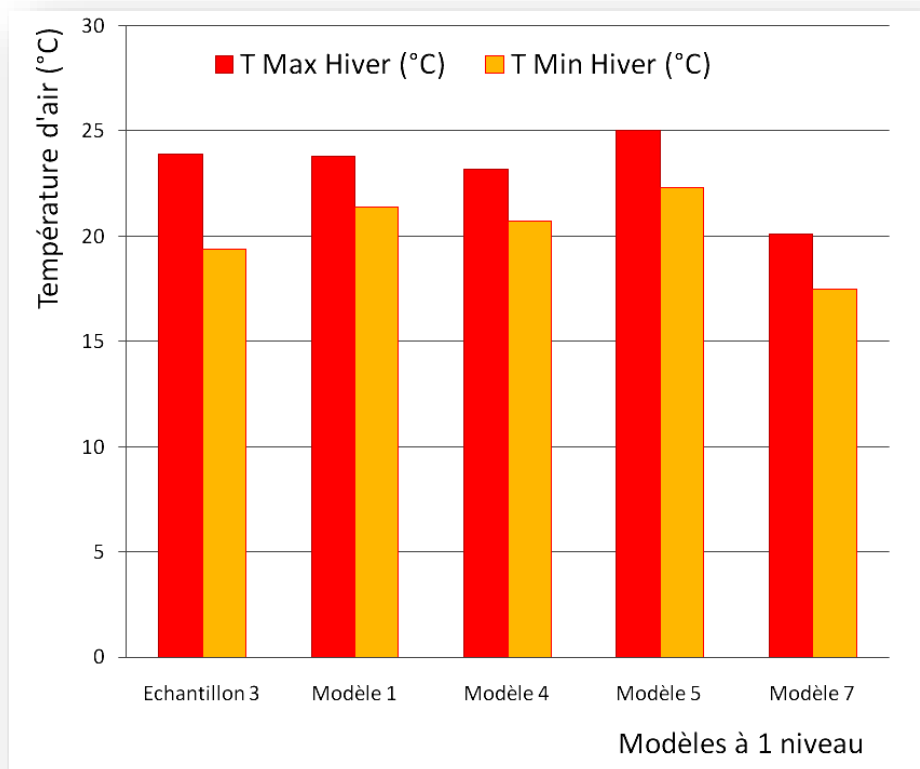
	Echantillon 4	Echantillon 5	Modèle 3	Modèle 6
T _{Max Eté} (°C)	37,4	36,9	34,6	38,8
T _{Min Eté} (°C)	33,7	32,2	31	33,7

Figure.9.3 : Variations des températures d'air pendant la période estivale des échantillons et modèles à 5 niveaux.

La remarque générale admet que la variation des températures de l'air entre les échantillons et les modèles est très attenante, la température d'air la plus basse est enregistrée dans le modèle 3 avec 34,6 °C, les bâtiments à patio profond sont donc les meilleurs régulateurs thermiques dans les zones arides.

9.4.1.2. L'environnement thermique hivernal :

a. Dans les bâtiments à 1 niveau :

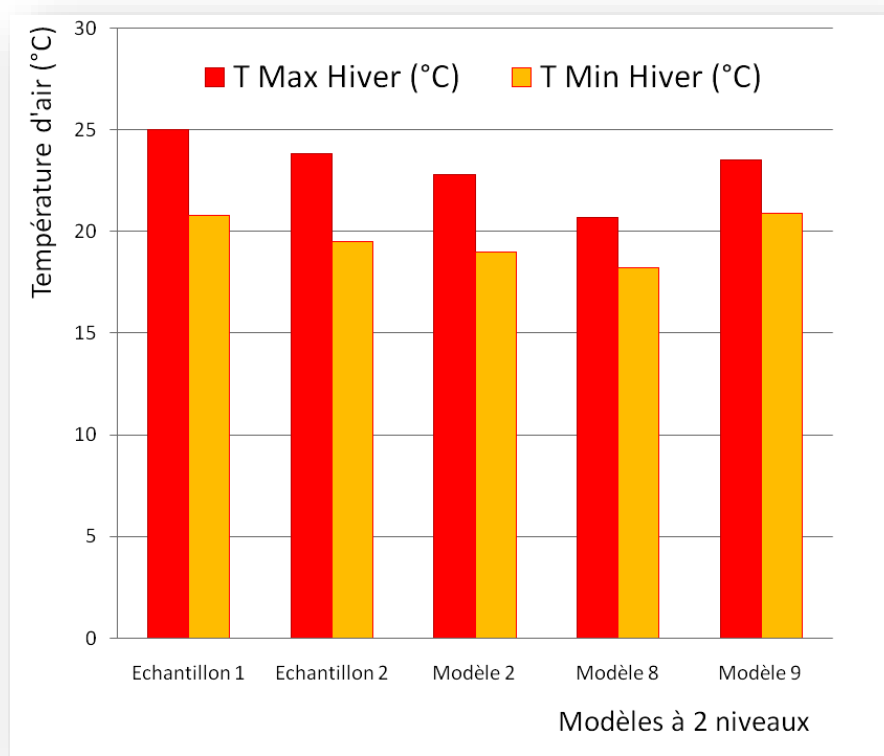


	Echantillon 3	Modèle 1	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 7
T _{Max Hiver} (°C)	23,9	23,8	23,2	25	20,1
T _{Min Hiver} (°C)	19,4	21,4	20,7	22,3	17,5

Figure.9.4 : Variations des températures de l'air pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 1 niveau.

Le modèle 5 avec un ratio d'ouverture patio élevé arrive à accroître les gains thermiques pendant la période hivernale, des températures de l'air dans les espaces intérieurs sont de 25 °C, tandis que le modèle 7 de type monobloc atteint une température d'air maximale de 20°C qui représente le modèle le moins adapté aux conditions climatiques en hiver, cela est dû un faible ratio ouvert/fermé.

b. Dans les bâtiments à 2 niveaux :

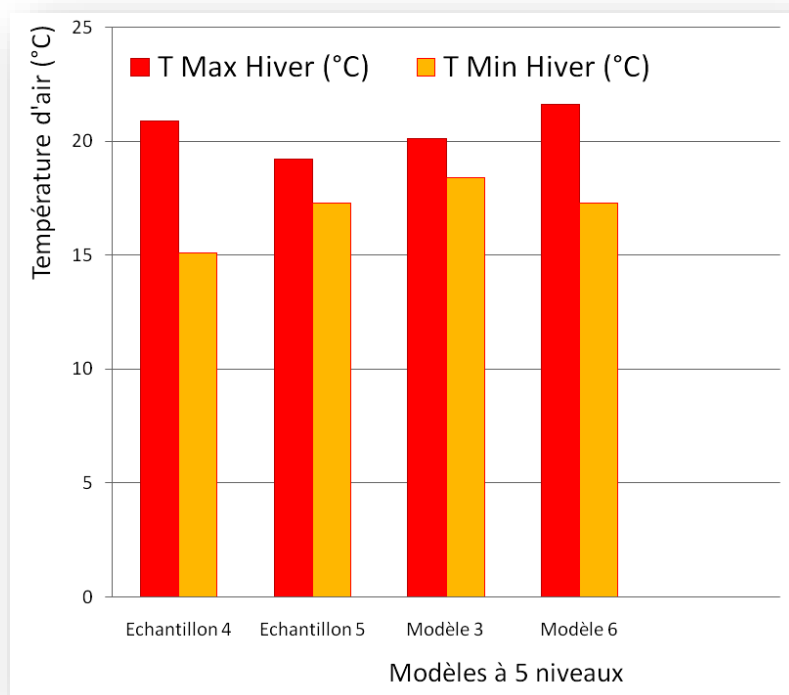


	Echantillon 1	Echantillon 2	Modèle 2	Modèle 8	Modèle 9
T _{Max Hiver} (°C)	25	23,8	22,8	20,7	23,5
T _{Min Hiver} (°C)	20,8	19,5	19	18,2	20,9

Figure.9.5 : Variations des températures de l'air pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 2 niveaux.

Parmi les modèles à deux niveaux, l'échantillon 1 est le plus régulé thermiquement, des températures de l'air de 25°C enregistrées pendant une journée hivernale, cela est dû à son ratio d'aspect élevé qui permet un ensoleillement maximal en hiver (Reynolds S, 2006). Le modèle 8 un bâtiment monobloc simple à deux niveaux est le moins exposé à l'ensoleillement hivernal, dû à un faible rapport ouvert/fermé.

c. Dans les bâtiments à 5 niveaux :



	Echantillon 4	Echantillon 5	Modèle 3	Modèle 6
T Max Hiver (°C)	20,9	19,2	20,1	21,6
T Min Hiver (°C)	15,1	17,3	18,4	17,3

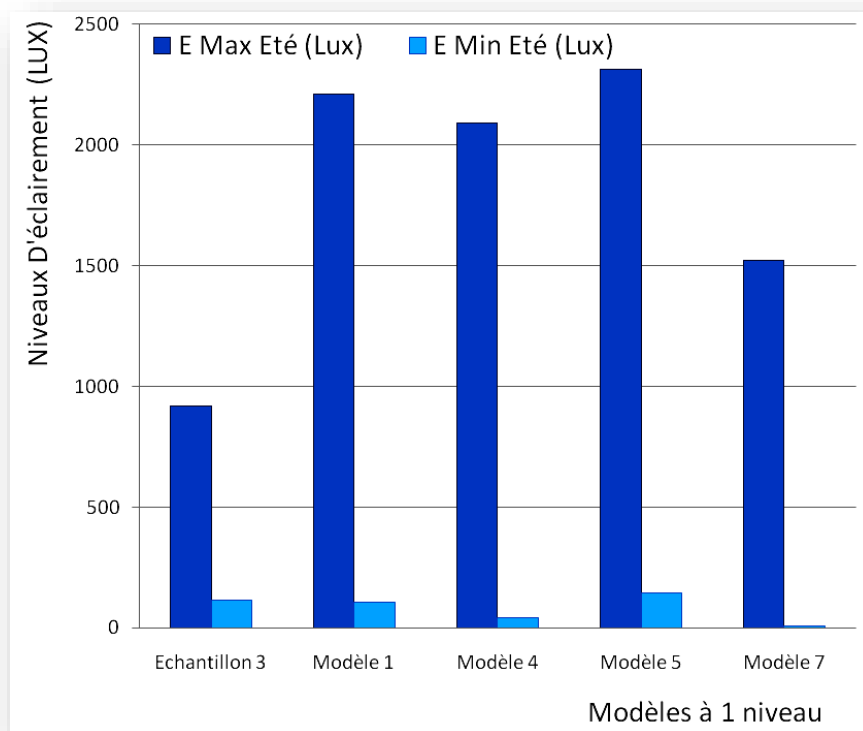
Figure.9.6 : Variations des températures d'air pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 5 niveaux.

Tous les modèles à 5 niveaux ont des difficultés pour la régulation thermique à l'intérieur du bâtiment, l'élargissement des ouvertures, qui entourent le patio, contribue à accroître les gains thermiques en hiver.

9.4.2. Corrélation de l'environnement lumineux :

9.4.2.1. L'environnement lumineux estival :

a. Dans les bâtiments à 1 niveau :

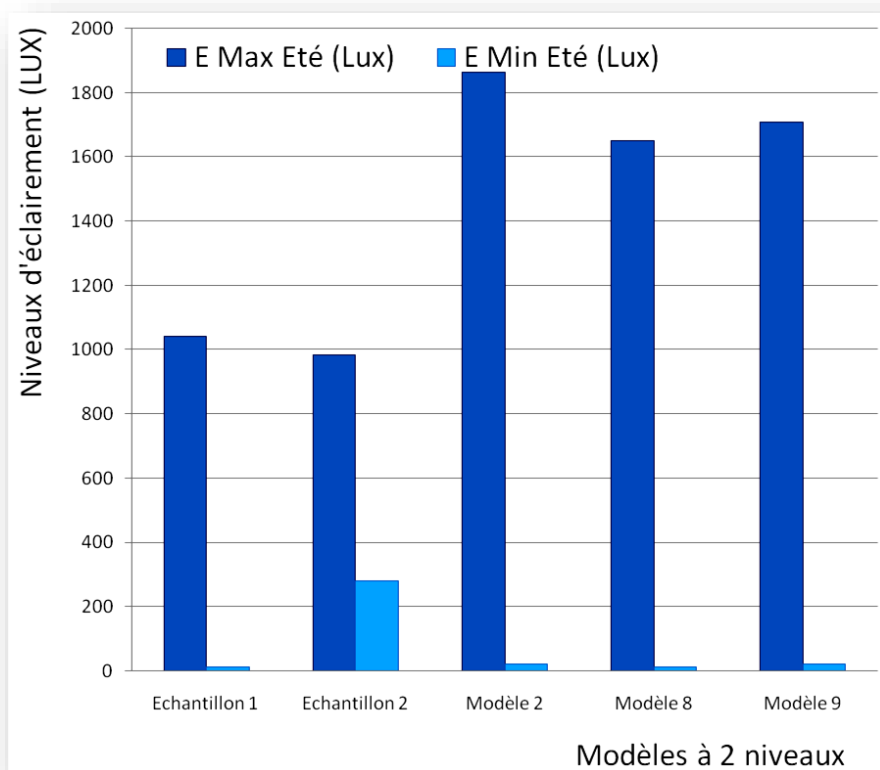


	Echantillon 3	Modèle 1	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 7
E _{Max Eté} (Lux)	920	2208,56	2090,10	2313,52	1520,40
E _{Min Eté} (Lux)	116	107,78	44,1	147,16	10,30

Figure.9.7 : Variations des niveaux d'éclairement pendant la période estivale des échantillons et modèles à 1 niveau.

En plus des calculs des niveaux d'éclairement, la simulation de l'éclairage naturel des modèles clarifiée la répartition et le degré d'homogénéisation des éclairagements dans les espaces intérieurs. Par rapport aux valeurs mesurées in situ, la valeur maximale des éclairagements dans l'échantillon 3 est beaucoup moins faible que les valeurs maximales des niveaux d'éclairement des modèles simulés.

b. Dans les bâtiments à 2 niveaux :

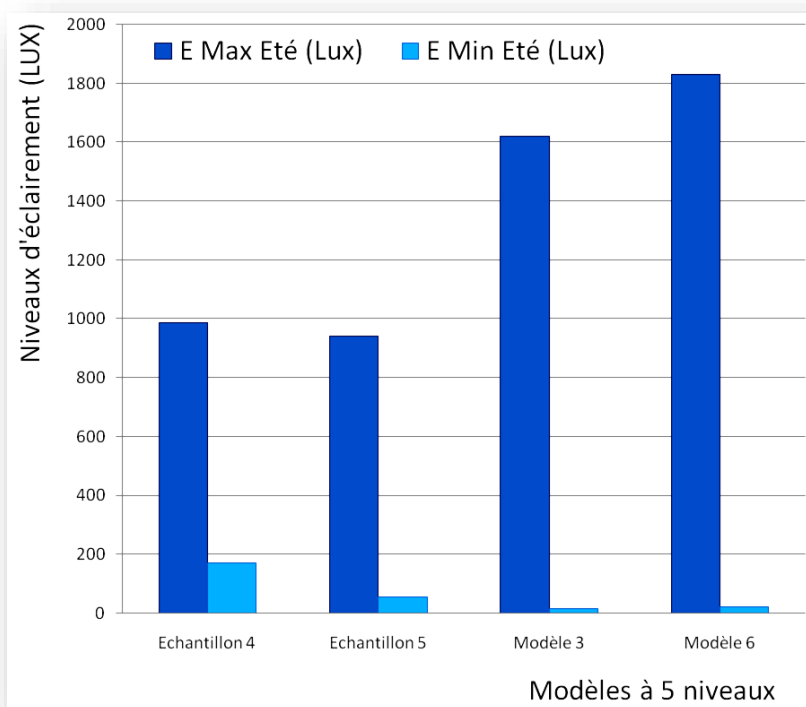


	Echantillon 1	Echantillon 2	Modèle 2	Modèle 8	Modèle 9
E _{Max Eté} (Lux)	1040	983	1863,63	1650,84	1706,32
E _{Min Eté} (Lux)	12	279	22,78	11,30	20,62

Figure.9.8 : Variations des niveaux d’éclairage pendant la période estivale des échantillons et modèles à 2 niveaux.

Le graphe de la figure 9.8 illustre le grand potentiel d’éclairage naturel qui offre un bâtiment à patio par rapport aux modèles monoblocs, l’ouverture au ciel du patio du modèle à patio fournit un éclairage naturel meilleur que le modèle 9 de quatre décrochements aux angles.

c. Dans les bâtiments à 5 niveaux :



	Echantillon 4	Echantillon 5	Modèle 3	Modèle 6
E _{Max Eté} (Lux)	987	941	1620,80	1828,95
E _{Min Eté} (Lux)	171	55	14,43	22,71

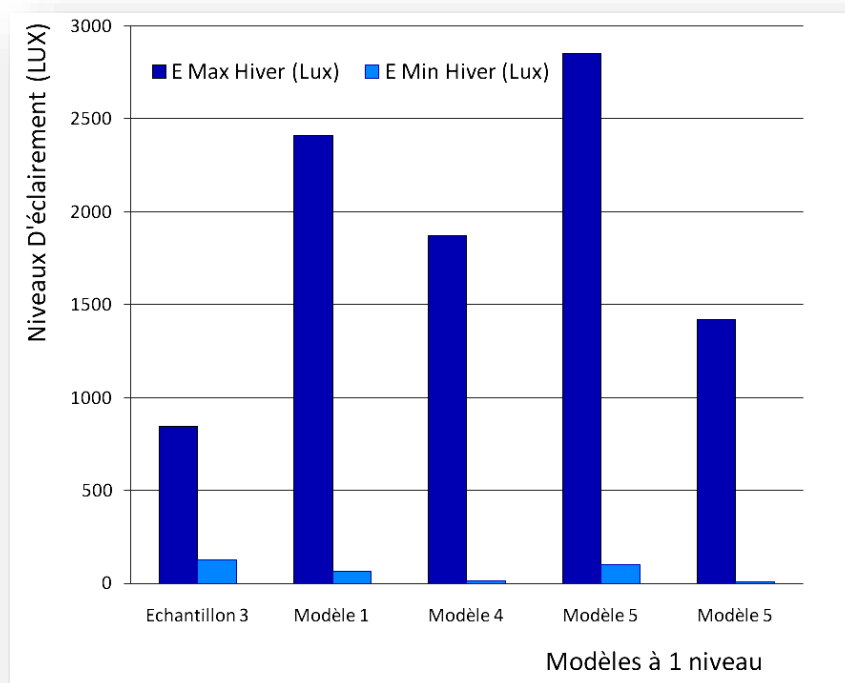
Figure.9.9 : Variations des niveaux d'éclaircissement pendant la période estivale des échantillons et modèles à 5 niveaux.

Les bâtiments à patio profond réduisent les niveaux d'éclaircissement, ces derniers diminuent continuellement avec la profondeur. Les modèles de ratio d'ouverture élevé, il est de 70% dans le modèle 5 et de 50% dans le modèle 3, ont accru les niveaux d'éclaircissement à 200 Lux de plus.

Des dispositifs de protection solaire utilisés dans les échantillons 4 et 5, se divisent en deux types : internes dans le patio tel que les galeries ou externes tels que : les brise-soleil, les claustras ou les murs en double peau, tous ces dispositifs modèrent les niveaux d'éclaircissement des espaces intérieurs.

9.4.2.2. L'environnement lumineux hivernal :

a. Dans les bâtiments à 1 niveau :

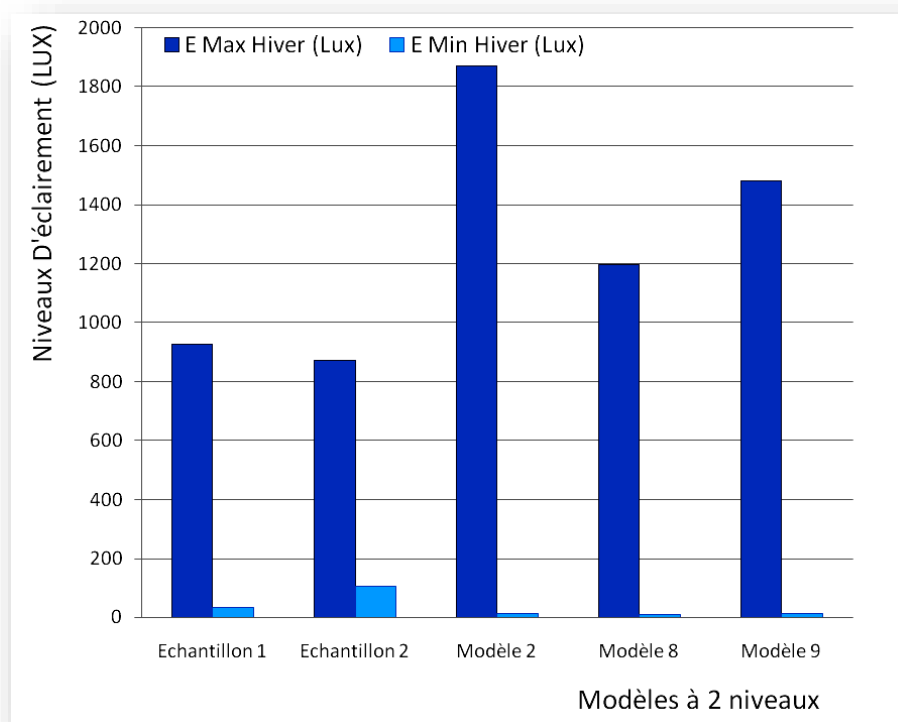


	Echantillon 3	Modèle 1	Modèle 4	Modèle 5	Modèle 7
E _{Max Hiver} (Lux)	848	2412,81	1870,08	2851,89	1420,70
E _{Min Hiver} (Lux)	130	66,1	14,13	102,49	11,30

Figure.9.10 : Variations des niveaux d'éclairément pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 1 niveau.

Il est clair que le modèle 5, d'un ratio d'ouverture patio de 70%, est le plus éclairé en été avec une valeur d'éclairément maximale de 2851,89 Lux. Les modèles monoblocs sont les moins éclairés. Le cas de l'échantillon 3 est le bâtiment le moins éclairé parmi les modèles à 1 niveau.

b. Dans les bâtiments à 2 niveaux :



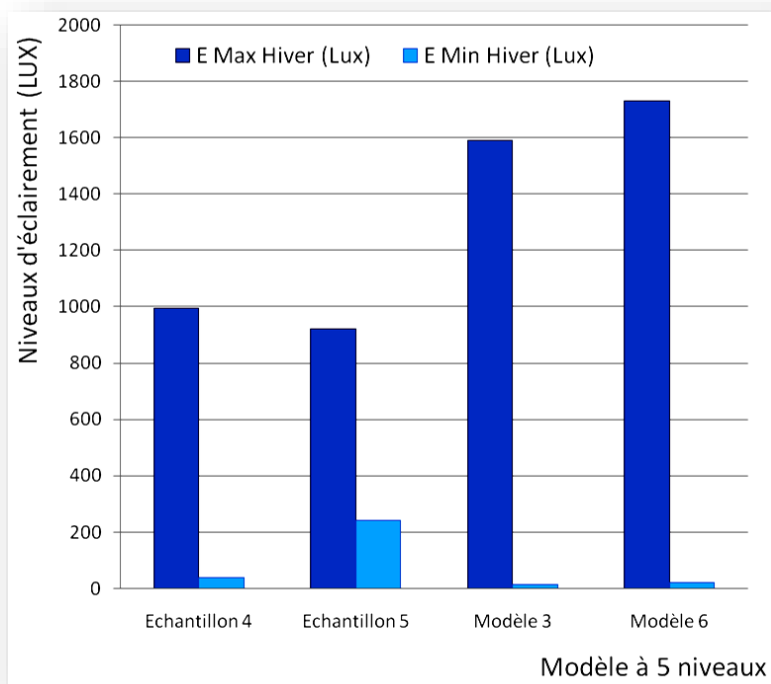
	Echantillon 1	Echantillon 2	Modèle 2	Modèle 8	Modèle 9
E _{Max Hiver} (Lux)	925	872	1871,70	1197,55	1480,41
E _{Min Hiver} (Lux)	35	105	15,27	10,78	13,15

Figure.9.11 : Variations des niveaux d'éclairciment pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 2 niveaux.

