

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider-Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : Architecture
Ref :



جامعة محمد خيضر بسكرة
كلية العلوم والتكنولوجيا
قسم الهندسة المعماري
المرجع:

Thèse présentée en vue de l'obtention du diplôme de :

Doctorat en Architecture

Option : Architecture, Environnement et Patrimoine

Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort thermique et la marchabilité dans les espaces publics extérieurs Cas de la ville de Sidi Okba

Présentée par :

M^{elle} MOUADA Nassima

Sous la direction du Professeur : ZEMMOURI Noureddine

Soutenu publiquement le :

Mr BENABBAS Moussadek	Professeur	Président	Université de Biskra
Mr ZEMMOURI Noureddine	Professeur	Rapporteur	Université de Biskra
Mme MEZIANI Rim	M.C.A.	Rapporteuse	Université de Abu Dhabi
Mr MOUMMI Abdelhafid	Professeur	Examineur	Université de Biskra
Mme HAMOUDA Abida	M.C.A.	Examinatrice	Université de Batna

Année Universitaire : 2019 /2020

Dédicace

*Je dédie ce travail de recherche à **Mes parents**
Que Dieu leur procure bonne santé et longue vie*

Remerciements

*Je tiens tout d'abord à remercier Dieu le tout puissant, qui m'a donné la force
Le courage et la volonté pour effectuer ce travail.*

*J'exprime mes vifs remerciements à Pr. ZEMMOURI Nouredine, et Dr. MEZIANI Rim.
En tant que Directeurs de thèse, Je les remercie de m'avoir encadrées , orientées et
conseillées tout le long de mon parcours, Mes vifs remerciements vont également aux
membres du jury (Pr.Moussadek BENABBAS, Pr. Abdelhafid MOUMI , Pr.HAMOUDA
Abida) pour l'intérêt qu'ils ont porté à ma thèse et l'enrichissement de mon travail par leur
propositions.*

*Mes remerciements vont également vers :Pr HANDY Susan,, Dr ERIK Johansson, Pr
BOUGDAH Hocine et Dr.TELLI Mohamed Yacine, pour leurs conseils et remarques.
J'en profite également pour dédier ce travail à mes chers parents notamment à mon père
(Salim MOUADA) qui m'a toujours encouragé pour aller loin dans mes études. Ce travail est
aussi dédié à mes sœurs (Imen et Ouarda)*

*Enfin, je ne peux clore cette page sans remercier mes Ami(e)s pour leur sincère amitié, Je
tiens également à remercier toutes les personnes qui ont participé de près ou de loin à la
réalisation de ce travail de recherche.*

Résumé

La morphologie urbaine doit soigneusement considérer l'aspect climatique de régions chaudes et arides ainsi que l'aspect comportemental des habitants. Pour traiter ce sujet de façon plus précise la présente recherche étudie l'impact de la morphologie urbaine sur le confort thermique extérieur et la marchabilité en comparant différents espaces publics situés dans la ville chaude et aride de Sidi Okba.

Cette étude est de caractère multidisciplinaire, un ensemble d'approches méthodologiques qualitatives, quantitatives et numériques ont été utilisées. La méthode quantitative fait intervenir des mesures météorologiques sur le terrain qui ont été réalisées afin d'évaluer l'intensité de l'îlot de chaleur urbain dans les différentes configurations urbaines. En termes de marchabilité, le comportement de marche a été évalué sur la base d'une observation directe avec l'utilisation de l'instrument d'Audit de marchabilité. Pour l'approche numérique, afin de couvrir une large gamme de paramètres urbains, un modèle de simulation ENVI-met 04 a été utilisé pour décrire la distribution spatiale de la température moyenne radiante sur l'ensemble des espaces étudiés, ainsi que pour définir la zone de confort et les limites d'acceptabilité de l'indice de confort PET dans la ville chaude et aride de Sidi Okba. Concernant l'approche qualitative, une enquête par questionnaire s'est déroulée simultanément avec la campagne de mesures dans les différents espaces étudiés, cette démarche vise à vérifier l'impression immédiate des personnes face aux conditions thermiques extérieures pendant l'activité de marche. En plus, la technique de dérive photographique a été réalisée dans les différents espaces publics, cette technique vise à qualifier l'espace public et à analyser le lien indissociable entre « sentir et se mouvoir ».

Les résultats montrent qu'un tissu avec une morphologie urbaine caractérisée par une forte densité de bâtiments, une diversité des fonctions et un haut niveau de connectivité entre les réseaux routiers est le meilleur pour le confort thermique extérieur et l'activité de marche. En terme de confort thermique à un micro échelle, la forte densité du bâti permet d'engendrer une géométrie compacte, et offrant un environnement protégé contre les rayons solaires directs, ce qui permet de diminuer sensiblement les valeurs de la température moyenne radiante et de la température d'air, et par conséquent contribue au confort thermique humain lors de la pratique de l'activité de marche en période estivale. En terme de marchabilité, un tissu dense avec une forte présence de végétation affect positivement la perception des gens, car elle permet de créer des milieux de vie respectueuse de l'échelle humaine et d'encadrer harmonieusement

l'espace public, ce qui produit une sensation confortable et encourage les piétons à continuer de marcher le long de l'espace public. Cette étude permet également de mettre l'accent sur les critères physiques qui se trouvent dans le rouge (les points faibles). Si on est dans l'optique d'une amélioration, cela permet d'agir concrètement sur quel type d'intervention urbaine on met en place chaque espace étudié.

Mots clés :

Morphologie urbaine, ville chaude et aride, confort thermique, densité bâtie, végétation, échelle humaine, Marchabilité.

ملخص

يستدعي الشكل الحضري للمدن الاهتمام بالجوانب المناخية للمناطق ذات المناخ الجاف والحر وكذا الجوانب السلوكية لسكان هذه المناطق، ولمعالجة هذا الموضوع بدقة نتطرق هذه الأطروحة الى تأثير الشكل الحضري على الراحة الحرارية ومدى سهولة استعمال نشاط المشي كوسيلة للتنقل من قبل الأشخاص، وذلك من خلال مقارنة مجموعة من المجالات العمومية الموجودة في مدينة سيدي عقبة ذات كدراسة حالة

اعتمدت هذه الدراسة مجموعة من المناهج الكمية والنوعية والمحاكات. حيث يشمل المنهج الكمي مجموعة قياسات ميدانية للعوامل المناخية، هذه الأخيرة تهدف الى استخراج كثافة ظاهرة الجزر الحرارية المتواجدة في مختلف المجالات المدروسة. اما فيما يخص تقييم الجانب السلوكي (المشي للأشخاص)، فقد تم من خلال الملاحظة المباشرة وبالاستعانة بجدول التقييم لاستخراج معدل الحركة في كل مجال مدروس. في حين اعتمدت المحاكات في هذه الدراسة على استخدام برنامج **ENVI-met 04** من اجل تغطية مجموعة واسعة من العناصر الحضرية ووصف التوزيع المكاني للحرارة الاشعاعية المتوسطة وكذا استخراج منطقة الراحة الحرارية الخاصة بالمؤشر **PET** لمدينة سيدي عقبة , وبالنسبة للمنهج النوعي فقد تم اجراء استبيان متزامن مع اخذ القياسات الميدانية يهدف الى استخراج الإحساس الحراري للأشخاص أثناء ممارسة نشاط المشي، بالإضافة الى ذلك، تم استعمال تقنية الوصف الفوتوغرافي بغرض تقييم المجالات ودراسة العلاقة الوطيدة بين الشعور والحركة.

وقد توصلت الدراسة إلى أن الشكل الحضري الذي يتميز بكثافة مباني مرتفعة والتنوع الوظيفي والاتصال المرتفع بين الطرقات يمثل النموذج الأفضل من ناحية الرفاهية الحرارية والنشاط البدني، وبالنسبة للراحة الحرارية، فقد تؤدي الكثافة المرتفعة للبنىات الى حجب اشعة الشمس ومنعها من اختراق المجالات الخارجية مما يسمح بانخفاض محسوس لدرجات الحرارة الاشعاعية المتوسطة وكذا درجات حرارة الجو، وبالتالي يمكن استخلاص ان الأشجار وأنظمة التظليل بإمكانها المساهمة في بلوغ الراحة الحرارية اثناء ممارسة نشاط المشي في فصل الصيف. من ناحية قابلية السير، ضيق الشوارع المقرون بارتفاع كثافة الغطاء النباتي يساعد في خلق بيئة حميمية ويعمل على تعديل مقاييس المجالات وجعلها ملائمة لمقاييس الانسان، وكذا يؤدي الى تأطير المجالات مما يخلق شعور مريح ومشجع على مواصلة السير بالأقدام في المجال الخارجي. هذه الدراسة سلطت الضوء أيضا على جميع المعايير الفيزيائية التي تعتبر نقاط ضعف لكل مجال مدروس حيث يمكن تحسين أداء ووظيفة المجال الخارجي من خلال تعديل هذه المعايير.

الكلمات المفتاحية:

الشكل الحضري، المدينة الحارة والجافة، الراحة الحرارية، قابلية المشي، كثافة المباني، الغطاء النباتي، المقياس البشري

Abstract

Urban morphology should carefully consider climatic conditions of hot dry regions and behavioral aspect of people. To put these insights into practice, this research aims to investigate the influence of urban morphology on the outdoor thermal comfort and walkability, in the hot, dry city of Sidi Okba, Algeria (Biskra), during the summer season.

This study was based on a combination of methods (qualitative, quantitative and numerical methods). The quantitative methodology consists on field measurements of thermal environment parameters , it was conducted in order to assess the Urban Heat Island intensity in the different urban configurations. In terms of walkability. Walking behavior was assessed based on direct observation by using an Audit instrument. In order to cover a wide range of urban parameters, a numerical method by using ENVI-met 04- model was used to describe the spatial distribution of Mean Radiant Temperature along the whole of all studied spaces, and define the comfort zone of physiologically equivalent temperature (PET) index in the hot arid city of Sidi Okba. For the qualitative approach, a questionnaire survey was performed simultaneous to the field measurements; it helps to determine people's thermal sensation through investigating different thermal environments during the walking activity. In additions, the technique of photography movement was carried out in all different public spaces, which aims to qualify the public space and analyze the inseparable relationship between "feeling and walking".

Analysis of results shows that, the model of urban morphology with a high density of buildings, diversity and a high level of connection between streets is better for outdoor thermal comfort and walking activity. In terms of thermal comfort, the compactness of the urban fabric at a microscale level providing shelter from direct solar gain may cause a reduction in the urban surface temperature and air temperature, trees and shading systems can contribute to the human thermal comfort during the practice of walking activity in summer season. In terms of walkability, the concept of compactness with its famous elements of narrow streets and high level of vegetation can help to create an intimate environment with proportions that respect the human scale. This model contributes also to produces a comfortable sense of enclosure and encourages the pedestrian to continue to walk along the public space. The study highlight also all physical criteria, which are found in the red (the

weak points). If we are in the perspective of improvement, this allows us to choose which type of urban intervention sets up in each studied space.

Keywords:

Urban morphology, Hot and arid city, Thermal comfort, built density, vegetation, Human scale, Walkability.

Table des matières

Résumé	I
Table des matières	VI
Liste des figures.....	XV
Liste des tableaux	XVII
Liste des Graphes.....	XX
Nomenclature.....	XXIV

CHAPITRE INTRODUCTIF

1 Introduction.....	1
2 Problématique	3
3 Objectifs de la recherche.....	4
4 Hypothèses :.....	5
5 Analyse conceptuel.....	5
6 Méthodologie de travail.....	7
7 Structure de mémoire	8

PREMIERE PARTIE : CADRE THEORIEUE DE REFERENCE

CHAPITRE I : Interaction entre Morphologie urbaine, Microclimat et Confort thermique

Introduction	11
I.1 Le concept de morphologie urbaine dans la théorie urbaine	11
I.1.1 L'analyse morphologique	13
I.1.2 Les quatre systèmes organisateurs du tissu urbain	13
I.2 La morphologie urbaine et ses interactions avec le climat	14
I.2.1 Les différentes couches limites	14
I.2.1.1 La couche limite atmosphérique (CLA)	14
I.2.1.2 La couche limite urbaine (CLU)	14
I.2.1.3 La canopée urbaine (CU)	15
I.2.2 Bilan énergétique de la ville	15
I.2.3 Les différentes échelles climatiques	17

I.3 Des phénomènes caractéristiques de climat urbain	18
I.3.1 Les phénomènes thermiques urbains	18
I.3.2 Paramètres morphologiques liées à la modification de la température d'air et de rayonnement solaire	20
I.3.2.1 Effet de la densité bâtie	20
I.3.2.2 Effet des propriétés thermiques des surfaces urbaines	21
I. 3.2.3 Effet de l'orientation des rues	22
I.3.2.4 Effet de la géométrie urbain	22
I. 3.2.5 Effet bioclimatique de la végétation et de l'eau dans le milieu urbain.....	24
I.3 Les phénomènes aérologiques urbains	28
I.3.1 Paramètres morphologiques affectant les phénomènes aérauliques.....	29
I.3.1.1 L'effet de la géométrie urbain et de l'orientation des rues	29
I.3.1.2 L'effet de la végétation sur l'écoulement d'air.....	31
I.4 Formes urbaines génériques dans les villes sahariennes en Algérie et leur effet sur le microclimat	32
I.5 Confort thermique extérieur	35
I.5.1 Bilan Thermique Humain	35
I.5.2 Paramètres affectants le confort thermique.....	36
I.5.3 Les indice de confort thermique	38
I.5.3.1 Les indices rationnels ou physiologiques	39
1.5.3.2 Les indices empiriques	41
I.5.4 Méthodes et outils employés pour évaluer le confort thermique.....	42
I.5.4.1 Approche expérimentale	42
I.5.4.1.1 Quantification de l'ambiance extérieure par les mesures physiques.....	42
I.5.4.1.2 Les enquêtes in situ.....	43
I.5.4.1.3 Approche numérique	45
I.5.4.2 Approche adaptative de confort thermique	47
I.5.5 Des recherches sur le confort thermique en climat chaud et aride.....	48
Conclusion	51

CHAPITRE II : Interaction entre Marchabilité et Morphologie Urbaine

Introduction.....	53
II.1 Le concept de marchabilité, une promenade théorique.....	54
II.1.1 Marchabilité et Développement durable.....	55

II.1.2 Les échelles d'évaluation de la marchabilité	56
II.2 Le rapport entre Marchabilité et Morphologie urbaine.....	57
II.3 Les critères pris en compte dans l'indicateur de marchabilité...58	
II .3.1 Densité, Mixité et Diversité fonctionnelle, une combinaison des efforts.....	59
II .3.2 L'impact de la végétation sur l'activité de la marche.....	61
II .3.3 paramètres individuels liés à l'activité physique	61
II.3.3.1 Les variations de Marchabilité liées à l'age et au sexe.....	62
II .3.4 Conditions climatiques et confort thermique	63
II .3.5 Perception des Ambiances urbaines et Marchabilité.....	66
II.3.6 Sensation de sécurité	69
II.3.7 Les critères qui freinent la pratique de la marche.....	70
II .4 Comment mesurer le potentiel piétonnier d'un espace public ?..	71
II.4.1 L'Audit de potentiel piétonnier	72
II.4.2 Approche numérique	74
II.4.3 La marche aux trois personnes	75
II.4.3.1 Quand je marche : Dérive photographique	75
II.4.3.2 Quand tu marches : séquences accompagnée	76
II.4.4.3 Quand il marche... reconduction de parcours.....	76
II.5.1 Les enquêtes in situ	76
II.5.1 Les modalités sensorielles	77
II.5.2 Dimension temporelle	77
II.5.3 Les différents types de la marche à pied	77
II.5.4 Les critères qui freinent la pratique de marche en ville	78
Conclusion.....	78

DEUXIEME PARTIE : CADRE METHODOLOGIQUE ET ANALYSE DES RESULTAT

CHAPITRE III : Climat et Morphologie urbaine à Sidi Okba

Introduction	81
III.1 Présentation de cas d'étude	81
III.1.1 Caractéristiques du milieu physique.....	82
III.1.1.1 Géomorphologie	82

III. 1.1.2 Ressources hydroliques.....	83
III.1.1.3 Cadre Végétale	83
III. 1.1.4 Démographie	84
III. 1.2 Naissance et transformation diachronique de la morphologie urbaine	85
III.1.2 Epoque antique.....	85
III.1.2.1 Composition urbaine et architecturale	89
III.1.3 Période coloniale (1844-1962).....	90
III.1.3.1 Composition urbaine et architecturale.....	90
III.1.4 Période post-indépendance (Après 1962)	90
III.1.4.1 Composition urbaine et architecturale	91
III.1.5 Les conséquences du changement morphologique	92
III.1.6 Etude climatique	93
III.6.1 Climats en Algérie	93
III.6.2 Interprétation des données climatiques de Sidi Okba	94
III.6.2.1 Température de l'air	94
III.6.2.2 Humidité relative	95
III.6.2.3 Vitesse et direction du vent	96
III.6.2.4 Précipitations	97
III.6.2.5 L'insolation	97
III.6.3 Calcul de l'indice d'aridité	98
III.6.4 Choix de période d'étude	99
III.6.4.1 Zone de surchauffe et détermination des températures –heure par heure...99	
III.6.4.1.1 Détermination des isothermes	100
III.6.4.1.2 Détermination de design Month (mois de canicule)	101
III.6.4.2 Les seuils de canicule	101
III.6.4.2.1 Température d'air	101
III.6.4.2.2 L'humidité relative	102
III.6.4.3 Détermination de Design Days (jours de canicule)	103
III.6.4.3.1 Température d'air et Humidité Relative	103
Conclusion	104

CHAPITRE IV Approche Méthodologique et Corpus d'étude

Introduction.....	106
-------------------	-----

IV.1 Classification typologique des tissus urbains.....	106
IV.2 Choix des échantillons	109
IV.3 Analyse typologique des échantillons choisis	110
IV.3.1 Premier échantillon.....	110
IV.3.1.1 Structure urbaine	111
IV.3.1.1.1 Système viaire	111
IV.3.1.1.2 Système parcellaire	111
IV.3.1.2 Système bâti	112
IV.3.1.3 Système des espaces libres	112
IV.3.1.1.4 Densité urbaine	112
IV.3.1.1.5 Densité végétale	113
IV.3.1.1.6 Techniques et matériaux de construction	115
IV.3.1.1.7 Organisation spatiale.....	115
IV.3.2 Deuxième échantillon	116
IV.3.2.1 Structure urbaine	116
IV.3.2.1.1 Système viaire	116
IV.3.2.1.2 Système parcellaire.....	117
IV.3.2.4 Système bâti	117
IV.3.2.5 Système des espaces libres.....	117
IV.3.2.6 Densité de bâtie.....	117
IV.3.2.7 Densité végétale	118
IV.3.2.8 Techniques et matériaux de construction	118
IV.3.2.9 Organisation spatiale	118
IV.3.3 Troisième échantillon	120
IV.3.2.1 Structure urbaine	120
IV.3.2.1.1 Système viaire	120
IV.3.2.2 Système bâti.....	121
IV.3.2.3 Système des espaces libres	121
IV.3.2.4 Densité urbaine	121
IV.3.2.5 Densité végétale	121
IV.3.2.6 Techniques et matériaux de construction	123
IV.3.2.7 Organisation spatiale	123
IV.4 Choix et lecture typomorphologique des espaces	123
IV.5 Les paramètres climatiques mesurés	126
IV.6 Les indicateurs morphologiques étudiés.....	126
IV.7 Quelle critères choisie pour l'étude de marchabilité ?	128
IV.7.1 Critères objectifs liées à la morphologie urbaine	128

IV.7.1.1 Densité de bâtie	128
IV.7.1.2 Mixité fonctionnel	128
IV.7.1.3 Connectivité des réseaux	129
IV.7.2 Critères psychiques.....	129
IV.7.2.1 L'échelle humaine	129
IV.7.2.2 L'encadrement.....	130
IV.7.2.3 Vitesse humaine	130
IV.7.2.4 Confort thermique	131
IV.7.2.5 Les modalités sensoriales.....	131
IV.8 Echelle d'évaluation des paramètres physiques	132
IV.9 Les outils d'investigation	132
IV.9.1 Le programme numérique Envimet 04.....	132
IV.9.1.1 Objectif de simulation	132
IV.9.1.2 Les étapes de simulation	132
IV.9.2 Appareils de mesure	133
IV.9.2.1 Thermo-hygromètre électronique Texto	133
IV.9.2.2 Anémomètre	133
IV.10 Journée et horaires de collecte des données	134
IV.11 L'enquête par questionnaire	134
IV.11.1 Les différentes parties de questionnaire	135
IV.11.2 Déroulement du questionnaire et traitement des informations ...	136
IV.12 Audit de marchabilité.....	136
IV.13 Dérive photographique	138
Conclusion	138

CHAPITRE V : Etude Climatique

Introduction	142
V.1. Caractérisation du microclimat générale de chaque type de tissu urbain	143
V.1.1 Premier échantillon : l'Ancien Noyau de Sidi Okba	143
V.1.1.1 Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante	144
V.1.1.2 Evolution journalière de l'humidité relative	144
V.1.1.3 Evolution journalière de la vitesse de l'air	145
V.1.2 Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié dans l'ancien noyau	146

V.1.2.1	Température d'air et Température moyenne radiante	146
V.1.2.2	L'humidité relative	147
V.1.2.3	Vitesse d'air	149
V.1.2.4	Flux de rayonnement solaire direct	149
V.1.3	Deuxième échantillon : Auto-construit	150
V.1.3.1	Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante	150
V.1.3.2	Evolution journalière de l'humidité relative	151
V.1.3.3	Evolution journalière de la vitesse d'air	152
V.1.4	Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié	152
V.1.4.1	Température d'air et Température moyenne radiante	152
V.1.4.2	L'humidité relative	154
V.1.4.3	Vitesse d'air	155
V.1.4.4	Rayonnement solaire direct	156
V.1.5	Troisième échantillon : Quartier 300 logements (ZHUNS)	156
V.1.5.1	Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante	156
V.1.5.2	Evolution journalière de l'humidité relative	157
V.1.5.3	Evolution journalière de la vitesse d'air	158
V.1.6	Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié.....	159
V.1.6.1	Température d'air et Température moyenne radiante	159
V.1.6.2	L'humidité relative	160
V.1.6.3	Vitesse d'air	161
V.1.6.4	Rayonnement solaire direct	161
V.2	Comparaison entre les résultats obtenus dans les différents tissus urbains	162
V.2.1	Comparaison entre les valeurs de la température d'air	162
V.2.2	Comparaison entre les valeurs de l'humidité relative	164
V.2.3	Comparaison entre les valeurs de la vitesse d'air	165
Conclusion	166

CHAPITRE VI : Etude de confort thermique

Introduction	168
VI.1	Analyse et interprétation des résultats du questionnaire	168
VI.1.1	Informations générales personnelles	168
VI.1.2	Usage et niveau de fréquentation des espaces étudiés	169

VI.1. 3 Les votes de sensation thermique en fonction de temps et de lieux	171
VI.1.3.1 Taux de satisfaction thermique en fonction du temps	175
VI.1.4 Facteurs non climatique ayant une incidence sur la perception thermique	176
VI.1.4.1 Approche adaptative en milieu urbain	176
VI.1.5 Les préférences climatiques	177
VI.1.5.1. Ombre / Ensoleillement	177
VI.1.5.2 Vitesse d'air	178
VI.1.6 Comparaison entre les résultats numériques et réels	179
VI.1.6.1 l'indice de confort PMV	179
VI.1.7 Relation entre l'indice de confort PET et le vote de sensation thermique	180
VI.1.7.1 L'intensité de corrélation entre l'indice PET et le VST	180
VI.1.8 Température neutre et zone de confort thermique à Sidi Okba.....	182
VI.1.9 Confort thermique à Sidi Okba en comparaison avec les autres régions chaudes et arides.....	183
Conclusion	184

CHAPITRE VIII : Etude de Marchabilité

Introduction	187
VII.1 Analyse du comportement piétonnier à Sidi Okba	187
VII.1.1 Approche qualitative : Résultats de questionnaire	187
VII.1.1.1 Perception des citoyens	187
VII.1.1.2 Moments préférables pour la marche.....	188
VII.1.1.3 Raisons de choix des moments	189
VII.1.1.4 Raisons de Marche	190
VII.1.1.5 Les critères gênant la vitesse de la marche	192
VII.1.1.6 l'intensité moyenne de la Marche en été	193
VII.1.2 Résultat de l'approche sensible personnelle (Dérive Photographique)	193
VII.1.2.1 Premier tissu : Ancien Noyau de Sidi Okba.....	193
VI.1.2.1.1 Espace public n°1 : Ruelle	193
VI.1.2.1.2 Espace public n°2 : Rue entre deux Jardins.....	194
VI.1.2.1. 3 Espace public n° 3 Rue.....	195
VII.1.2.2 Deuxième tissu : Auto-construit	196
VII.1.2.2.1 Espace public n°4 : Rue.....	196

VII.1.2.2.2 Espace public n°5 : Boulevard.....	197
VII.1.2.2.3 Espace public n°6 : Jardin public.....	198
VII.1.2.3 Tissu n°3 : ZHUNS.....	199
VII.1.2.3.1 Espaces public n° 7 : Place publique.....	199
VII.1.2.3.2 Espace public n° 8 : Rue entre deux blocs.....	200
VII.1.3 Résultats de l'Approche quantitative : interprétation des résultats des Audits de marchabilité	201
VII.1.3.1 Tissu traditionnel	201
VII.1.3.2 Tissu Auto-construit	203
VII.1.3.3 ZHUNS	205
VII.1.2 Quels critères sont à améliorer pour augmenter le score total de marchabilité ?.....	206
 Conclusion	 208
Conclusion générale	211
Bibliographie	224
Annexes	238

Liste des figures

Figure I.1 : Model conceptuel illustrant les variables de la recherche.....	6
Figure I.2 : Schéma illustres les trois approches de la recherche.....	7
Figure I.1 : Structure vertical de la Couche Limite Urbaine	15
Figure I.2 : Les différentes échelles climatiques.....	17
Figure I.3 : Exemple de variation de température en milieu urbain et rural pour un temps d'après-midi estival.....	19
Figure I.4 : Le phénomène de piégeage radiatif au sein d'une rue	24
Figure I.5 : Comportement de la végétation par rapport au rayonnement solaire.....	25
Figure I.6 : l'effet rafraîchissant de l'oasis.....	26
Figure I.7 : les différents modèles simulés.....	27
Figure I.8 : Quelques effets aérodynamiques types.....	29
Figure I.9 : Les trois régimes d'écoulements dans les rues canyons pour différents prospects et pour un vent incident perpendiculaire : (A) écoulement de rugosité isolée, (B) écoulement de sillage interférent, (C) écoulement rasant.....	30
Figure I.10 : Impact du tracé des rues et de l'implantation des bâtiments sur leur ventilation.....	30
Figure I.11 : L'utilisation de la végétation comme guide aéraulique.....	31
Figure I.12 : Contrôle du vent par la végétation, (a) Mouvement du vent sur une barrière étroite, (b) Mouvement du vent sur une barrière large.....	31
Figure I.13 : Les composantes du bilan énergétique humain.....	36
Figure I.14 : Valeur de diffèrent niveaux vestimentaires.....	38
Figure I.15 : valeurs de métabolisme de chaque type d'activité physique.....	38
Figure I.16 : Classification des valeurs du PMV selon neuf échelles de confort.....	40
Figure I.17 : pourcentages de votes de sensation thermique des gens en période estivale et hivernale.....	49
Figure I.18 : Corrélation entre l'indice PET et le vote de sensation thermique en hiver et en été.....	50
Figure II.1 : Les transports représentent un quart des émissions mondiales de CO ₂	56
Figure II.2 : Relation confortable entre la largeur de la rue et la hauteur des bâtiments.....	60
Figure II.3 : Model conceptuel du potentiel piétonnier proposé par Ewing et al.....	69

Figure II.4 : La relation entre microclimat et marchabilité.....	79
Figure III.1 : à gauche : Carte administrative d’Algérie, à droite : Carte de situation géographique de la commune de Sidi Okba dans la wilaya de Biskra.....	82
Figure III.2 : à gauche : Carte des formes géomorphologique de la wilaya de Biskra, à droite : Carte topographique Sidi Okba.....	82
Figure III.3 : Réseau hydrographique de la Wilaya de Biskra.....	83
Figure III.4 : graphe de la répartition de la palmeraie sur les Ziban.....	84
Figure III.5 : la répartition spatiale de la population à Sidi Okba.....	85
Figure III.6 : la localisation des vallées des Aurés et le système défensif romaine.....	86
Figure III.7 : Les étapes de la croissance urbaine de la ville de Sidi Okba.....	87
Figure III.8 : Schéma de développement de l’ancien noyau de Sidi Okba.....	88
Figure III.9 : (a) vue sur une rue dans l’année l’époque prés-coloniale présente le mouvement quotidienne des habitants. (b) forme et matériaux de construction.....	89
Figure III.10 : les périodes d’évolution de la ville de Sidi Okba.....	91
Figure III.11 : (a) rue dans les lotissements d’habitat individuel. (b) Vue sur les projets d’habitat collectif	92
Figure III.12 : les zones climatiques en Algérie, à gauche zones d’été, à droit zones d’hiver.....	94
Figure III.13 : Schématisation de calculateur de température –heure par heure de Sidi Okba.....	100
Figure IV.1 : Classification typologique des tissus urbains de la ville de Sidi Okba.....	108
Figure IV.2 : Plan de l’ancien noyau de Sidi Okba et l’échantillon à tester.....	110
Figure IV. 3 : (a) Ruelle à deux façades bâtie, (b) Rue à deux façades végétales.....	111
Figure IV.4 : Hauteur des bâtiments dans l’échantillon de l’ancien noyau et la localisation des points de mesure.....	114
Figure IV.5 : l’épaisseur des murs (de 40 à 60 cm).....	115
Figure IV.6 : Localisation de l’échantillon à tester.....	116

Figure IV.7 : Hauteur des bâtiments dans l'échantillon de lotissement d'habitat individuel.....	119
Figure IV.8 : Localisation de l'échantillon à tester.....	120
Figure IV.9 : Hauteur des bâtiments dans l'échantillon de grand ensemble.....	122
Figure IV.10 : schéma des variables de recherche pour l'étude climatique.....	127
Figure IV.11 : Le thermo-anémomètre avec sonde pour mesurer la Tai	133
Figure VI.12 : Le thermo-anémomètre avec un capteur d'air.....	133
Figure IV.13 : Diagramme schématique illustrant les variables de la recherche et leur système d'interaction.....	139
Figure IV.14 : Diagramme schématique illustrant les étapes de travail.....	140
Figure V.1 : l'effet de la vitesse de vent sur l'évapotranspiration dans climat chaud –sec et chaud-.....	155
Figure VI.1 : Profil sociodémographique des échantillons interrogés dans tous les espaces étudiés.....	169
Figure VII.1 : (a) vue sur la Ruelle dans l'ancien noyau, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	194
Figure VII.2 : (a) Vue sur la Rue entre deux jardins, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	195
Figure VII.3 : (a) Vue sur la rue dans l'ancien noyau, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	196
Figure VII.4 : (a) Vue sur la rue dans le tissu Auto-construit, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	197
Figure VII.5 : (a) Vue sur le boulevard, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	198
Figure VII.6 : (a) Vue sur le jardin, (b) : Echelle de sensation de bien-être.....	199
Figure VII.7 : (a) Vue sur la place publique, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	200
Figure VII.8 : (a) Vue sur la rue, (b) Echelle de sensation de bien-être.....	200

Liste des Tableaux

Tableau I.1 : Détermination du coefficient d'emprise au sol brut, du coefficient de forme et du rapport des surfaces exposées aux autres surfaces, pour les différents échantillons étudiés.	34
Tableau I.2 : Niveau d'isolement thermique de chaque type d'habillement.....	37
Tableau I.3 : La relation entre la température standard effective SET et la sensation thermique.....	39
Tableau I.4 : valeurs du PMV selon neuf échelles de confort.....	40
Tableau II.1 : Equivalents métaboliques (METs) de la marche.....	62
Tableau II.2 : les caractéristiques physiques de l'homme étudié.....	64
Tableau II.3 : Résultat de calcul de l'indice SW.....	65
Tableau II.4 : Evaluation des places expérimentées.....	71
Tableau II.5 : Comparatif des différents audits de potentiel piétonnier	73
Tableau III.1 : La production agricole de la commune de Sidi Okba pour la période (2014/2015).....	84
Tableau III. 2 : Résultats du calcul de l'indice d'aridité pour le cas d'étude.....	99
Tableau III.3 : Isothermes déterminant les différentes zones thermiques pour l'année 2016.....	101
Tableau IV. 1 : les caractéristiques typologiques des tissus urbains à Sidi Okba.....	107
Tableau IV.2 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.....	112
Tableau IV.3 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.....	113
Tableau IV.4 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.....	117
Tableau IV.5 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.....	118
Tableau IV.6 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.....	121
Tableau IV.7 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.....	121
Tableau IV.8 : Localisation et lecture typo morphologique de chaque espace étudié.....	124
Tableau IV.9 : Grille d'analyse des indicateurs morphologiques.....	127
Tableau IV.10 : Caractéristiques technique de sonde utilisé pour la mesure de Tai et HR.....	134
Tableau IV.11 : Audit de marchabilité mis en place pour la présence étude	137

Tabl VI.1 : Les résultats des régressions de vote de la sensation thermique (VST) avec l'indice de confort thermique PET dans tous les espaces étudiés en été.....	181
Tableau VI.2 : les équations de régression et les températures neutres de chaque espace étudié.....	183
Tableau VI.3 : Température neutre et zone de confort pour l'indice PET en été dans différentes.....	183
Tableau VII.1 : Résultats des audits de marchabilité des espaces situant dans le tissu traditionnel.....	202
Tableau VII.2 : Synthèse des audits de marchabilité des espaces étudiés dans le tissu Auto-construit.....	204
Tableau VII.3 : Synthèse des audits de marchabilité des espaces étudiés dans les ZHUN.....	206
Tableau VII.4 : Résultats des audits de "marchabilité".....	208

Liste des Graphes

Au Graphe I.1 : Différence entre le climat urbain et rural observée par vents faibles et ciel clair.....	18
Graphe I.2 : (A) Comparaison entre les résultats numériques et réels pour la température d'air (B) Comparaison entre les résultats numériques et réels pour la température moyenne radiante.....	47
Graphes I.3 : variation de l'indice PET en fonction de pourcentage des gens insatisfaisant (a) période hivernal, (b) période estivale.....	50
Graphe II.1 : variation des valeurs de l'indice PET, Température moyenne radiante, et Température d'air dans les différents points étudiés.....	66
Graphe III.1 : Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2000-2015).....	95
Graphe III.2 : Humidité moyenne mensuelle de la période (2000-2015).....	96
Graphe III.3 : Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2000-2015).....	96
Graphe III.4 : Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2000-2015).....	97
Graphe III.5 : Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2000-2015).....	98
Graphe III.6 : présentation des cas extrêmes de la température d'air (°C) de Sidi Okba en 2016....	102
Graphe III.7 : présentation des cas extrêmes de l'humidité relative de Sidi Okba en 2016.	102
Graphe III.8 : présentation des design Days en température d'air (°C) en 2016.....	103
Graphe V.1 : Evolution journalière des valeurs moyennes de la Tair et la TMR dans l'ancien noyau de Sidi Okba au cours d'une journée représentative d'été.....	144
Graphe V.2 : Evolution journalière des valeurs moyennes de l'humidité relative dans le parcours du l'ancien noyau de Sidi Okba au cours d'une journée représentative d'été.....	145
Graphe V.3 : Evolution journalière des valeurs moyennes de la vitesse d'air dans le parcours de l'ancien noyau de Sidi Okba au cours d'une journée représentative d'été.....	145
Graphe V.4 : Evolution de la Tair dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	147
Graphe V.5 : Evolution de TMR dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	147

Graphe V.6 : Evolution de l'humidité relative dans les trois espaces étudiés pendant une journée représentative de l'été.....	148
Graphe V.7 : Evolution de la vitesse d'air dans chaque espace étudié pendant une journée représentative d'été.....	149
Graphe V.8 : Evolution de flux d'énergie solaire direct reçus par les surfaces urbaines dans les trois espaces étudiés pendant une journée représentative d'été.....	150
Graphe V.9 : Evolution de la Tair et la TMR pour les trois espaces étudiés pendant une journée représentative de l'été.....	151
Graphe V.10 : Evolution journalière de l'humidité relative au cours d'une journée représentative d'été.....	151
Graphe V.11 : Evolution journalière des valeurs moyennes de la vitesse d'air au cours d'une journée représentative d'été.....	152
Graphe V.12 : Evolution de la Tair dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	153
Graphe V.13 : Evolution de la TMR dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	154
Graphe V.14 : Evolution de l'humidité relative dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	154
Graphe V.15 : Evolution de la vitesse d'air dans chaque espace étudié pendant une journée représentative d'été.....	155
Graphe V.16 : Evolution de flux d'énergie solaire direct reçu par les surfaces urbaines dans les trois espaces étudiés pendant une journée représentative d'été.....	156
Graphe V.17 : Evolution de la Tair et la TMR dans le quartier 300 logts aux valeurs relevées dans la station.....	157
Graphe V.18 : Evolution de l'humidité relative dans le quartier aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	158
Graphe V.19 : Evolution de la vitesse d'air dans quartier par rapport aux valeurs relevées dans la station météo.....	158

Graphe V.20 : Evolution de la Tair dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	159
Graphe V.21 : Evolution de la TMR dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	160
Graphe V.22 : Evolution de l'humidité relative dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	160
Graphe V.23 : Evolution de la vitesse d'air dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	161
Graphe V.24 : Evolution du rayonnement solaire direct dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	162
Graphe V.25 : Evolution de la Tair dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	164
Graphe V.26 : Evolution de l'humidité relative dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	165
Graphe V.27 : Evolution de la vitesse d'air dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été.....	166
Graphe VI.1 : la variation d'usage dans les différents espaces analysés dans la ville de Sidi Okba.....	171
Graphe VI.2 : le degré de fréquentation des différents espaces analysés.....	171
Graphe VI.3 : Vote de sensation thermique pour les espaces qui se situent dans l'ancien noyau	174
Graphe VI.4 : Vote de sensation thermique pour les espaces situés dans le tissu Auto construit.....	174
Graphe VI.5 : Vote de sensation thermique pour les espaces situés dans les (ZHUN).....	174
Graphe VI.6 : pourcentage des personnes satisfaites en fonction du temps	175
Graphe VI.7 : pourcentage de vote de préférence pour l'ombrage dans tous les espaces étudiés.....	178
Graphe VI.8 : Pourcentage de vote de préférence pour la ventilation d'air.....	179

Graphe VI.9 : comparaison entre les valeurs moyennes numériques et réelles.....	179
Graphe VI.10 : Corrélacion entre le VST et l'indice PET en été dans la ruelle (a) et la rue (b) de l'ancien noyau	181
Graphe VI.11 : Corrélacion entre le VST et l'indice PET en été dans la rue entre deux jardins (a) et le boulevard (b).....	181
Graphe VI.12 : Corrélacion entre le VST et l'indice PET en été dans la rue du tissu Auto construit (a) et le jardin (b).....	182
Graphe VI.13 : Corrélacion entre le VST et l'indice PET en été dans la place publique (a) et la rue (b).....	183
Graphe VII.1 : vote des modalités perceptuelles pendant l'été dans la ville de Sidi Okba.....	188
Graphe VII.2 : les heurs préférables pour la marche en période estivale.....	189
Graphe VII.3 : Vote des raisons supposées influencer le choix temporel des gens pendant l'été.....	190
Graphe VII.4 : Raisons de la marche de la population interrogée en période estivale.....	191
Graphe VII.5 : Taux des facteurs affectants la vitesse de la marche en été.....	192
Graphe VII.6 : Comparaison des scores obtenus pour les espaces de tissu traditionnel....	202
Graphe VII.7 : Comparaison des scores obtenus pour les espaces de tissu Auto-construit.....	204
Graphe VII.8 : Comparaison des scores obtenus pour les espaces aux ZUHNS.....	206

Nomenclature

Abréviation

$\Delta Q A$: Flux de chaleur advectée

AIE : Agence internationale de l'énergie

Cd : est l'échange de chaleur par conduction

CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques.