Il est clair qu'il existe des variations de niveaux d'éclairciment entre les échantillons et modèles de deux niveaux, le modèle 2, avec des niveaux d'éclairciment les plus élevés, possède un grand potentiel d'éclairage naturel. En revanche, l'échantillon 2 avec un patio de forme rectangulaire et une présence de végétations très dense, diminuent les valeurs des éclaircissements maximales.

c. Dans les bâtiments à 5 niveaux :

Dans ce groupe des bâtiments à 5 niveaux, tous ces échantillons et modèles sont des typologies à patio profond ce qui crée la variation et le degré de l'impact du type de patio et ses caractéristiques morphologiques tels que : ratio d'ouverture, ratio d'aspect, indice d'ombre solaire, ainsi que les types et tailles des fenêtres.



	Echantillon 4	Echantillon 5	Modèle 3	Modèle 6
E Max Hiver (Lux)	995	920	1590,72	1728,95
E Min Hiver (Lux)	40	243	12,46	20,67

Figure.9.12 : Variations des niveaux d'éclairage pendant la période hivernale des échantillons et modèles à 5 niveaux.

La profondeur a un impact sur les niveaux d'éclairage surtout des niveaux inférieurs. Le ratio d'ouverture patio peut-être ajusté d'une manière a procuré des niveaux d'éclairage exigés pour les espaces intérieurs des niveaux inférieurs du bâtiment (ex: modèle 6).

9.5. Corrélation thermo-lumineuse globale :

L'objective finale de cette recherche était d'étudier le dilemme de l'éclairage naturel et la régulation thermique des bâtiments à patio dans les zones arides et chaudes. La corrélation finale offre une classification par rapport aux environnements thermiques et lumineux présentés selon des températures de l'air et des niveaux d'éclairage globaux. Le graphe ci-dessous est le résultat final des deux techniques d'investigation.

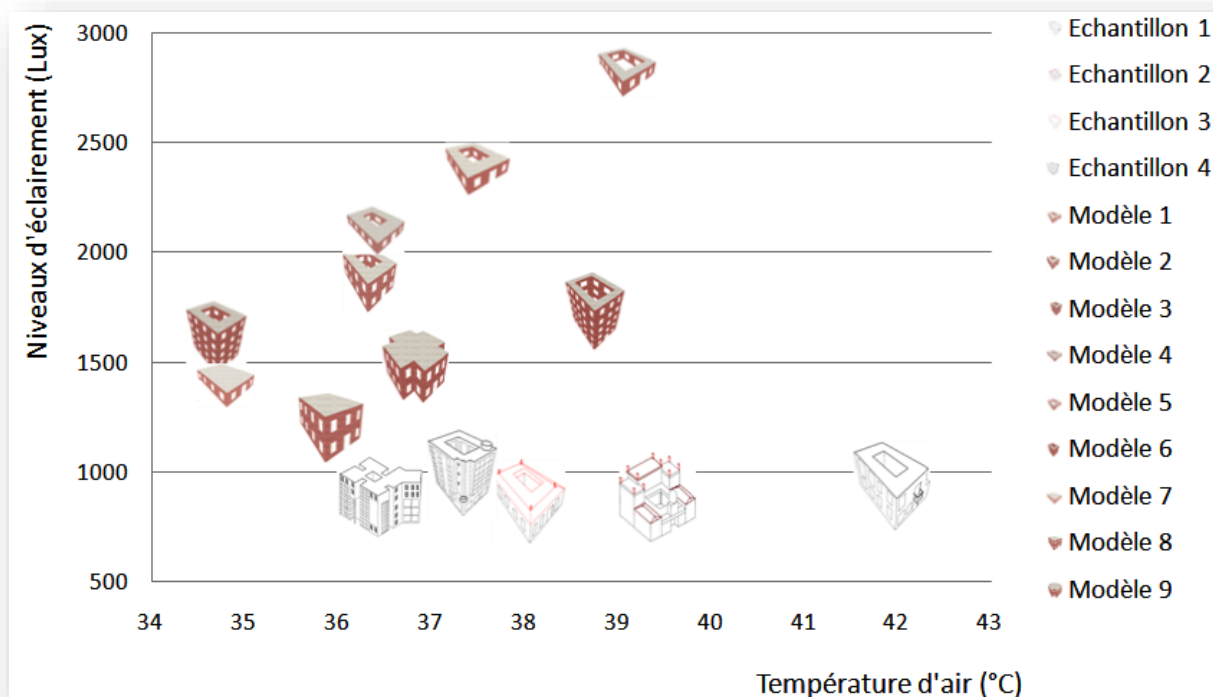


Figure.9.13 : Corrélation quantitative entre l'environnement thermique et lumineux des échantillons et des modèles.

La corrélation entre l'environnement thermique et l'environnement lumineux des échantillons existants et les modèles de simulation révèle l'impact thermique et lumineux des différentes morphologies dans les espaces intérieurs adjacents. On peut extraire cinq groupes importants selon le degré de protection solaire et de l'éclairage naturel:

9.5.1. 1^{er} groupe : Bâtiments parfaitement éclairés/bien protégés :

Les bâtiments parfaitement éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient de 34 °C à 36 °C et des niveaux d'éclairage entre 1500 et 2000 lux. Cette catégorie regroupe uniquement le modèle du bâtiment à patio à 5 niveaux avec un ratio d'ouverture moyenne (< ou = 50 %).

9.5.2. 2^{eme} groupe: Bâtiments suffisamment éclairés/parfaitement protégés :

Les bâtiments suffisamment éclairés et parfaitement protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 34 °C et 36 °C et des niveaux d'éclairage entre 1000 et 1500 lux. Cette catégorie regroupe les deux modèles 7 et 8 du bâtiment monobloc simple à 1 et à 2 niveaux.

9.5.3. 3^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés et bien protégés :

Les bâtiments mal éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 36 °C et 38 °C et des niveaux d'éclairage inférieurs à 1000 lux. Cette catégorie regroupe deux échantillons de bâtiments à patio existants (échantillons 3 et 5).

9.5.4. 4^{ème} groupe : Bâtiments suffisamment éclairés/bien protégés :

Les bâtiments suffisamment éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 36 °C et 38 °C et des niveaux d'éclairage de 1000 lux aux 1500 lux. Cette catégorie regroupe l'échantillon 4 un bâtiment à patio de 5 niveaux.

9.5.5. 5^{ème} groupe : Bâtiments bien éclairés/bien protégés :

Les bâtiments bien éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 36 °C et 38 °C et des niveaux d'éclairage entre 1500 lux et 2000 lux. Cette catégorie regroupe le modèle 2 un bâtiment à patio de 2 niveaux avec un ratio d'ouverture patio $\leq 50\%$, et le modèle 9 un bâtiment conventionnel monobloc extraverti de deux niveaux.

9.5.6. 6^{ème} groupe : Bâtiments très bien éclairés/bien protégés :

Les bâtiments très bien éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 36 °C et 38 °C et des niveaux d'éclairage entre 2000 lux et 2500 lux. Cette catégorie regroupe le modèle 2 un bâtiment à patio de 1 niveau avec un ratio d'ouverture patio $\leq 25\%$, et le modèle 4 un bâtiment à patio de 1 niveau avec un ratio d'ouverture patio $\leq 50\%$.

9.5.7. 7^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés et protégés :

Les bâtiments mal éclairés et protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 38 °C et 40 °C et des niveaux d'éclairage de 500 lux aux 1000 Lux. Cette catégorie regroupe l'échantillon 2 un bâtiment à patio de 2 niveaux.

9.5.8. 8^{ème} groupe : Bâtiments bien éclairés/protégés :

Les bâtiments bien éclairés et protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 38 °C et 40 °C et des niveaux d'éclairage entre 1000 lux et 1500 Lux. Cette catégorie regroupe le modèle 6 un bâtiment à patio de 5 niveaux avec un ratio d'ouverture patio $< \text{ou} =$ à 75%.

9.5.9. 9^{ème} groupe: Bâtiments trop éclairés/bien protégés :

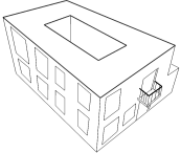
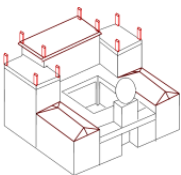


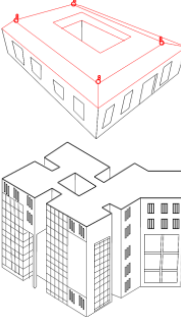
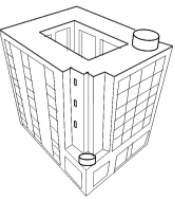



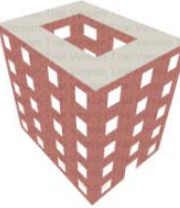
Les bâtiments trop éclairés et bien protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 38 °C et 40 °C et des niveaux d'éclairage entre 1000 lux et 1500 Lux. Cette

catégorie regroupe le modèle 5 un bâtiment à patio d'un seul niveau avec un ratio d'ouverture patio < ou = à 75%.

9.5.10. 10^{ème} groupe : Bâtiments mal éclairés/ mal protégés :

Les bâtiments mal éclairés et mal protégés. Les modèles avec des températures d'air qui varient entre 40 °C et 42 °C et des niveaux d'éclairement entre 500 lux et 1000 Lux. Cette catégorie regroupe l'échantillon 1, un bâtiment à patio de 2 niveaux et qui dispose un patio rectangulaire allongé le long de l'axe Est-Ouest.

Tableau.9.4 : Corrélation qualitative thermo-lumineuse (Tous les échantillons et modèles).

	Mal éclairer	Suffisamment éclairer	Bien éclairer	Très bien éclairer	Trop éclairer
Mal protéger					
Protéger					
Bien protéger					
Parfaitement protéger					

Le tableau 9.4 ci-dessus associe le potentiel thermique et lumineux des échantillons et modèles étudiés à partir des températures d'air maximales et les niveaux d'éclairage les plus élevés enregistrés pendant la saison estivale.

Le bâtiment recommandé est le bâtiment le plus adapté aux conditions climatiques similaires et qui possède un grand potentiel de protection solaire et d'éclairage naturel. Il semble que le modèle du bâtiment à patio profond est le meilleur modèle en matière d'éclairage naturel et de régulation thermique (détails de ses caractéristiques morphologiques dans le tableau 9.4). Parmi les bâtiments à patio et les bâtiments monoblocs, ce modèle est le plus performant et a l'impact idéal sur l'environnement thermique et lumineux des espaces intérieurs dans les régions arides et chaudes.

9.6. Conclusion :

Dans les zones chaudes et arides, le concepteur est appelé à trouver une réconciliation entre deux environnements importants pour le confort à savoir le confort thermique et lumineux. D'après l'analyse corrélative établie sur les échantillons et les modèles étudiés par catégorie basée sur des références morphologiques, nous avons pu optimiser les deux environnements à partir des regroupements. Les résultats ont révélé les valeurs de températures de l'air et des niveaux d'éclairage adéquat, ainsi que les caractéristiques morphologiques du modèle optimal.

Il est clair que le patio en tant que régulateur thermique et lumineux peut jouer un rôle prépondérant. Le modèle du bâtiment à patio profond est le meilleur pour résoudre le dilemme de l'éclairage et de la protection du bâtiment face à l'insolation dans les zones arides et chaudes. La profondeur du patio, le ratio d'ouverture et l'orientation restent les décisions cruciales dans l'optimisation entre l'environnement thermique et lumineux.

Les différents ratios et indices morphologiques tels que : ratio surface/volume, pourcentage ouvert/fermé, ratio d'ouverture, ratio d'aspect et l'indice de l'ombre solaire... etc., et les dispositifs de protection solaire sont proportionnellement liés à la forme du bâtiment et du patio. Les surfaces extérieures du bâtiment à patio parviennent en second en tant qu'une source complémentaire des conditions du confort thermique et lumineux requis pour les espaces intérieurs.

CONCLUSION DE LA PARTIE ANALYTIQUE

Dans une région aride et chaude, concevoir des bâtiments à patio nécessite d'analyser les interactions de la trilogie (patio/espace intérieur/espace extérieur) de façon à offrir des conditions thermiques et lumineuses adéquates par le contrôle des données morphologiques. Dans ces mêmes zones, le patio reste un espace primordial qui peut fournir, contrôler et modérer un environnement lumineux en compromis avec l'environnement thermique.

Le confort thermique et lumineux intérieur du bâtiment a été étudié par des mesures *in situ* sur des échantillons de bâtiments à patio de la ville de Biskra. Cette étude a également été menée sur des morphologies différentes. L'effet des caractéristiques des divers indices et indicateurs morphologiques a été également étudiés à partir des analyses de formes et de valeurs des paramètres climatiques enregistrées *in situ*.

Le principal avantage de l'outil informatique "*DesignBuilder*" ne concerne pas uniquement les propriétés thermiques, il sert aussi à établir des équations et des simulations de l'éclairage naturel. On peut donc étudier la répartition des niveaux d'éclairement et des valeurs du FLJ des espaces intérieurs du bâtiment, ainsi que les changements et les effets des variations de l'humidité relative. C'est donc exclusivement l'enveloppe entière qui est étudiée. Une des spécificités du logiciel est qu'il est presque le seul qui modélise les bâtiments à patio en considérant le patio en tant qu'espace intérieur ouvert et non pas comme un espace extérieur.

Les résultats de ces deux techniques de recherche ont été discutés et corrélés, selon des similarités morpho-climatiques des échantillons existants et les modèles numériques. Cette corrélation nous a permis la détermination du modèle le plus adapté aux conditions du climat aride de la région de Biskra. La configuration du patio profond d'une ouverture patio modéré demeure le modèle adéquat pour une optimisation de l'éclairage naturel et la régulation thermique.

a. A l'échelle urbaine :

La comparaison de différentes configurations urbaines basées sur des typologies différentes de bâtiments (à patio et monobloc), la typologie à patio a le plus petit nombre d'heures

d'inconfort à l'été, ceci est dû à l'effet d'ombrage du patio et les bâtiments environnants, et au grand potentiel d'éclairage naturel dû à l'introduction du patio. Il convient de noter que l'inclusion d'un patio à l'intérieur du bâtiment augmente les possibilités de composition sans minimiser leur capacité à éclairer naturellement et minimiser les gains solaires, de cette façon, une composition d'un ensemble de bâtiments à patio est plus efficace qu'un bâtiment à patio singulier.

b. A l'échelle architecturale :

En fonction des résultats de la modélisation, la forme à patio profond a le plus grand impact sur l'éclairage naturel, en fournissant un d'éclairage naturel suffisant et en entraînant une réduction de la chaleur intense, ce même modèle peut être soutenu par des dispositifs de protection solaires (arcades, auvents, galeries...etc.) ou par des dispositifs d'amélioration du microclimat (ventilation, végétation, plans d'eau... etc.). En outre, le système d'éclairage de baies vitrées d'où un pourcentage élevé du ratio ouvert/fermé, est devenu possible dans la forme à patio, et permet la multiplication du nombre et la taille des ouvertures. Les proportions du bâtiment, les dimensions du patio et la hauteur du bâtiment peuvent procurer de l'ombre et réduire l'ensoleillement dans le patio. En outre, la plupart des échantillons à patio sélectionnés fournissent un éclairage naturel de choix directionnels multiples, accroissent les niveaux d'éclairement et refroidissent le bâtiment avec des stratégies thermiques distinctes.

Les principales conclusions de la deuxième partie de notre étude sont les suivantes :

- Certaines hypothèses ont été vérifiées sur des cas de bâtiments à patio existants, par des mesures *in situ* et par des simulations numériques, confirment l'efficacité thermique et lumineuse du bâtiment à patio dans les zones arides.
- Le choix des périodes saisonnières extrêmes pour les mesures *in situ* et la simulation numérique pour tester le potentiel thermique et lumineux a approuvé que les caractéristiques morphologiques intrinsèques des bâtiments à patio ont un impact positif et durable par rapport à d'autres typologies de bâtiments monoblocs.
- Combiner les échanges thermiques et les grandeurs photométriques selon le même protocole de mesure, sous des conditions climatiques identiques permettent des corrélations opérantes qui permettent d'extraire les impacts optimaux entre l'environnement thermique et lumineux des bâtiments dans les zones arides et chaudes.

- L'étude des impacts typo-morphologiques des bâtiments à patio sur la résolution du dilemme thermo-lumineux par des indicateurs morphologiques et facteurs climatiques semble impassible et possible.

CONCLUSION GENERALE

CONCLUSION GENERALE

1. Conclusion:

Dans la présente recherche, nous avons pu évaluer les propriétés thermiques et lumineuses des bâtiments à patio ainsi qu'extraire leur performance thermique et lumineuse à partir d'une étude de cas, des mesures *in situ* qui ont été comparées avec des résultats de la simulation numérique des modèles à patio selon des variations typo-morphologiques, pour enfin arriver aux potentiels thermiques et lumineux adéquats aux morphologies introverties dans des zones arides. L'efficacité du patio dépend du degré de son intégration dans le bâtiment, qui doit être inclus dans la composition et lié aux différents espaces adjacents comme une extension spatiale et fonctionnelle et répond aux conditions bioclimatiques et aux besoins de ces occupants.

L'utilisation des patios, surtout dans les régions arides, est l'une des stratégies passives communes et efficaces disponibles dans la quête de la minimisation de consommation de l'énergie et l'assurance du confort aux usagers du bâtiment. Le patio interne optimise les échanges et les interactions thermiques entre le bâtiment et l'environnement extérieur, en introduisant l'extérieur au centre de la composition du bâtiment. Les patios profonds sont les excellents régulateurs thermiques. Ils peuvent procurer de l'ombre pendant les journées chaudes de l'été, et minimisent d'impact thermique et augmentent dissipation de la chaleur tout en éclairant naturellement les espaces intérieurs adjacents même les plus inférieurs.

L'objectif majeur de la conception d'un bâtiment à patio dans une zone aride et chaude c'est de conserver l'équilibre entre l'éclairage naturel et la protection de la surchauffe de l'enveloppe du bâtiment. La typologie du bâtiment à patio offre un important potentiel pour l'utilisation de stratégies passives pour le confort thermique intérieur et à l'adaptation aux variations climatiques locales hostiles ; par sa géométrie, son orientation et la présence des espaces intermédiaires.

Le patio offre une zone de microclimat spécifique et unique entre l'extérieur et l'environnement intérieur du bâtiment. Du point de vue climat, la disposition du patio engendre plus de zones passives internes, qui peuvent bénéficier d'une lumière naturelle et qui sont thermiquement modérées. La thermique, l'éclairage naturel et le confort du bâtiment à patio sont plus efficaces par rapport à d'autres typologies.

Les deux principales questions de recherche sont les suivantes:

1. Dans quelle mesure un patio (dans le cadre d'une stratégie passive) peut fournir un environnement thermique et lumineux intérieur confortable et économiser l'énergie dans les bâtiments dans les régions arides et chaudes?
2. Quelles sont les caractéristiques morphologiques qui rendent un bâtiment efficace en matière d'éclairage naturel et de protection solaire dans les régions arides?

Pour répondre aux questions de recherche sur le potentiel thermique et lumineux et la performance énergétique des espaces intérieurs dans un bâtiment à patio, rappelons que nous avons adopté une méthodologie fondée sur un plan de travail divisé en deux grandes parties.

La partie théorique qui résume un nombre important de recherches similaires sur le rôle, l'efficacité environnementale et la performance énergétique du bâtiment à patio et l'impact de ce dernier sur l'environnement thermique et lumineux.

La deuxième partie est consacrée pour une étude de cas dans une région à climat aride. Une sélection d'échantillons représentatifs avec des morphologies diverses et spécifiques. Deux techniques de recherche ont été appliquées, la première est une campagne de mesure *in situ* pendant la saison estivale et hivernale. La deuxième technique est la simulation numérique avec le logiciel "*DesignBuilder*", qui sert à : généré des modèles, établir des calculs thermiques avec "*EnergyPlus*", calculé les valeurs du FLJ et des niveaux d'éclairement utilisant "*Radiance*".

L'objectif principal de la recherche est de clarifier l'impact de la morphologie du bâtiment à patio sur l'environnement thermique et lumineux adjacent. Les typologies de bâtiment monobloc et à patio ont des rapports surfaces/volume différents. Le modèle monobloc est le moins exposé à son environnement extérieur avec un rapport de surface/volume plus bas, ce qui fait de lui le modèle le plus protégé de la surchauffe, mais il est le moins éclairé, ce qui nécessite une demande d'énergie électricité pour l'éclairage artificiel des espaces intérieurs.

En revanche le modèle monobloc 2 (de forme extravertie) est le plus exposé aux rayons solaires puisqu'il est constitué de plusieurs surfaces verticales extérieures qui engendrent par conséquent des gains thermiques et un éclairage naturel insuffisant. En conclusion, le bâtiment à patio reste la morphologie idéale avec l'optimisation des environnements thermiques et lumineux le plus adaptée aux conditions climatiques dans la ville de Biskra.

L'enjeu de cette recherche vise à extraire les avantages bioclimatiques des bâtiments introvertis dans les zones chaudes et arides. Sous des conditions climatiques similaires, il convient de noter que les résultats des mesures *in situ* et de la simulation numérique, des différents échantillons et modèles générés et qui varient selon: les caractéristiques morphologiques, les compositions urbaines, l'orientation et la saison; on conduit à Comprendre que :

Un meilleur confort thermique et lumineux des espaces intérieurs est obtenu par l'orientation Nord-Sud.

Les résultats ont démontré que les heures de confort thermique et lumineux s'améliorent dans la composition à patio et un peu plus moins dans les compositions à base des typologies monoblocs.

L'investigation *in situ* a été faite sur cinq échantillons de bâtiments à patio existants pendant :

- Une semaine typique d'été (du 24 au 30 juillet).
- Une autre semaine typique d'hiver (du 1^{er} au 7 février).

Avec neuf modèles simulés avec "DesignBuilder" ; on a constaté que l'orientation Nord-Sud fournit des environnements thermiques plus confortables à l'intérieur, tandis que l'orientation Est-Ouest offre un environnement lumineux meilleur. Pour optimiser le rendement thermique de ces modèles, différentes compositions urbaines linéaires ont été simulées. Les résultats montrent que les environnements thermiques et lumineux s'améliorent continuellement de plus en plus vers le confort dans la composition urbaine à patio, et un peu moins de confort lumineux dans les compositions à base des typologies à bâtiments conventionnels.