CLA : Couche Limite Atmosphérique

CLU : Couche limite urbaine

CU : canopée urbaine

Cv : l'échange de chaleur par convection

E : est l'échange de chaleur par évapotranspiration.

ESS : Enquete Suisse sur la santé

H : Hauteur des elements verticaux urbains

HR : Humidité Relative (%)

ICU : Ilot de Chaleur Urbain

L : Largeur des espaces publics

M : est la chaleur métabolique

MET : Equivalents métaboliques de la marche

P : les précipitations totales annuelles.

Q E : Flux de chaleur latente de vaporisation

Q H : Flux de chaleur sensible.

QF : flux de chaleur antropique

QS : Flux de chaleur stockée

R : est l'échange de chaleur par rayonnement

T : la température moyenne annuelle.

T_{air} : Température d'air ambiant (°C)

T_g : Température Moyenne Sensible (°C)

TMR : Température Moyenne Radiante (°C)

VDI 3787 : Norme Allemande pour l'évaluation biometeorologique humaine du climat dans la planification urbaine

V_s : Vitesse d'air (m/s)

ZHUN : Zones d'Habitat Urbain Nouvelles

Indices

CES : Coefficient d'Emprise au Sol

FCV : Facteur de ciel vue

I : Indice d'aridité

PET : Température Physiologique Equivalent (°C)

PMV: Predicted Mean Vote

PPD: Predicted Percentage of Dissatisfied

Q_{max} : la capacité d'évaporation maximale de l'environnement (W/m²)

Q_{max} : la perte de chaleur par évaporation (W/m²)

R² : Coefficient de corrélation entre Vote de sensation thermique et l'indice PET

SET : Température Effective Standard (°C)

β : nombre de Bowen

SW : Skin Wetness

VST : Vote de Sensation Thermique

Chapitre introductif

1. Introduction

Les travaux réalisés à l'échelle internationale s'accordent sur le fait que les actions en matière de lutte contre le changement climatique nécessitent une approche selon deux axes visant d'une part à réduire les émissions de gaz à effet de serre (atténuation du changement climatique), et d'autre part, à réduire la vulnérabilité des systèmes naturels et humains aux impacts induits par ce changement (anticipation et adaptation). Les villes présentent une vulnérabilité particulière compte tenu d'une forte concentration de population et du regroupement d'infrastructures et de biens matériels sur leur territoire et elles sont très sensibles à toute évolution brusque de leur environnement naturel ou socio-économique. L'adaptation des villes à l'accroissement de l'intensité ou de la fréquence de certains aléas climatiques constitue donc un enjeu important pour l'avenir de nos sociétés. En effet le débat autour des graves problèmes environnementaux soulevés à l'échelle mondiale met en avant la responsabilité des villes, et le rôle déterminant que peut jouer les morphologies urbaines et les densités des agglomérations, pour réaliser le développement durable (Ali Toudert, 2002).

La question de la morphologie urbaine la plus durable s'impose avec stimulation. La morphologie urbaine doit plus que jamais être revue et réalisée en cohérence avec les enjeux de durabilité, et prône de plus en plus le retour à la mobilité durable, d'activité physique saine, de confort thermique et de convivialité.

La littérature en études urbaines s'applique à évaluer les effets de la morphologie urbaine sur la mobilité des individus et la sensation de confort thermique. En termes de marchabilité, l'évolution de la marche et de la place du piéton dans l'espace urbain à travers les époques est importante dans la compréhension de la situation actuelle.

À partir de la fin de la Deuxième Guerre mondiale, la planification urbaine occidentale a largement favorisé la construction de milieux de vie centrés autour des besoins de l'automobile individuelle, au détriment des modes de transport actifs – la marche et le vélo

– et collectifs (Newman, P. & Kenworthy, 1999). Les années qui s'étalent entre 1960 et 1990, sont appelées les "*décennies d'arrêt du futur*" : l'homme n'a plus confiance dans le progrès. Le contexte de l'époque, la crise pétrolière et une prise de conscience pour l'écologie engendrent une volonté de retour à des modes doux, comme la marche et le vélo, en opposition à la voiture, associée à l'urbanisme moderniste dit "agressif". "La marche énonce une critique de cette ville moderne qui remonte invariablement au XIXème siècle, quand simultanément apparaissent la fascination de la vitesse et une pensée de la ville au risque et au dépens du piéton." (Florine, 2014).

En réponse à la multiplication des milieux de vie entraînant une dépendance à l'automobile, un nouveau paradigme a émergé dans le domaine de l'aménagement du territoire au cours des années 1990. Les projets associés à cette nouvelle vague de planification cherchent à recréer, dans les nouveaux développements, une morphologie urbaine basée sur les déplacements à pied afin d'encourager les habitants à délaisser leurs véhicules (Gabriel, 2017), durant ces années, la marche est revenue au centre des politiques d'aménagement, notamment avec l'apparition du Nouvel urbanisme. Ce dernier est un mouvement international qui a débuté en 1990, il vise à améliorer la qualité et le mode de vie en revenant à des aménagements de villes plus denses et connectées, qui favorisent les déplacements en mode doux, ainsi qu'une plus grande cohésion sociale.

De nombreuses recherches abordent la question de la marchabilité en établissant les liens entre les caractéristiques morphologiques et la pratique de la marche. Le premier constat est que le concept de marchabilité est un objet complexe qui peut être abordé sous de multiples angles. Dans ce contexte, la marche reste le vecteur principal de l'urbanité. Elle maintient une sociabilité entre les citoyens, dans les différents lieux qu'ils fréquentent. C'est le seul mode qui donne vie à la ville dans le sens où les transports motorisés établissent une jonction entre les lieux fréquentés mais délaissent l'espace interstitiel (Rahmani, 2012). Le mouvement de Nouvel Urbanisme prend pour acquis que l'influence de la morphologie urbaine est déterminante pour la pratique de la marche, et ce courant établit des principes urbains simples et applicables, qui sont entre autres la densité, la connectivité et la mixité fonctionnelle (Vever, 2012).

Le confort thermique du citoyen est un autre paramètre essentiel à prendre en compte lorsqu'on s'intéresse au bien-être et à la santé de la population urbaine. Le contexte urbain offre un environnement riche et varié qui influence, d'une part la manière avec laquelle nous

utilisons les espaces urbains (mouvement, séquence et activité physique) et d'autre part, notre perception aux stimuli thermiques, acoustiques et olfactifs (Steeners et al, 2004) cité par (Ouammeur, 2007). Au niveau du confort thermique, le climat urbain des villes est considéré comme un climat modifié et se différencie du climat de la campagne avoisinante. Les observations ont démontré que les températures aux centres villes peuvent atteindre de 4°C à 10°C de plus que dans les régions rurales (Karin et al. 2003) , cette augmentation excessive qui se ressent surtout dans les pays chauds est la résultante d'interactions entre la structure physique de la ville et les paramètres climatiques. Ces différences des écarts de température connues sous le nom d'îlot de chaleur urbain (ICU), il s'agit d'une zone urbaine où la température de l'air et des surfaces est supérieure à celle des milieux ruraux. Il est principalement observé la nuit où le refroidissement nocturne est moindre en ville que dans les zones rurales plus végétalisées, ce phénomène thermique influencé par la morphologie urbaine à un effet négatif sur le confort thermique et la pratique de la marche dans les espaces publics, afin de réduire les impacts climatiques négatifs dans les espaces publics et pour mieux comprendre le lien entre : Morphologie, Confort thermique, et Marchabilité. Cette thèse s'intéresse à la performance thermique et physique des gens dans les espaces urbains de pays chauds et arides à partir d'une étude comparative, au sein de différents espaces urbains dans la ville de Sidi Okba.

2. Problématique

Durant les dernières décennies les villes Algériennes se sont développées à des vitesses effrénées par l'effet d'une démographie galopante d'un exode sans précédent des zones rurales. Le résultat est un développement massif et un étalement exagéré des structures urbaines sans aucune stratégie de développement d'équilibre et de durabilité. Les formes urbaines ainsi développées ne répondent pas aux nouveaux challenges et défis que devraient surmonter la ville future, le partage de la route, la création des pistes cyclables et des grandes surfaces piétonnes , la densification de cadre bâti et de végétation considérant comme des préoccupations majeurs pour les villes actuelles dans le cadre de leur engagement de réduction des émissions de CO₂ et de lutte contre le réchauffement climatique. L'interaction réciproque entre ces éléments joue un rôle prépondérant dans la création du confort et du bien-être des citoyens.

Cette thèse cherche à analyser la forme urbaine dans ses différentes variables et indicateurs pour asseoir une stratégie pour les développements urbains futurs et ceci sous des conditions climatiques spécifiques aux zones chaudes et arides du Sud Est Algérien. A travers cette thèse on essayera de répondre graduellement aux questions suivantes :

- Quelle est la relation entre la morphologie urbaine et le confort thermique et la marchabilité ?
- De quelle manière la morphologie urbaine affecte-elle les paramètres de confort thermique et l'envie d'utiliser la marche comme moyen de déplacement ?
- Quelles sont les formes urbaines les plus favorables à répondre aux défis environnementaux et d'améliorer la qualité et les conditions de confort des citoyens ?
- Comment les gens perçoivent-ils l'expérience de la marche dans leur quartier en période estivale ?
- Quelles sont les critères à optimiser pour favoriser le confort thermique et la pratique de la marche en ville ?

3. Objectifs de la recherche

L'objectif majeur de la présente thèse est d'analyser la relation entre Morphologie, Confort thermique et Marchabilité sous des conditions spécifiques de la ville de Sidi Okba .

Afin de pouvoir établir à la fin une stratégie pratique de développement urbain propre aux régions chaudes et arides, l'étude va ainsi se pencher sur l'ensemble des axes suivants :

- Etude de l'impact des différentes morphologies urbaines existantes sur les paramètres de confort thermique et de marchabilité.
- Vérifier si la morphologie des tissus urbains de la ville de Sidi Okba a été conçue par rapport à son impact sur les paramètres de confort et de marchabilité ou si elle constitue uniquement des images de formes urbaines.
- Recherche d'optimisation et d'idéalisation des formes urbaines à différentes échelles.
- Ressortir les espaces publics les plus respectueux de l'environnement, plus sains et plus confortables, et corriger les points faibles de chaque espace.

A travers cette recherche, nous visons à ressortir un ensemble des recommandations qui permettra aux urbanistes de mieux concevoir les espaces publics extérieurs.

4. Hypothèses

Afin de répondre graduellement aux questions mentionnées préalablement, nous allons vérifier la véracité des hypothèses suivantes :

- La morphologie urbaine a un impact sur la sensation thermique des gens et la santé publique en favorisant ou en défavorisant l'activité physique sous forme de marche.
- La sensation de confort thermique et le comportement en matière d'activité physique peuvent différer en fonction du contexte spatial et temporel.

5. Analyse conceptuelle

La figure 1.1 présente le cadre de la recherche, les variables de la recherche, chaque variable est directement reliée à ses dimensions et ses paramètres quantifiables. Les variables sont classées selon 3 catégories :

- **Variable indépendante** : la morphologie urbaine
- **Variable intermédiaire** : le microclimat
- **Variables dépendantes** : le confort thermique et la marchabilité

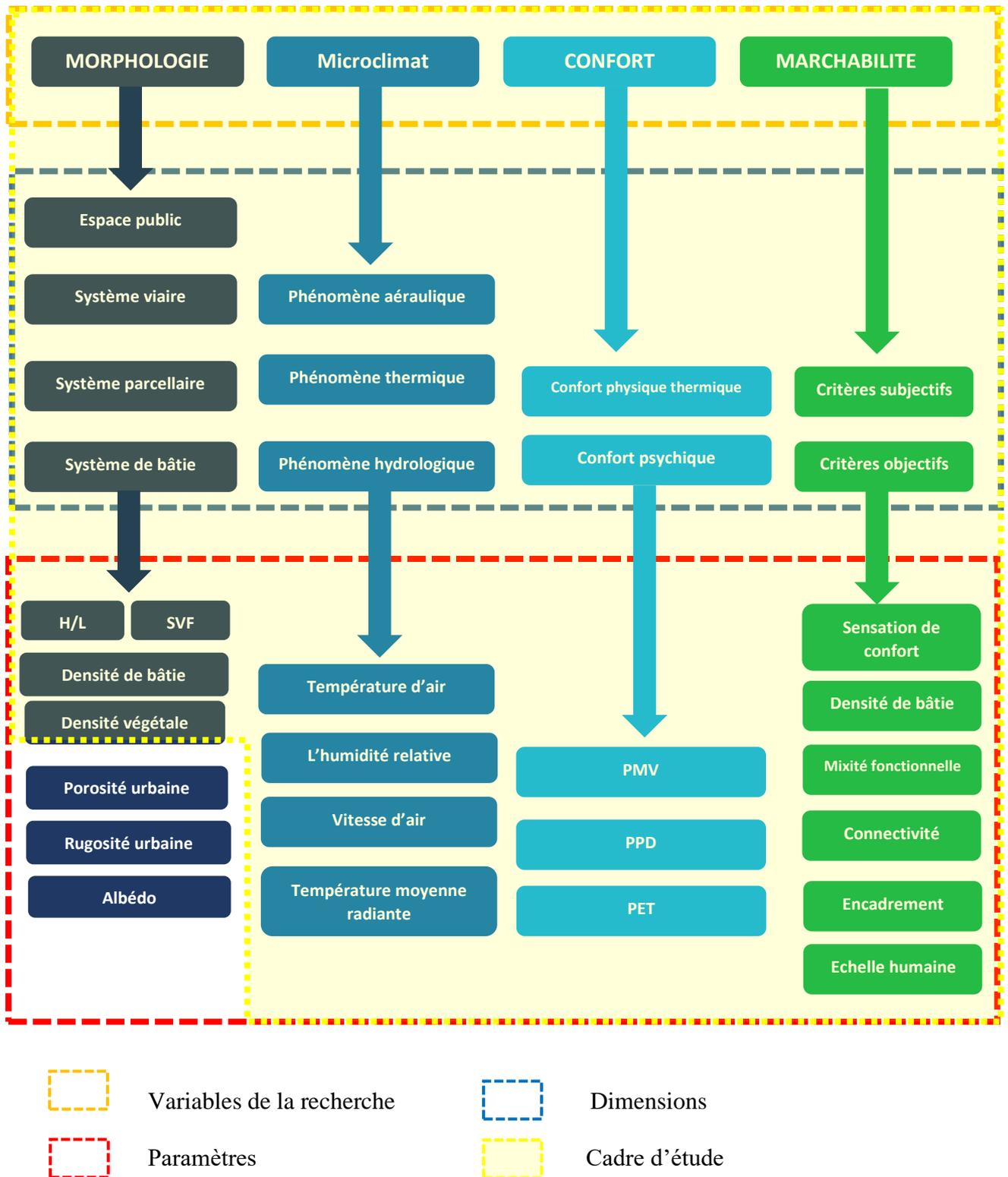


Figure 1.1 : Modèle conceptuel illustrant les variables de la recherche
 Source : Auteur ,2017

6. Méthodologie de travail

Afin de mieux caractériser et évaluer le confort thermique et la marchabilité en fonction des morphologies urbaines. Cette recherche s'appuie sur une méthodologie mixte fait intervenir des méthodes quantitative, qualitative et numérique.

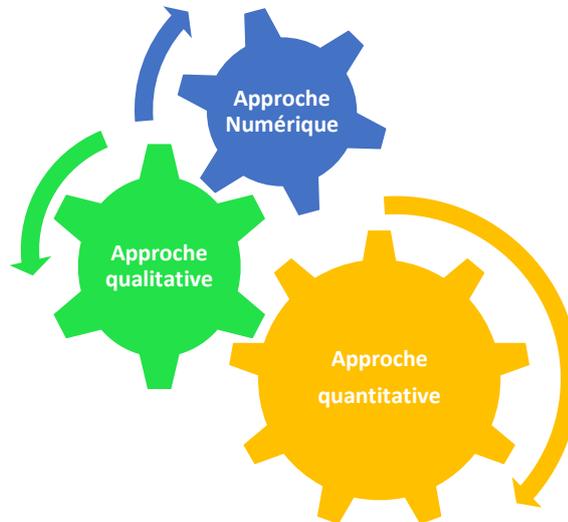


Figure 1.2 : Schéma illustrant les trois approches de la recherche

Source : Auteur, 20017

La partie théorique de cette étude se base sur une analyse bibliographique à travers la constitution d'une recherche qui consiste en une exploration systématique de la documentation sur le thème proposé (ouvrages, thèses, articles,.. etc.)

La partie pratique consiste en premier lieu à faire une analyse préalable de la ville de Sidi Okba, l'objectif majeur de cette analyse est de distinguer les différents types de tissus urbains composant la ville de Sidi Okba. Après cela on a fait une analyse typo morphologique des éléments constituant le cadre physique de chaque tissu obtenu, Cette analyse vise à ressortir les échantillons et les points les plus représentatifs pour chaque configuration urbaine

Les échantillons investis sont des parties de tissus urbains. L'échantillonnage de cette étude est un « échantillonnage non probabiliste ». Les échantillons retenus sont des échantillons typiques, sélectionnés selon leur degré de représentativité, d'après une classification typologique préalable en fonction de niveau de densité du cadre bâti,

Concernant l'approche qualitative, consiste en une campagne de mesure à l'aide des instruments portables effectuée sur terrains, l'objectif de cette approche est de mesurer les

effets microclimatiques dus à des morphologies urbaines présentant des niveaux de densité variés.

En termes de marchabilité, cette approche se base sur l'utilisation des grilles d'évaluation (Audits de marchabilité), ces derniers servent à donner un aspect plus objectif à cette recherche et consistent à mesurer quantitativement le potentiel piétonnier de chaque espace traversé.

Relative à l'approche qualitative, un questionnaire s'est déroulé simultanément avec la campagne de mesures dans les différents espaces étudiés. Ce dernier s'est effectué auprès des occupants de la ville de Sidi Okba afin de déterminer leurs degrés de confort thermique face à leur environnement extérieur, et d'analyser les conditions de la marche du point de vue de ceux qui utilisent l'espace. Cette approche aussi consiste à utiliser la technique de dérive photographique, pour but d'analyser le lien indissociable entre « sentir et se mouvoir », elle s'intéresse surtout à ressortir le rôle des dimensions extra-subjectives dans les comportements de marche et qualifier les lieux traversés.

Pour l'approche numérique, cette approche consiste en une simulation basée sur : Un programme numérique tridimensionnel appelé « ENVI-met4 » qui permet d'évaluer le microclimat et le confort thermique au niveau des espaces extérieurs. En termes climatique, les paramètres physiques simulés sont : température moyenne radiante, flux de rayonnement solaire direct. En termes de confort thermique cette approche vise à simuler les sensations thermique des gens, pour pouvoir par la suite faire à ressortir les limites supérieure et inférieure de la zone de confort de l'indice PET.