L'utilisation du logiciel "DesignBuilder" nous a conduits à de multiples aboutissements sur plusieurs plans, dès la phase de modélisation jusqu'aux résultats de la simulation :

- L'étude de plusieurs modèles avec des variations morphologiques spécifiques.

- L'application sur des modèles numériques a déterminé l'impact de chaque indicateur sur les environnements étudiés dans les différentes zones intérieures du bâtiment.

En outre, le logiciel est parfaitement adapté au type du bâtiment étudié, car il est le seul à considérer que le patio est un espace intérieur du bâtiment et non pas comme une zone extérieure, ce qui a fait que les résultats de la simulation sont assez fiables et conformes aux résultats des campagnes de mesure *in situ*.

Les corrélations fondées sur les températures d'air et les niveaux d'éclairage ont été développées pour estimer la balance entre l'éclairage naturel et la régulation thermique. On suggère l'utilisation des géométries introverties à patio profond, étroit, possédant des espaces intermédiaires. Des intervalles d'indices, rapports et ratios morphologiques peuvent être proposés et qui peuvent être appliqués dans des modèles de bâtiments à patio dans des régions similaires à notre cas d'étude.

L'analyse et l'examen des modèles ont clarifié les effets des différentes mesures d'atténuation à des stratégies thermiques et lumineuses:

- L'optimisation de la morphologie de patio par rapport à celle du bâtiment.
- L'ajustement des indices et des indicateurs des environnements thermiques et lumineux tracés, selon les objectifs tracés.
- L'optimisation du choix de : la composition urbaine et l'orientation.

Les analyses ont été menées selon ces trois stratégies à partir des facteurs climatiques déjà enregistrés *in situ*. Donc, cette recherche a permis d'exécuter des études paramétriques sur l'impact thermique et lumineux sur la base d'indicateurs morpo-climatiques.

En plus des analyses paramétriques ont été effectuées et un certain nombre de variables climatiques ont été enregistré et/ou calculé: la température de l'air, l'humidité relative, le niveau d'éclairage, et le FLJ.

Les résultats ont démontré que la typologie du bâtiment à patio règle le dilemme de l'éclairage et la protection du bâtiment sans la provocation de la surchauffe. L'hypothèse présentée dans le chapitre introductif a été confirmée par une série des études théoriques et des études de cas développées dans la partie expérimentale de la thèse.

La forme à patio à un rapport ouvert/fermé faible sert à réduire les échanges thermiques avec son environnement extérieur. En été, elle reçoit moins d'ensoleillement. En hiver, il a été constaté qu'un bâtiment à patio de cinq niveaux est plus convenable thermiquement et mieux éclairé qu'une forme monobloc. En outre, il a été démontré que le patio moins profond régularise la thermique du bâtiment en réduisant les pertes thermiques à travers ses murs.

Les campagnes de mesure étaient si enrichissantes, elles offrent nombre considérable d'informations sur l'environnement thermique et lumineux que ce soit journalier ou saisonnier concernant les bâtiments à patio dans une région chaude et aride.

Pertinemment on conclut que l'utilisation des patios dans les bâtiments est une stratégie bioclimatique qui permet de résoudre le dilemme de l'éclairage et la protection des bâtiments du soleil, par voie passive.

Relativement à la configuration du bâtiment à patio, des grandes possibilités d'éclairage naturel sont offertes. Il est à noter que la profondeur du patio joue un rôle prépondérant pour l'environnement thermique des espaces adjacents, pour l'environnement lumineux, plus le patio est profond, moins les espaces sont éclairés.

Durant la période estivale, les résultats ont démontré une faible amélioration des conditions thermiques des espaces adjacents sous des conditions climatiques spécifiques aux zones chaudes et arides.

La présence des espaces intermédiaires, la végétation et l'eau dans le patio: diminuent le transfert de la chaleur excessive, fournissent de l'ombre, et améliorent le microclimat environné.

En tant qu'un espace singulier, le patio ne peut pas seul améliorer l'environnement thermique et lumineux sans l'interaction avec les zones qui composent un bâtiment à patio (l'extérieur, les espaces intérieurs et le patio), nous avons constaté que les trois importantes zones qui entourent un bâtiment à patio interagissent de manière systématique ; dans le cas de l'éclairage naturel, ces trois zones peuvent offrir un éclairage naturel suffisant et homogène en accord avec l'environnement thermique.

Les paramètres morphologiques du patio devraient être étroitement liés proportionnellement à la composition géométrique du bâtiment, qui peut être conçue en combinaison avec des indicateurs importants tels que: la profondeur, le type de patio et les divers rapports. Les

proportions des liens, qui ont un contrôle primordial sur l'environnement thermique et lumineux du bâtiment, peuvent être recommandées dans une approche corrélative entre des données climatiques extrêmes et des indices morphologiques optimaux.

Afin de fournir les environnements thermiques et lumineux satisfaisants selon les indicateurs morphologiques, une analyse inversée fondée sur la prédiction de la forme du bâtiment est indispensable pour prédire les valeurs optimums des températures de l'air, de l'humidité relative et des niveaux d'éclairage. Cela ne peut être possible que si l'on considère la morphologie comme des proportions géométriques et des ratios.

2. Les recommandations :

À ce stade du développement, nous ne pouvons pas prescrire une liste de paramètres morphologiques avec une précision quantitative, mais des intervalles proportionnels dans la limite de notre recherche seraient utiles. Malgré l'existence d'une contradiction frappante entre l'environnement thermique et lumineux, l'optimisation entre ces deux environnements peut être atteinte par la régularisation des propriétés morphologiques du bâtiment à patio selon un point de vue climatique. Bien que ceux-ci varient en fonction de la situation géographique, il y a une cohérence entre les principes qui régissent le rayonnement solaire, le refroidissement, l'ombrage et l'éclairage naturel. La combinaison des solutions est dans la main du concepteur qui mettra l'accord entre ces deux environnements. Les recommandations suivantes peuvent être énoncées :

1. Les concepteurs des bâtiments doivent considérer l'architecture introvertie en tant qu'une composition extérieur/intérieur/patio, cette trilogie est un système en interactions qui crée un microclimat assurant à la fois le contrôle et l'équilibrage du taux de l'humidification, du refroidissement de l'air et de la quantité de la lumière naturelle pénétrante à l'intérieur du bâtiment.
2. Lors de la conception des patios intérieurs, le concepteur doit opter pour une forme carrée ou rectangulaire allongée le long de l'axe Est-Ouest ; La forme carrée est la plus favorisée, elle permet de minimiser l'exposition aux gains solaires indésirables.
3. La hauteur de l'élévation en l'Est/l'Ouest du patio intérieur doit être supérieure à sa largeur, soit un ratio d'aspect entre 0,1 et 1, cela permet d'éviter l'exposition solaire de l'ouest, faciliter la protection et minimiser les gains solaires pendant la saison chaude.

4. La hauteur de la façade sud du patio ne devrait pas être inférieure à un tiers (1/3) de la largeur (Nord-Sud) du patio avec un indice d'ombre solaire suggéré entre (1,5 - 2,5), ce rapport réduit l'angle du rayon solaire estival dans le patio.
5. L'organisation des espaces adjacents aux patios devrait être structurée en zones uniques unilinéaires de profondeur qui ne dépasse pas ($\times 2,5$) la hauteur du sous-plafond du côté patio et ceci pour chaque orientation, de sorte que ces derniers bénéficient d'un maximum d'éclairage latéral possible, et diminuer ainsi la surchauffe en éliminant le rayon solaire direct.
6. Le ratio d'ouverture patio ou le rapport de l'ouverture du patio/la surface du plancher estimé entre 25% et 50%, au-delà de ce rapport, le patio perd l'aptitude de régulateur thermique et lumineux.
7. Les dispositifs architecturaux comme les arcades, les balcons, et les moucharabiés peuvent améliorer la performance thermique du bâtiment à patio, en évitant leur utilisation contrariée à l'éclairage naturel, tout en favorisant les galeries plus ou moins larges qui disposent un double rôle en tant que protecteurs solaires et un bon dispositif d'éclairage naturel diffus.
8. Minimiser le pourcentage des ouvertures par rapport à la surface totale des murs, c'est minimiser le rapport ouvert/fermé de 25% à 30% des surfaces verticales extérieures et de 30% à 50% du côté patio, soit favoriser l'utilisation des brises solaires ou des façades à double peau.
9. Limiter la profondeur du patio à un niveau où les éclairages des niveaux inférieurs bénéficient d'un éclairage naturel minimal suffisant d'où un ratio d'aspect est estimé entre :
 $1 \leq RA \leq 0.1$.
10. Un des indicateurs morphologiques importants reste le ratio surface/volume (RSV) qui doit être $< 10\%$, pour minimiser le gain solaire au maximum sans compromettre les possibilités d'éclairer le bâtiment.
11. L'utilisation du patio seul sans le soutenir par des stratégies et des techniques passives semble insuffisante face à une chaleur excessive dans les zones arides. Le patio en tant que régulateur thermique et lumineux doit être accompagné et renforcé pour améliorer les qualités thermiques et lumineuses des espaces adjacents, par un choix crucial de sa forme et de son orientation, des espaces intermédiaires et par le type de végétation adéquat.

3. Les limites de la recherche :

3.1. Par rapport au climat:

Les données climatiques fournies par le logiciel "*DesignBuilder*", et qui présentent les données météorologiques du climat de Biskra, s'avèrent insuffisantes. Il convient de noter

qu'afin de générer les données météorologiques pour des simulations futures, il est indispensable de prendre en considération autres données climatiques telles que : la vitesse et la direction du vent qui affectent la ventilation naturelle, le rayonnement solaire, les précipitations, la pression atmosphérique... etc., ces paramètres sont aussi importants mais ne sont pas pris en charge dans notre recherche.

3.2. Par rapport aux indicateurs climatiques :

Le potentiel des patios en tant que des régulateurs thermiques pour le refroidissement passif peut être amélioré avec le contrôle de l'environnement aéraulique du bâtiment lié aux mouvements d'air et la dynamique des fluides.

3.3. Par rapport aux nombres des échantillons et les techniques de la recherche:

Cette étude a présenté des lignes directrices d'amélioration des qualités thermiques et lumineuses des bâtiments à patio qui se sont formés par rapport à un nombre limité d'échantillons et modèles de bâtiments à patio, et uniquement selon deux techniques d'investigation : les mesures *in situ* et la simulation numérique. Il s'agira de rajouter des enquêtes.

3.4. Par rapport aux imprécisions de mesure :

Les enregistreurs de données "LM/FI 20" utilisés pour les mesures *in situ* ont normalement une inexactitude dans la collecte de données. Les inexactitudes des enregistreurs de données sont mentionnées dans le chapitre VI. En outre, différents enregistreurs de données du même type peuvent conduire vers différents résultats. Ce problème a été résolu par un étalonnage mutuel des enregistreurs de données après chaque mesure et la multiplication des stations de mesure.

3.5. Par rapport aux outils de simulation :

Au cours de cette étude, le logiciel "*DesignBuilder*" a été utilisé pour la simulation des environnements thermiques et lumineux intérieurs des bâtiments à patio. Ce programme est également validé dans le chapitre VIII. Il existe toujours un écart quadratique qui est une mesure fréquemment utilisée de la différence entre les valeurs prédites (simulées dans le cas de cette thèse) et les valeurs réellement mesurées. La principale limitation de ce programme a été son incapacité à simuler les environnements extérieurs. Par conséquent, les microclimats des patios ne pouvaient pas être modélisés, simulés ou modifiés avec ce logiciel mais uniquement leur impact sur les espaces intérieurs adjacents du patio. En plus,

"*DesignBuilder*" ne peut pas simuler l'évaporation et l'effet des masses de l'eau et de la végétation dans le patio dont elles ne sont pas incluses dans l'étude paramétrique.

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Abass, F., et Al. A review of courtyard house: history evolution forms, and functions. ARPN Journal of Engineering and Applied Sciences, VOL. 11, NO. 4, FEBRUARY 2016, 2557-2563, 2016.

Abdulac, S. Les maisons à patio, modèles d'architecture bioclimatique traditionnelle en Méditerranée. Conférence proposée par ICOMOS France Samedi 6 novembre 2010.

Abdulac, S. Les Maisons A Patio : Continuités historiques, adaptations bioclimatiques et morphologies urbaines. ICOMOS. Paris. France. 2011.

Abdulac, S. Maison à patio. Rapport final (N° 4-5), Ministère de l'Urbanisme et du Logement, France, 1982a.

Abdulac, S. Traditional housing design in the Arab countries. Paper presented at the urban housing. Proceedings of the second seminar... Harvard, august 17-21, 1982b.

Abed, H. Effect of Building Form on the Thermal Performance of Residential Complexes in the Mediterranean Climate of the Gaza Strip. Master of Architecture. Islamic University of Gaza, 2012.

Actes d'une journée d'étude. Efficacité énergétique des bâtiments. Vers des bâtiments autonomes en énergie. Journée thématique sft – ibpsa, institut national d'énergie solaire, toulouse, 2006.

Adil A. Al-Mumin. Suitability of sunken courtyards in the desert climate of Kuwait. Energy and Buildings 33, 2001. 103-111.

Agli, N. Intervention sur le centre ville de Biskra, Mémoire de Fin d'Études, École d'architecture Paris-Villemin, 1988.

Ahsan, T. Passive Design Features for Energy-Efficient Residential Buildings in Tropical Climates: the context of Dhaka, Bangladesh. Master Thesis. Department of Urban Planning and Environment. Stockholm 2009.

Ajit, P., Daketi, S. Evolution and transformation of courtyards through space and time: a case of indian courtyards. Engineering sciences international research journal : volume 4 issue 1, 58-63, 2016.

Al-Azzawi, D. S. The Courtyards of Oriental Houses in Baghdad. The Arab House, Proceedings of the Colloquium held in the University of Newcastle upon Tyne. A. D. C. Hyland and A.Al-Shahi, CARDO, Center for Architectural Research and Development Overseas: 53-59, 1984.

Al Awadhi, M. Comfort Assessment of a Fully/Semi-enclosed Courtyard: Case Study of Bahrain Low Rise Villa Housing Model. MSc in Sustainable Design of the Built Environment. Faculty of Engineering & IT. The British University. June 2011.

- Al-Dawoud, A.** Comparative Analysis of Energy Performance between Courtyard and Atrium Building. (PH.D), Illinois Institute of Technology, 2006.
- Al-Dawoud, A.** Thermal performance of courtyard buildings. *Energy and Buildings*, 40 (5), 906-910, 2008.
- Al Masri, N, R.** Courtyard housing in midrise building. An environmental assessment in hot-arid climate. Master of Science in Sustainable Design of the Built Environment. Faculty of Engineering, The British University in Dubai, 2010.
- Al-Masri N., Abu-Hijleh, B.** Courtyard housing in midrise buildings: An environmental assessment in hot-arid climate. *Renewable and Sustainable Energy Reviews* 16, 2012.
- Al-Jameel, A., Al Hafith, O.** Investing the Concept of Courtyard for Sustainable Adaptable Multifamily Housing. *American Transactions on Engineering & Applied Sciences*. 2012.
- Al-Sayyed, W.** The Morphology of the Traditional Arab House. Examining courtyard and non-courtyard prototypes. *Lonaard Magazine*. Issue 10, Volume 2, July 2012.
- Ashraf M, S.** The Courtyard House: Memory of Places Past. *Architecture +*, Issue # 3: Dubai, UAE, 2003.
- Astrich, B., Morris, A., walters, B.** Daylight performance in mid/large buildings. Basics, strategies, technologies. *Utsoa - seminar in sustainable architecture*. Texas.
- Aygen, Z.** A Hybrid Model for Case Indexing and Retrieval in SEED. Ph.D. Dissertation. School of Architecture, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 1998.
- Babbah, S., et Al.** Caractérisation des besoins énergétiques des bâtiments au Nord du Maroc. Conference *Ibpsa Rfance*, Lyon, 2008.
- Bagneid, A. Haberl, J.** A Calibrated Computer Model For The Thermal Simulation Of Courtyard Microclimates. Second National IBPSA-USA Conference *SimBuild 2006*, Cambridge, MA, August 2-4, 2006.
- Bagneid, A.** Courtyard Bioclimates: Comparative Experiments. Master of Architecture thesis. Tempe: Arizona State University, 1987.
- Bagneid, A.** Indigenous residential courtyards: typology, morphology, and bioclimates, in *The Courtyard as Dwelling*, Volume 6, pp. 39-57. Berkeley: The University of California, Center for Environmental Design Research, International Association for the Study of Traditional Environments, 1989.
- Bagneid, A.** The creation of a courtyard microclimate thermal model for the analysis of courtyard houses. PH.D. the Office of Graduate Studies of Texas A&M University. August 2006.

- Bahammam, O.** The Role of Privacy in the Design of the Saudi Arabian Courtyard House. In *Courtyard Housing: Past, Present and Future*, edited by B. Edwards, M. Sibley, M. Hakmi, and P. Land, pp. 77–82. New York: Taylor & Francis, 2006.
- Bahrami, S.** Energy efficient buildings in warm climates of the Middle East. Thesis for the fulfilment of the Master of Science in Environmental Management and Policy. Lund, Sweden, October 2008.
- Bekleyen A., Dalkiliç, N.** The influence of climate and privacy on indigenous courtyard houses in Diyarbakır, Turkey. *Scientific Research and Essays Vol. 6 (4)*, pp. 908-922, 18 February, 2011.
- Berghout, B.** Effet de l'implantation d'un bâtiment collectif sur le confort hygrothermique intérieur cas de Biskra, Algérie. Ecole de technologie supérieure université du Québec. Montréal, le 30 avril 2012.
- Bin, S.** Impacts of the Courtyard with Glazed Roof on House Winter Thermal Conditions. *World Academy of Science, Engineering and Technology 76*. 2011.
- Binthabet, M.** Thermal behavior in the traditional courtyard houses of yemen. PH.D Thesis. Universiti Sains Malaysia. 2007.
- Blazer, W.** *Atrium*, Wept and Co. Ag verlag, Basel, 1985.
- Blaser, W.** *Atrium*, Five thousand years of open courtyards, Wepf & Co, New York, 1985.
- Blaser, W.** *Courtyard house in China: tradition and present (2nd enlarged ed.)*. Basel/Boston/Berlin: Birkhäuser Verlag. 1995.
- Boukli, H.** Aspects Energétiques, Economiques et Environnementaux d'une Habitation Ecologique. Faculté des Sciences. Département de Physique. 2012.
- Brian, E. and All.** *Courtyard Housing: past, present and future*. Taylor and Francis, New York, 2006.
- Bridson, D.** *Courtyard Housing Study Djingis Khan and The Kingo Houses*. Lund University. March 29th 2012.
- Camous, R.** Watson Donald, *L'habitat Bioclimatique : de la conception à la construction*. Edition l'Étincelle, Montréal, Canada, 1979.
- Cantin, R., et Al.** Complexité du confort thermique dans les bâtiments. 6ème congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 septembre 2005.
- Carlo, R., Raydan, D, Steemers, K.** Building form and environmental performance: archetypes, analysis and an arid climate. *Energy and Buildings 35*. 2003. 49–59.
- Chain, C.** Caractérisation spectrale et directionnelle de la lumière naturelle application à l'éclairage des bâtiments. Thèse de doctorat. L'institut national des sciences appliquées de Lyon. France. 2004.
- Chergui, S.** Le lexique des patrimoines architecturaux dans la régence d'Alger, support de thesaurus. Open édition, université Saad Dahlab, Blida 1, 2015.
- Chiang, W, H., Anh, N.** Natural Ventilation Inside Courtyard Apartment Building In Taiwan. Fourth German-Austrian IBPSA Conference. Berlin University of the Arts. 2012.

- Cho, S., Nooshafarin, M.** Thermal Comfort Analysis Of A Traditional Iranian Courtyard For The Design Of Sustainable Residential Buildings. Proceedings of BS2013: 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.
- Citherlet, S.** Towards the Holistic Assessment of Building Performance Based on an Integrated Simulation Approach. Doctorat thesis. Architecture department. Swiss federal institute of technology (epfl). Lausanne. 2001.
- Cote, M.** Biskra, Encyclopédie berbère, Beni Isguen - Bouzeis, Aix-en-Provence, Edisud, décembre 1991, p. 1517-1522.
- Courgey, S., Oliva, J, P.** La conception bioclimatique, des maisons confortables et économes. Terre vivante, Mens, France, 2007.
- Das, N.** Courtyards Houses of Kolkata: Bioclimatic, Typological and Socio-Cultural Study. Master of architecture. Kansas state university. Manhattan, Kansas. 2006.
- Dechow, M., et al.** Detecting Earnings Management. THE ACCOUNTING REVIEW Vol. 70, No. 2 April 1995. pp. 193-225.
- Dhanasekaran1, B., Jayasudha, P.** Thermal Performance Assessment Of A Vernacular Residence In Thanjavur Region. Journal of Innovative Research and Solution (JIRAS). Volume1 – Issue No.1 – Jan – Jun 2014.
- Douglas, K.** Courtyards: Intimate outdoor spaces. Gibbs Smith, Layton, Utah. 2005.
- Ebadi, H., et Al.** A Survey on Sustainability of Central Courtyards of Iran Traditional Architecture. World Applied Sciences Journal 30 (Innovation Challenges in Multidiciplinary Research & Practice): 221-225, 2014.
- Edmunds, P. J.** Effect of acclimatization to low temperature and reduced light on the response of reef corals to elevated temperature. Mar. Biol. 156, 1797-1808. 2009.
- Edwards, B., Sibley, M., Hakmi, M., Land, P.** Courtyard housing: past, present & future. Oxon: Taylor & Francis. 2006.
- Fadli, F.** Retrofitting Heritage Buildings in the Middle East & North Africa - MENA -. Integrative Passive Design Solutions in Heritage Cities. College of Engineering, Department of Architecture and Urban Planning, Qatar University. 2011.
- Faruqui Ali, Z.** Comfort with courtyards in dhaka apartments. BRAC University Journal, Vol. IV, No. 2, 2007, pp. 1-6.
- Fathy, H.** Natural Energy and Vernacular Architecture. Tokyo: United Nations University, 1989.
- Feroz, M, S.** Achieving thermal comfort by applying passive cooling strategies to courtyard houses in Dubai (UAE). MSc. in Sustainable Design of the Built Environment, Faculty of Engineering & IT. The British University in Dubai. May 2014.
- Fezzioui, N., et Al.** Performance énergétique d'une maison à patio dans le contexte maghrébin (Algérie, Maroc, Tunisie et Libye). Revue des Energies Renouvelables Vol. 15 N°3 (2012) 399 – 405.

- Flory-Celini, C.** Modélisation et positionnement de solutions bioclimatiques dans le bâtiment résidentiel existant. Ecole doctorale MEGA (Mécanique - Energétique - Génie Civil - Acoustique). Université Lyon 1 Claude Bernard. juin 2008.
- Frenandez, P., Lavigne, P.** Concevoir des bâtiments bioclimatiques, le moniteur, Paris, France, 2009.
- Forés Ferrer, J.** Courtyard housing: Environmental Approach in Architectural Education. Barcelona School of Architecture, Université Politècnica de Catalunya, Spain, 2004.
- García-pulido, L.** Bioclimatic Devices of Nasrid Domestic Buildings. studies in Architecture, History & Culture. The Aga Khan Program for Islamic Architecture at the Massachusetts Institute of Technology. AKPIA@MIT. 2011-2012.
- Getty research institute.** Walls of Algiers, narratives of the city. Exhibition gallery, the getty center. May 19 – october 18, 2009.
- Gholipour, V.** Éco-conception collaborative de bâtiments durables. Thèse de doctorat. École Doctorale RP2E (Ressources, Procédés, Produit, Environnement). Nancy. juillet 2011.
- Givoni, B.** Passive and Low Energy Cooling of Buildings, Van Nostrand Reinhold, New York, 1994.
- Givoni, B.** “Effectiveness of mass and night ventilation in lowering the indoor daytime temperatures” in Energy and Building, No. 28, 25-32, 1998.
- Golamhossein, M.** An introduction to house typology in Iran: Courtyard houses (in persian). Tehran: Iran University of Science and Technology, 1993.
- Guedouh, M, S, Zemmouri, N.** Courtyard Building’s Morphology Impact on Thermal and Luminous Environments in Hot and Arid Region. ScienceDirect, Energy Procedia °N 117, 2017.
- Guedouh, M, S, Zemmouri, N.** Courtyard Building a thermal and daylight regulator in hot and arid regions. A case stud. International Scientific Journa, Journal of Environmental Science, volume 6, 2017.
- Guedouh, M, S, Zemmouri, N.** Daylight Efficiency Prediction between Courtyard and Conventional Buildings Models Using Simulation Tool under Specific Climate Conditions. International Scientific Journa, Journal of Environmental Science, volume 6, 2017.
- Guedouh M, S, Zemmouri, N.** Effet de la morphologie urbaine sur l’environnement lumineux extérieur. Cas des zones arides et chaudes. ISUF 2011: Urban morphology and the post-carbon City, Concordia University, Montréal, Canada, 26-29 August 2011.
- Guerriat, A.** Maisons passives, principes et réalisations. L’inédite, Paris, France, 2008.
- Guideline for Sustainable Energy Efficient Architecture & Construction.** Young Cities Research Paper Series, Volume 10. German-Iranian Research Project. 2014.
- Haddam M., Chuayb, A.** Application de quelques notions de la conception bioclimatique pour l’amélioration de la température interne d’un habitat. Doctorat en Sciences. Faculte des sciences. Université abou bakr belkaïd – tlemcen. 2015.

- Hadjichristou, Y.** Rediscovery of the courtyard, as a major intangible cultural heritage. Progress in cultural heritage preservation, euromed, 2012.
- Haj Hussein, M.** Investigation sur la qualité des ambiances hygrothermiques et lumineuses des habitats palestiniens. La cour: contribution environnementale et socioculturelle. Thèse de doctorat. Ecole doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur. Université bordeaux 1. 2012.
- Hakmi, M.** The geometry of single and multi-family courtyard housing, courtyard housing, past, present, futur, Oxon: Taylor & Francis. 2006.
- Heidari, Sh.** A deep courtyard as the best building form for desert climate, an introduction to effects of air movement. (Case study: Yazd). Faculty of Architecture, University of Tehran, Tehran, Iran, 2010.
- Hyde, R.** Bioclimatic Housing: innovative design for warm climates. Taylor & Francis, 2008.
- Iftekhar A.** The rural bangladeshi courtyard. Brac University Journal, Vol. III, No. 1, 2006, pp. 9-15.
- Isaac A., Meir, David Pearlmutter, Yair Etzion.** On the Microclimatic Behavior of Two Semi-Enclosed Attached Courtyards in a Hot Dry Region. Building and Environment, Vol. 30. No. 4, pp. 563-572, 1995.
- Jacoby, V.** The reasoning of architecture, type and the problem of historicity. zur Erlangung des akademischen Grades, von der Fakultät VI Planen Bauen Umwelt der Technischen Universität Berlin, Berlin, 2013.
- Javad, S.** Utilizing the Central Courtyard of Traditional Architecture in Modern Architecture. Research Journal of Environmental and Earth Sciences 6(3): 161-167, 2014.
- Ji-Hyun, L.** Integrating Housing Design and Case-Based Reasoning. Ph.d Thesis, School of Architecture and Institute for Complex Engineered Systems (ICES), Carnegie Mellon University, Fall 2002.
- Kaboré, M.** Enjeux de la simulation pour l'étude des performances énergétiques des bâtiments en Afrique sub-saharienne. Thèse de doctorat. Université Grenoble alpes. janvier 2015.
- Kensek, K., Suk, J, Y.** Daylight Factor (overcast sky) versus Daylight Availability (clearsky) in Computer-based Daylighting Simulations. School of Architecture, University of Southern California, US. Journal of Creative Sustainable Architecture & Built Environment, CSABE Vol. 1. 2011.
- Koch-Nielsen, H.** Stay Cool a Design for the Built Environment in Hot Climates. London: Earthscan, Dunstan House, 2002.
- Leupen, B.** Design and Analysis. Van Nostrand Reinhold, New York, 1997.
- Lehrman, J.** Earthly Paradise: Garden and Courtyard in Islam. Thames and Hudson, London, 1980.
- Littlefair, P.** Daylighting And Solar Control In The Building Regulations. Building Research Establishment. 1999.
- Liu, Y., Awotona, A.** The Traditional Courtyard House in China: Its Formation and Transition. Book of Proceedings IAPS 14.

- Luther, M, B.** Simulating Solar and Luminous Components for a Glazing System, 1998.
- Maalof, A.** Architecture traditionnelle méditerranéenne, Commission Européenne MEDA-EUROMED HERITAGE. Avignon : Ecole d'Avignon, 2002.
- Mabb J.A.** Modification of atrium design to improve thermal and daylighting performance. Masters of applied science (research); queensland university of technology australia, december 2001.
- MacIntosh, D.** The Modern Courtyard House. 5, Architectural Association, Paper number 9, London: Lund Humphries Publishers Ltd, 1973.
- Macintosh, D.** The Modern Courtyard House: A History, Lund Humphries for the Architectural Association, 1973.
- Maleki, A.** Shading: Passive Cooling And Energy Conservation In Buildings. International Journal on “Technical and Physical Problems of Engineering” (IJTPE). December 2011.
- Mazria, E.** Le guide de la maison solaire. Marseille: Parenthèses, France, 2005.
- Mehdizadeh Saradj, F., et Al.** Making balance between optimum daylight and thermal comfort in hothumid climates Case study: Rashidy historic mansion in Bushehr city, Iran. International Journal of Architectural Engineering & Urban Planning, Vol. 24, No. 2, 2014
- Meir, A.** Courtyard microclimate: A hot arid region case study. Paper presented at the Architecture City Environment, Proceedings of the 17th PLEA International Conference, Cambridge, James & James, London, pp218–223, 2000.
- Meir, et Al.** On the microclimatic behavior of two semi-enclosed attached courtyards in a hot dry region. Building and Environment, 30(4), 563-572, 1995.
- Memarian, et Al.** The shared characteristic of iranian and arab courtyard house. In B. Edwards (Ed.), Courtyard housing: Past, present and future (pp. 30–21). Abingdon, Oxon; New York: Taylor & Francis, 2006.
- Moneo, R.** On Typology, Oppositions, A journal for ideas and criticism in architecture, 23–45, 1978.
- Moosavi, L., et Al.** Thermal performance of atria: An overview of natural ventilation effective designs. Renewable and Sustainable Energy Reviews. 2014.
- Moujalled, B.** Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés. Thèse de doctorat. Institut des Sciences Appliquées de Lyon, 2007.
- Muhaisen, A.S., and Gadi M.B.** Effect of courtyard proportions on solar heat gain and energy requirement in the temperate climate of Rome. Building and Environment 41, 245–253, 2006a.
- Muhaisen, A.S., and Gadi, M.B.** Shading performance of polygonal courtyard forms. Building and Environment 41, 1050–1059, 2006b.
- Muhaisen A.S.** Shading simulation of the courtyard form in different climatic regions. Building and Environment 41, 1731–1741, 2006c.
- Muhaisen, A. S.** Solar Performance Of Courtyard Buildings: VDM Verlag, 2010.

- Neema, P.** Le développement durable et l'architecture durable. *المهندس* N° 24 – Mars, 2010.
- Noble, D., Barthakur, A.** Case Study Analysis of the Bradbury Building Atrium: Correlating Measured Thermal Data with a Computational Fluid Dynamics Model. *Architectural Science Review* Vol. 41 pp185-190. 1998.
- Paul, O.** *Dwellings: The House across the world.* Oxford: Phaidon Press Ltd, 2003a.
- Paul, O.** *Dwellings: The vernacular house worldwide.* London and New York: Phaidon Press Inc. 2003b.
- Petrucchioli, A.** *The courtyard house: typological variations over space and time. courtyard housing, past, present, futur,* Oxon: Taylor & Francis. 2006.
- Pfeifer, G., per Brauneck.** *Courtyard houses, a housing typology,* Birkhauser, Berlin, 2008.
- Pinon, P.** *Maisons à Patio, Groupe d'études des formes urbaines et architecturales G.E.F.A.U,* Paris, 1979.
- Polyzoides et al..** *Courtyard housing in Los Angeles: a typological analysis.* Princeton architectural press, New York, 1982.
- Polyzoides, S., Sherwood, R., and Tice, J.** *Courtyard housing in Los Angeles: a typological analysis (2nd ed.).* New York: Princeton Architectural Press. 1992.
- Proceedings of the International Conference on "Architecture Solaire".** *Solar Architecture. Pour la Commission des Communautés européennes. Tenue à Cannes, France, du 13 au 16 décembre 1982.* 1983.
- Proceedings Vol.1 PLEA 2014 Conference.** *Sustainable Habitat For Developing Societies Choosing the way forward.* CEPT University, Center for Advanced Research in Building Science & Energy, Ahmedabad. December 16 -18, 2014.
- Programme MEDA de l'Union Européenne.** *Architecture traditionnelle méditerranéens. Maison à cour.* CORPUS. Euromed héritage.
- Raffenel, Y.** *Optimisation du contrôle thermique dans une habitation multi sources.* Thèse de doctorat. Ecole centrale de Lyon. Année 2008.
- Rajapaksha U., Hyde, R.** *Sustainable By Passive Architecture, Using Courtyards In Non-Domestic Buildings In Southeast Queensland.* The 2005 World Sustainable Building Conference, Tokyo, 27-29 September 2005.
- Rapoport, A.** *House Form and Culture.* Englewood Cliffs, N.J: Prentice-Hall, 1969.
- Rapoport A.** *The Nature of the Courtyard House: A Conceptual Analysis.* *Tradition Dwelling Settlements Rev,* 2007.
- Rattd, C., Raydan, D., Steemers, K.** *Building Form and Environmental Performance: Archetypes, Analysis and an Arid Climate,* 2003.
- Raydan, D., Ratti, C., Steemers, K.** *Courtyards: a bioclimatic form.* In: Edwards B, Hakmi M, Land P, eds. *Courtyard housing: past, present and future.* London: Taylor & Francis. 2006.

- Reynolds, J.** Spanish courtyards; High thermal mass cooling in hot weather. Proceedings of the 20th national passive conference, Minneapolis, MN, 1995.
- Reynolds, J.** Courtyards: Aesthetic, Social, and Thermal Delight. New York: John Wiley & Sons, Inc, 2002.
- Reynolds J., and V. Carrasco.** Shade water and mass: Passive cooling in Andalucia. Proceedings of the National Passive Solar Conference. Boulder, CO: American Solar Energy Society, 1996.
- Reynolds J., and W. Lowry.** 1996. The garden in the building: observations of Cordoba's courtyards. *Landscape Journal*, 15, 123-137.
- Rode, P., et Al.** Buildings investing in energy and resource efficiency. United Nations Environment Programme, 2011.
- Rojas, J, Carmen Galán-Marín, and Enrique D. Fernández-Nieto.** Parametric Study of Thermodynamics in the Mediterranean Courtyard as a Tool for the Design of Eco-Efficient Buildings. *Energies* 2012, 5, 2381-2403.
- Rojas, J., et Al.** Parametric Study of Thermodynamics in the Mediterranean Courtyard as a Tool for the Design of Eco-Efficient Buildings. *Energies* 2012, 5, 2381-2403.
- Rosenlund, H.** Climatic Design of Buildings using Passive Techniques. *Building Issues*, Volume 10, Number 1, 2000.
- Saba K.** The Courtyard House. Using cultural references of the past as an alternative to Ottawa's current housing typologies. Master of Architecture. Carleton University. Ottawa, Ontario. 2012.
- Sadafia, N., et Al.** Evaluating thermal effects of internal courtyard in a tropical terrace house by computational simulation. *Energy and Buildings* 43 (2011) 887–893.
- Safarzadeh, H., Bahadori, M.** Passive cooling effects of courtyards. *Building and Environment* 40 (2005) 89–104.
- Salem. M. S, Zain, M.F.M., Surat, M.** Concurrence of Thermal Comfort of Courtyard Housing and Privacy in the Traditional Arab House in Middle East. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 4(8): 4029-4037, 2010.
- Sang hae, L.** Continuity and consistency of the traditional courtyard house plan in modern korean dwellings. *TDSR* vol. 3, N° 1, 1991, p 65 - 76.
- Sattrup, P, A.** Sustainability - Energy Optimization - Daylight and Solar Gains. PhD Thesis. Royal Danish Academy of Fine Arts School of Architecture. Institute of Architectural Technology. Copenhagen. 2012.
- Schoenauer, N., Seeman, S.** The courtgarden house: McGill University Press Montreal, 1962.
- Shi, Y., Ng, E.** The Climatic Design in Chinese Vernacular Courtyard House Settlement – A Wind Environmental Simulation. 30th INTERNATIONAL PLEA CONFERENCE 16-18 December 2014, CEPT University, Ahmedabad.
- Shokouhian, M., et Al.** Environmental effect of courtyard in sustainable architecture of Iran (Cold regions) (Case study: courtyard houses in Tabriz). 2nd PALENC Conference and 28th AIVC

Conference on Building Low Energy Cooling and Advanced Ventilation Technologies in the 21st Century, September 2007, Crete island, Greece, 2007.

Sthapak, S., A. Bandyopadhyay. Courtyard houses: An overview. *Recent Research in Science and Technology* (6), 2014.

Sriti, L., Belakehal, A., Boussora, K., Saouli, A.Z. Le damier colonial de Biskra ou l'histoire De la marginalisation d'un centre ville. *Courrier du savoir n°02*, pp. 53-59, 2002.

Supic, P. L'aspect bioclimatique de l'habitat vernaculaire. Département d'Architecture, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, *Arch. & Comport. / Arch. & Behav.*, Vol. 10, no 1, 1994.

Szokolay, S. V. Solar control. In D. Watson, M. J. Crosbie, and J. H. Callender (Eds.), *Time-Saver Standards for Architectural Design Data* (7th ed., pp. 35–62). New York: McGraw-Hill. 1999.

Szokolay, S. V. Solar Geometry. PLEA Note 1 (2nd ed., pp. 1–45). PLEA: Passive and Low Energy Architecture International in association with Department of Architecture, The University of Queensland, Brisbane. 2007.

Tabesh, T., Sertysilisik, B. An Investigation into the Thermal Behavior of Courtyards. *American Transactions on Engineering & Applied Sciences*, 2014.

Tablada de la torre ,A., et Al. The influence of courtyard geometry on air flow and thermal comfort: CFD and thermal comfort simulations. PLEA2005 - The 22nd Conference on Passive and Low Energy Architecture. Beirut, Lebanon, 13-16 November 2005.

Tablada de la torre, A. Design recommendations for new courtyard buildings in compact historical centre of havana. Sustainable building 2013 hong kong regional conference urban density and sustainability 12 -13 september 2013.

Taleghani, M. Dwelling on Courtyards: Exploring the energy efficiency and comfort potential of courtyards for dwellings in the Netherlands. *Architecture and the Built Environment* (18), Germany, 2014.

Tourre, V. Simulation inverse de l'éclairage naturel pour le projet architectural. Thèse de doctorat. École Polytechnique de l'Université de Nantes, Université de Nantes. 2007.

Visser, F., Yeretziyan, A. Energy Efficient Building Guidelines for MENA region. Energy Efficient in Building sector. MED-ENEC. European Union. November 2013.

Watson, D., et Al. *Time-Saver Standards for Architectural Design Data "The Reference of Architectural Fundamentals"*. The McGraw-Hille Companies, 1999.

Weber, W., Yannas, S. *Lessons From Vernacular Architecture*.taylor and francis group. 2014.

Wolring, Y.L. Comparison of the thermal performance of a scale model atrium to a computational simulation of an atrium; Group Report QU, 1999.

Xu, F. The Vicissitude of Courtyards in the Local Housing of Shanghai, China. *Policy & The Environment* EDRA41. June 2010.

Yas, E., Vildan Ok. . Evaluation of the effects of courtyard building shapes on solar heat gains and energy efficiency according to different climatic regions. *Energy and Buildings* 73 (2014) 192–199.

Yepes-Salmon, G. Construction d'un outil d'évaluation environnementale des éco-quartiers : vers une méthode systémique de mise en œuvre de la ville durable. Thèse de doctorat. Ecole doctorale des sciences physiques et de l'ingénieur. Université bordeaux 1. Septembre 2011.

Yu, N. The urban courtyard housing form as a response to human needs, culture and environment. Master of Landscape Architecture . The University of Guelph. April, 1999.

Zamani, Z., Taleghani, M., Hoseini, S. Courtyards as solutions in green architecture to reduce environmental pollution. *Energy Education Science and Technology Part A: Energy Science and Research* 2012 Volume (issues) 30(1): 385-396, 2012.

Zemmouri, M. Évaluation des ambiances climatique dans les ensembles d'habitation (étude du cas de la ville de Biskra, mémoire de magistère, Université Mohamed khider –Biskra, 2007.

Zemmouri, N. Daylight optimisation for energy conservation in building : with reference to Algeria, school of architecture and building engineering university of Bath, England, 1987.

Zemmouri, N. Daylight Availability Integrated Modelling and Evaluation: A Fuzzy Logic Based Approach, doctorate these, Department of Architecture University Ferhat Abbas Sétif, 2006.

LES ANNEXES

ANNEXE 1

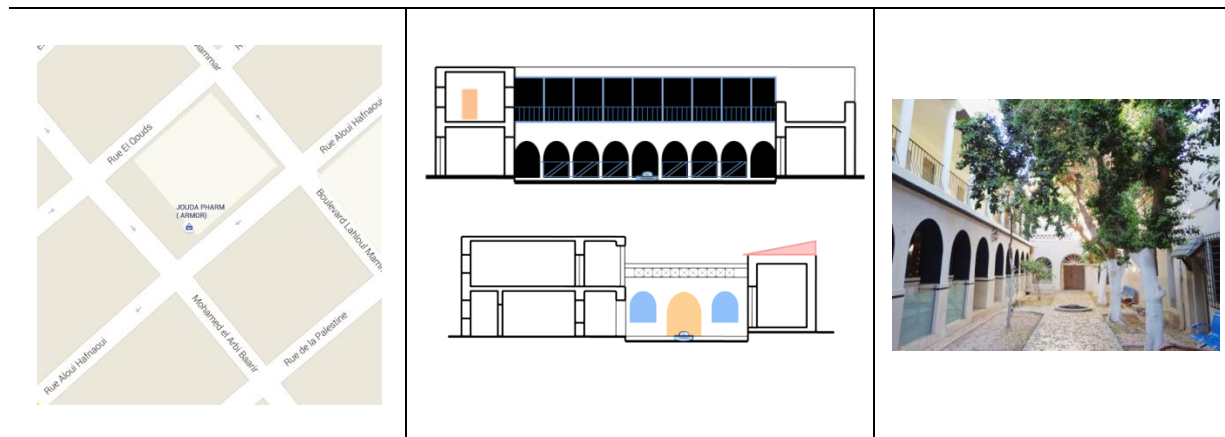
LES BATIMENTS A PATIO SELECTIONNES DANS LE CADRE DE LA
RECHERCHE POUR LES COMPAGNES DE MESURE

1. BATIMENT COLONIAL 1 (DEUX NIVEAUX) :



2. Détail du Bâtiment :

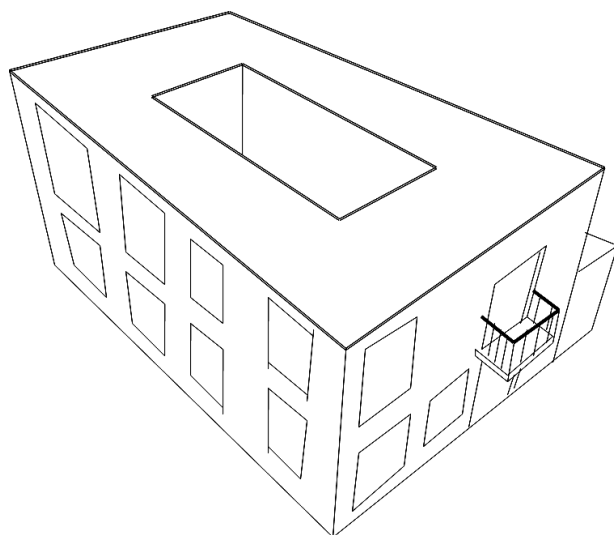
Plan de Situation (Image satellitaire)	Plans RDC	Plan du 1 ^{er} Etage



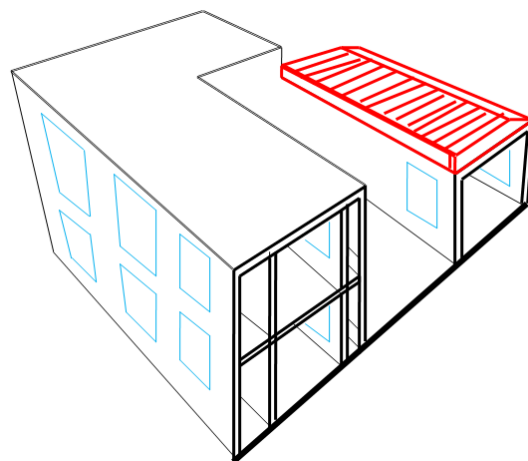
Plan de masse

Sections
(Longitudinale et transversale)