7. Structure de la thèse

Afin d'aboutir aux objectifs visés et vérifier les hypothèses précitées préalablement, le plan de la présente thèse est structuré en 7 chapitres. Nous suivons une démarche qui se constitue de deux parties principales :

Partie 1 : cadre théorique de référence

Cette partie s'appuie sur une recherche bibliographique relative au thème étudié, en essayant de mettre au clair les concepts de la recherche, elle comporte en premier lieu le chapitre introductif qui traite la problématique, les hypothèses, les objectifs et le modèle conceptuel. La partie théorique comporte les chapitres suivants :

Chapitre I : comporte l'analyse de l'impact de la morphologie urbaine sur le climat urbain et le confort thermique. On essaye de caractériser le climat urbain, et tous les phénomènes qui en découlent, en mettant en exergue les diverses interactions possibles entre : facteurs physiques de la morphologie générale de la ville et, les facteurs climatiques affectant le niveau de confort thermique, nous nous intéressons aussi à présenter les connaissances existantes en matière de confort thermique.

Chapitre II : à travers ce chapitre, nous avons essayé de clarifier le concept de la marchabilité et sa relation avec la morphologie de la ville, ainsi qu'un aperçu sur son évolution à travers l'histoire, puis nous décrivons les différents paramètres physique et psychique qui permettent d'étudier le concept de marchabilité, la troisième partie de ce chapitre consiste à présenter les méthodes utilisées par les chercheurs pour identifier la relation entre environnement urbain et marchabilité. Ceci nous conduit à effectuer un état de l'art qui permet de présenter les différentes méthodes, et outils utilisés dans notre recherche.

Partie 2 : Cadre méthodologique et analyse des résultats

Cette partie consiste en une analyse du cas d'étude (ville de Sidi Okba), décrit la méthodologie et les outils employées dans la présente recherche, l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus sont discutées aussi. Cette partie rassemble les chapitres suivants :

Chapitre III : l'objectif de ce chapitre est de présenter de façon détaillée l'approche méthodologique, les outils les paramètres étudiés pour caractériser la relation entre morphologie urbaine / confort thermique et marchabilité.

Chapitre IV : Ce chapitre présente un aperçu sur le cas d'application (ville de Sidi Okba), à travers la présentation de ses caractéristiques géographiques et de ses différentes phases d'évolution urbaine, l'objectif majeur est de comprendre au mieux la transformation diachronique de cette ville, il est question d'analyser cette ville de divers points de vue notamment celui climatique, ce chapitre met en exergue une analyse climatique détaillée de Sidi Okba dans le but de ressortir la période convenable pour effectuer l'étude.

Chapitre V : qui porte sur l'analyse et l'interprétation des résultats obtenus de l'étude climatique. Les résultats climatiques obtenus sont croisés avec ceux de la station

météorologique afin de déterminer l'intensité du phénomène d'effet thermique urbain de chaque tissu.

Chapitre VI : dans ce chapitre nous nous intéressons à présenter les résultats du questionnaire ainsi que de simulation numérique, l'objectif majeur est de ressortir les limites supérieures et inférieures de la zone du confort thermique estival pour la ville de Sidi Okba,

Chapitre VII : ce chapitre consacré à la présentation des résultats de l'étude de l'évaluation de marchabilité, à travers l'interprétation des résultats de : questionnaire, dérive photographique, et des Audits de marchabilité, l'objectif majeur est de qualifier les espaces étudiés ainsi que de ressortir les solutions convenables pour chaque espace.

Et enfin, la conclusion générale qui décrit les résultats généraux obtenus, et faire des recommandations propres à la problématique posée, ainsi qu'une proposition pour les axes futurs de la recherche.

PREMIERE PARTIE :
CADRE THEORIQUE DE REFERENCE

CHAPITRE I :
Interaction entre Morphologie urbaine,
Microclimat et Confort thermique

« On dessine afin de pousser à l'intérieur, dans sa propre histoire, les choses vues. Une fois les choses entrées par le travail du crayon, elles restent dedans pour la vie ; elles sont écrites, elles sont inscrites. » . Le Corbusier, l'architecture pour émouvoir. Jean JENGER. Edition Gallimard Arts, 2004, p 25

CHAPITRE I :

Interaction entre Morphologie urbaine, Microclimat et Confort thermique

Introduction

La ville par sa configuration spatiale et géographique est considérée comme un milieu particulièrement vulnérable, où les caractéristiques physiques des espaces publics engendrent des modifications climatiques perceptibles à différents échelles.

Ce chapitre présente en premier lieu une synthèse d'une promenade théorique relative le concept de la morphologie urbaine, les différentes couches limites urbaines résultant de l'interaction entre le cadre tridimensionnel de la ville et les paramètres climatiques, en présentant aussi le bilan énergétique urbain et les différents phénomènes thermique et aéraulique urbain. En deuxième lieu, les différents paramètres morphologiques affectant les phénomènes caractéristiques du climat urbain sont identifiés. Ensuite, nous avons discuté les différentes formes urbaines génériques dans les régions arides ainsi que le caractère climatique de chaque forme urbaine.

Enfin, nous nous intéressons à présenter les connaissances existantes en matière de confort thermique. Ceci nous conduit à effectuer un état de l'art qui permet de présenter les différentes approches, les paramètres, les indices de confort thermique ainsi que les différents méthodes et outils utilisés pour quantifier et qualifier les espaces public en termes de confort thermique.

I.1 Le concept de morphologie urbaine dans la théorie urbaine

Le terme Morphologie défini par le dictionnaire la Rousse ¹ comme l'étude de forme et de la structure externe d'un organisme, d'un être vivant. Morphogenèses définit par la même source comme le développement des formes, des structures caractéristiques d'un

espace vivant. Selon Rémy (2005), la morphologie urbaine est l'étude de la forme physique de la ville, de son mode de production, et des rapports réciproques des éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (rues, places et autres espaces publics) . En 2005, Allain Lévy, la forme urbaine peut être saisie de différentes approches de plusieurs points de vue. Lévy (2005) a distingué cinq approches de la forme urbaine présentée ci-dessous :

- **L'approche de la forme urbaine comme forme des paysages urbains** : cette approche consiste à étudier visuellement la forme tridimensionnelle de l'espace urbain à travers les volumes et les gabarits, et la matérialité plastique de l'espace (texture, couleur, style architectural, ...etc.), étudiée par G. Cullen (1961), E. Bacon (1965), C. Sitte (1889), K. Lynch (1960).
- **La forme urbaine comme forme sociale**, cette approche apporte la lumière sur la diversité des groupes sociaux, démographiques, ethniques ou religieux, elle considère la forme urbaine comme forme sociale (Grafmeyer et Joseph, 1984 ; Roncayolo, 1996).
- **L'approche de la forme urbaine comme forme des tissus urbains**, qui consiste à étudier les relations réciproques entre les éléments composant l'espace urbain (parcellaire, voiries, rapport espaces libres/espaces bâtis et morphologie des îlots par exemple) (Panerai et Langé, 2001).
- **L'approche de la forme urbaine comme forme des tracés**, cette approche renvoie à la forme géométrique du plan de la ville (plan organique, plan en damier ou plan radioconcentrique par exemple) (Pinon, 1994 ; Lévy, 1996)
- **L'approche de la forme urbaine comme forme bioclimatique**, cette approche consiste à traiter l'espace urbain du point de vue environnementale et climatique, tant dans ses variations géographiques par quartier, que dans sa diversité liée aux types de tissu (ouvert/fermé/semi-ouvert), selon l'orientation (héliothermique), selon le site (eau, relief, végétation) (Escourrou, 1991).

¹ Définition de morphologie. (2006). Dictionnaire la Rousse. www.larousse.fr/dictionnaires/français

I.1.1 L'analyse morphologique

L'analyse morphologique est un outil important dans la formation et dans la pratique de l'urbaniste, elle vise à étudier les différentes configurations urbaines afin de mieux comprendre la genèse de la forme actuelle et son développement au cours de l'histoire à partir des éléments le constituant (le plan de la ville, les pleins et les vides, le tracé des voies...). La méthode d'analyse de Borie et Denieul est l'une des outils qui permet d'appréhender d'une manière claire et explicite la complexité des rapports morphologiques qui règnent dans les quartiers anciens, de manière à éviter de défigurer ces derniers sans pour autant interdire leur évolution; l'intérêt de ce type d'analyse est surtout d'explicitier les relations entre les différents niveaux d'organisation du tissu urbain, de dégager les rapports introductifs ou convergents qui s'établissent entre les formes des rues, des bâtiments et des parcelles (Alain et al., 2012). Dans le cadre de l'analyse morphologique des villes, plusieurs niveaux peuvent être distingués :

- **Les types architecturaux** : qui constituent les modèles de référence dont s'inspire plus ou moins directement l'ensemble des bâtiments.
- **Le tissu urbain** : constitué par l'ensemble des relations entre tous les composants urbains qui ont un caractère constant et répétitif : types architecturaux, parcelles, rues.
- **La forme urbaine** : qui se présente comme le rapport entre le tissu urbain et la structure urbaine, laquelle est constituée par l'ensemble des éléments singuliers caractérisant la ville : (grands axes structurants, grands équipements et monuments, configuration des limites)
- **Le site urbanisé** : constitué par le rapport entre la forme urbaine et la morphologie du site naturel. (Alain et al., 2012).

I.1.2 Les quatre systèmes organisateurs du tissu urbain

Pour simplifier la complexité des tissus urbains les auteurs Alain Borie et Denieul François proposent de procéder à une décomposition du tissu urbain en quatre systèmes, un système étant défini par la manière dont sont organisées les relations entre les composants de même nature morphologique. On peut distinguer quatre systèmes :

1. **Le système parcellaire** : est un système de partition de l'espace du territoire en un certain nombre d'unités foncières, les parcelles, le parcellaire fragmente le territoire.
2. **Le système viaire** : est le système de liaison de l'espace du territoire, il est constitué par l'ensemble des circulations de fonction et d'importance variables. Ce réseau est destiné à innover les parcelles, donc à relier entre elles les différentes parties du territoire.
3. **Le système du bâti** : regroupe l'ensemble des masses construites de la forme urbaine, quelle que soit leur fonction (habitation, équipement) ou leur dimension.
4. **Le système des espaces libres** : c'est l'ensemble des parties non construites de la forme urbaine, que ces espaces soient publics ou privés

I.2 La morphologie urbaine et ses interactions avec le climat

I.2.1 Les différentes couches limites

I.2.1.1 La couche limite atmosphérique (CLA)

L'interaction entre la forme tridimensionnelle de la ville et le climat produit différentes échelles de couches d'air superposées dans l'atmosphère. La couche limite atmosphérique (CLA) constitue l'interface entre la surface et l'atmosphère libre. C'est la partie inférieure de l'atmosphère qui est sous l'influence directe des processus terrestres. Son extension verticale va de la surface à quelques centaines de mètres d'altitude et dépend directement de tous les paramètres météorologiques (vent, température, humidité, insolation), mais aussi de la topographie et du type d'environnement (Laurent, 2006)

I.2.1.2 La couche limite urbaine (CLU)

C'est un cas particulier de la couche limite atmosphérique. Ce qui la différencie nettement de la CLA, est l'existence au-dessus des villes d'un îlot de chaleur. Donc, l'ensemble de la structure de l'atmosphère urbaine apparaît comme un large dôme courbé sur l'ensemble de la masse urbaine. Cette masse est appelée « couche limite urbaine » dont les caractéristiques sont régies par la nature de la surface urbaine générale. Elle se traite dans une échelle locale à une échelle méso (Boucheriba, 2003).

I.2.1.3 La canopée urbaine (CU)

C'est la partie basse de la couche limite urbaine, à proximité directe du sol, dans laquelle sont étudiés les écoulements entre les bâtiments. Cette échelle fait référence au tissu urbain intégrant le sol urbain (rue, espaces verts), les structures bâties (bâtiments, îlot ou quartier) et les espaces ouverts (cours ou places publiques). Elle est souvent très perturbée, en raison des mouvements turbulents engendrés par l'interaction des paramètres micro-météorologiques avec les structures urbaines (Athamena, 2012).

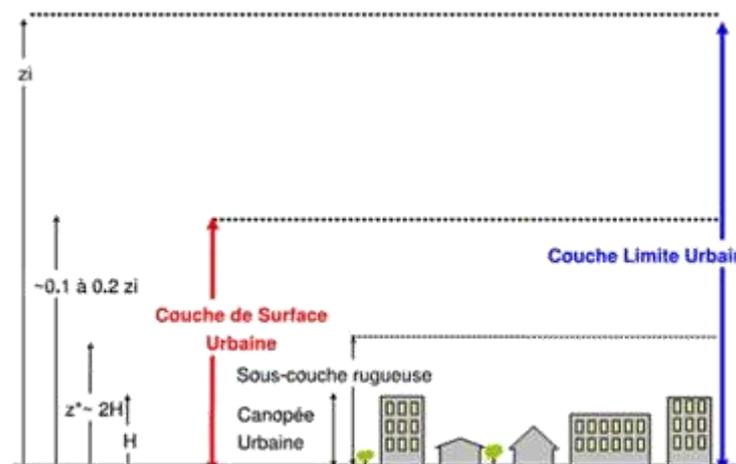


Figure I.1 : Structure verticale de la Couche Limite Urbaine

Source : (Roth, 2000).

I.2.2 Bilan énergétique de la ville

Le bilan énergétique d'une surface urbaine est égal à la somme algébrique des flux énergétiques qu'elle échange avec son environnement, elle peut s'écrire (W/m^2) (Masson et al., 2002)

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A \quad \dots \text{ (Eq.1)}$$

Q^* : Bilan net d'énergie d'une surface urbaine représente la somme des flux solaires (direct, diffus et réfléchi) et infrarouge en provenance du ciel absorbés par la surface.

Q_F : Flux de chaleur anthropique propre à la ville : Il s'agit de la somme des productions de chaleur par les moyens de transport, et des équipements urbains.

ΔQ_S : Flux de chaleur stockée : (la chaleur stockée le jour et restituée la nuit par les surfaces urbaines, ces derniers sont constituées de matériaux de revêtements variés et de géométries hétérogènes, le rayonnement solaire est diversement absorbé par les surfaces urbaines de la ville, qui varient en fonction de leur nature, mais aussi des conditions météorologiques et morphologiques, il est donc très difficile de mesurer précisément le flux de chaleur absorbé par une surface urbaine.

Q_E : Flux de chaleur latente de vaporisation, il s'agit de l'énergie utilisée dans le processus d'évapotranspiration, il est intimement relié avec la présence de la végétation, l'eau, et la perméabilité des matériaux, la chaleur latente est d'autant plus faible que la surface imperméabilisée est importante (Grira, 2017).

Afin de caractériser l'état de l'humidité d'un environnement urbain, un nombre adimensionnel appelé le « nombre de Bowen » est utilisé, correspondant au rapport entre le flux de chaleur sensible et celui de chaleur latente dans la direction verticale. (Athamnia, 2012).

$$\beta = Q_H / Q_E \quad \dots \quad (\text{Eq.2})$$

Le résultat de ce rapport nous permet de distinguer deux situations : Lorsque $\beta > 1$, la disponibilité en eau est limitée. La chaleur est donc transportée dans l'air par convection sous forme de chaleur sensible. Cette situation caractérise principalement un climat chaud. Lorsque $\beta < 1$, la disponibilité de l'eau est abondante. Dans ce cas, la chaleur transportée vers l'air est majoritairement sous forme latente. Ce transfert de chaleur ne contribue pas forcément au réchauffement de l'air, mais il augmente le niveau d'humidité. (Robitu, 2005). Cité par (Athamnia, 2012).

Q_H : Flux de chaleur sensible. En milieu urbain, en raison de la différence entre la température de surface et la température de l'air, une partie de l'énergie thermique est transportée par convection turbulente dans l'atmosphère sous forme de chaleur sensible.

ΔQ_A : Flux de chaleur advectée, ce dernier est souvent négligé à cause d'une part de la difficulté liée à sa mesure et d'autre part à sa valeur relativement faible à l'échelle urbaine (Eliasson et al. 1999).

I.2.3 Les différentes échelles climatiques

En milieu urbain, la diversité des échelles spatiales s'accompagne d'une diversité des échelles climatiques, les phénomènes qui s'y produisent ne sont pas nécessairement les mêmes ou n'ont pas les mêmes répercussions. Chaque échelle spatiale implique des interactions atmosphériques et climatiques propres. Guyot (1997) (cité par Ouameur, 2007) propose trois échelles climatiques :

- La sous-couche limite de rugosité qui correspond à l'échelle microclimatique.
- La couche limite urbaine qui correspond à l'échelle méso-climatique.
- La couche externe correspondant à la macro-échelle.

Dans le cadre de cette recherche, on s'intéresse précisément aux interactions des paramètres climatiques avec les éléments physiques de la morphologie urbaine à une micro-échelle (celle de l'espace public).

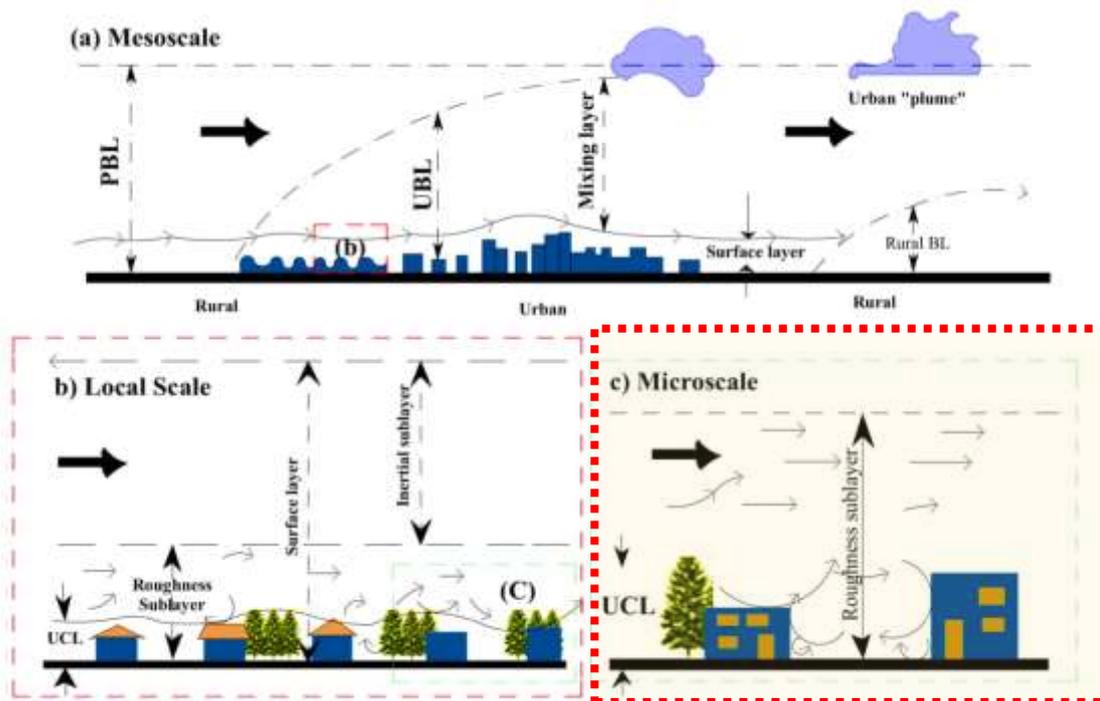


Figure I.2 : Les différentes échelles climatiques, Source : Oke, 1997 – adaptée par l'auteur, 2018.

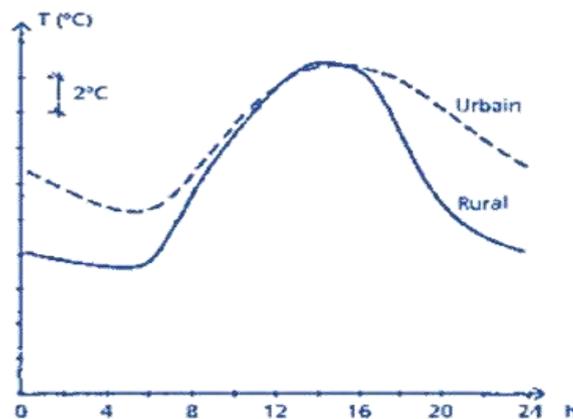
I.3 Des phénomènes caractéristiques de climat urbain

Les paramètres climatiques sont d'une complexité en relation avec la forte hétérogénéité des paramètres physiques définissant la morphologie urbaine de la ville,

l'impact de l'environnement urbain sur le climat est largement éprouvé, des phénomènes dont les manifestations les plus courantes sont l'effet d'îlot de chaleur urbain et les effets aérauliques urbain, ces phénomènes conduisent à des situations d'inconfort thermique, dans la partie suivante nous nous intéressons à présenter les phénomènes les plus courants dans le domaine de la climatologie urbaine ses causes et ses conséquences, ainsi que les différents paramètres morphologiques affectant l'intensité de ces phénomènes, l'objectif était de ressortir les paramètres morphologiques les plus significatifs à l'échelle de tissu urbain et à l'échelle de l'espace public.