Vue sur le patio

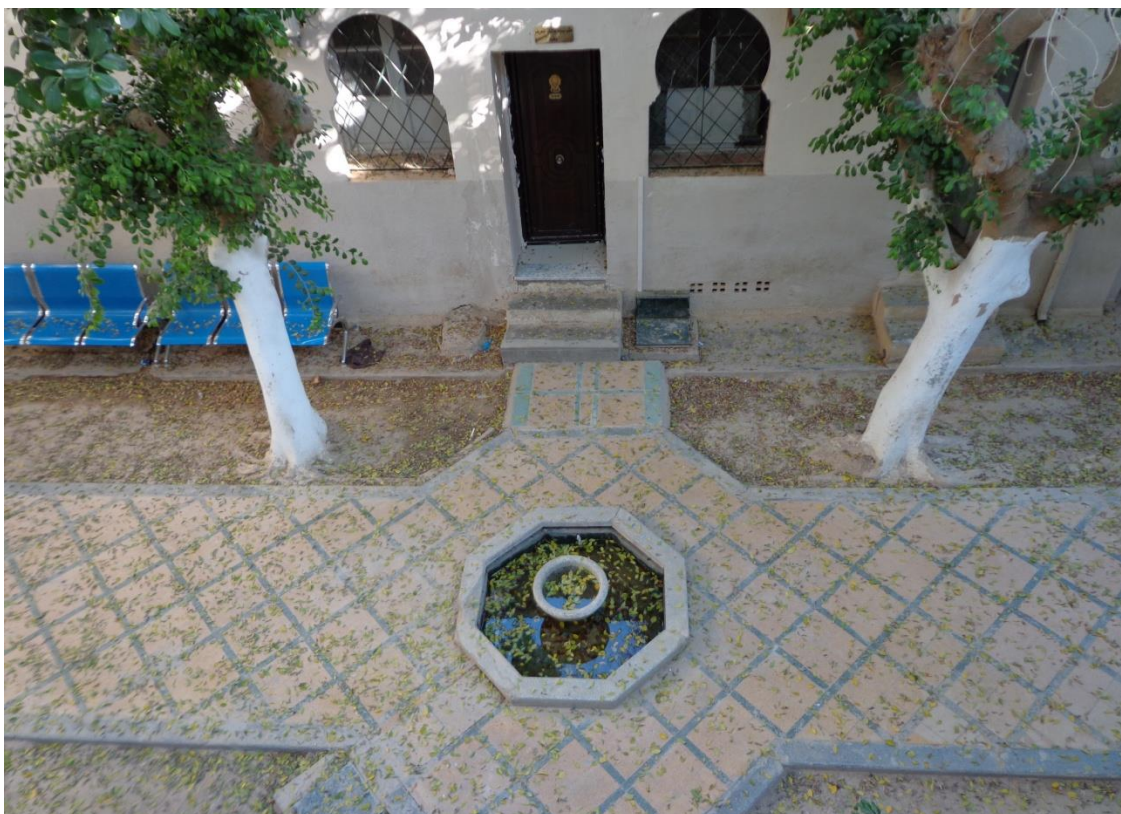


Volumétrie



Coupe-axonométrie

3. Vue Sur le patio :



2. LE BATIMENT 2 (SIEGE DE L'ANCIEN APC) :

1. BATIMENT COLONIAL 2 (DEUX NIVEAUX) :

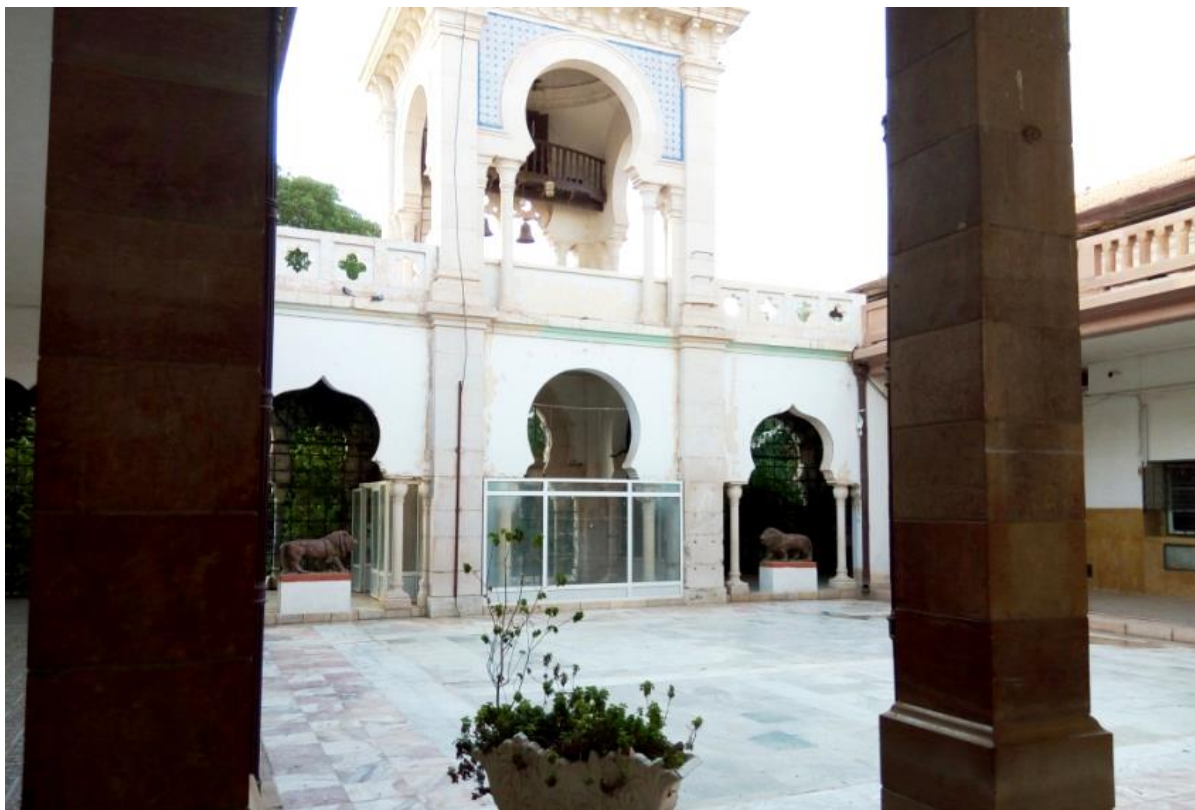


2. Détail du Bâtiment

<p>Plan de Situation (Image satellitaire)</p>	<p>Plans RDC</p>	<p>Plan du 1^{er} Etage</p>

<p>Plan de masse</p>	<p>Sections (Longitudinale et transversale)</p>	<p>Vue sur le patio</p>
<p>Volumétrie</p>		<p>Coupe-axonométrie</p>

3. Vue Sur le patio :




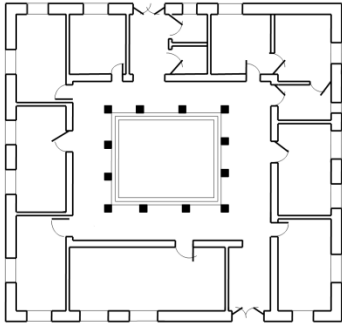
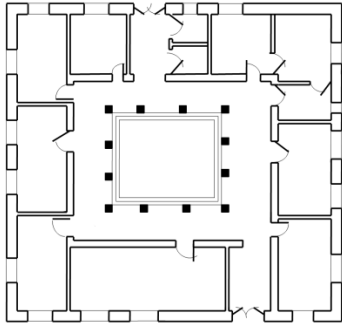

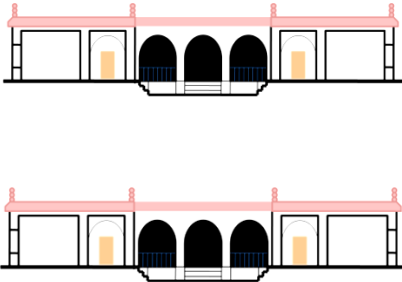

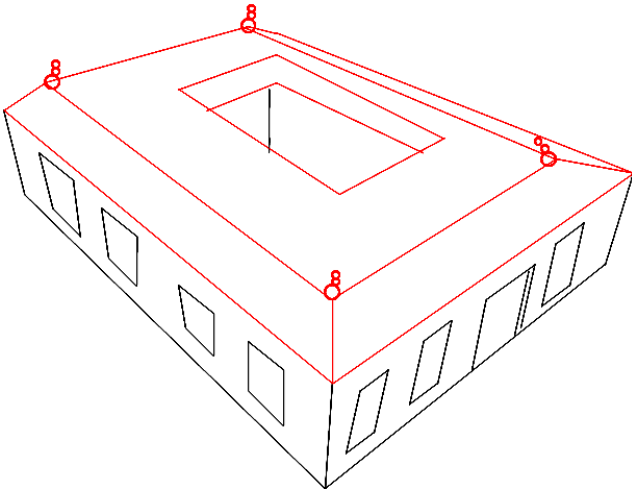
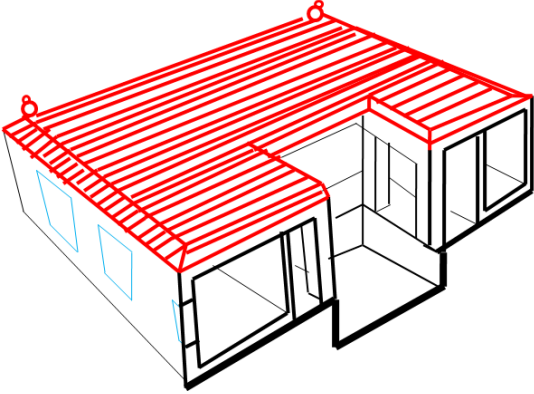


3. LE BATIMENT 3 (ECOLE DES BEAUX-ARTS) :

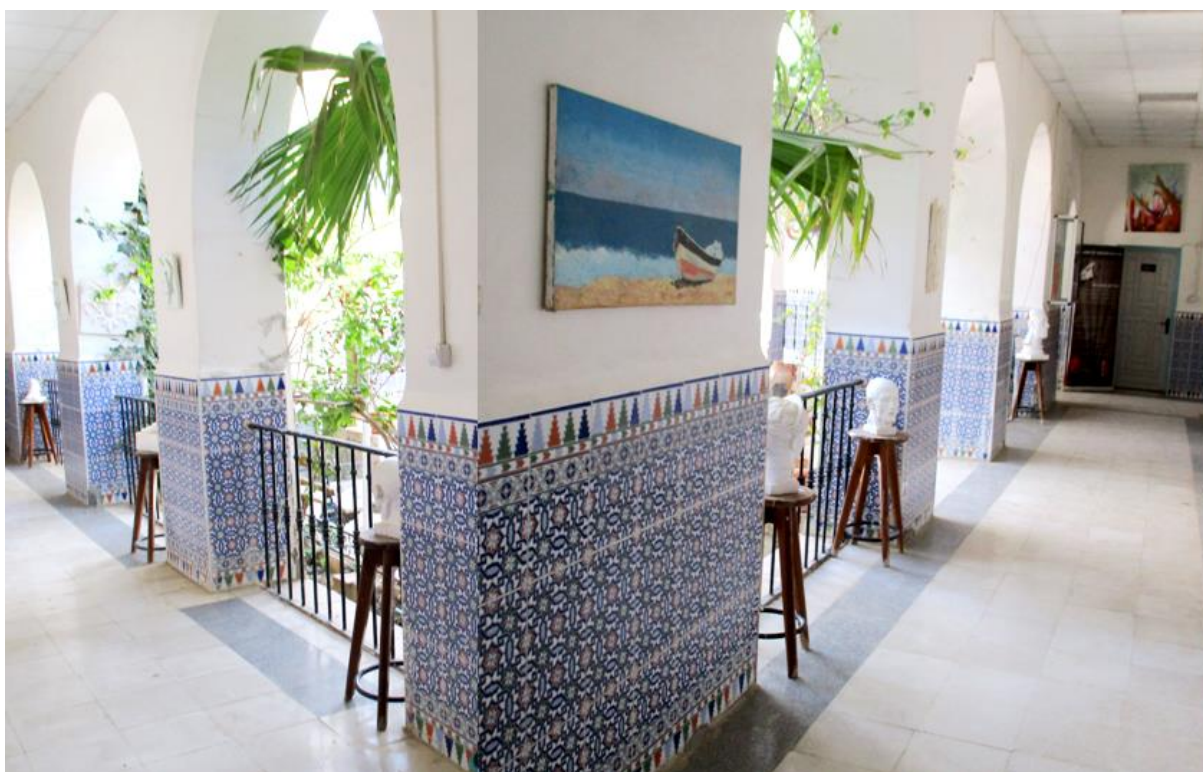
1. BATIMENT POSTCOLONIAL (UN SEUL NIVEAUX) :



2. Détail du Bâtiment :

		
<p>Plan de Situation (Image satellitaire)</p>	<p>Plans RDC</p>	<p>Plan de toiture</p>
		
<p>Plan de masse</p>	<p>Sections (Longitudinale et transversale)</p>	<p>Vue sur le patio</p>
		
<p>Volumétrie</p>		<p>Coupe-axonométrie</p>

3. Vue Sur le patio :





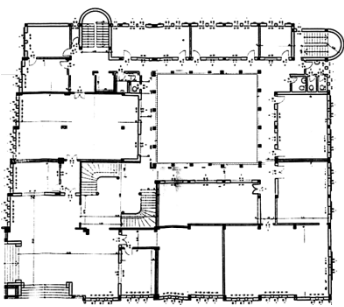
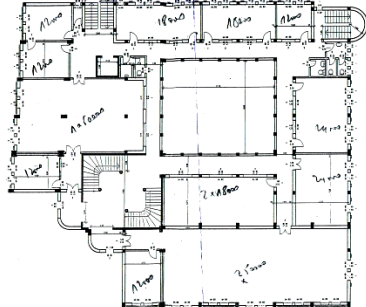
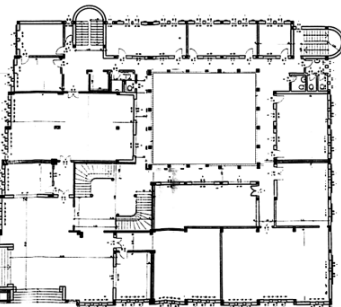

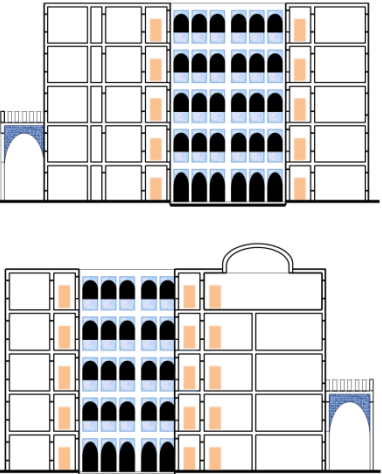

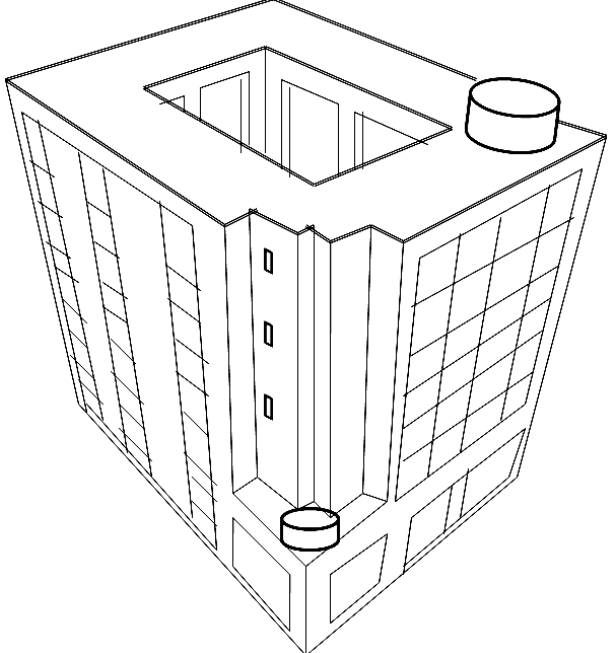
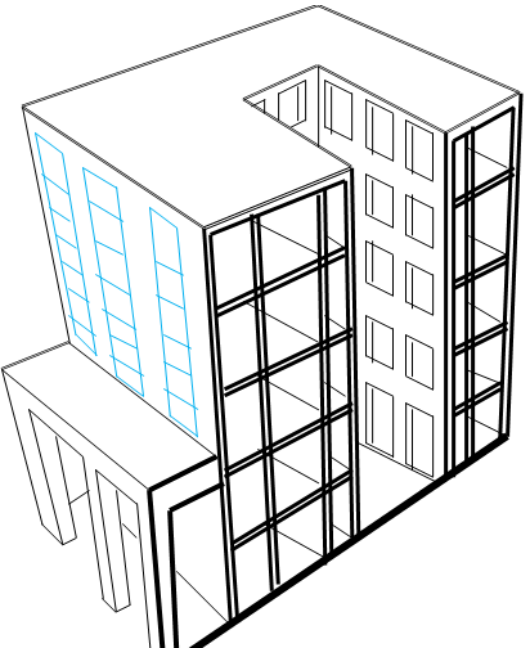
4. LE BATIMENT 4 (NOUVEAU SIEGE DE L'APC)

1. BATIMENT CONTEMPORAIN 1 (CINQ NIVEAUX) :



2. Détail du Bâtiment :

<p>Plan de Situation (Image satellitaire)</p>	<p>Plans RDC</p>	<p>Plan du 1^{er} Etage</p>

		
<p>Plan du 2^{ème} Etage</p>	<p>Plan du 3^{ème} Etage</p>	<p>Plan du 4^{ème} Etage</p>
		
<p>Plan de masse</p>	<p>Sections (Longitudinale et transversale)</p>	<p>Vue sur le patio</p>
		
<p>Volumétrie</p>		<p>Coupe-axonométrie</p>

3. Vue Sur le patio :


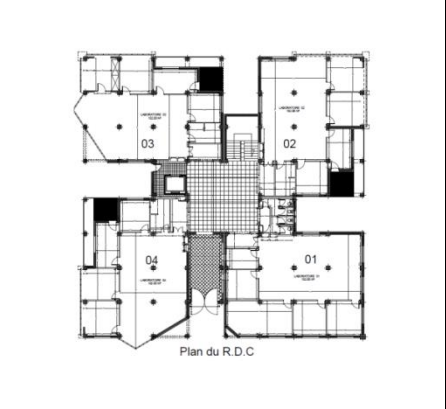
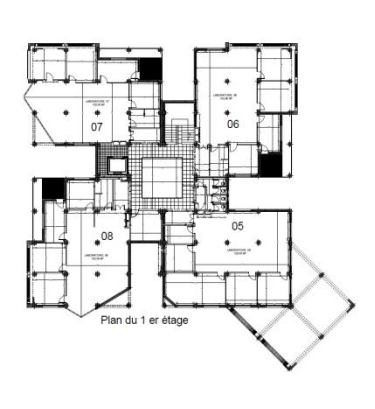
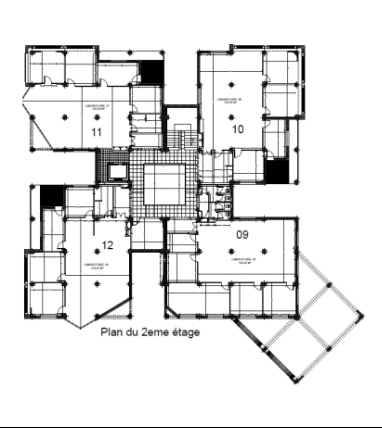
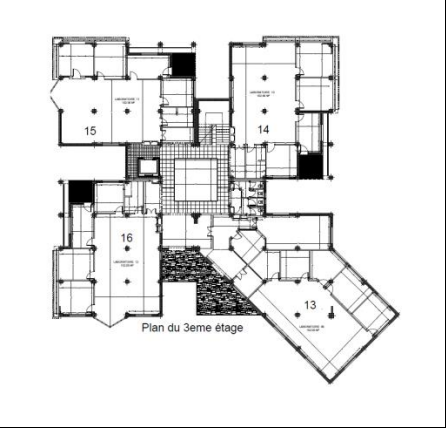
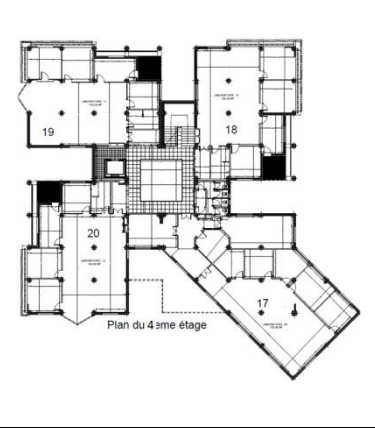
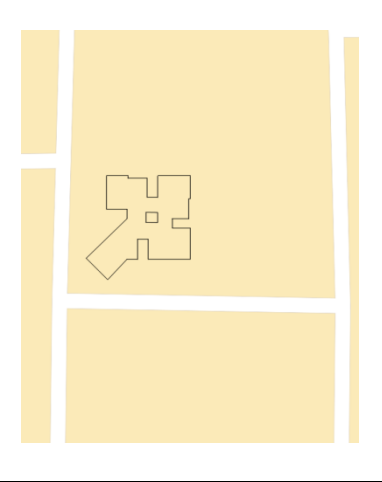
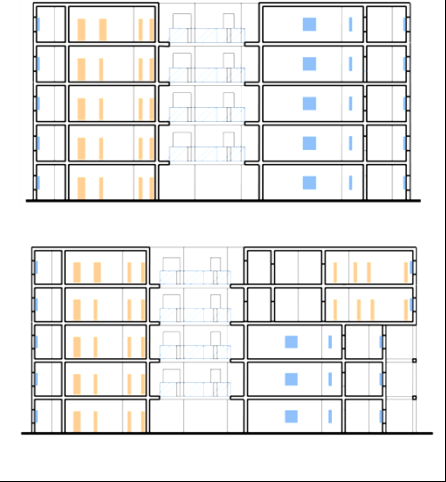



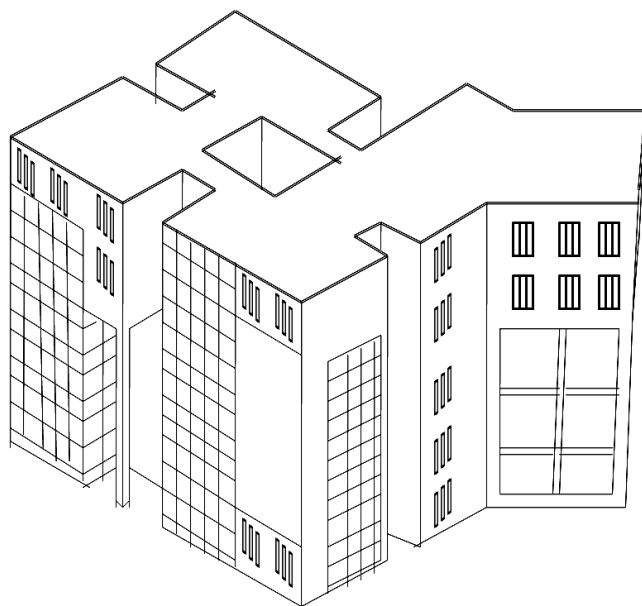
5. LE BATIMENT 5 (BLOC DES LABORATOIRES A L'UNIVERSITE DE BISKRA)

1. BATIMENT CONTEMPORAIN 2 (CINQ NIVEAUX) :

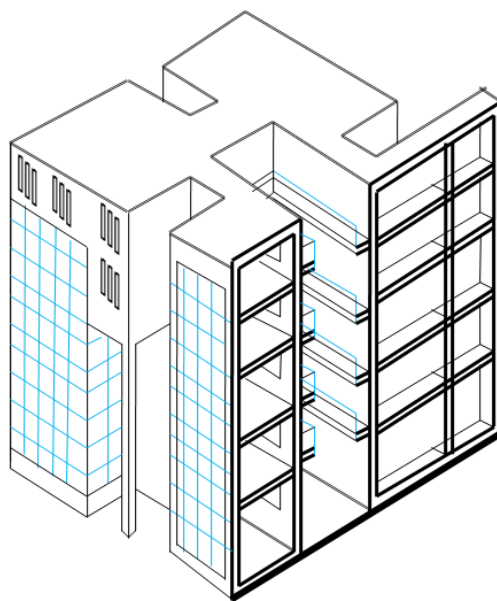


2. Détail du Bâtiment :

	 <p>Plan du R.D.C</p>	 <p>Plan du 1er étage</p>
<p>Plan de Situation (Image satellitaire)</p>	<p>Plan RDC</p>	<p>Plan du 1er Etage</p>
 <p>Plan du 2eme étage</p>	 <p>Plan du 3eme étage</p>	 <p>Plan du 4sme étage</p>
<p>Plan du 2eme Etage</p>	<p>Plan du 3eme Etage</p>	<p>Plan du 4eme Etage</p>
		