I.3.1 Les phénomènes thermiques urbains

Les milieux urbains et ruraux présentent de grandes différences climatiques dues principalement à différents facteurs tels que l'altitude, la végétation, les vents et les constructions, ce qui engendre des microclimats dans les zones urbaines peuvent être fortement différents de ceux qui sont officiellement mesurés dans les stations climatiques à l'extérieur de la ville. (Karin et al. 2003)



Graph I.1 : Différence entre le climat urbain et rural observée par vents faibles et ciel clair.

Source : (Karin et al. 2003).

On nomme phénomène « d'îlot de chaleur urbain » l'observation des différences importantes entre les températures mesurées en milieu urbain et celles mesurées dans les campagnes avoisinantes (Bozonnet, 2006). Ces différentiels de température peuvent varier parfois de 8 °C à 10 °C (Givoni ,1998). La figure I.3 illustre un exemple de variation de température en milieu urbain et rural pour une fin d'après-midi estivale. Elle illustre également un profil de cette variation qui forme au niveau du centre-ville un pic, semblable à un « îlot ». L'effet d'îlot de chaleur peut avoir des effets positifs pendant l'hiver en ce qui

concerne les dépenses pour chauffer l'intérieur des édifices. Par contre, dans les climats chauds, l'augmentation de la température extérieure entraîne une élévation de la demande énergétique de climatisation (Tsoka, 2011).

L'évolution du phénomène d'îlot de chaleur repose sur la contribution de plusieurs facteurs morphologiques, Ces paramètres représentent des facteurs importants de modification du climat des villes, sans oublier un des facteurs dont la contribution au développement des îlots de chaleur urbain est significative, à savoir la présence de flux de chaleur aux activités industrielles, le chauffage des bâtiments, la climatisation ainsi que les transports motorisés produisent la chaleur avec pour effet une augmentation de la température. Pourtant, l'importance des activités produisant de chaleur est limitée (sauf en hiver pour des villes froides) et la chaleur émise dans les rues dépasse rarement 50 W/m², ce qui est presque négligeable par rapport au rayonnement solaire (Karin et al. 2003).

Dans la partie suivante les différents facteurs morphologiques sont explicités et les modifications engendrées par la morphologie urbaine sont examinées.

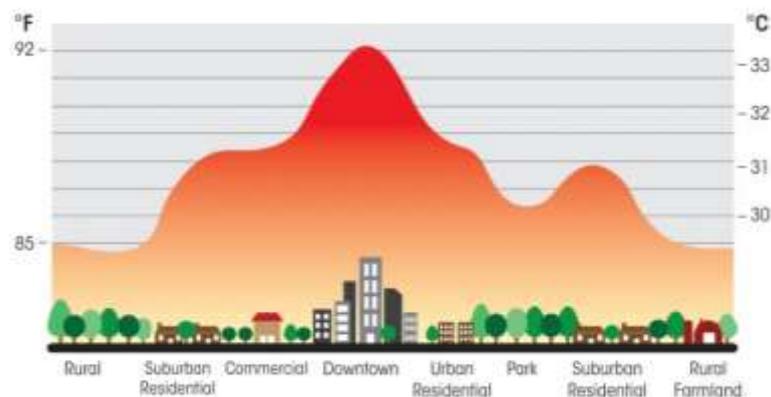


Figure I. 3 : Exemple de variation de température en milieu urbain et rural pour un temps d'après-midi estival. **Source :** (Santamouris, 2001)

I.3.2 Paramètres morphologiques liées à la modification de la température d'air et de rayonnement solaire

I.3.2.1 Effet de la densité bâtie

D'après Merlin et Choay (cité par Ouamour, 2007), la densité bâtie fait référence à l'emprise des bâtiments sur le parcellaire, elle prend en compte la surface utilisée par les

équipements publics (écoles, locaux collectifs divers, ...etc.), les équipements privés et par les logements d'habitation. La densité de bâtie varie en fonction d'occupation de sol, il est fondé sur une progression de l'habitat collectif du plus compact vers l'habitat individuel pavillonnaire et le plus ouvert. Souvent on note que le cœur des villes est plus dense que les parties périphériques, car les parcelles sont occupées en totalité. Les espaces publics et les vides subsistant entre le bâti sont alors de faibles dimensions horizontales (Ait-ameur, 2002). Un îlot de chaleur se forme souvent au-dessus des toits. Cet îlot génère une élévation de la température de l'air d'autant plus importante que les mailles urbaines sont denses.

Les écarts recensés entre les centres villes et la périphérie sont souvent importants notamment au niveau des stations météorologiques aéroportuaires, de l'ordre de 5 à 10°C (Akbari et al., 1992 ; Santamouris et al., 2001). Une autre étude effectuée par Oke (1988) sur 30 villes américaines et européennes, les résultats confirment que le degré de densité urbain des tissus urbains affecte considérablement l'intensité du phénomène d'îlot de chaleur. Boukhezer (2002) a mené une étude sur trois tissus urbains présentant des densités d'occupation de sol différentes dans la ville d'Oran, les résultats montrent une relation proportionnelle entre la densité surfacique des bâtis et la quantité d'énergie journalière absorbée par les surfaces urbaines, le tissu qui se caractérise par une morphologie organique et une grande densité surfacique présente la plus grande quantité d'énergie solaire absorbée en comparaison avec les deux autres tissus, cela signifie que la densité surfacique affecte significativement la quantité d'énergie solaire absorbée et stockée par les surfaces constituent le cadre bâti, pour cette raison les espace publics des tissus urbains denses reçoivent une faible quantité des rayonnement solaire, ce qui implique une ombre sur une durée importante de la journée (Matallah,2015).

Dans le climat chaud et aride (Hamel, 2005) a étudié la relation étroite entre le niveau de densité et l'environnement thermique extérieur dans la ville de Biskra, la densité était considérée comme paramètre physique qui affecte significativement sur l'aspect thermique extérieur. Les résultats obtenus montrent que les anciens tissus de la ville de Biskra caractérisés par une densité élevée sont les plus avantageux en terme de control climatique ce qui était le contraire aux quartiers faiblement denses (les bâtiments collectifs, et l'habitat pavillonnaire).

I.3.2.2 Effet des propriétés thermiques des surfaces urbaines

Un autre facteur important affecte le microclimat à l'échelle de la rue, c'est bien celui de l'Albédo des surfaces urbaines, là où les matériaux de construction sont caractérisés par leur couleur et leur texture, et donc leur degré de réflectivité pour le rayonnement solaire, l'effet de la réflectivité des matériaux sur la modification du microclimat, et sa contribution dans l'augmentation ou la diminution de la température de l'air en milieu urbain a fait l'objet de plusieurs études. En 2008, Colomber affirme que les surfaces avec un faible albédo sont plus chaudes que celles avec un fort albédo.

En 2004, Doulos et al ont effectué une analyse comparative visant à réduire la température ambiante, les matériaux ont été classés selon leur performance thermique et propriétés physiques en matériaux "frais" et "chauds". L'impact de la couleur, la rugosité de surface et la taille ont été analysés également. Les résultats montrent que les couleurs claires des tuiles étaient plus fraîche et plus froides, tandis que les tuiles noires étaient les plus chaudes (Mansouri, 2008).

En 2009, une autre étude expérimentale du potentiel des matériaux sur la capacité d'absorption de l'énergie solaire a été menée par Karlessi et al , cette étude a montré que la quantité d'énergie absorbée augmente lorsque la température de surface est inférieure à la température de transition de 30°C et qu'elle diminue lorsque la température dépasse le seuil de transition (Athamnia, 2012).

Asaeda et al., (1993) ont montré que le stockage de la chaleur par le sol au cours de la journée est plus important pour les sols revêtus en asphalte et en béton et moins pour la surface de sol nu. L'utilisation de simulations climatiques par Taha en 1997 a montré que la température de l'air l'après-midi en été peut être abaissée de plus de 4°C en faisant passer l'albédo de surface de 0,25 à 0,40 pour les latitudes typiques moyennes des climats chauds.

En termes d'inertie thermique (Ali-toudert et al, 2002) confirment que les parois urbaines présentent une forte inertie thermique conduisant à une forte capacité de stockage de la chaleur et un amortissement des ambiances thermiques extérieur. Ce phénomène engendre un déphasage des températures entre la nuit et le jour. Ce déphasage thermique maintient une partie de la matinée à des températures fraîches produites par le refroidissement nocturne et une partie de la nuit à des températures plus chaudes produites par l'accumulation thermique en journée. Ce phénomène d'inertie thermique est davantage

présent dans les espaces étroits présentant une faible ouverture au ciel tels que les rues ou les cours intérieures. (Girra, 2017).

I. 3.2.3 Effet de l'orientation des rues

L'orientation des rues est un autre paramètre principal pour moduler le microclimat au sein de celles-ci. Les rues orientées Nord-Sud sont plus confortables, que ce soit en été ou en hiver, que les rues orientées Est-Ouest (Bozonnet et al., 2006). Dans un climat chaud et aride, Ali-Toudert et Mayer, (2006) ont étudié le rôle de l'orientation solaire d'une rue canyon sur l'environnement thermique extérieur. Les résultats montrent que le confort thermique qui était évalué à travers le calcul de l'indice PET est presque indépendant de l'orientation lorsque le rapport (H/L) est égale à 0,5, en revanche, lorsque le rapport H/W est égal à 4, le confort est optimal pour les deux orientations Est-Ouest et Nord-Sud.

I.3.2.4 Effet de la géométrie urbain

La géométrie des constructions urbaines influence le climat des villes de différentes manières. En effet, les rayons de soleil réfléchis et absorbés entre les bâtiments opèrent d'une façon assez complexe ; le refroidissement dû au rayonnement net d'ondes longues vers le ciel se produit principalement au niveau des toitures tandis qu'une faible proportion provient des rues et des façades. En conséquence, le refroidissement, qui a lieu principalement en période nocturne, s'effectue lentement au niveau de la rue. De même, la géométrie des constructions influence l'état des vents en diminuant leur vitesse et en accentuant leur turbulence. Il est aujourd'hui démontré que la température des villes dépend de la hauteur des bâtiments (H) et de la largeur des rues (L) (Oke ,1987). Plus le rapport H/L est élevé plus on remarquera le phénomène de l'îlot de chaleur. Au lieu du rapport H/L, on utilise souvent le facteur de vue vers le ciel « *Sky View Factor* » (*SVF*) qui définit la section de la rue qui s'ouvre vers le ciel (Karin et al. 2003).

En 2006, Johansson a étudié l'influence de la géométrie urbaine sur le confort thermique extérieur en comparant deux canyons urbains situés à Fès (Maroc) ,avec deux rapports d'aspects (H/L) différent, le premier est situé dans la vieille ville et, caractérisé par un rapport H /L de 9,7 (canyon profond), le second est situé dans le nouveau quartier avec un rapport H/ L de 0,6, (canyon peu profond).

L'analyse de confort thermique par le calcul de l'indice PET montre que, le rapport (H/L) influe considérablement sur la quantité de rayonnement à la fois entrant et sortant, l'auteur confirme que dans les climats chauds et secs une forme urbaine compacte est préférable en termes du control climatique, pendant la période estivale, le canyon profond est plus confortable que le canyon faiblement profond. En revanche, pendant la période hivernal, le canyon peu profond est le plus avantageux en termes de confort thermique en raison de possibilité de captage solaire. L'évaluation du confort thermique à travers le calcul de l'indice PET suggère qu'en été, le canyon profond est plus confortable que le canyon peu profond. Cependant, pendant l'hiver, le canyon profond est le plus confortable en raison de possibilité de l'accès solaire.

En 2010 , Tzu-Ping et all ont étudié expérimentalement le confort thermique estival dans les espaces extérieurs d'un campus universitaire à Taiwan en utilisant l'indice de confort PET (Température Physiologique Equivalente). Les résultats montrent que le pourcentage des périodes thermiquement confortable augmente avec la diminution du degré d'ouverture au ciel (SVF) des surfaces, ou' les espaces présentant des surfaces avec un grand FVC risquent de provoquer des situations d'inconfort en été.

Une autre étude effectuée par Souza, (2007) dans la ville de Bauru au Brésil, l'auteur a déterminé numériquement le facteur de vue du ciel (FVC) de 40 points de mesure. L'analyse des résultats a montré qu'il n'y avait pas une relation claire entre SVF et la température moyenne de l'air, les résultats ont indiqué aussi que le FVC a une plus grande influence au cours de l'été que l'hiver.

L'interaction des paramètres climatiques avec les éléments physiques de la morphologie à un micro échelle traduit par le phénomène de piégeage radiatif. Ce phénomène consiste en l'absorption progressive des flux radiatifs issus des multi-réflexions sur les parois des bâtiments et sur le sol qui ne sont pas systématiquement redirigées vers le ciel pour mieux caractériser l'intensité du piégeage radiatif, on utilise souvent le rapport d'aspect (H/L). L'étude de l'impact du rapport d'aspect d'une rue sur son environnement thermique intérieur montre que plus le rapport H/L est grand, plus le phénomène de stockage de chaleur est marqué (Sakakibara, 1996), selon le même auteur la différence de quantité de chaleur restituée entre un canyon présentant un rapport H/L de 2 et un canyon avec un rapport H/L égal à 0,7 serait de 50 W/m². Bourbia et all, (2004) ont

observé que les surfaces verticales d'une rue avec un rapport H/L égal à 0,5 reçoit une grande quantité d'énergie solaire, en atteignant un pic de température surfacique de 53°C, le captage solaire diminue avec l'augmentation du rapport (H/L), cependant, un forte rapport H/W engendre le phénomène thermique de piégeage thermique au sein de la rue.

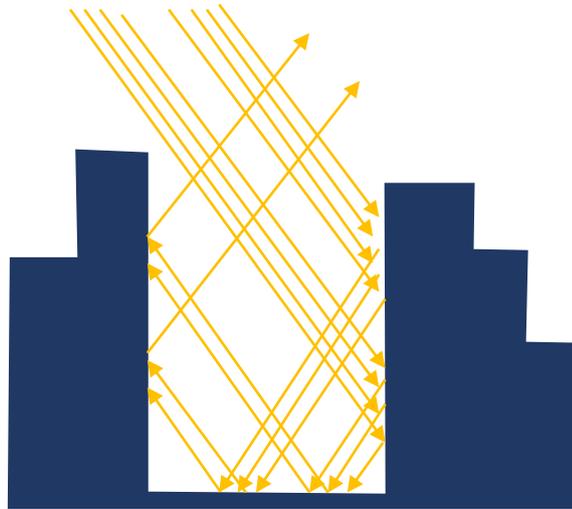


Figure I.4 : Le phénomène de piégeage radiatif au sein d'une rue

Source : Rigenbach, 2004 – adaptée par l'auteur, 2018

I. 3.2.5 Effet bioclimatique de la végétation et de l'eau dans le milieu urbain

Plusieurs études démontrent que l'usage des arbres permet de modifier fortement le climat local et peut en améliorer les conditions de confort extérieur, les arbres agissent comme des masques solaires, modifiant le champ de rayonnement solaire direct.

Selon (Bouyer, 2009) un groupe d'arbre ou une zone très végétalisée, permet la réduction de la température de l'air urbain par l'absorption du rayonnement solaire. Celui-ci est transformé en énergie chimique pour la photosynthèse et pour sa plus grande partie dissipée en chaleur latente.

En 2001, Santamouris, confirme que la température d'air ambiante est dépendante de la nature des surfaces environnantes, ou' la végétation affecte considérablement la quantité du rayonnement solaire émise sur un espace urbain, elle sert aussi à favoriser l'évapotranspiration d'eau et ainsi la réduction de l'effet du phénomène d'îlot de chaleur. (Johnston et al ,2004) montrent l'effet bioclimatique de la végétation sur la température. Ils

rapportent qu'un arbre mature qui transpire 450 litres d'eau a un effet refroidissant équivalent à celui de cinq climatiseurs qui fonctionneraient 20 heures par jour.

En 2007, Reiter a constaté que les écarts de température sont moins importants dans les régions végétalisées que dans les zones dégagées, du fait que dans les régions fortement boisées, le feuillage des arbres intercepte de 60 à 90% de la radiation solaire, empêchant ainsi l'augmentation de température du sol en journée. Ainsi, l'air s'échauffe dans une moindre mesure qu'ailleurs. Par ailleurs, les arbres empêchent l'émission du rayonnement terrestre vers la voûte céleste pendant la nuit, limitant ainsi la chute de température nocturne (Girra, 2017). Dimoudi et all, (2003) dans une étude paramétrique au centre-ville d'Athènes (Grèce), démontrent qu'une rangée d'arbres diminue la température de l'air environnant de 1 °C, tandis la création d'un parc au centre-ville en remplacement de bâtiments générerait une diminution de température de l'air environnant de 2 °C à plus de 6 °C.



Figure I.5 : Comportement de la végétation par rapport au rayonnement solaire.

Source : Reiter, 2007

Dans un climat chaud et aride, les champs de palmiers sont utilisés comme des parasols afin de protéger le cadre bâti des anciens tissus, ils servent à réduire la quantité de rayons solaires qui touchent les immeubles et le sous-étage constitué d'arbres fruitiers et d'herbes, ce qui permet de réduire la température d'air par l'effet combiné de l'ombre et le phénomène d'évapotranspiration à travers l'absorption de l'eau souterraine, ensuite l'eau s'évapore par des feuilles, ce qui refroidit l'air ambiant.

L'association du vent avec des éléments d'humidification (végétation et l'eau) permet aussi d'humidifier les masses d'air pendant leur passage (Figure I-6). La fraîcheur qui se

produit à l'intérieur d'une palmeraie peut être assimilée à celle d'un parc, il est définie par une intensité PCI (Palm Grove Cool Island) dont l'index est calculé comme différence entre la température de l'air externe et interne du parc (Oke, 1998).



Figure I.6 : l'effet rafraîchissant de l'oasis, **Source** : (Auteur, 2018)

Une autre étude expérimentale réalisé par Boudjellal, (2009) sur l'effet thermique de l'oasis et son comportement journalier dans un environnement rural avec un climat chaud et sec, les résultats montrent que la palmeraie par sa densité végétale crée un réservoir de fraîcheur pendant les premières heures du jour, et plus significatif après le coucher du soleil avec une intensité de fraîcheur (-2 à -3.1°C) qui se prolonge jusqu' à une distance de 200 m dans le désert .

Une autre recherche effectuée par Louafi ,2013 sur l'impact de la végétation sur la qualité des ambiances thermiques extérieures, a conclu qu'il faut végétaliser les espaces publics où le SVF est important, il faut choisir judicieusement l'emplacement des arbres pour bénéficier de leur effet de masque désiré selon l'orientation et selon l'incidence des rayons solaires, en prenant en considération les dimensions et la hauteur de ces arbres, l'auteur montre aussi que l'existence d'un bouquet d'arbres abaisse la température ressentie, par rapport à un seul arbre, ce qui démontre l'effet de la masse végétale sur le confort thermique de l'environnement immédiat. La géométrie de l'arbre la plus avantageuse en été comme en hiver pour l'ombre est celle caractérisée par une hauteur réduite de la tige avec une grande largeur de l'arbre (Boukhelkhal, 2014).

L'eau constitue un autre moyen de rafraîchissement d'air ambiant par phénomène d'évaporation qui permet de rafraîchir l'air en raison de la chaleur latente de vaporisation. La présence de l'eau grâce à des fontaines, des piscines, des cascades contribue également à l'augmentation de l'humidité d'air et à modérer les températures de surface extrêmes en raison de sa grande capacité de stockage thermique (Bouyer, 2009). Difeenbaugh et al, 2006, ont fait une étude comparative entre un microclimat à l'intérieur d'un parc, une grande partie de sa surface caractérisée par des bassins d'eau, et le microclimat d'un espace ouvert de même superficie mais sans l'eau, les résultats montrent que la température d'air est inférieure de 2°C dans le parc, l'humidité relative était aussi plus importante dans le parc, l'indice ASV a été amélioré de 10 à 20% dans le premier cas que dans le deuxième.

Ces résultats nous mènent à la conclusion que l'eau contribue fortement à l'amélioration du microclimat urbain. (Zhiwei et al, 2017) ont effectué une étude numérique sur l'effet bioclimatique de l'eau dans la région de Lingnan (Chine), les auteurs ont mis l'accent sur la profondeur des surfaces humides, et la surface d'occupation de ces étendus comme paramètres qui ont été corrélés avec les données climatologiques recueillies par le biais de la simulation numérique, la surface d'occupation d'eau varie entre 4% et 16% de la surface totale étudiée, pour la profondeur, les auteurs ont étudiés deux profondeurs différentes une profondeur de 1m et une autre de 3m. Les résultats montrent que l'effet de la modification de la surface d'occupation de l'eau sur l'environnement thermique est plus évident que celui de la modification de la profondeur de l'eau, où la température de l'air dans le cas d'une occupation de 4% est inférieure de 0,2 °C en comparaison avec une occupation de 16%.

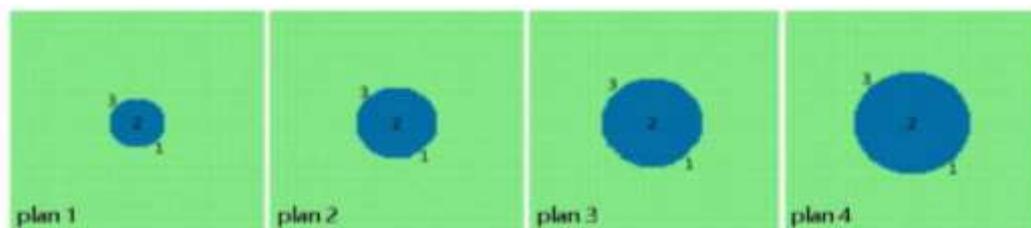


Figure I.7 : les différents modèles simulés

Source : Zhiwei et al, 2017

I.3 Les phénomènes aérologiques urbains

Dans un contexte urbain, le vent est un paramètre climatique qui affecte considérablement le niveau de confort humain, généralement l'air se déplace des zones de hautes pressions vers des zones de basses pressions (Pardyjak et al, 2000), la porosité d'un tissu urbain est l'un des facteurs physiques les plus importants influençant la pénétration du vent dans une agglomération urbaine, grâce aux obstacles physiques (bâtiments, arbres...etc.) le vent est soumis à une variation de sa trajectoire en arrivant avec une vitesse plus faible en comparaison avec sa vitesse d'origine.

À une micro-échelle. D'après une recherche faite par Gandemer et al (1976) (cité par Ouamieur, 2009) le comportement du vent autour des bâtiments est très complexe. Selon le même auteur l'interaction entre les bâtiments et le vent génère des distributions de vent très variées au niveau du sol. La figure 2.9 illustre quelques exemples de comportement du vent autour des bâtiments. Gandemer, et al 1976 montrent plusieurs effets aérodynamiques tels que :

- 1. l'effet venturi :** c'est un phénomène engendré par des bâtiments dessinant un angle convergent dans la direction du vent.
- 2. l'effet de maille :** c'est un effet provoqué par une juxtaposition des bâtiments en forme de poche ou d'alvéole. Cet effet diffère selon les dimensions de la maille, selon sa forme (ouvert, fermé, parallèle au vent par exemple) et la direction du vent
- 3. l'effet des barres :** c'est une déviation en vrille de l'écoulement au passage d'une barre pour une incidence voisine de 45° . Le phénomène est généré dans le cas où la barre est isolée ou dans le cas de plusieurs barres de hauteur voisines si les espacements entre les constructions sont inférieurs ou égaux à la hauteur des bâtiments
- 4. l'effet de passages sous les immeubles :** c'est un phénomène d'écoulement qui s'observe dans les trous ou dans les passages sous immeuble qui relie l'avant du bâtiment en surpression et son arrière en dépression (Athamna, 2012).

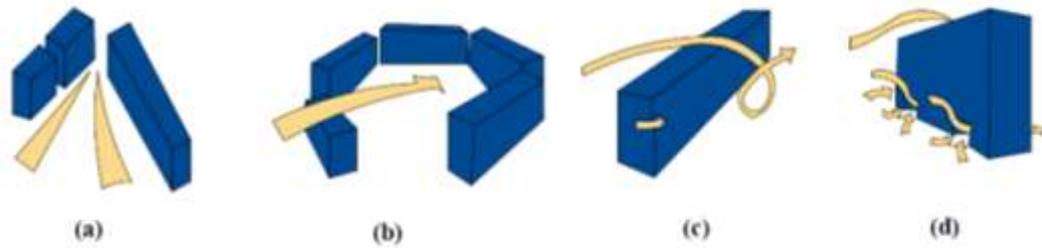


Figure I.8 : Quelques effets aérodynamiques types

Source : Gondemar et al, 1976 – adaptée par l’auteur, 2018.

I.3.1 Paramètres morphologiques affectant les phénomènes aérauliques

I.3.1.1 L’effet de la géométrie urbain et de l’orientation des rues

Les différents régimes d’écoulement dans une rue peuvent être caractérisés en fonction du prospect H/L , une fois dans l’espace (lorsque les dimensions urbaines le pénètrent), les façades environnantes peuvent canaliser le vent, le freiner et entraîner des mouvements tourbillonnaires au pied des constructions (Boukhabla, 2015), ces régimes d’écoulement sont déterminés par le degré d’interaction entre les écoulements générés en aval du bâtiment face au vent et en amont du bâtiment sous le vent, (figure 2.10), ils sont classés comme suit :

1. Le régime de rugosité isolée, correspond au cas où les écoulements n’interagissent pas, lorsque la rue est plus large, caractérisée par un prospect $H/L < 0.33$.
2. Un régime de sillage interférent pour un prospect moyen compris entre 0.33 et 0.65 ($0.33 < H/L < 0.65$).
3. Un écoulement rasant pour un prospect de la rue $H/L = 0.65$ (Grira, 2017).

Le tracé des rues, l’orientation des bâtiments et l’agencement des îlots (morphologie urbaine) peuvent affecter les conditions de l’écoulement. La circulation naturelle de l’air est induite soit par une zone de passage des vents dominants, soit par les courants d’air d’une zone de haute pression vers une zone de basse pression.

La ventilation est optimisée lorsque les rues sont orientées dans la direction des vents dominants. Seule la façade sur rue des bâtiments est en haute pression, les autres orientations restent en basse pression. Lorsque les constructions sont implantées

diagonalement sur les parcelles, les zones de haute et de basse pression englobent alternativement le bâti, assurant ainsi une ventilation transversale. Les bâtiments orientés perpendiculairement aux vents dominants dévient les flux d'air (Bouchahm, 2011).

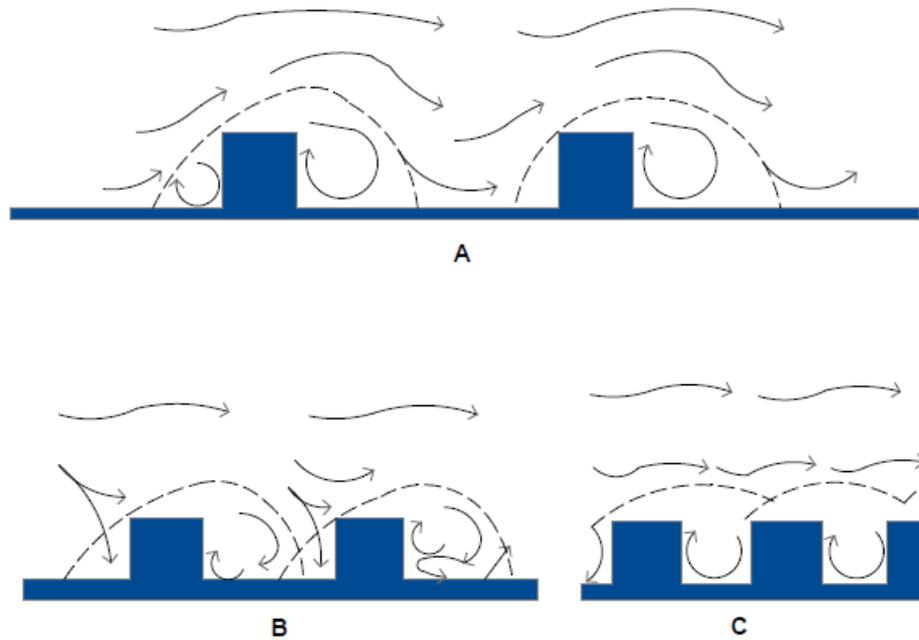


Figure I.9 : Les trois régimes d'écoulements dans les rues canyons pour différents prospectifs et pour un vent incident perpendiculaire : (A) écoulement de rugosité isolée, (B) écoulement de sillage interférent, (C) écoulement rasant.

Source : Oke, 1988 – adaptée par l'auteur, 2018

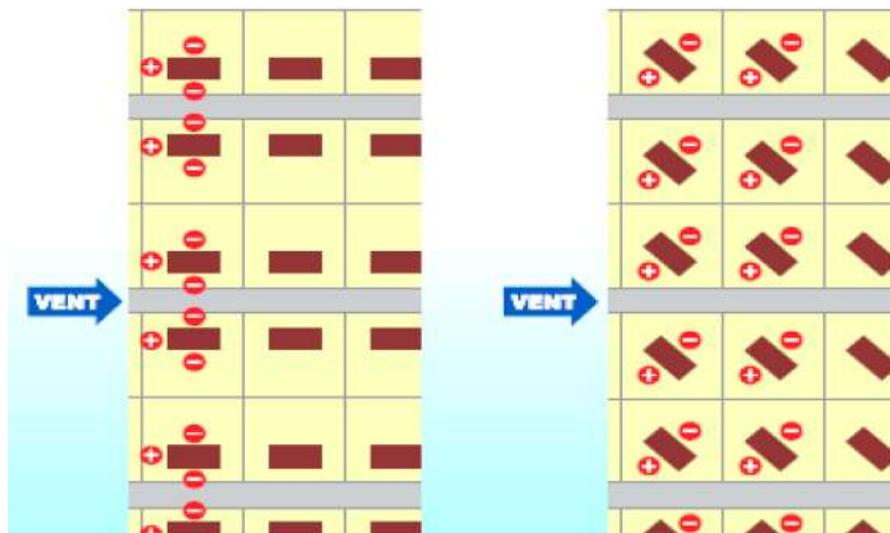


Figure I.10 : Impact du tracé des rues et de l'implantation des bâtiments sur leur ventilation.

Source : (Bouchahm , 2011)

I.3.1.2 Effet de la végétation sur l'écoulement d'air

Les arbres ont un rôle sur l'écoulement de l'air, la présence d'arbres plantés peut modifier la rugosité dynamique ou la force de frottement du vent, une faible perméabilité du vent (plantation dense) provoque une plus grande réduction de vitesse, la forte présence d'arbres offrant un feuillage large et entraînant une forte réduction de la turbulence du vent (Brunet, 2016). D'après Heusch 1988 cité par (Boudjelab, 2009), confirme que la réduction de la vitesse du vent conduit à une élévation de la température d'air et permet de prévoir une diminution notable de phénomène d'évaporation. Dans un climat chaud et aride, les vents chauds sont dominants, et souvent accompagnés de tourbillons de sable, dans ce milieu, la plantation des palmiers est considérée comme une stratégie passive qui permet de rafraîchir l'air chaud due au phénomène d'évapotranspiration, d'autre part il sert à arrêter la distribution des particules de sable soulevées par le vent.

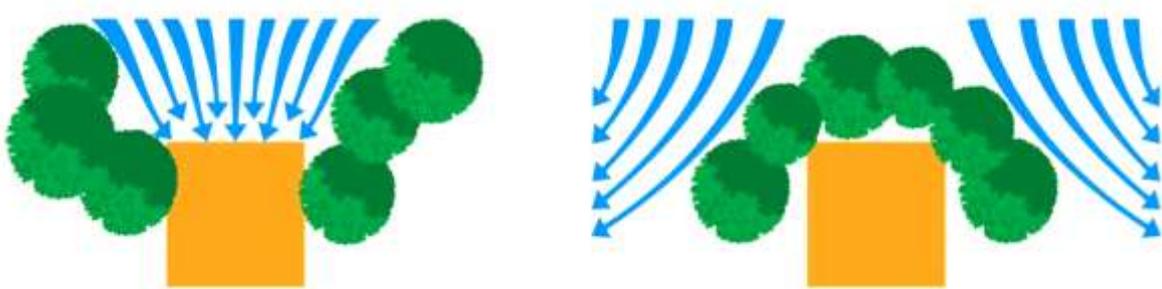


Figure I.11 : L'utilisation de la végétation comme guide aéraulique.

Source : (Reiter, 2007)

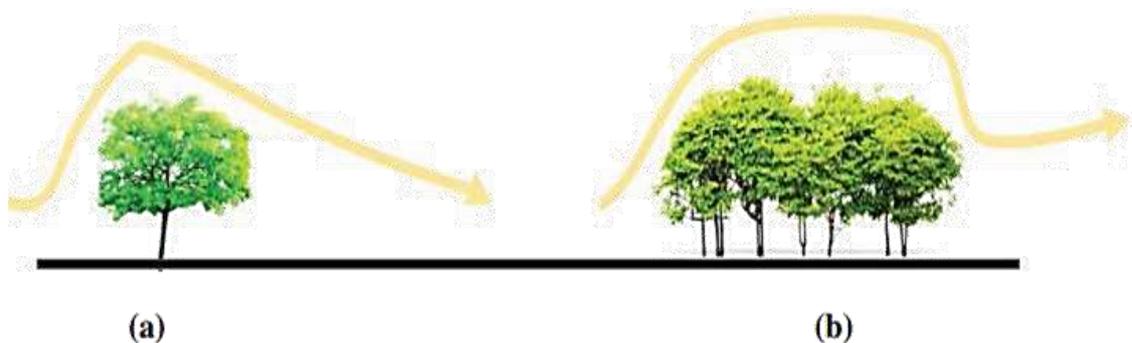


Figure I.12 : Contrôle du vent par la végétation, (a) Mouvement du vent sur une barrière étroite, (b) Mouvement du vent sur une barrière large.

Source : (Munier. 1973– adaptée par l'auteur, 2018)

I.4 Formes urbaines génériques dans les villes sahariennes en Algérie et leur effet sur le microclimat

La ville est composée par l'assemblage de plusieurs formes urbaines reflétant chacune une époque historique donnée. Chaque époque a produit des formes urbaines différentes typologiquement. Les variations sont observées d'une part dans l'organisation du bâti et la forme des parcelles, d'autre part dans les formes urbaines et leur mode d'aménagement (Athamna, 2012).

En effet, la majorité des villes à climat chaud et aride, présentent des formes urbaines différentes, les formes traditionnelles reflétant les modèles classiques qui s'inspirent de la ville compacte et dense sont les noyaux principaux des villes sahariennes, au sein de ces îlots, les habitations sont juxtaposées et organisées autour des cours, les surfaces sont moins exposées au rayonnement solaire et caractérisées par une forte inertie thermique, les ruelles sont sinueuses et étroites, s'enchevêtrent à travers la disposition des habitations ou les séguias sont considérés comme des éléments générateurs des tracés, ces îlots s'intègrent d'une façon parfaite à son environnement immédiat (palmeraie) cette intégration fait du cadre bâti une protection parfaite contre le rayonnement solaire et le vent de sable notamment en période estivale (Alkama, 1995).

En revanche, l'étalement urbain génère des nouveaux tissus urbains, dont la forme paraît souvent en rupture radicale avec l'identité locale de la région. Le tissu pavillonnaire (les lotissements) et les grands ensembles collectifs sont les principales formes engendrées par le phénomène d'urbanisation, le tissu pavillonnaire est beaucoup moins dense, avec des propriétés individuelles qui s'implantent sur des grandes parcelles. En effet, cette décennie a été marquée par l'avènement d'une nouvelle génération de configurations urbaines connue sous l'appellation de ZHUN (Zones d'Habitat Urbain Nouvelles), ces derniers ont fait leur entrées dans les villes sahariennes pour répondre à la crise du logement. Il s'agit d'un mode d'occupation qui consomme moins d'espace, la taille des immeubles d'habitat collectif est très variable : il peut s'agir de tours, de barres, mais aussi le plus souvent d'immeubles de petites tailles. (Matalah, 2015).

Concernant l'impact de la diversité formel sur la modification climatique, une étude effectué par Hamel, 2005, sur l'impact de la compacité des tissus urbain sur la modification climatique dans la ville de Biskra, l'auteur a classifié les tissus urbains selon

la densité urbaine. Le tableau (I.1), présente les résultats des calculs des coefficients retenus pour définir la densité urbaine, pour les échantillons étudiés. La lecture du tableau, permet de distinguer les trois niveaux de densité définis dans la ville de Biskra. Les deux échantillons de la première catégorie (tissus très denses) présentent les plus hauts niveaux d'occupation du sol, avec un CES brut de 0.69 pour le quartier traditionnel et 0.64 pour le quartier auto construit non planifié. En deuxième position viennent le quartier en damier et le lotissement, avec des CES respectivement de 0.51 et 0.42. Et enfin, le quartier des 500 logts, avec un taux d'occupation trop faible, qui ne dépasse pas 0.09.

Comme mentionné par le même auteur, le coefficient d'emprise au sol (CES) représente le rapport entre la surface au sol de la construction et la surface foncière. Il permet de donner une information sur le pourcentage de la surface bâtie par rapport à la surface non bâtie.

Le CES est toujours compris entre les valeurs 0 et 1 (Saïdouni, 2000). On distingue un CES brut, qui introduit dans le calcul des surfaces non bâties, la surface de la voirie, des espaces verts et des équipements, ainsi qu'un CES net se mesurant à l'échelle de la parcelle. En fait ce dernier coefficient apparaît comme une prescription entre autres, utilisée dans les règlements d'urbanisme pour exprimer le rapport "bâti / non-bâti" ou "plein / vide" au niveau des parcelles (Hamel, 2005).

Les résultats climatiques montrent qu'il y'a un réchauffement urbain dans la ville de Biskra, par ailleurs le réchauffement n'est pas pareil dans tous les échantillons, ce phénomène à une relation directe avec la forme urbaine défini par la densité de cadre bâti, le constat légué par l'analyse comparative des résultats fait paraître une progression des températures moyennes journalières de l'air et radiantes qui va de pair avec la diminution de la densité, les résultats montrent aussi que la première catégorie constitue le cas optimale du point de vue contrôle microclimatique, pour cette expérimentation. La réduction du réchauffement est due dans le premier cas à Il ressort de la, que si l'on arrive à combiner entre la forte densité et compacité d'un bâti planaire² et l'intégration appropriée de l'élément végétal, on pourra obtenir un cas parfait d'un point de vue : d'atténuation de l'effet thermique urbain, et de la correction des effets indésirables sur le microclimat de la ville (Hamel, 2005).

Tableau I.1 : Détermination du coefficient d'emprise au sol brut, du coefficient de forme et du rapport des surfaces exposées aux autres surfaces, pour les différents échantillons étudiés.