<p>Plan de masse</p>	<p>Sections (Longitudinale et transversale)</p>	<p>Vue sur le patio</p>



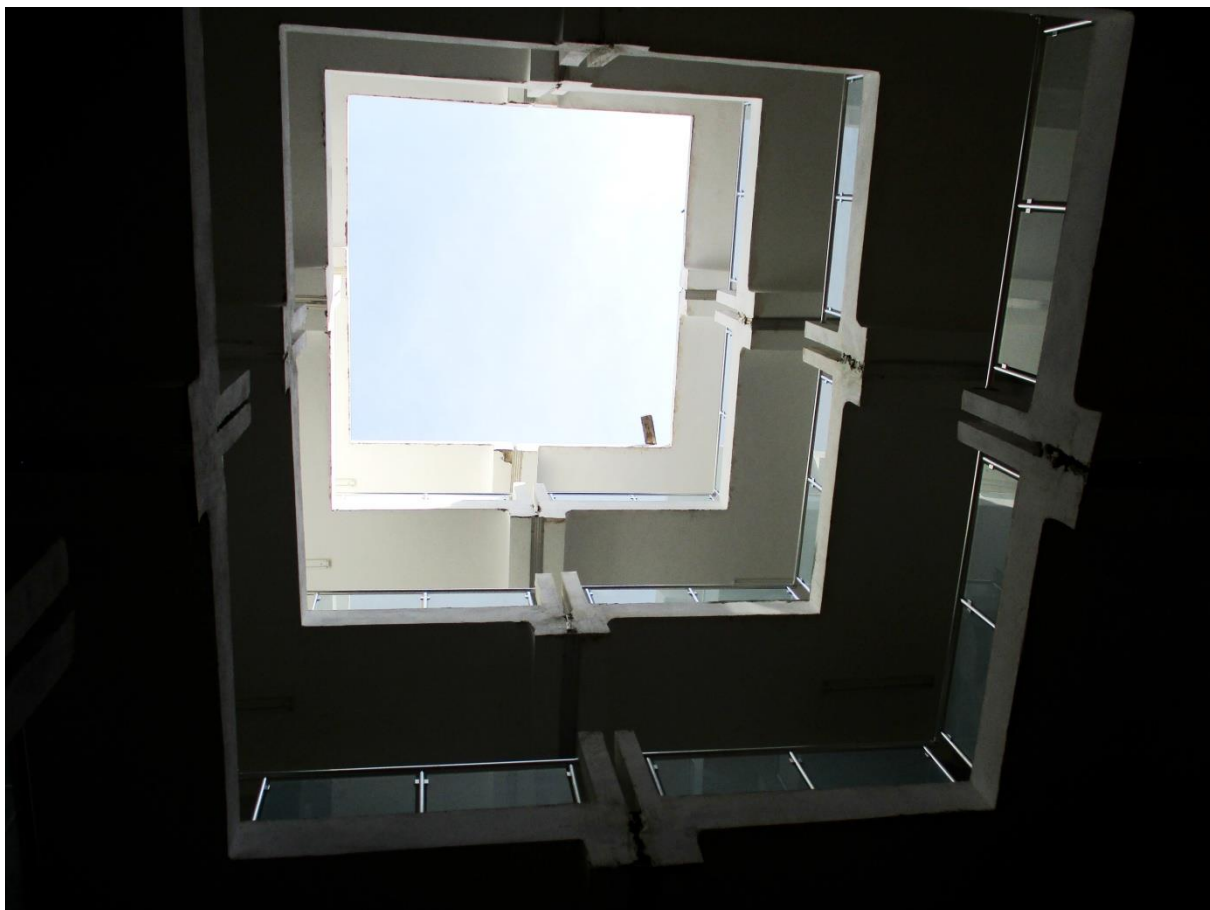
Volumétrie



Coupe-axonométrie

3. Vue Sur le patio :





ANNEXE 2

LES OUTILS DE MESURE DE LA RECHERCHE



L'outil de mesure est décrit dans le tableau ci-dessous avec ces fonctions :

Outil	Thermo/hygro/anémo/lux mètres
paramètres	Température – humidité relative – vitesse de l'air – les niveaux d'éclairement
Description	Instrument de mesure combiné 4 en 1 : anémomètre, hygromètre, thermomètre et luxmètre. Forme ergonomique et boîtier ultra-compact. Utilisation aisée par touches de fonction directe. Microprocesseur intégré garantissant performance et précision. Enregistrement des valeurs mini et maxi. Fonction maintien de la mesure. Arrêt automatique après 10 minutes. · Thermomètre : entrée directe thermocouple type K par connecteur sub-miniature pour parfaite compatibilité avec les sondes du marché (livré sans sonde). · Anémomètre : hélice avec roulement faible friction procurant une bonne précision à faible et haute vitesse. 5 unités de mesure. Indication combinée de la température. · Hygromètre : capteur capacitif de haute précision avec réponse rapide. Indication combinée de la température. · Luxmètre : cellule photo-électrique exclusive avec filtre de correction de spectre intégré. 2 unités de mesure en mode luxmètre.
Caractéristiques techniques (gamme et Précision)	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Gamme anémomètre de 1.4 à 108 km/h, 0.4 à 30 m/s, 0.9 à 67 miles/h, 80 à 5 910 ft/min, 0.8 à 58.3 knots, résolution 0.1 km/h, 0.1 m/s, 0.1 mile/h, 1 ft/min, 0.1 knots, précision max $\pm 3\%$ · Luxmètre : 0 à 20 000 Lux ou 0 à 2 000 Fc, résolution max 1 Lux ou 0.1 Fc, précision $\pm 5\% + 8$ digits ▪ Thermomètre : -100 à +1 300 °C, résolution 0,1 °C, précision $\pm 1\% + 1\text{ °C}$ ▪ Hygromètre : 10 à 95 % HR, résolution 0,1 % HR, précision max $\pm 4\%$ HR

ANNEXE 3

LES DONNEES DES COMPAGNES DE MESURE

1. COMPAGNE DE MESURE ESTIVALE :

1.1. BATIMENT 01 - SIEGE DE LA DAÏRA DE BISKRA :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	35,8	10730	17,2
Rue Est	36,5	12330	20,6
Rue Sud	37,3	9190	22,3
Rue Ouest	36,7	9020	19,7

b. données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	33	335	33
Zone Sud	33	1029	32,6
Zone Est	33,1	909	33,7
Zone Ouest	33,1	312	34
Au centre	33,3	847	32,2
R.D.C			
Zone Nord	32,7	267	35,1
Zone Sud	33,6	85	33,5
Zone Est	33,4	19	36,6
Zone Ouest	33,3	12	37,9
galerie	33,1	108	34,1
1^{er} Etage			
Zone Nord	33,5	294	33,2
Zone Est	33,8	185	34,3
galerie	33,6	523	34,9

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,8	12730	15,4
Rue Est	39,5	14380	19,6
Rue Sud	41,3	10820	20,3
Rue Ouest	39,6	10200	17,8

b. données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	37.1	2800	26,1
Zone Sud	37.8	4840	25
Zone Est	37.5	2350	23,9
Zone Ouest	37.4	1550	24
Au centre	37.6	1440	24,1
R.D.C			
Zone Nord	36.2	650	24,4
Zone Sud	37.6	810	21,3
Zone Est	36.5	105	22
Zone Ouest	37.1	197	20,5
galerie	37.7	1171	26,6
1^{er} Etage			
Zone Nord	38.5	634	24,4
Zone Est	38.7	716	27,2
galerie	36.5	1060	36,6

A 14h00 :

a. Données de l'extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	39,9	17760	14,4
Rue Est	41,5	19200	18,3
Rue Sud	43,4	11170	18
Rue Ouest	41,5	12310	16,6

b. Données de l'intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	41,5	1056	19
Zone Sud	39,6	890	18,1
Zone Est	40,3	980	18,4
Zone Ouest	43	728	20,5
Au centre	39,9	956	19,1
R.D.C			
Zone Nord	37,6	976	16,7
Zone Sud	40,6	654	15,6
Zone Est	38	420	27,3
Zone Ouest	38,7	485	25
Galerie			
Galerie Est	39,9	1440	19,2
1^{er} Etage			
Zone Nord	41,9	1040	19,5
Zone Est	37,7	103	20,9
Galerie 1^{er} Etage			
galerie	37,9	790	19,4

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,9	10060	17,8
Rue Est	39,4	11200	22,3
Rue Sud	40,7	9250	21,5
Rue Ouest	40,1	10250	19,7

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	38,8	850	21,7
Zone Sud	37,1	628	20,4
Zone Est	38,3	720	20,9
Zone Ouest	40	608	22,5
Au centre	36,9	738	22,1
R.D.C			
Zone Nord	39,1	762	18,9
Zone Sud	38,2	458	17,2
Zone Est	37,3	85	29,3
Zone Ouest	38,8	92	27,6
Galerie			
Galerie Est	37,7	980	22,5
1^{er} Etage			
Zone Nord	39,1	800	21,1
Zone Est	37,2	96	22,3
Galerie 1^{er} Etage			
Galerie Est	35,7	619	22,7

1.2. BATIMENT 02 - ANCIEN SIEGE DE L'APC :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	36,5	9820	21,5
Rue Est	37,8	9700	22,2
Rue Sud	37,1	8450	20,4
Rue Ouest	37,2	4560	23,6

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	35,8	5870	24,2
Zone Sud	34,6	17520	24,3
Zone Est	35,9	1020	23,2
Zone Ouest	36,9	14900	22,1
Au centre	35,8	16980	24,5
R.D.C			

Zone Nord	35,7	527	24,7
Zone Sud	34,9	298	25,5
Zone Est	35,3	850	24,6
Galerie			
Galerie Nord	35,7	14200	24,8
Galerie Sud	34,1	8200	27,6
Galerie Est	35,6	6270	25,1
Galerie Ouest	36,2	4210	22,3
1^{er} Etage			
Zone Nord	34,1	302	29,9
Zone Sud	35,2	385	25
Zone Est	36,5	467	25,7
Galerie à Etage			
Galerie Ouest	36,2	3560	21,8

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	38,2	10120	19,1
Rue Est	39,6	10800	20,7
Rue Sud	39,7	9870	18,1
Rue Ouest	38,3	6520	21,4

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	37,4	7720	24,2
Zone Sud	36,7	19090	24,3
Zone Est	37	12100	23,2
Zone Ouest	38,6	15930	22,1
Au centre	37,5	18450	24,5
R.D.C			
Zone Nord	37,3	410	25,8
Zone Sud	36,6	323	26,6
Zone Est	37	983	23,8
Galerie			
Galerie Nord	37,5	16050	23,3
Galerie Sud	35,7	9590	26,5
Galerie Est	37	7040	23,5
Galerie Ouest	38,3	6860	20,9
1^{er} Etage			
Zone Nord	35,5	302	29,9
Zone Sud	35,2	385	25
Zone Est	36,5	467	25,7
Galerie à Etage			
Galerie Ouest	38,8	5680	20,1

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	39,6	11120	18,4
Rue Est	40	9980	21,2
Rue Sud	40,8	16830	17,1
Rue Ouest	39	17600	20

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	38,6	9370	18,5
Zone Sud	39,3	7390	21,9
Zone Est	39,2	6950	22,6
Zone Ouest	38,9	5745	17,9
Au centre	39,4	1550	18,5
R.D.C			
Zone Nord	37,5	349	26
Zone Sud	37,8	279	27,5
Zone Est	37,5	230	27
Galerie			
Galerie Nord	36,2	1890	21,2
Galerie Sud	37,5	4382	20,6
Galerie Est	37,6	4987	21,2
Galerie Ouest	38,2	3920	22,6
1^{er} Etage			
Zone Nord	38,7	351	22
Zone Sud	39,4	676	22,5
Zone Est	38,6	957	19,2
Galerie à Etage			
Galerie Ouest	38,7	5070	20,6

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	38,8	10500	20,7
Rue Est	39,4	7850	23,4
Rue Sud	39,2	6890	19,6
Rue Ouest	38,2	8750	24,6

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	37,1	8520	20,7
Zone Sud	38,2	6520	22,8
Zone Est	38,4	5280	23,7
Zone Ouest	38,9	4893	18,5
Au centre	38,8	2524	19,9
R.D.C			
Zone Nord	36,3	298	27,2
Zone Sud	36,7	328	28,9
Zone Est	36,1	210	28,5
Galerie			
galerie Nord	35,6	1620	22,3
galerie Sud	36,7	3680	21,8
galerie Est	36,2	3740	22,6
galerie Ouest	37,5	4520	23,9
1^{er} Etage			
Zone Nord	37,5	320	23,6
Zone Sud	38,9	580	23,2

Zone Est	37,9	865	20,8
Galerie à Etage			
galerie Ouest	37,6	6820	21,7

1.3. BATIMENT 3 - ECOLE DES BEAUX-ARTS DE BISKRA :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,9	9670	29,4
Rue Est	38,7	4560	29,8
Rue Sud	38,9	6580	28,8
Rue Ouest	37,1	1490	27,2

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	34,6	3800	26,8
Zone Sud	33,7	3560	34,2
Zone Est	34,8	4600	34,1
Zone Ouest	33,5	13600	30,8
Au centre	34,8	15800	31,5
R.D.C			
Zone Nord	33,2	480	31,8
Zone Sud	32,7	792	33,1
Zone Est	32,7	650	35,6
Zone Ouest	32,8	230	32,4
Galerie			
galerie Nord	34,1	675	28,7
galerie Sud	33,8	1183	39,5
galerie Est	35,2	834	36,7
galerie Ouest	33,7	4150	29,3

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	39,2	10910	26,1
Rue Est	39,2	2690	26,9
Rue Sud	40,8	18830	26,9
Rue Ouest	39,7	2890	24,8

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	35,5	2650	25,7
Zone Sud	35,6	4390	33
Zone Est	35,5	3220	35,5
Zone Ouest	35	15920	29,4
Au centre	35,9	16530	29,2
R.D.C			
Zone Nord	35,4	571	30,7

Zone Sud	34,8	918	32,9
Zone Est	34,8	785	34,1
Zone Ouest	34,5	116	30,3
Galerie			
galerie Nord	35,5	675	28,7
galerie Sud	34,7	1183	39,5
galerie Est	36,7	834	36,7
galerie Ouest	34,8	4150	29,3

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	41,2	9010	19,5
Rue Est	40,2	9930	21
Rue Sud	40,8	11870	16,9
Rue Ouest	41,7	5730	24,2

b. données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	37,9	2670	27,4
Zone Sud	37,6	3800	31,7
Zone Est	37,6	11090	27,8
Zone Ouest	37,7	5840	28,4
Au centre	37,5	6410	26,7
R.D.C			
Zone Nord	35,8	772	27,3
Zone Sud	33,5	920	29,4
Zone Est	38	769	20,9
Zone Ouest	35,1	215	22,4
Galerie			
galerie Nord	35,5	1396	27,3
galerie Sud	34,2	1075	26,3
galerie Est	32,7	850	20,9
galerie Ouest	34,5	1814	27,2

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	40,4	1980	22,1
Rue Est	39,2	6570	24,4
Rue Sud	39,4	6080	19,8
Rue Ouest	41,1	7590	27,5

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	36,5	1670	28,2
Zone Sud	36,3	2980	32,8
Zone Est	36,1	9850	28,9

Zone Ouest	37,3	8960	29,7
Au centre	36,6	5930	27,9
R.D.C			
Zone Nord	34,4	622	28,6
Zone Sud	33,1	790	30,3
Zone Est	34	690	21,8
Zone Ouest	34,5	465	23,7
Galerie			
galerie Nord	34,3	1190	28,4
galerie Sud	33,7	980	27,6
galerie Est	33,4	791	21,7
galerie Ouest	34,6	1680	28,6

1.4. BATIMENT 04 - NOUVEAU SIEGE DE L'APC :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	36,1	5200	30,4
Rue Est	38,8	3980	26,1
Rue Sud	39,7	8270	24,5
Rue Ouest	38,3	3650	32,8

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	35,2	9820	27,9
Zone Sud	35,4	6870	28,2
Zone Est	34,7	6920	29,3
Zone Ouest	35,2	9562	30,9
Au centre	35,9	10590	29,1
R.D.C			
Zone Nord face ext	33,7	902	26,1
Zone Nord face int	34,8	340	25,8
Zone Sud	34,9	790	26,2
Zone Est	34,1	243	25,3
Zone Ouest face ext	34,3	697	29,4
Zone Ouest face int	34,2	589	28,7
Galerie RDC			
galerie Nord	35,6	7820	26,7
galerie Sud	35,7	10820	30,2
galerie Est	34,6	3690	29,6
galerie Ouest	35,1	9870	29,9
2^{eme} Etage			
Zone Nord face ext	34,1	598	28,6
Zone Nord face int	34,7	312	27,1
Zone Sud	34,1	690	24,8
Zone Est	34,3	375	25,7
Zone Ouest face ext	34,2	456	26,5
Zone Ouest face int	34,8	510	26,9
Galerie du 2^{eme} étage			
galerie Nord	34,6	2960	26,9
galerie Sud	34,2	4790	25,7
galerie Est	34,8	1600	26,3
galerie Ouest	34,2	6590	27,1
4^{eme} Etage			

Zone Nord face int	34,7	490	25,6
Zone Sud	34,1	650	24,7
Zone Est	35,8	393	22,3
Zone Ouest face ext	34,3	670	25,9
Zone Ouest face int	35,6	494	23,1

Galerie du 4^{ème} étage

galerie Nord	35,9	9580	25,6
galerie Sud	35,1	3675	26,7
galerie Est	35,6	9786	26,1
galerie Ouest	34,5	4830	26,8

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,2	6860	29,5
Rue Est	39,3	4410	24,7
Rue Sud	40,1	9330	22,6
Rue Ouest	39,8	4580	31,4

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
--------	------------------	---------------------	--------------

Patio

Zone Nord	36,9	10520	26,8
Zone Sud	36,2	5630	27,9
Zone Est	35,5	8200	28,6
Zone Ouest	36,7	7920	29,1
Au centre	36,1	11260	27,5

R.D.C

Zone Nord face ext	34,2	562	25,3
Zone Nord face int	35,4	200	24,1
Zone Sud	35,5	680	25,7
Zone Est	35,7	290	24,3
Zone Ouest face ext	35,7	467	28,4
Zone Ouest face int	35,9	310	27,6

Galerie RDC

galerie Nord	36,5	9250	25,5
galerie Sud	36,2	8520	29,8
galerie Est	35,7	3800	28,3
galerie Ouest	36,8	6870	28,1

2^{ème} Etage

Zone Nord face ext	35,2	390	27,7
Zone Nord face int	35,6	385	25,9
Zone Sud	35,1	460	23,1
Zone Est	35,9	486	24,6
Zone Ouest face ext	35,8	343	25,3
Zone Ouest face int	35,4	362	25,6

Galerie du 2^{ème} étage

galerie Nord	35,1	3940	25,7
galerie Sud	35,7	2730	24,9
galerie Est	35,9	1980	25,7
galerie Ouest	35,2	4620	26,9

4^{ème} Etage

Zone Nord face int	35,8	690	24,5
Zone Sud	35,2	780	23,4
Zone Est	36,3	463	21,5
Zone Ouest face ext	35,7	850	24,2
Zone Ouest face int	36,5	598	21,8

Galerie du 4^{ème} étage

galerie Nord	36,3	1087	23,2
galerie Sud	35,7	1871	24,8
galerie Est	36,1	1866	25,2
galerie Ouest	35,5	905	24,6

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairage (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	38,7	6860	28,4
Rue Est	40,6	4410	23,9
Rue Sud	41,5	9330	21,3
Rue Ouest	41,9	4580	30,8

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairage (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	37,7	12000	25,1
Zone Sud	37	4430	26,6
Zone Est	36,9	9080	27,7
Zone Ouest	37	6800	27,6
Au centre	37,9	13856	26,2
R.D.C			
Zone Nord face ext	35,4	457	24
Zone Nord face int	36,1	207	23,8
Zone Sud	36,4	587	24,2
Zone Est	36,8	171	23,9
Zone Ouest face ext	36,4	542	27,6
Zone Ouest face int	36,8	285	26,5
Galerie RDC			
galerie Nord	37	12480	24
galerie Sud	37,1	6440	28,7
galerie Est	36,9	4040	27,7
galerie Ouest	37,1	4320	27,6
2^{ème} Etage			
Zone Nord face ext	36,7	231	26,5
Zone Nord face int	36,5	291	24,7
Zone Sud	36,5	225	22,6
Zone Est	36,5	228	23,9
Zone Ouest face ext	36,8	486	24
Zone Ouest face int	36,6	461	24,4
Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	36,4	4010	24,3
galerie Sud	36,6	3740	23,7
galerie Est	36,5	2810	24,1
galerie Ouest	36,8	2070	25
4^{ème} Etage			
Zone Nord face int	36,7	987	24,5
Zone Sud	36,9	871	23,4
Zone Est	37	866	21,5
Zone Ouest face ext	36,9	502	24,2
Zone Ouest face int	37,4	954	21,8
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	37,6	5450	21,9

galerie Sud	36,9	4680	23,4
galerie Est	37	4660	23
galerie Ouest	36,9	3390	23

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,6	5820	29,4
Rue Est	39,1	3960	24,3
Rue Sud	40,3	8740	23,7
Rue Ouest	40,7	6790	29,9

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	36,2	10520	26,1
Zone Sud	36,4	5680	27,5
Zone Est	35,7	10840	28,6
Zone Ouest	36,8	5720	29,5
Au centre	36,5	11470	27,6
R.D.C			
Zone Nord face ext	34,8	369	25,7
Zone Nord face int	35,2	456	24,6
Zone Sud	35,9	480	25,8
Zone Est	35,7	365	24,7
Zone Ouest face ext	35,3	420	28,9
Zone Ouest face int	35,2	245	27,5
Galerie RDC			
galerie Nord	36,2	10520	25,4
galerie Sud	36,3	4780	29,9
galerie Est	35,7	3890	28,6
galerie Ouest	36,8	4780	28,7
2^{ème} Etage			
Zone Nord face ext	35,4	420	27,6
Zone Nord face int	35,6	398	25,8
Zone Sud	35,7	280	24,1
Zone Est	35,2	470	24,7
Zone Ouest face ext	35,8	691	25,6
Zone Ouest face int	35,9	243	25,2
Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	35,1	10900	25,8
galerie Sud	35,7	5830	24,3
galerie Est	35,6	6980	25,9
galerie Ouest	35,9	5870	26,7
4^{ème} Etage			
Zone Nord face int	35,9	760	25,6
Zone Sud	35,7	654	24,8
Zone Est	36,8	796	22,3
Zone Ouest face ext	35,4	963	25,8
Zone Ouest face int	36,5	860	22,5
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	36,5	8300	21,9
galerie Sud	35,8	4680	23,4
galerie Est	36,9	4660	23
galerie Ouest	35,7	3390	23

1.5. BATIMENT 05 - BLOC DES LABORATOIRES (UNIVERSITE DE BISKRA) :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	36,8	10690	28,2
Rue Est	37,4	11300	25,3
Rue Sud	36,2	870	26,7
Rue Ouest	36,1	780	25,3