Source : (Hamel, 2006)

Echantillons		M'cid	Star Melouk	Damier colonial	Hay El Moudjahidine	500 Log
surface totale de la zone investie par l'étude (m ²)		22249.63	113010	131590	7959282	103133.56
Surface totale bâtie (m ²)		15274.35	72146	66900.35	33605.25	9168
Surface non bâtie (m ²)	Au niveau de la zone d'étude	6975.38	40864	64689.65	45987.57	93965.56
	Au niveau des parcelles ou des ilots	137.56	0	14500.75	7373.98	55638.96
Surface du réseau de voirie (m ²)	Jardin de quartier	0	0	352	1138	0
	Place / espace de desserte ou de jeux	238.23	1184	0	644	7250.1
Coefficient d'emprise au sol	Au niveau de la parcelle (net)	0.99	1	0.82	0.82	0.16
	Au niveau du quartier (brut)	0.69	0.64	0.51	0.42	0.09
Volume totale des enveloppes bâties (surface exposée) (m ²)		99149.53	298780.6	648302.45	228271.10	126.720
Rapport surface exposée / surface non exposée		29301.65	75871	172989.87	79759.88	50709
Coefficient de forme		0.29	0.25	0.37	0.35	0.49
Rapport surface exposées / surfaces non exposées		1.92	1.05	2.58	2.37	5.53

I.5 Confort thermique extérieur

Le confort thermique signifie le bien-être physique des êtres humains exposés à une influence climatologique, Les facteurs climatiques qui influencent le confort thermique sont la température de l'air, l'humidité de l'air, le rayonnement (ondes courtes et longues) et les mouvements de l'air. En plus de ces facteurs « extérieurs » il faut y ajouter d'autres facteurs propres à chaque individu tels que le degré d'activité et l'habillement (Karin et al. 2003). Givonie (1978) affirme que le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour le confort humain,

ce dernier est étroitement lié à des paramètres individuels mais aussi à l'intensité des composantes climatiques de l'environnement immédiat. Les réponses de l'organisme apparaissent, avec la modification de la température interne du corps et de la sudation. Le sentiment de confort ou d'inconfort, exprimé à partir de l'état thermique du sujet, qui peut être très influencé par des perceptions locales désagréables.

Plusieurs approches ont été développées pour comprendre la complexité de concept de confort, l'approche physique du confort thermique considère seulement les interactions de l'homme avec l'environnement en termes d'échanges de chaleur. L'approche physiologique s'intéresse aux mécanismes d'autorégulation mis en jeu dans un environnement thermique. L'approche psychologique se penche sur les phénomènes psychologiques (sensation, comportement), l'analyse de confort thermique doit être effectuée en considérant ces différents approches (Moujalled, 2007).

I.5.1 Bilan Thermique Humain

Face aux conditions thermiques extérieures, l'homme a besoin de maintenir sa température corporelle entre 36.50°C et 37°C. La stabilité de la température corporelle chez l'homme impose un équilibre entre les différents flux de chaleurs produits et échangés avec l'environnement, le bilan thermique d'un individu correspond à l'ensemble des échanges de chaleur subis par l'organisme. L'équation du bilan thermique à l'équilibre met en jeu beaucoup de phénomènes interactifs. Elle peut s'écrire sous la forme (Gómez et al 2004) :

$$0 = M \pm R \pm C_v \pm C_d - E \quad \dots \text{(Eq. 3)}$$

Où' :

- **M** : est la chaleur métabolique
- **R** : est l'échange de chaleur par rayonnement
- **C_v** : l'échange de chaleur par convection
- **C_d** : est l'échange de chaleur par conduction
- **E** : est l'échange de chaleur par évapotranspiration.

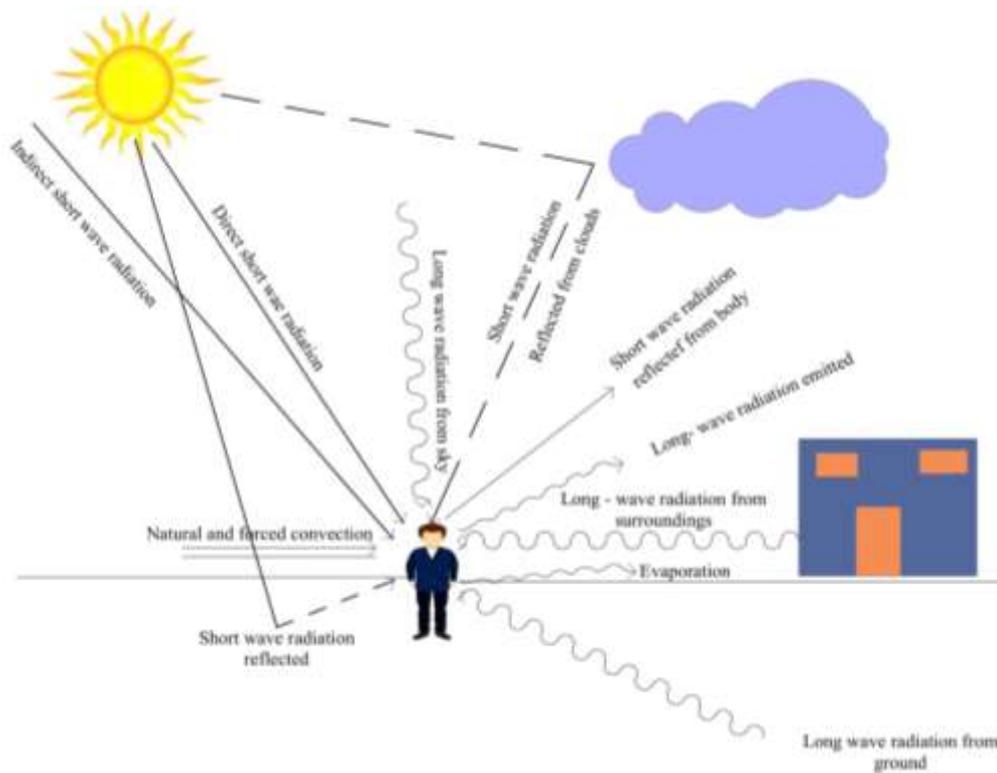


Figure I.13 : Les composantes du bilan énergétique humain.

Source : Houghton, 1985 cité par Ali-toudert, 2005.

I.5.2 Paramètres affectants le confort thermique

Le confort thermique de l'homme dépend essentiellement de plusieurs paramètres d'ordre climatiques (température d'air, l'humidité relative, vitesse d'air, et rayonnement) et d'ordre personnels (métabolisme et niveau d'isolation).

1. **Température d'air :** La température d'air est celle qui est donnée par un thermomètre, dont le réservoir se trouve placé à l'abri du rayonnement solaire, c'est une grandeur physique qui peut être exprimée, soit en degrés Celsius, soit en degrés Fahrenheit, et qui indique le taux d'échauffement et de refroidissement de l'air. En réalité, la température d'air est le résultat de l'effet des échanges de chaleur qui existent dans l'espace, la couche d'air relie directement avec le sol chaud est échauffée par conduction, cette chaleur se transfère soit par diffusion due aux turbulences créées par le vent ou par convection aux couches supérieures. La température d'air varie également suivant le changement du rayonnement solaire, du vent, de l'altitude et de la nature du sol.

2. **L'humidité relative :** C'est la teneur en eau de l'air, on distingue l'humidité absolue exprimée en g/m³ et l'humidité spécifique en g/kg. La quantité de vapeur d'eau que peut emmagasiner une unité de volume d'air est limitée : sa valeur maximale s'appelle l'humidité saturante. Si l'on rapporte l'humidité absolue à l'humidité saturante, on obtient l'humidité relative exprimée en %" (Tabeau, 2000).
3. **Vitesse du vent :** La vitesse de l'air correspond au mouvement de l'air sur le plan horizontal d'une zone de haute pression vers une zone de basse pression. Elle varie en fonction du temps et d'espace, la fréquence de sa variation peut s'estimer par le calcul de la vitesse moyenne (mètre/seconde).
4. **Le niveau d'habillement :** L'habillement représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement. La résistance thermique du vêtement aux transferts de chaleur (Icl ou Rv) est souvent exprimée dans une unité que l'on note clo (1 clo= 0.155 m².K/W). Un « clo» représente l'isolation apportée par une tenue d'intérieur typique d'hiver. L'isolation thermique d'un vêtement peut être soit mesurée, soit calculée en cumulant l'isolation des différentes parties du vêtement (Sprague et al. 1974), cité par (Vinet, 2010)

Tableau I.2 : Niveau d'isolement thermique de chaque type d'habillement

Source : Mazari, 2012

Habillement	Isolement Thermique	
	Clo	m ² K/W
Aucun	0.0	0.000
Short	0.1	0.015
Habits légers d'été	0.5	0.080
Habits légers de travail	0.7	0.110
Habits d'hiver pour l'intérieur	1.0	0.155

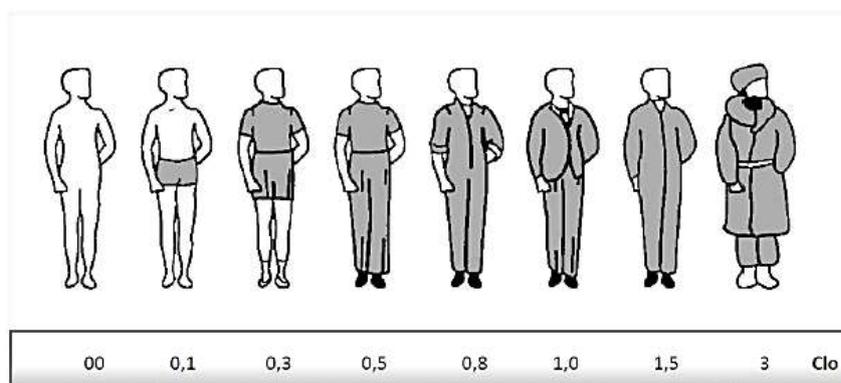


Figure I.14 : Valeur de différents niveaux vestimentaires.

Source : (Mazari, 2012)

- 5. Le niveau d'activité physique (métabolisme) :** C'est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de 36,7 °C. Lorsqu'une personne est en mouvement, un métabolisme de travail correspondant à son activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos. Le niveau d'activité se mesure en "met", les valeurs caractéristiques de l'activité métabolique des individus sont fournies dans la figure suivante.

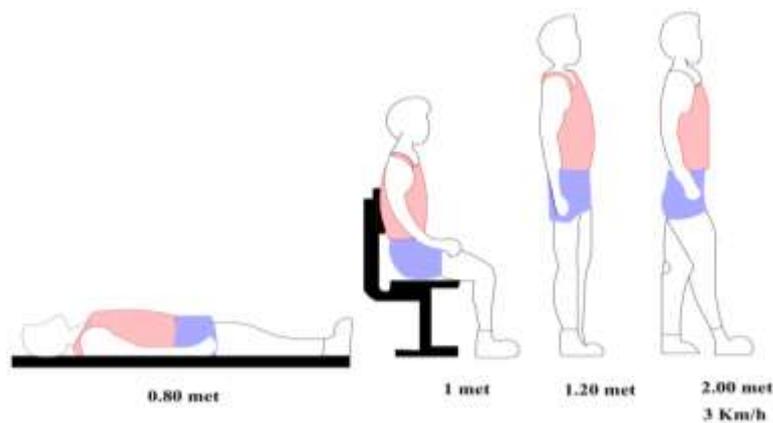


Figure I.15 : valeurs de métabolisme de chaque type d'activité physique

Source : Mazari, 2012

I.5.3 Les indices de confort thermique

Depuis les dernières décennies, l'évaluation du confort thermique se définit comme l'étude des échanges thermiques qui se produisent entre le corps et son environnement. L'intégration de ces transferts aboutit dans une approche physique à l'élaboration d'indices de confort thermique. De nombreux indices ont été développés pour prévoir les réponses thermiques et physiologiques du corps humain en fonction des conditions environnementales extérieures. Kitous, (2012) a indiqué qu'on peut subdiviser les indices de confort en deux catégories :

I.5.3.1 Les indices rationnels ou physiologiques

Ces indices intègrent tous les paramètres climatiques et basés aussi sur les calculs impliquant l'équation du bilan thermique de l'être humain (ASHRAE, 2001). Le calcul de ces indices basés sur la disponibilité des données climatiques permet l'évaluation de la

sensation thermique moyenne d'un groupe de personnes dans certain espace au cours de certaines activités (Fanger, 1970, Givoni, 1987).les indices rationnels les plus courants dans le sujet de confort sont :

- **SET (Température effective standard)** : La température effective standard, cet indice représente la température sèche équivalente d'une enceinte isotherme à 50 % d'humidité relative, dans laquelle un sujet, portant une vêtue standardisée par rapport à son activité, échangerait la même quantité de chaleur et aurait la même mouillure cutanée que dans l'enceinte réelle dans laquelle il se trouve (Moujalled, 2007). Le SET intégrant l'effet des six paramètres de base, et applicable dans des conditions transitoires chaudes, modérées ou froides. Les sensations thermiques peuvent être déduites des différentes valeurs de **SET** à partir du Tableau suivant (Parsons, 2003).

Tableau I.3 : La relation entre la température standard effective SET et la sensation thermique

Source : (Parsons, 2003)

SET (°C)	Sensation	L'état physiologique d'une personne
>37.5	Extrêmement chaud, très inconfortable	Echec de la régulation
34.5-37.5	Très chaud, très inacceptable	Sudation profuse
30.0-34.5	Chaud, inconfortable,	inacceptable Sudation
25.6-30.0	légèrement inacceptable	Sudation légère, vasodilatation
22.2-25.6	Confortable et acceptable	Neutralité
17.5-22.2	légèrement inacceptable	Vasoconstriction
14.5-17.5	Froid et inacceptable	Refroidissement ralenti du corps
10.0-14.5	Très froid, très inacceptable	Frissons

- **Les indices de confort PMV et PPD** : le PMV est un indice initialement développé pour les milieux intérieurs fût adapté aux espaces extérieurs par Jendritzky en 1993. L'indice PMV (Predicted Mean Vote) prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur l'échelle de sensation thermique, Il est basé sur l'équation du bilan thermique et est déterminé en fonction du métabolisme, de l'isolement vestimentaire et des quatre paramètres climatiques. L'indice PPD (Predicted Percentage of Dissatisfied) prédit quantitativement le pourcentage de personnes insatisfaites, car trouvant l'ambiance thermique trop chaude ou trop froide. Michael Bruse dans ses travaux effectués dans son programme de simulation Envimet a adopté neuf échelles de sensation thermique, la sensation thermique correspond à l'aspect qualitatif (chaud ou froid, localisation) et quantitatif (intensité) de la perception de l'état thermique personnel. Elle est liée aux messages sensoriels des différents thermorécepteurs informant l'hypothalamus

qui les intègre en une information globale capable de donner l'information de l'état thermique de l'individu (Narçon, 2001) cité par (Moujalled, 2007)

Tableau I.4 : valeurs du PMV selon neuf échelles de confort

Source : (Bruse, 2004)

Echelle de sensation	Sensation thermique
-4	Extrêmement Froid
-3	Froid
-2	Frais
-1	Légèrement frais
0	Neutre
+1	Légèrement tiède
+2	Tiède
+3	Chaud
+4	Extrêmement chaud

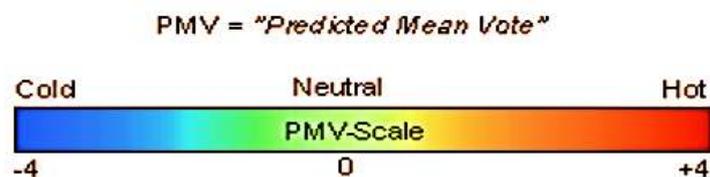


Figure I.16 : Classification des valeurs du PMV selon neuf échelles de confort

Source : (Bruse, 2004)

- **La température physiologique équivalente (PET) :** est définie comme étant la température de l'air en (°C) à laquelle le bilan énergétique pour des conditions d'intérieur assumées est caractérisé par la même température du corps humain et de la peau et le même taux de sueur que ceux calculés pour les conditions extérieures réelles. Cela, signifie qu'un individu dans une pièce avec une température d'air de 43°C atteint le même état thermique que dans les conditions en extérieur (Gianni ,2002).

Cet indice est le durement utilisé par les chercheurs, il a été testé dans des études de terrain dans différentes zones climatiques (Gulyas et al., 2006 ; Johansson et al, 2006 ; Thorsson et al., 2007) . Ainsi, l'indice de température physiologique équivalente (PET) (Höppe, 1993, 1999) a été choisi pour la recherche actuelle, car il montre certains avantages pour l'environnement extérieur par rapport à d'autres indices. Premièrement, PET a été mise au point en tenant compte des effets des flux de rayonnement à ondes courtes et à ondes longues dans les environnements extérieurs sur le bilan énergétique humain, de sorte qu'elle est appropriée pour l'évaluation du confort thermique extérieur.

Deuxièmement, la PET est déjà inclus dans la VDI 3787¹ allemande pour une évaluation biométéorologique humaine du climat dans la planification urbaine et régionale. Sa validité a été prouvée dans les climats chauds/arides et chauds/ humides (Spagnolo et De Dear, 2003 ; Ali-Toudert, 2005 ; Yang et al., 2013) . Troisièmement, la PET peut être estimée à l'aide de logiciels tels que RayMan, qui calcule la PET à partir de la température de l'air, de l'humidité de l'air, de la vitesse du vent, de la température radiante moyenne, des vêtements et de l'activité humaine (Mahgoub, 2016).

- **Température moyenne radiante :** C'est la température moyenne des surfaces entourant l'espace investigué, elle dépend des températures superficielles des parois urbaines et de l'intensité du rayonnement solaire, la température radiante moyenne peut se calculer à partir des lectures du thermomètre globe, lequel comporte un thermomètre ordinaire dont le réservoir se trouve placé au centre d'une sphère en métal de 10 cm de diamètre environ, peinte extérieurement en noir. Si TMR est la température lue au thermomètre globe, **T_a** la température de l'air ambiant et **V_s** la vitesse de l'air exprimée en (m/s), température globe noir (**T_g**), la température moyenne donnée sensiblement par l'expression :

$$\text{TMR (}^{\circ}\text{C)} = \text{Tg} + 0.24 \text{ V (Tg -Ta)} \quad \dots \text{(Eq.4)}$$

I.5.3.2 les indices empiriques :

Ces indices du confort thermiques sont des modèles qui se calculent sur la base des données climatiques (la température d'air, le rayonnement solaire, l'humidité et la vitesse de vent).

Ces types d'indice thermique peuvent donner l'évaluation du confort thermique de manière précise mais ont l'inconvénient d'être restreints au type d'environnement et de climat dans lequel l'étude a pris place. Ces indices ignorent généralement le rôle décisif de la physiologie humaine, l'activité, l'habillement, et d'autres données personnelles (taille, poids, âge, sexe). (Ali-Toudert, 2005). Parmi les indices empiriques les plus courants on trouve :

¹ VDI 3787 : Guideline, où les facteurs biométéorologiques humains sont définis et les méthodes d'évaluation recommandées pour le secteur «climat» sont expliquées

- **Température opérative humide :** Température d'un environnement uniforme à une humidité relative $RH = 100\%$ dans laquelle une personne perd la même quantité totale de chaleur de la peau, comme d'un environnement réel.
- **Température opérative :** Moyenne arithmétique de Température d'air et Température moyenne radiante qui inclut les flux thermiques radiatifs et solaires mesurés par des coefficients d'échange.
- **Indice de refroidissement du vent :** Basé sur le taux de perte de chaleur de la peau exposée causé par le vent et le froid et fonction de T_a et V_s , il est approprié pour la condition d'hiver. (Kitous, 2013) cité par (Boukhelkhal, 2014).

I.5.4 Méthodes et outils employés pour évaluer le confort thermique

L'étude de la relation entre la morphologie urbaine et le confort thermique est très complexe et pour sa modélisation, elle requiert différents méthodes et outils, dans la partie suivante nous présentons les méthodes et outils les plus courants dans le domaine de confort thermique humain.