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	30,7	290	20,8
Zone Sud	31,8	285	20,6
Zone Est	30,1	340	19,3
Zone Ouest	31,2	310	21,8
Au centre	32	854	19,2
R.D.C			
Zone Nord	32,2	55	22,1
Zone Sud	32,7	100	21,4
Zone Est	32,9	82	20,7
Zone Ouest	33,7	120	21,2
2^{ème} Etage			
Zone Nord	33,6	320	25,8
Zone Sud	33,3	297	24,1
Zone Est	33,4	530	24,5
Zone Ouest	33,9	660	21,9
Couloire du 2^{ème} Etage			
galerie Nord	32,8	5680	24,2
galerie Sud	33,1	973	22,7
galerie Est	32,5	1943	25,3
galerie Ouest	32,7	2731	24,8
4^{ème} Etage			
Zone Nord	34,9	532	22,6
Zone Sud	34,1	487	22,1
Zone Est	35,3	620	22,8
Zone Ouest	35,7	610	22,7
Couloire du 4^{ème} étage			
galerie Nord	33,4	8500	24,2
galerie Sud	33,7	6740	21,8
galerie Est	33,1	9870	20,9
galerie Ouest	33,8	6763	20,4

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,9	11690	26,2
Rue Est	38,7	10430	23,7
Rue Sud	38,6	10980	24,2
Rue Ouest	38,8	10390	22,4

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	34,4	458	18,9
Zone Sud	34,5	290	19,5
Zone Est	34,6	479	18,3
Zone Ouest	34,7	230	20,1
Au centre	35,3	1020	19,2
R.D.C			
Zone Nord	34,9	123	21,3
Zone Sud	34,2	140	27,5
Zone Est	34,7	196	25,3
Zone Ouest	34,3	180	22,4
2^{eme} Etage			
Zone Nord	34,1	460	24,2
Zone Sud	34,3	397	22,3
Zone Est	34,8	614	22,3
Zone Ouest	34,7	590	19,8
Couloire du 2^{eme} Etage			
galerie Nord	33,3	4200	22,8
galerie Sud	34,6	1287	20,6
galerie Est	32,3	2130	23,6
galerie Ouest	33,2	3690	22,4
4^{eme} Etage			
Zone Nord	35,3	694	21,2
Zone Sud	35,2	569	20,3
Zone Est	36,4	739	21,9
Zone Ouest	36,5	790	20,9
Couloire du 4^{eme} étage			
galerie Nord	34,3	10720	22,8
galerie Sud	34,5	5200	20
galerie Est	34,4	10490	19,9
galerie Ouest	34,9	4690	18,3

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	38,9	10640	24,1
Rue Est	39,3	14750	21,2
Rue Sud	39,8	9270	22,3
Rue Ouest	40,2	8730	21

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	35,9	381	17,6
Zone Sud	35,9	308	17,4
Zone Est	35	331	16,7
Zone Ouest	35,7	392	18,7
Au centre	36	974	16,9
R.D.C			

Zone Nord	35,1	64	19,7
Zone Sud	35,6	150	26,3
Zone Est	34,4	91	23,6
Zone Ouest	35,8	175	20,8

2^{ème} Etage

Zone Nord	35,6	364	22,8
Zone Sud	35,6	469	20,9
Zone Est	35,4	511	20,7
Zone Ouest	35,6	655	17,9

Couloire du 2^{ème} Etage

galerie Nord	34,5	2010	21,5
galerie Sud	35	2150	18,4
galerie Est	33,4	1980	21,1
galerie Ouest	34,7	2340	20,5

4^{ème} Etage

Zone Nord	36,3	561	19,6
Zone Sud	36,1	685	18,7
Zone Est	36,2	870	19,4
Zone Ouest	36,9	941	18,1

Couloire du 4^{ème} étage

galerie Nord	35,5	10720	22,8
galerie Sud	35,6	5200	20
galerie Est	35,6	10490	19,9
galerie Ouest	35,6	4690	18,3

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	37,7	980	25,1
Rue Est	38,3	10360	22,9
Rue Sud	39,4	12670	23,7
Rue Ouest	40,1	14380	22,6

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	34,7	370	19,6
Zone Sud	34,6	280	19,3
Zone Est	34,8	460	17,9
Zone Ouest	36,1	360	20,1
Au centre	35,2	765	18,3
R.D.C			
Zone Nord	34	120	20,9
Zone Sud	34,3	160	28,1
Zone Est	34,1	203	25,7
Zone Ouest	35,2	98	22,6
2^{ème} Etage			
Zone Nord	34,1	482	24,2
Zone Sud	34,3	567	22,7
Zone Est	34,8	620	22,6
Zone Ouest	34,9	732	19,3
Couloire du 2^{ème} Etage			
galerie Nord	33,3	1850	23,1
galerie Sud	34,5	1730	20,3
galerie Est	33,6	2740	23,7
galerie Ouest	34,3	2130	22,8
4^{ème} Etage			

Zone Nord	35,1	460	21,8
Zone Sud	35,6	577	20,7
Zone Est	36,7	760	21,4
Zone Ouest	36,8	831	20,9

Couloire du 4^{ème} étage

galerie Nord	34,7	16640	24,7
galerie Sud	34,6	4560	22,5
galerie Est	35,2	12690	21,2
galerie Ouest	35,8	5620	20,4

2. COMPAGNE DE MESURE HIVERNALE :

2.1. BATIMENT 01 - SIEGE DE LA DAÏRA DE BISKRA :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	22	374	33
Rue Est	21	4240	30,1
Rue Sud	22	274	33
Rue Ouest	21	2540	30,1

b. Données intérieures:

espace	Température (°C)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	21	373	31
Zone Sud	21,9	1071	31,7
Zone Est	21,8	709	33,5
Zone Ouest	21,7	623	31,2
Au centre	21,6	975	32,1
R.D.C			
Zone Nord	21,3	209	31,3
Zone Sud	20,9	35	35,1
Zone Est	21	67	36,9
Zone Ouest	20,8	242	38
galerie	21,7	309	32,2
1^{er} Etage			
Zone Nord	21,1	133	21,5
Zone Est	21,7	740	35,7
galerie	22,2	680	30,7

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	24,5	6470	28,4
Rue Est	23,4	9380	25,6
Rue Sud	24,3	4670	28,7
Rue Ouest	23,8	10297	25,5

b. Données intérieures :

espace	Température (°C)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	24,1	2360	28,2
Zone Sud	23,5	820	27,6
Zone Est	23,2	870	29,5
Zone Ouest	22,7	693	28,2
Au centre	23,3	1576	29,4
R.D.C			
Zone Nord	24,1	248	30,7
Zone Sud	22,7	200	31,5
Zone Est	23,2	350	30,6
Zone Ouest	24,4	145	33,4
galerie	22,3	650	29,7
1^{er} Etage			
Zone Nord	24,3	187	28,3
Zone Est	23,8	223	27,3
galerie	24	783	25,3

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	25,4	8740	20,2
Rue Est	24,8	11390	19,2
Rue Sud	25,7	2574	23
Rue Ouest	25,6	11540	20,1

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	25,3	1737	27,6
Zone Sud	24	898	25,3
Zone Est	24,1	709	27
Zone Ouest	23,9	465	25
Au centre	24	1003	25,7
R.D.C			
Zone Nord	25	250	28,3
Zone Sud	23,9	253	28,2
Zone Est	24,1	468	27,5
Zone Ouest	25	124	31,2
galerie	23,8	870	26,7
1^{er} Etage			
Zone Nord	25,7	360	26,6
Zone Est	24,5	378	24,8
galerie	25,1	925	22,7

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	23,2	682	25,8
Rue Est	22,5	1036	24,6
Rue Sud	22,1	467	27,2
Rue Ouest	22,6	930	24,3

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	23,5	423	23,3
Zone Sud	22,1	203	22,2
Zone Est	23,5	246	24,1
Zone Ouest	20,9	310	22,4
Au centre	21,6	476	22,5
R.D.C			
Zone Nord	22,1	121	24,7
Zone Sud	21,7	102	25,1
Zone Est	21,6	234	24,3
Zone Ouest	23,4	95	27,8
galerie	21,4	226	23,2
1^{er} Etage			
Zone Nord	23,8	297	29,6
Zone Est	22,6	204	28,8
galerie	22,5	440	25,3

2.2. BATIMENT 02 - ANCIEN SIEGE DE L'APC :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	21,7	478	34
Rue Est	22,5	3580	32,5
Rue Sud	22,3	389	34,6
Rue Ouest	21,8	1850	35,1

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	22	1578	32,2
Zone Sud	21,6	2050	30,2
Zone Est	21,7	1071	34,6
Zone Ouest	21,6	1578	30,2
Au centre	22,8	3290	31
R.D.C			
Zone Nord	20,3	350	30,4
Zone Sud	19,5	189	34,9
Zone Est	20,6	230	35,2

Galerie			
galerie Nord	20,5	1103	32,5
galerie Sud	20,1	1850	33,4
galerie Est	20,4	980	30,7
galerie Ouest	19,5	2560	33,9
1^{er} Etage			
Zone Nord	21,1	458	29,2
Zone Sud	20,7	209	31,8
Zone Est	21,8	420	33,1
Galerie à Etage			
galerie Ouest	20,4	4560	32,7

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	23,2	8790	25,8
Rue Est	24,4	10250	23,5
Rue Sud	24,2	2600	24,2
Rue Ouest	23,5	10260	23,9

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	23,1	3540	30,4
Zone Sud	22,5	2650	29,1
Zone Est	22,7	652	29,4
Zone Ouest	22,6	8960	29,4
Au centre	23,9	8745	30,5
R.D.C			
Zone Nord	22,3	690	28,3
Zone Sud	20,4	520	31,7
Zone Est	21,5	430	32,4
Galerie			
galerie Nord	21,9	2650	30,1
galerie Sud	21,2	2030	32,3
galerie Est	21,7	1097	28,8
galerie Ouest	20,6	4683	31,3
1^{er} Etage			
Zone Nord	22,2	367	27,3
Zone Sud	21,5	200	29,4
Zone Est	22,7	541	31,2
Galerie à Etage			
galerie Ouest	21,5	6807	30,4

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	24,8	10240	22,1
Rue Est	26,7	12100	19,3
Rue Sud	26,9	1080	20,3
Rue Ouest	25,6	9850	19,2

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	24,2	1678	29,2
Zone Sud	23,7	1850	28,2
Zone Est	23,9	891	31,8
Zone Ouest	23,7	6580	28,2
Au centre	25,4	6528	29
R.D.C			
Zone Nord	23,5	872	30,5
Zone Sud	21,3	650	33,2
Zone Est	22,7	569	34,7
Galerie			
galerie Nord	22,7	4690	28,2
galerie Sud	22,4	1946	30,7
galerie Est	22,8	2358	26,7
galerie Ouest	21,8	6980	29,4
1^{er} Etage			
Zone Nord	23,3	497	25,4
Zone Sud	22,7	230	27,6
Zone Est	23,8	763	29,7
Galerie à Etage			
galerie Ouest	23,4	3560	29,3

A 17h00 :

a. Données extérieures:

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	22,7	1230	25,9
Rue Est	24,3	2620	22,6
Rue Sud	24,2	645	23,4
Rue Ouest	23,5	790	22,8

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	22,1	630	31,8
Zone Sud	21,6	500	31,2
Zone Est	21,6	439	33,5
Zone Ouest	21,9	428	31,3
Au centre	22,4	897	32,7
R.D.C			
Zone Nord	17,2	164	33,8
Zone Sud	17,3	105	37,2
Zone Est	18,7	158	38,3
Galerie			
galerie Nord	18,7	598	33,4
galerie Sud	18,3	497	32,8
galerie Est	18,8	400	32,6
galerie Ouest	18,9	390	34,7
1^{er} Etage			
Zone Nord	20,2	239	31,7
Zone Sud	19,6	280	31,3
Zone Est	20,1	276	31,6

Galerie à Etage			
galerie Ouest	21,2	680	33,5

2.3. BATIMENT 03 - ECOLE DES BEAUX-ARTS DE BISKRA :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	20,1	853	31,2
Rue Est	20,6	1024	31,6
Rue Sud	20,2	590	32,4
Rue Ouest	20,3	498	32,9

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	19,1	2560	35,4
Zone Sud	20,3	5230	35,1
Zone Est	19,6	1680	37,8
Zone Ouest	20,5	1973	37,9
Au centre	20,3	3910	35,4
R.D.C			
Zone Nord	19,4	130	34,5
Zone Sud	20,6	560	32,2
Zone Est	19,4	286	33,3
Zone Ouest	19,7	390	38,9
Galerie			
galerie Nord	20,6	956	37,5
galerie Sud	20,7	1068	38,7
galerie Est	20,5	360	34,3
galerie Ouest	20,7	1050	34,8

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	22,5	10570	28,7
Rue Est	22,4	13140	28,8
Rue Sud	22,5	980	28,7
Rue Ouest	22,4	870	28,8

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	21,9	4000	32,9
Zone Sud	22	8400	32,1
Zone Est	21,8	2980	35,2
Zone Ouest	22,1	2970	34,4
Au centre	22,4	4910	32,8

R.D.C

Zone Nord	21,4	203	31,8
Zone Sud	21,9	761	29,8
Zone Est	21,1	457	30,6
Zone Ouest	21,8	848	35

Galerie

galerie Nord	21,5	1578	34,6
galerie Sud	21,6	2050	35,4
galerie Est	21,4	571	31,8
galerie Ouest	21,6	3290	31,7

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	23,5	9800	25
Rue Est	21,9	10060	24,2
Rue Sud	23,4	4178	24,6
Rue Ouest	21,9	10450	24,2

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	24,9	3150	25,2
Zone Sud	23,9	4800	23,4
Zone Est	23,6	5060	23,3
Zone Ouest	23,9	4030	24,5
Au centre	25,1	5170	23,3
R.D.C			
Zone Nord	22,7	240	27,6
Zone Sud	22,9	819	31,1
Zone Est	23,9	283	22,8
Zone Ouest	22,9	587	27,5
Galerie			
galerie Nord	22,9	1460	27,6
galerie Sud	23,7	2010	26,3
galerie Est	23,2	1129	24,9
galerie Ouest	22,9	1460	27,6

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	20,7	6320	28,6
Rue Est	19,6	2560	27,3
Rue Sud	20,3	6580	27,7
Rue Ouest	19,3	7546	27,8

b. Données intérieures:

espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	22,1	1350	28,3
Zone Sud	20,6	2630	26,6
Zone Est	21,5	2520	26,7
Zone Ouest	21,3	1035	25,8
Au centre	22,8	3260	25,9
R.D.C			
Zone Nord	20,8	140	30,7
Zone Sud	20,1	469	34,8
Zone Est	21,1	650	25,3
Zone Ouest	20,5	567	30,2
Galerie			
galerie Nord	21,4	1460	27,6
galerie Sud	22,5	2010	26,3
galerie Est	21,2	1129	24,9
galerie Ouest	21,7	1460	27,6

2.4. BATIMENT 04 - NOUVEAU SIEGE DE L'APC :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	14,2	3028	41,3
Rue Est	15,1	8690	32,7
Rue Sud	15,7	13560	35,1
Rue Ouest	14,5	5310	39,4

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	14,2	1030	35,6
Zone Sud	14,8	2510	34,3
Zone Est	14,3	1090	37,7
Zone Ouest	14,6	2360	37,3
Au centre	15,3	2190	35,4
R.D.C			
Zone Nord face ext	15,2	867	33,5
Zone Nord face int	15,8	91	39,7
Zone Sud	15,5	853	33,5
Zone Est	16,3	630	39,2
Zone Ouest face ext	15,1	490	36,4
Zone Ouest face int	15,4	125	36,8
Galerie RDC			
galerie Nord	16,5	327	36,6
galerie Sud	16,2	956	37,9
galerie Est	16,1	820	36,7
galerie Ouest	16,3	430	38,1
2^{ème} Etage			
Zone Nord face ext	16,1	986	33,5

Zone Nord face int	16,4	113	37,1
Zone Sud	16,8	856	34,6
Zone Est	16,7	473	37,7
Zone Ouest face ext	16,2	950	33,7
Zone Ouest face int	16,5	128	33,4

Galerie du 2^{ème} étage

galerie Nord	16	1630	35,7
galerie Sud	16,1	4520	36,4
galerie Est	16,5	3620	37,3
galerie Ouest	16,3	2845	35,8

4^{ème} Etage

Zone Nord face int	17,4	995	32,5
Zone Sud	16,1	520	35,2
Zone Est	17,6	523	33,8
Zone Ouest face ext	17,3	468	34,9
Zone Ouest face int	18,3	790	35,4

Galerie du 4^{ème} étage

galerie Nord	17,3	2650	31,5
galerie Sud	17,1	6980	31,2
galerie Est	17,7	5820	32,7
galerie Ouest	17,8	4120	33,8

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	16,6	5040	38,2
Rue Est	17,3	10190	29,9
Rue Sud	17,6	15200	32
Rue Ouest	16,4	7880	36,7

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
--------	------------------	---------------------	--------------

Patio

Zone Nord	16,9	3176	32,4
Zone Sud	16,9	3560	31,2
Zone Est	16,8	3576	34,4
Zone Ouest	17,1	4420	34,8
Au centre	17,2	4270	32,2

R.D.C

Zone Nord face ext	17	376	32,4
Zone Nord face int	17,2	102	36,3
Zone Sud	16,9	576	30,1
Zone Est	17,4	440	36,1
Zone Ouest face ext	16,5	617	33
Zone Ouest face int	16,9	186	33,5

Galerie RDC

galerie Nord	16,8	1421	33,6
galerie Sud	17	2890	34,2
galerie Est	17	3418	33,3
galerie Ouest	17,2	934	34,2

2^{ème} Etage

Zone Nord face ext	16,3	440	31,5
Zone Nord face int	17,3	171	34,5
Zone Sud	17,1	115	31,4
Zone Est	17,6	613	34,8
Zone Ouest face ext	17,8	232	30,5
Zone Ouest face int	17,5	188	30,6

Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	17,4	3920	32,6
galerie Sud	17,4	5120	33,3
galerie Est	17,6	4140	34,2
galerie Ouest	17,5	3000	32
4^{ème} Etage			
Zone Nord face int	18,9	295	29,1
Zone Sud	17,8	759	32
Zone Est	18,3	580	30,3
Zone Ouest face ext	18,9	587	31,8
Zone Ouest face int	20	382	32,8
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	18,5	9360	28,8
galerie Sud	18,5	6800	28
galerie Est	18,3	6160	29,5
galerie Ouest	18,9	10490	30,7

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	18,5	4420	25,6
Rue Est	18,5	3100	28,3
Rue Sud	18,7	4620	27,9
Rue Ouest	18,3	7040	25,9

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	18,7	1219	29,3
Zone Sud	18,9	1880	26,8
Zone Est	18,6	1711	25,4
Zone Ouest	18,9	2296	26,8
Au centre	18,9	2360	26,9
R.D.C			
Zone Nord face ext	18,5	136	26,5
Zone Nord face int	18,7	58	34,6
Zone Sud	18,8	551	31,5
Zone Est	18,9	818	28,3
Zone Ouest face ext	18,3	994	33,5
Zone Ouest face int	17,9	187	25,6
Galerie RDC			
galerie Nord	18,9	862	28,4
galerie Sud	18,9	1296	29,6
galerie Est	18,7	758	26,3
galerie Ouest	18,9	1367	26,1
2^{ème} Etage			
Zone Nord face ext	19,2	580	29,4
Zone Nord face int	19,6	85	28,6
Zone Sud	19,9	850	31,5
Zone Est	19,7	391	31
Zone Ouest face ext	20	660	25,1
Zone Ouest face int	20	227	33,8
Galerie du 2^{ème} étage			
Zone Nord	19,3	2540	30,3
galerie Sud	19,7	3730	32,4

galerie Est	19,5	2140	26,2
galerie Ouest	19,8	3620	27,8

4^{eme} Etage

Zone Nord face ext	20,3	650	25,6
Zone Nord face int	20,7	423	25,9
Zone Sud	20,2	390	24,6
Zone Est	20,9	843	24,1
Zone Ouest face ext	20,4	530	27,7
Zone Ouest face int	20,9	980	24,6

Galerie du 4^{eme} étage

galerie Nord	19,2	9010	28
galerie Sud	19,6	2500	24,2
galerie Est	20,9	2800	29,5
galerie Ouest	19,5	6860	25

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	16,1	1200	27,9
Rue Est	16,3	1970	30,4
Rue Sud	16,8	2500	29,7
Rue Ouest	16,7	4650	27,3

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	16,2	952	31,8
Zone Sud	16,7	860	28,7
Zone Est	16,4	757	27,2
Zone Ouest	16,9	720	28,5
Au centre	16,8	990	28,3
R.D.C			
Zone Nord face ext	16,3	826	28,4
Zone Nord face int	17,5	40	36,7
Zone Sud	17,7	300	33,8
Zone Est	17,3	570	30,7
Zone Ouest face ext	17,4	730	35,6
Zone Ouest face int	16,8	260	28,9
Galerie RDC			
galerie Nord	16,5	423	30,7
galerie Sud	16,7	770	31,2
galerie Est	16,1	320	28,9
galerie Ouest	17,2	459	28,5
2^{eme} Etage			
Zone Nord face ext	17,3	853	31,9
Zone Nord face int	17,1	60	30,7
Zone Sud	17,5	423	33,9
Zone Est	17,8	230	33,2
Zone Ouest face ext	19,6	864	27,3
Zone Ouest face int	19	150	35,5
Galerie du 2^{eme} étage			
galerie Nord	17,4	1820	33,4
galerie Sud	17,5	1730	35,8
galerie Est	17,7	1918	29,3
galerie Ouest	17,9	1569	30,7

4^{ème} Etage			
Zone Nord face int	17,5	763	28,1
Zone Sud	17,8	569	28,5
Zone Est	18,1	980	27,7
Zone Ouest face ext	18,6	620	27,4
Zone Ouest face int	18,9	590	30,3
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	16,1	1860	30,8
galerie Sud	16,5	1647	26,9
galerie Est	17,2	1756	32,5
galerie Ouest	17,6	1630	28,1

2.5. BATIMENT 05 - BLOC DES LABORATOIRES (UNIVERSITE DE BISKRA) :

A 9h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	18,2	8310	38,1
Rue Est	17,8	10480	34,9
Rue Sud	18,3	14470	34,1
Rue Ouest	19,9	16350	35,2

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	18,6	207	36,4
Zone Sud	18,1	319	35,2
Zone Est	18,7	164	35,1
Zone Ouest	18,4	257	35,7
Au centre	18	787	38,9
R.D.C			
Zone Nord	18,9	379	47,3
Zone Sud	18,6	280	50,3
Zone Est	18,2	414	38,9
Zone Ouest	19,5	382	49,3
2^{ème} Etage			
Zone Nord	17,6	447	40,2
Zone Sud	17,4	344	43,7
Zone Est	17,6	592	36,7
Zone Ouest	18,6	243	47,6
Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	18,8	1139	41,2
galerie Sud	18,4	1910	49
galerie Est	18,9	1163	37,9
galerie Ouest	18,7	1543	41,6
4^{ème} Etage			
Zone Nord	17,6	503	44,5
Zone Sud	17,6	714	43,4
Zone Est	17,3	413	36,6
Zone Ouest	17,6	635	41,4
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	18	11940	38,5
galerie Sud	17,9	843	37,4

galerie Est	18,6	8420	37,5
galerie Ouest	18	7780	36,9

A 11h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairage (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	18,4	5870	38,3
Rue Est	18,2	10360	35,6
Rue Sud	17,7	11924	34,9
Rue Ouest	18,1	10730	35,7

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairage (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	19,2	485	33,5
Zone Sud	20,4	362	34,3
Zone Est	18,5	542	33,7
Zone Ouest	20,4	630	32,9
Au centre	19,3	763	35,5
R.D.C			
Zone Nord	19,5	460	45,9
Zone Sud	19,7	387	46,4
Zone Est	19,8	495	33,7
Zone Ouest	20,3	458	46,3
2^{ème} Etage			
Zone Nord	19,2	513	42,8
Zone Sud	20,1	430	45,7
Zone Est	19,6	653	36,6
Zone Ouest	20,7	490	44,2
Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	18,3	1160	33,8
galerie Sud	18,5	1920	46,8
galerie Est	19,8	1030	34,6
galerie Ouest	19,2	1867	40,3
4^{ème} Etage			
Zone Nord	20,7	462	41,6
Zone Sud	20,6	685	42,8
Zone Est	20,1	380	40,5
Zone Ouest	21,3	276	40,2
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	18,4	1247	34,6
galerie Sud	18,6	1018	38,7
galerie Est	18,7	1174	37,9
galerie Ouest	19,6	7841	38,4

A 14h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairage (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	19,2	6670	36,4
Rue Est	19,8	12340	32,7
Rue Sud	18,3	10280	32,8

Rue Ouest	19,9	18370	33,6
-----------	------	-------	------

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	20,7	327	31,4
Zone Sud	21,2	416	32,2
Zone Est	20,7	654	31,5
Zone Ouest	21,4	857	30,7
Au centre	20,1	864	33,9
R.D.C			
Zone Nord	20,1	579	44,6
Zone Sud	20,6	450	45,3
Zone Est	20,2	524	31,9
Zone Ouest	21,5	592	44,3
2^{ème} Etage			
Zone Nord	20,6	627	41,1
Zone Sud	21,4	567	43,6
Zone Est	20,9	764	34,7
Zone Ouest	22,6	564	42,1
Galerie du 2^{ème} étage			
galerie Nord	19,2	1367	31,2
galerie Sud	19,6	2419	45
galerie Est	20,7	1363	32,9
galerie Ouest	20,9	2143	38,6
4^{ème} Etage			
Zone Nord	21,3	503	39,5
Zone Sud	21,9	714	40,4
Zone Est	21,3	413	38,6
Zone Ouest	22,8	635	38,4
Galerie du 4^{ème} étage			
galerie Nord	19,2	14670	32,5
galerie Sud	19,9	1133	36,4
galerie Est	19,6	1350	35,5
galerie Ouest	20,1	9740	36,2

A 17h00 :

a. Données extérieures :

	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Rue Nord	16,6	1070	38,5
Rue Est	16,8	12340	34,8
Rue Sud	17,4	10280	34,9
Rue Ouest	17,7	18370	36,7

b. Données intérieures:

Espace	Température (C°)	L'éclairement (Lux)	Humidité (%)
Patio			
Zone Nord	18,2	237	33,5
Zone Sud	18,7	368	34,8
Zone Est	18,6	520	33,9
Zone Ouest	19,5	746	32,2

Au centre	18,3	795	35,1
R.D.C			
Zone Nord	18,4	320	45,8
Zone Sud	18,7	294	46,9
Zone Est	18,3	439	33,3
Zone Ouest	19,6	428	45,7
2^{eme} Etage			
Zone Nord	19,2	490	43,8
Zone Sud	20,1	476	45,5
Zone Est	19,7	530	37,2
Zone Ouest	20,4	420	44,7
Galerie du 2^{eme} étage			
galerie Nord	18,1	10580	33,5
galerie Sud	18,5	2340	46,9
galerie Est	19,6	1190	33,4
galerie Ouest	19,7	1952	40,3
4^{eme} Etage			
Zone Nord	19,7	374	41,7
Zone Sud	19,5	521	42,6
Zone Est	20,1	564	40,4
Zone Ouest	20,4	950	40,9
Galerie du 4^{eme} étage			
galerie Nord	17,3	14670	32,5
galerie Sud	17,5	1133	36,4
galerie Est	17,8	1350	35,5
galerie Ouest	18,7	9740	36,2

ANNEX 4

RAPPORTS DE LA SIMULATION DE L'ECLAIRAGE NATUREL

1. Modèle 01 (bâtiment à patio (RDC)) :**a. Rapport 21 Décembre à 14h :****LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1**

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairage au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairage sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairage	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard model (one level)
Indiquer le temps de génération	03/03/2016 17:20:28
Modèle de ciel	CIE Jour Clair
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairage bas	269,098

Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	192,494
Surface totale au dessus du seuil (m2)	172,215
% surface au dessus du seuil d'éclairage	89,5
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	REUSSI

Zones éligibles à l'éclairage naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairage Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Bloc1:Zone Nord	Bloc 1	57,257	55,8	86,6
Bloc1:Zone Est	Bloc 1	37,870	109,3	86,7
Bloc1:Zone Sud	Bloc 1	58,573	93,3	94,1
Bloc1:Zone Ouest	Bloc 1	38,794	110,4	89,4
Total		192,494	55,8	89,5

b. Rapport 21 Juin à 14h :

LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairage au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairage sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairage	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard model (one level)
Indiquer le temps de génération	03/03/2016 17:15:41
Modèle de ciel	CIE Jour Clair
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairage bas	269,098
Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	192,494
Surface totale au dessus du seuil (m2)	187,678
% surface au dessus du seuil d'éclairage	97,5
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	REUSSI

Zones éligibles à l'éclairage naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairage Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Bloc1:Zone Nord	Bloc 1	57,257	107,8	98,3
Bloc1:Zone Est	Bloc 1	37,870	147,7	96,2
Bloc1:Zone Sud	Bloc 1	58,573	156,6	99,3
Bloc1:Zone Ouest	Bloc 1	38,794	156,7	95,0
Total		192,494	107,8	97,5

1. Modèle 01 (bâtiment à patio (RDC))

a. Rapport 21 juin à 14h :

BREEAM Health and Wellbeing Credit HEA1

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite que les deux conditions suivantes soient satisfaites :

Au moins 80% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un FLJ d'au moins 2,0% sur un plan de travail à 0,7 m de hauteur sous un ciel uniforme CIE couvert.

Un ratio d'uniformité d'au moins 0,3 ou un FLJ minimum de 0,8% (les espaces avec des toitures vitrées, comme les atrium, doivent obtenir un ratio d'uniformité d'au moins 0,0 ou un FLJ minimum de 1,4%).

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairément sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairément	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard model (two levels)
Indiquer le temps de génération	13/02/2016 18:34:10
Modèle de ciel	CIE Jour Couvert (indiquer l'éclairément)
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil FLJ (%)	2,0*

* You should check the daylight factor minimum threshold based on the BREEAM requirements of the local region.

Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	384,989
Surface totale au dessus du seuil (m2)	365,420
% surface au dessus du seuil d'éclairément	94,9
Critère a) 80% de la surface éclairée correctement	REUSSI
Critère b) ratio d'uniformité >= 0,3, min FLJ = 0,8%	ECHEC
BREEAM Health and Wellbeing Credit HEA1 Status	ECHEC

Zones éligibles à l'éclairément naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	FLJ Min (%)	Ratio d'uniformité (Min / Moy)	Average DF	Area adequately lit (m2)
Bloc1:Zone Nord	Bloc 1	57,257	0,37	0,08	4,7	54,340
Bloc1:Zone Est	Bloc 1	37,870	0,15	0,03	4,6	36,300
Bloc1:Zone Sud	Bloc 1	58,573	0,40	0,07	5,7	55,770
Bloc1:Zone Ouest	Bloc 1	38,794	0,18	0,04	4,4	36,300
Bloc11:Zone Nord	Bloc 1 1	57,257	0,17	0,03	6,2	54,340
Bloc11:Zone Est	Bloc 1 1	37,870	0,55	0,09	6,3	36,300
Bloc11:Zone Sud	Bloc 1 1	58,573	0,40	0,06	6,2	55,770
Bloc11:Zone Ouest	Bloc 1 1	38,794	0,53	0,09	6,2	36,300
Total		384,989				365,000

Dans la table ci-dessus, les zones avec des données en rouge ont échoué au critère b)

1. Modèle 03 (bâtiment à patio (R+4))

a. Rapport 21 Décembre à 14h :

LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1

L'objectif des crédits d'éclairément naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairément naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairément au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairément sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairément	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard model (5 levels)
Indiquer le temps de génération	09/03/2016 16:10:17
Modèle de ciel	CIE Jour Moy. Clair
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairément bas	269,098
Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	962,471
Surface totale au dessus du seuil (m2)	481,024
% surface au dessus du seuil d'éclairément	50,0
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	ECHEC

Zones éligibles à l'éclairément naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairément Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Bloc1:Zone Nord	Bloc 1	57,257	23,3	34,6
Bloc1:Zone Est	Bloc 1	37,870	13,7	49,8
Bloc1:Zone Sud	Bloc 1	58,573	39,2	60,3
Bloc1:Zone Ouest	Bloc 1	38,794	10,3	12,6
Bloc2:Zone Nord	Bloc 2	57,257	21,2	43,9
Bloc2:Zone Est	Bloc 2	37,870	12,4	52,2
Bloc2:Zone Sud	Bloc 2	58,573	35,4	63,5
Bloc2:Zone Ouest	Bloc 2	38,794	7,9	11,8
Bloc3:Zone Nord	Bloc 3	57,257	18,9	47,3
Bloc3:Zone Est	Bloc 3	37,870	11,1	55,9
Bloc3:Zone Sud	Bloc 3	58,573	34,0	68,6
Bloc3:Zone Ouest	Bloc 3	38,794	6,6	15,6
Bloc4:Zone Nord	Bloc 4	57,257	28,5	55,0
Bloc4:Zone Est	Bloc 4	37,870	13,2	61,0
Bloc4:Zone Sud	Bloc 4	58,573	36,9	69,8
Bloc4:Zone Ouest	Bloc 4	38,794	7,6	35,6
Bloc5:Zone Nord	Bloc 5	57,257	20,3	54,1

Bloc5:Zone Est	Bloc 5	37,870	35,7	57,5
Bloc5:Zone Sud	Bloc 5	58,573	27,7	61,5
Bloc5:Zone Ouest	Bloc 5	38,794	31,3	59,1
Total		962,471	6,6	50,0

1. Modèle 04 (bâtiment à patio (RDC)/ratio d'ouverture : 0.75 (narrow)) :

a. Rapport 21 juin à 14h :

LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairage au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairage sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairage	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\cortyard narrow opening (1 level)
Indiquer le temps de génération	03/03/2016 15:48:13
Modèle de ciel	CIE Jour Couvert (indiquer l'éclairage)
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairage bas	269,098
Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	218,997
Surface totale au dessus du seuil (m2)	146,412
% surface au dessus du seuil d'éclairage	66,9
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	ECHEC

Zones éligibles à l'éclairage naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairage Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Niv01:Zone Nord	Niv 01	67,339	17,7	58,1
Niv01:Zone Est	Niv 01	41,504	14,1	66,6
Niv01:Zone Sud	Niv 01	70,411	22,4	74,7
Niv01:Zone Ouest	Niv 01	39,744	19,1	68,0
Total		218,997	14,1	66,9

1. Modèle 05 (bâtiment à patio (RDC)/ratio d'ouverture : 0.25 (wide opening)) :**a. Rapport 21 juin à 14h :**

LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairage au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairage sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairage	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard wide opening (1 level)\real courtyard wide open (2 levels).dsb
Indiquer le temps de génération	03/03/2016 15:14:12
Modèle de ciel	CIE Jour Couvert (indiquer l'éclairage)
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairage bas	269,098
Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	133,370
Surface totale au dessus du seuil (m2)	126,416
% surface au dessus du seuil d'éclairage	94,8
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	REUSSI

Zones éligibles à l'éclairage naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairage Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Bloc11:Zone Nord	Niv 01	34,656	47,2	96,5
Bloc11:Zone Est	Niv 01	33,340	122,0	94,3
Bloc11:Zone Sud	Niv 01	33,340	84,6	96,8
Bloc11:Zone Ouest	Niv 01	32,033	60,9	91,2
Total		133,370	47,2	94,8

a. Rapport 21 Décembre à 14h :

LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1

L'objectif des crédits d'éclairage naturel est d'encourager et reconnaître les conceptions qui fournissent des niveaux appropriés d'éclairage naturel pour les utilisateurs du bâtiment.

Le statut Réussi nécessite qu'au moins 75% de la surface nette locative des espaces occupés soit correctement éclairé, ayant un niveau d'éclairage au-delà du seuil minimum.

Les résultats ci-dessous ont été calculés par le moteur de simulation Radiance qui fournit des calculs multizones scientifiques des niveaux d'éclairage sur les plans de travail du bâtiment.

Données Eclairment	
Fichier projet	C:\Users\pc\Desktop\courtyard wide opening (1 level)
Indiquer le temps de génération	03/03/2016 16:40:16
Modèle de ciel	CIE Jour Clair
Lieu	BISKRA
Hauteur du plan de travail (m)	0,750
Taille Max Grille (m)	0,200
Taille Min Grille (m)	0,050
Seuil d'éclairment bas	269,098
Résumé des résultats	
Surface totale (m2)	133,370
Surface totale au dessus du seuil (m2)	129,284
% surface au dessus du seuil d'éclairment	96,9
LEED NC 2.2 Credit EQ 8.1 Status	REUSSI

Zones éligibles à l'éclairment naturel

Zone	Bloc	Surface au sol (m2)	Eclairment Min (lux)	Surface de plan de travail dans les limites (%)
Niv01:Zone Nord	Niv 01	34,656	108,0	99,6
Niv01:Zone Est	Niv 01	33,340	137,4	95,8
Niv01:Zone Sud	Niv 01	33,340	131,2	98,7
Niv01:Zone Ouest	Niv 01	32,033	102,5	93,4
Total		133,370	102,5	96,9

LISTE DES TRAVAUX DE RECHERCHE

1. Publication internationale

- Daylight Efficiency Prediction between Courtyard and Conventional Buildings Models Using Simulation Tool under Specific Climate Conditions. International Scientific Journal, Journal of Environmental Science, <http://environment.scientific-journal.com/>.
- Courtyard Building a thermal and daylight regulator in hot and arid regions. A case study. International Scientific Journal, Journal of Environmental Science, <http://environment.scientific-journal.com/>.
- Courtyard Building's Morphology Impact on Thermal and Luminous Environments in Hot and Arid Region. Energy Procedia. ScienceDirect. www.elsevier.com/locate/procedia.

2. Séminaire international

- Une analyse bioclimatique du paysage urbain entre la production traditionnelle et contemporaine. Cas de la ville de Biskra en Algérie. Colloque international « préfigurer et concevoir le paysage architectural et urbain dans la perspective d'une qualité durable de la ville du futur des pays méditerranéens – climat, société, concepts et outils opérationnels ». Le 19-20-21 novembre 2017, Batna, Algeria, 2017.
- Investigation corrélative entre le perceptuel et le syntaxique de l'évaluation esthétique environnementale dans l'espace urbain. Colloque international « préfigurer et concevoir le paysage architectural et urbain dans la perspective d'une qualité durable de la ville du futur des pays méditerranéens – climat, société, concepts et outils opérationnels ». Le 19-20-21 novembre 2017, Batna, Algeria, 2017.
- Collo - Algeria: Natural and architectural qualifications for the classification in the World Heritage of the UNESCO. RIPAM 2017 - Conservation et valorisation du patrimoine architectural et paysagé des sites côtiers méditerranéens, – 20-22 septembre 2017, Gênes, Italie, 2017.

-
- Daylight Efficiency Prediction between Courtyard and Conventional Buildings Models Using Simulation Tool under Specific Climate Conditions. International Conference on Environment and Renewable Energy, 2-4 May 2017, Venice, Italy.
 - Courtyard Building a thermal and daylight regulator in hot and arid regions. A case study. International Conference on Environment and Renewable Energy, 2-4 May 2017, Venice, Italy, 2017.
 - Courtyard Building's Morphology Impact on Thermal and Luminous Environments in Hot and Arid Region. International Conference on Technologies and Materials for Renewable Energy, Environment and Sustainability, TMREES17, 21-24 April 2017, Beirut, Lebanon, 2017.
 - Outdoor Luminous environment assessment and evaluation for a sustainable urban development. A case study. The XII International Symposium on Environmental Geotechnology, Energy and Global Sustainable Development (ISEG), Los Angeles, USA, June 27-29, 2012.
 - Vers une meilleure maîtrise de l'environnement lumineux extérieur. Cas des zones arides et chaudes ». BASC 2011 The Biskra Architecture and Sustainability International Conference 2011, Architectural and Urban Design, Current Aspects and Future Prospects. Biskra, Algeria, 04 – 05 December 2011.
 - Effet de la morphologie urbaine sur l'environnement lumineux extérieur. Cas des zones arides et chaudes. ISUF 2011: Urban morphology and the post-carbon City, Concordia University, Montréal, Canada, 26-29 August 2011.

3. Séminaire national

- Stratégie de sauvegarde du patrimoine architectural, 1^{er} colloque national sur le patrimoine culturel, wilaya d'El-Oued, Algérie, 11-14 mai 2008.

Résumé:

Cette recherche vise à étudier les environnements thermiques et lumineux dans des bâtiments à patio dans les régions arides et chaudes. De nos jours, les bâtiments sont responsables d'une consommation croissante d'énergie et des émissions de gaz à effet de serre. Une approche alternative de la façon dont les bâtiments sont conçus est nécessaire pour améliorer la performance environnementale des bâtiments et minimiser leur consommation électrique. La présente thèse traite du dilemme éclairé naturellement les bâtiments tout en les protégeant de l'insolation intensive des régions chaudes et arides ou se situe notre cas d'étude. Afin d'identifier des stratégies thermique et lumineuses, on a conduit des campagnes de mesure saisonnières; ces mesures *in situ* visent à évaluer l'impact du patio sur l'environnement thermique et lumineux des espaces adjacents. Une attention particulière aux bâtiments à patio des périodes traditionnelles et coloniales et à certains bâtiments contemporains, cette sélection d'échantillons pertinents avec des morphologies distinctes peut révéler de nombreuses leçons sur l'adaptation au climat et les stratégies bioclimatiques utiles dans des conditions climatiques similaires. Le choix des stations de mesures révélera les facteurs et les indices morphologiques du bâtiment qui influencent les variations des températures de l'air et des éclairages et identifient les interactions physio-morpho-climatiques autour des zones qui composent un bâtiment à patio. Les données requises ont été obtenues pendant les saisons estivales et hivernales. L'instrument de mesure utilisé (LM/FI20) un instrument multifonction numérique combiné 4 en 1 (Anemo/Hygro/Thermo/Lux mètre). Les résultats sont liés au potentiel éminent d'éclairage naturel qu'offre un bâtiment à patio et qui dépend également du type et des caractéristiques morphologiques. Etablir la relation entre les indicateurs morphologiques et les qualités thermiques et lumineuses des espaces adjacents au patio et ceux en relation unique avec l'extérieur. L'avantage offert par le patio s'avère plus efficace dans le contrôle, la régulation et l'homogénéisation de l'environnement lumineux en accord avec l'environnement thermique, nous avons également constaté que la trilogie (espaces intérieurs/ extérieur/patio) entoure un bâtiment à patio interagi de manière systémique pour améliorer la performance thermique et lumineuse du bâtiment.

Abstract:

This research aims to study the thermal and luminous environments in courtyard buildings in hot and arid regions. Buildings are responsible for an increasing energy use and greenhouse gas emissions which ... effects on the environment. A new design approach is needed to improve building's performance and reduce energy. The present research investigates the conflicting design relationship admitting daylight and protecting buildings from harsh insulation in hot and arid regions. In order to assess the effects of courtyard configuration on the luminous and thermal environment in adjacent spaces, monitoring campaigns have initiated in summer and winter seasons in typical courtyard buildings in Biskra. A Special attention to the courtyard buildings of the Traditional and colonial periods, and some of contemporary samples, this selection of relevant samples with dissimilar morphologies can reveal many lessons on climate adaptation and useful bioclimatic strategies under local conditions. The choice of the measurement stations will reveal some of the building's morphology factors and ratios that influence both air temperature and illuminance variations and identify physio-morpho-climatic interactions around courtyard building areas. The data required of air temperatures and the illumination levels were obtained during the on-site measurement for both winter and summer seasons. The monitoring instrument used is an (LM/FI 20) a digital multifunction instrument combined 4 in 1 (Anemo/Hygro/Thermo/Light meter). The important findings are related to the high potential for natural lighting that courtyard building offer which is also depending on its type and its morphological characteristics. The relationship between the morphological indicators and thermal and luminous environments of courtyard's adjacent spaces differs from those in relation with the outside. The advantage offered by the courtyard remains more effective in controlling, regulating and homogenizing the luminous and thermal environments. It clear also that the areas (Indoor spaces/outdoor/courtyard) are interacting in a systemic ways to enhance thermal and daylight performance of the building.

ملخص:

يهدف هذا البحث إلى دراسة البيئات الحرارية والضوئية في مباني ذات الصحن في المناطق الجافة والساخنة. المباني مسؤولة عن زيادة استهلاك الطاقة وانبعثات الغازات المسببة للاحتباس الحراري. هناك حاجة إلى نهج بديل لكيفية تصميم المباني لتحسين الأداء البيئي وتقليل استهلاك الكهرباء. تتناول هذه الرسالة معضلة رئيسية بين إضاءة المباني بشكل طبيعي وحمايتها من أشعة الشمس في المناطق الحارة والجافة أين يتواجد موقع الدراسة. من أجل تحديد الاستراتيجيات الحرارية والضوئية، أجريت حملات قياس موسمية؛ تهدف هذه القياسات إلى تقييم تأثير الصحن على البيئة الحرارية والضوئية للمجالات المجاورة. اهتمام خاص لمباني ذات صحن للحقبات التقليدية والاستعمارية وبعض المباني المعاصرة، اختيار عينات ذات أشكال مختلفة يمكن أن تكشف عن الكثير من الدروس والمتعلقة بالتكيف مع المناخ واكتشاف الاستراتيجيات البيومناخية الفعالة في ظروف مناخية مماثلة. اختيار محطات الرصد تكشف عن العوامل والمؤشرات المورفولوجية للمبنى الذي تؤثر على التغيرات في درجة حرارة الهواء وشدة الإضاءة وتحديد التفاعلات الفيزيائية مورفو-مناخية حول المجالات التي تشكل بناء الصحن. تم الحصول على البيانات المطلوبة خلال مواسم الصيف والشتاء. أداة القياس المستخدمة (LM / FI20) أداة رقمية متعدد الوظائف 4 في 1 (انمو/هيفر/ثرمو/ليكس ميتر). أظهرت النتائج المتعلقة بإمكانيات الإضاءة الطبيعية لمبنى ذو الصحن، على أساس النوع والخصائص المورفولوجية، أن العلاقة بين المؤشرات المورفولوجية والبيئة الحرارية والضوئية للمجالات المجاورة للصحن أن الاستفادة من الصحن هو الأكثر فعالية في السيطرة على البيئة الضوئية بالتوافق مع البيئة الحرارية، كما توصلنا أيضا أن الثلاثية (الفضاءات الداخلية/الخارج/الصحن) المحيطة بمبنى ذو الصحن تتفاعل بشكل منتظم لتحسين الأداء الحراري والضوئي.