I.5.4.1 Approche expérimentale

I.5.4.1.1 Quantification de l'ambiance extérieure par les mesures physiques

L'approche expérimentale basée sur la prise de mesures à l'aide des instruments portable est l'une des approches la plus courante dans le domaine de la climatologie urbaine, la prise des mesures des paramètres climatiques a l'avantage que les résultats obtenus reflétant une situation réelle, où l'influence de tous les paramètres physiques sont inclus. Cette approche a été utilisée par plusieurs recherches notamment celles effectués dans le climat chaude et aride. En 2006 Johnson a étudié l'effet de la géométrie urbain sur le confort thermique dans la région de Fez (Maroc), l'auteur a utilisé uniquement l'approche expérimentale pour donner des grandeurs aux modifications climatiques dans les deux périodes estivale et hivernale, les instruments portables sont fixés dans différents points avec différents rapports (H/L). Les paramètres climatiques mesurés sont : la température d'air, température moyenne radiante, l'humidité relative et la vitesse d'air, les résultats montrent que la rue canyon est le modèle le plus avantageux en termes de confort

thermique estival, afin d'étudier le confort thermique des gens, l'auteur a analysé un seul indice de confort PET. Mais aucune zone de confort propre à la région de Fez n'a été définie.

Ali-toudert et al , (2005) menant une étude quantitative basée sur la prise des mesure des températures d'air et des vitesses d'air dans la région chaude et aride de Béni-Isguen, située à M'zab (Algérie). Il s'agit de comprendre la relation entre les paramètres morphologiques urbaines notamment la densité du cadre bâti , le rapport H/L et la variation microclimatique dans quatre secteurs urbains en période estivale, les auteurs montrent que la qualité de l'environnement thermique à l'échelle de la rue est étroitement relié avec le degré d'exposition solaire et la vitesse d'air à l'intérieur de la rue , ainsi que le réchauffement ressenti pendant la journée est largement affecté par la dissipation de la chaleur par les surfaces urbaines pendant la nuit. Cette étude a analysé seulement les deux paramètres climatique (température d'air et vitesse d'air), en revanche le microclimat peut être défini par plusieurs autre paramètres climatique tel que la température moyenne radiante, l'humidité relative qui n'ont pas été indiqués dans cette recherche, en plus les auteurs n'ont pas cherché à analyser le confort thermique des gens.

I.5.4.1.2 Les enquêtes in situ

Dans le domaine de la morphologie urbaine et ses interaction avec le confort thermique, les enquêtes in situ visent à identifier le niveau de confort thermique auprès des sujets sur leurs environnements thermique à travers les réponses perceptives et affectives des sujets, l'analyse des données recueillies permet de ressortir les conditions qui ont été jugées confortables, ou même de développer des indices de confort thermique tels que PMV et PPD (Humphreys, 1998).

Nicol, 1993 propose de classer les enquêtes in situ en deux types selon le mode d'échantillonnage : enquête transversale et enquête longitudinale.

Les enquêtes transversales sont réalisées avec une large population où chaque individu contribue à un seul ou un nombre limité de votes. Dans les enquêtes longitudinales, la population est limitée, mais le nombre de contribution de chaque individu est beaucoup plus important permettant ainsi de suivre l'évolution du confort thermique sur une séquence de temps. Selon le même auteur les enquêtes peuvent être multipliées sous les différents climats (sec, humide, tropical, méditerranéen, etc.). (Moujalled, 2007).

A travers la littérature sur les enquêtes in situ réalisées dans le domaine de confort thermique extérieur, nous n'avons pu distinguer que peu d'enquêtes réalisées en climat chaude et aride. Il y avait des enquêtes réalisées par les auteurs (Mahgoub, 2016. Yahya et al, 2013 . Mahmoud ,2011), pendant lesquelles les différentes grandeurs physiques de l'environnement thermique (température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité de l'air) sont mesurées parallèlement à l'évaluation subjective de l'ambiance thermique à l'aide d'échelles de jugements (vote de sensation, vote de satisfaction et vote de préférence).

Ces enquêtes sont réalisées aussi dans le but de déterminer les informations sur les vêtements et les activités des sujets pour permettre de calculer numériquement les différents indices de confort, notamment le PMV/PPD et le PET, OUT_SET. Le confort, déduit des indices simulés, peut être comparé à celui perçu par les sujets in situ afin de ressortir la zone de confort de différents indices, ainsi que d'identifier les conditions du confort thermique dans différents types d'espaces publics, et voir quel espace d'après les usagers présentant plus de confort thermique en été qu'en hiver.

Dans notre recherche, nous avons choisi de procéder à une enquête transversale dans différents types d'espaces publics, le choix de ce type d'enquête correspond le mieux à nos objectifs qui visent à étudier différentes configurations urbaines et nous permet aussi de minimiser les erreurs liées à l'échantillonnage. Ce type de questionnaire sert aussi à calculer les différents indices indiqués de confort (PMV, PET), à la suite de ces enquêtes, nous pourrions construire une base de données comportant les informations quantitatives et qualitatives sur les ambiances thermiques dans les espaces étudiés pendant la saison estivale. Le modèle de questionnaire utilisé dans cette recherche est présenté en **Annexe A**.

I.5.4.1.3 Approche numérique

L'enseignement principal de ces années de recherche n'est qu'un outil numérique qui semble être la technique la plus performante en termes des mesures climatologique : sa flexibilité et le contrôle des paramètres de calcul se prêtent bien au traitement de la complexité, l'hétérogénéité des systèmes climatiques urbains. En outre, l'approche numérique se montre plus flexible et moins coûteuse que les campagnes de mesures du fait

du contrôle des paramètres de calcul, D'où son intérêt à petite échelle pour détecter des variabilités climatiques locales imperceptible à l'échelle de la ville, et pour obtenir des données spatiales plus fidèles et adapter le diagnostic climatique à la situation réelle (Bouyer,2009). En se rendant compte de l'importance de l'effet de l'environnement physique sur le niveau de confort thermique des gens, l'outil informatique est un moyen nécessaire dans la détermination du niveau de confort humain, de nombreux travaux de recherche ont été menés dans ce domaine.

Ces travaux visent à identifier les conditions de confort et d'acceptabilité des ambiances thermiques extérieures à l'aide des outils numériques, le modèle le plus connu est celui Envi-Met. C'est est un programme tridimensionnel de simulation élaboré par « Michael Bruse » de l'Institut de Géographie à l'Université de « Bochum » en Allemagne. Ce logiciel permet de calculer l'ensemble des variables climatiques qui permettent d'évaluer le bilan énergétique des espaces extérieurs : température et vitesse de l'air, rayons solaires de courtes et grandes longueurs d'ondes, températures des surfaces, indices de confort...etc. (Bruse, 2018).

Envi-Met est largement reconnu pour ses capacités à simuler des résultats précis pour des zones d'étude à différents échelles , le logiciel Envi-Met appréhende le champ urbain à une échelle de fragments urbains, de la rue canyon au quartier urbain , dont la dernière actualisation a été exploitée et adoptée par plusieurs laboratoire de recherche et institut d'enseignement supérieur tel que le laboratoire « Image et Ville » de l'Université Louis Pasteur de Strasbourg et l'Institut de Météorologie de Freiburg en Allemagne , ce programme est jumelé avec un autre programme appelé « Léonardo » qui permet de lire les résultats de la simulation en 2D et 3D déjà effectué par Envimet 04 , il est soumis à une mise à jour périodique chaque année afin qu'il puisse être adaptable aux dernières découvertes dans le domaine de la micro climatologie urbaine (Boucheriba, 2012).

Le programme tridimensionnel d'Envimet 04 a été validé par plusieurs chercheurs (Boucheriba, 2012. Mahgoub, 2016), un modèle numérique est dit valide s'il est capable de reproduire correctement les données climatiques observées. Mahgoub, M. 2016, à étudier le microclimat d'une rue commercial dans la ville de Caire, il a utilisé une méthodologie mixte basée essentiellement sur la prise des mesures climatiques notamment (Tai, TMR, HR, Vs), l'utilisation des programmes numériques (Envi-Met, RayMan), une enquête de

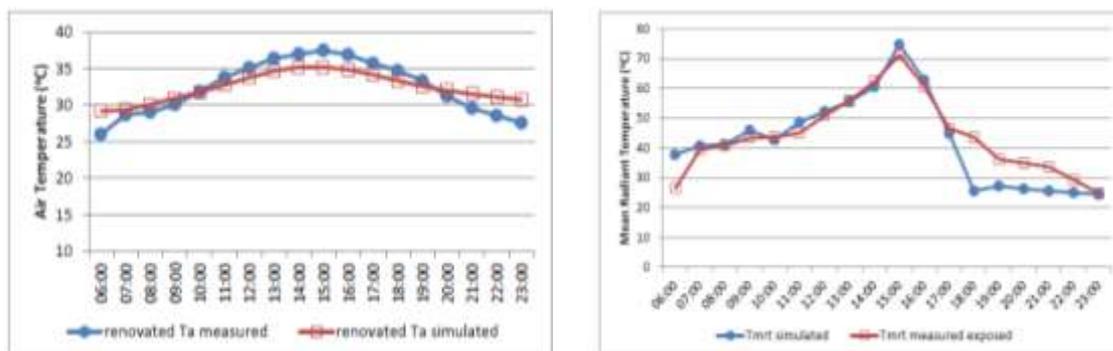
confort a été effectuée avec la population locale, avec des questionnaires de confort, conçu à partir des recommandations de la norme ISO 10551.

La validation de modèle numérique Envimet 04 fait partie de cette recherche, elle est réalisée à travers la comparaison entre les valeurs numériques et réelles de la température d'air et la température moyenne radiante, les résultats de la simulation ont montré leur corrélation avec les résultats réels avec de faibles écarts variés entre 0,5°C et 3°C pour les deux cas, cela signifie que le programme Envi-Met est un programme efficace pour analyser le confort thermique et le microclimat extérieur.

L'auteur a défini aussi la zone de confort pour l'indice PET par le biais de l'utilisation de programme RayMan, ce programme s'oriente vers la simulation des flux de rayonnement dans l'environnement urbain et l'évaluation de confort thermique des gens, il prend en considération les paramètres climatiques, physiques et personnels de chaque espace étudié afin de calculer les indices de confort. Dans cette étude, l'analyse comparative des valeurs numériques de l'indice PET et les valeurs réelles de l'indice PMV se basent sur l'utilisation de la méthode statistique (ANOVA) afin de ressortir la température neutre de chaque saison et par la suite la zone de confort, les résultats montrent que la température neutre estivale est de l'ordre de 29,50°C, et celle hivernale est de l'ordre de 24,30°C, cet résultat fait montrer que la capacité thermique des gens pendant l'été est plus élevée par rapport à la période hivernale.

En 2012, Athemna, son travail de recherche vise à étudier par le biais de la modélisation et de la simulation numérique la relation entre la morphologie urbaine spécifique des éco-quartiers, le microclimat et le confort ou l'inconfort thermique dans les espaces publics extérieurs. Pour caractériser cet impact, l'auteur a développé une approche numérique basée sur un couplage entre un modèle CFD (*Code_Saturne*) et un modèle thermo-radiatif SOLENE, ce logiciel est un autre outil de simulation numérique permettant de modéliser le climat urbain à l'échelle du quartier. Développé au CRENAU, Laboratoire de l'Ecole d'Architecture de Nantes, cet outil permet de répondre aux questions de l'aménagement urbain et de ses répercussions sur diverses problématiques : îlot de chaleur urbain, confort thermique, consommations énergétiques du bâtiment, etc. Les paramètres physiques simulés dans cette recherche sont (température de surface, température de l'air, vitesse du vent et énergie cinétique turbulente), Les conclusions de cette recherche ont abouti à

l'élaboration de quelques recommandations concernant l'aspect physique des éco-quartiers pour les architectes et les urbanistes. (Athemna, 2012).



(A)

(B)

Graph 1.2 : (A) Comparaison entre les résultats numériques et réels pour la température d'air
(B) Comparaison entre les résultats numériques et réels pour la température moyenne radiante.

Source : (Mahgoub, 2016)

I.5.4.2 Approche adaptative de confort thermique

Le terme adaptation est défini comme tous changements physiques effectués par les gens pour s'adapter à l'environnement ou pour modifier l'environnement en fonction de leurs besoins. Humphreys, 1998 considère le principe suivant : « si un changement arrive dans un environnement en provoquant un inconfort, les personnes répondront par des réactions qui tendent à rétablir le confort », L'ensemble de ces réactions constituent la base de l'adaptation, elles peuvent être de différentes natures : physiologiques, psychologiques, comportementales, sociologiques ou même culturelles (Moujalled, 2007).

Les mécanismes adaptatifs se traduisent par deux processus distincts : l'adaptation interactive (ou physique), et l'adaptation réactive (Nikolopoulou et al.1998). Pour l'adaptation réactive, les seuls changements qui se produisent sont des actions personnelles, tels que la modification du niveau vestimentaire, de la position, ou même l'activité physique, la consommation de boissons chaudes ou fraîches. Dans l'adaptation interactive, les gens apportent des changements à l'environnement afin d'améliorer leurs conditions de confort, comme l'ouverture des fenêtres, l'utilisation des chauffages ou climatiseurs. Cependant, c'est difficile d'appliquer l'adaptation interactive dans les espaces publics extérieurs pour obtenir un niveau de confort thermique souhaitable, puisque le piéton n'a aucune capacité pour modifier l'environnement extérieur selon ses besoins.

En revanche, les réactions des gens face à leur environnement extérieurs entraînent souvent une utilisation différente des espaces publics (Eliasson et al. 2007, Thorsson et al. 2004). Al Jawabra et el (2009) ont étudié le confort thermique extérieur et l'effet des conditions socio-économiques dans les deux régions chaudes et sèches de Marrakech en Afrique du Nord et Phoenix en Amérique du Nord. Les auteurs ont cherché à mieux comprendre la relation entre le microclimat et le comportement humain dans les espaces urbains extérieurs. Des mesures microclimatiques et des questionnaires ont été réalisés sur deux espaces à Marrakech et trois à Phoenix. Les auteurs montrent que, particulièrement en été, le nombre de personnes et les activités à l'extérieur sont influencés par le rayonnement solaire, et les gens dans les climats chauds et arides ont des approches différentes de l'utilisation des espaces extérieurs. L'étude a également conclu que les caractéristiques physiques peuvent entraîner des modifications considérables sur les conditions microclimatiques. Cependant, cette étude n'a calculé que l'indice du vote moyen prévisible (PMV) sans aucune examination des autres comportements des différents indices thermiques.

I.5.5 Des recherches sur le confort thermique en climat chaud et aride

Dans la ville chaude et aride de Damase Yahya, 2012 a étudié le confort thermique des gens dans différents environnements urbains, l'objectif majeur était d'étudier l'interaction entre l'environnement physique de chaque espace public et la sensation thermique des gens pendant la période estivale et hivernale. L'auteur a analysé les trois indices de confort mentionné préalablement (PMV, PET, SET), le programme Rayman a été utilisé pour le calcul de l'indice PET, concernant les indices SET et PMV, l'auteur a utilisé les équations proposées par le standard American ASHRAE (Thermal Comfort Program). En plus, un questionnaire thermique a été développé pour relever les sensations subjectives des gens selon neuf échelles de confort, cette approche permet de qualifier l'environnement extérieur des espaces du point de vue des occupants, ainsi que d'évaluer les indices théoriques du confort thermique en les comparant aux résultats de votes sensoriels des participants. La figure I.16 présente les sensations thermiques relevées dans les deux saisons estivale et hivernale pour tous espaces investigués, il est nettement visible que la sensation thermique estivale varie entre (+2) tiède et très chaude (+4), alors que celle hivernale varie entre très froid (-4) et chaude (+3). Le haut pourcentage de sensation

confortable a été enregistré en hiver, selon le même auteur le différentiel de la sensation thermique enregistrée est due essentiellement aux facteurs subjectifs tels que l'historique thermique avant 15 minutes de la prise de sensation, le vêtu et l'activité physique.

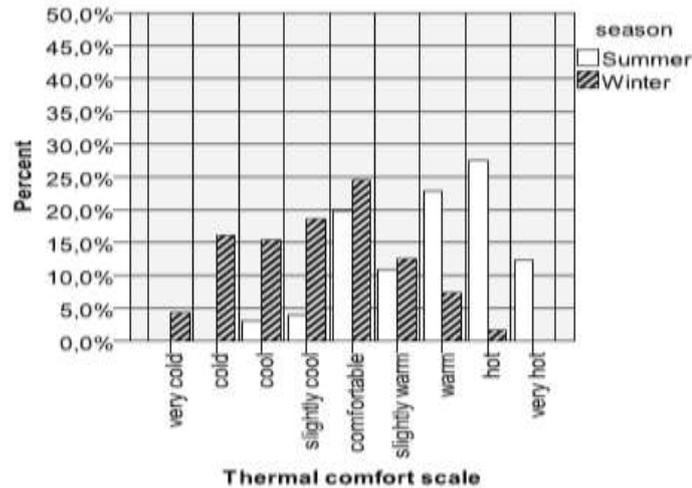


Figure I.17 : pourcentages de votes de sensation thermique des gens en période estivale et hivernale **Source** : (Yahya, 2012)

Concernant la corrélation entre l'indice PET et le vote de sensation thermique, la figure suivante présente les résultats des régressions du vote de sensation thermique (VST) en fonction de variation de l'indice PET pour les deux périodes estivale et hivernale, la sensation thermique est bien corrélée avec l'indice PET, la variation de l'indice PET permet d'expliquer plus de 40% de la variabilité du vote de sensation thermique en été ($R^2 = 0.41$) et environ 60% de la variabilité du VST en hiver ($R^2 = 0.60$). Par contre, les pentes des courbes de régression sont légèrement différentes : $0.060/^\circ\text{C}$ en été et $0.114/^\circ\text{C}$ en hiver. Cela veut dire que les personnes sont moins sensibles aux variations de PET en été qu'en hiver; il faut un changement de 16.60°C de la température physiologique équivalente pour passer d'une sensation à une autre en été contre 8.8°C en hiver (Yahya, 2012). Afin de ressortir la température neutre et la zone de confort de l'indice PET, l'auteur a vérifié la variation de l'indice PET en fonction de pourcentage des gens qui sont insatisfaits dans l'ambiance considérée (Figure I.17).

La zone de confort correspond mieux à la plage d'insatisfaits varie entre 10 % et 20%, deux valeurs de température neutre ont été identifiées dans cette recherche, la température neutre estivale estimée par $15,80^\circ\text{C}$ est inférieure à celle hivernale qui est de l'ordre de $23,40^\circ\text{C}$. Cette variation est due à la variation des paramètres climatique de chaque saison ainsi que la variation des paramètres subjectifs des sujets (métabolisme,

vêtu). Concernant l'approche adaptative, l'auteur a confirmé que les sujets adaptent leur vêtement selon les conditions climatiques de chaque saison (été, hiver), et l'indice SET a une forte corrélation avec la variation des valeurs de clo en comparaison avec l'indice PET. De plus, L'auteur a constaté que les gens qui n'ont pas de climatiseurs ont un haut niveau d'acceptabilité thermique par rapport aux valeurs de températures d'air pendant l'été.

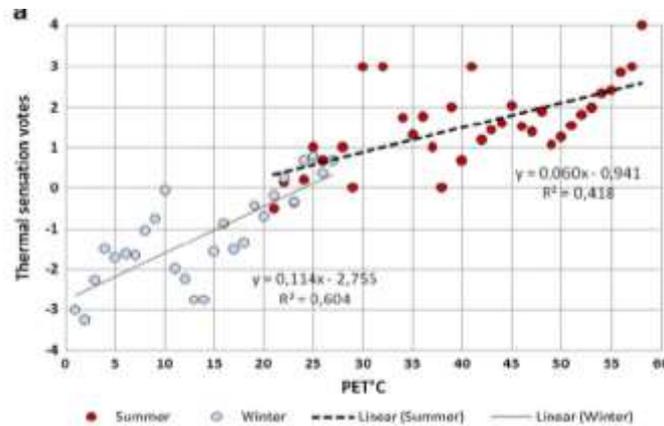
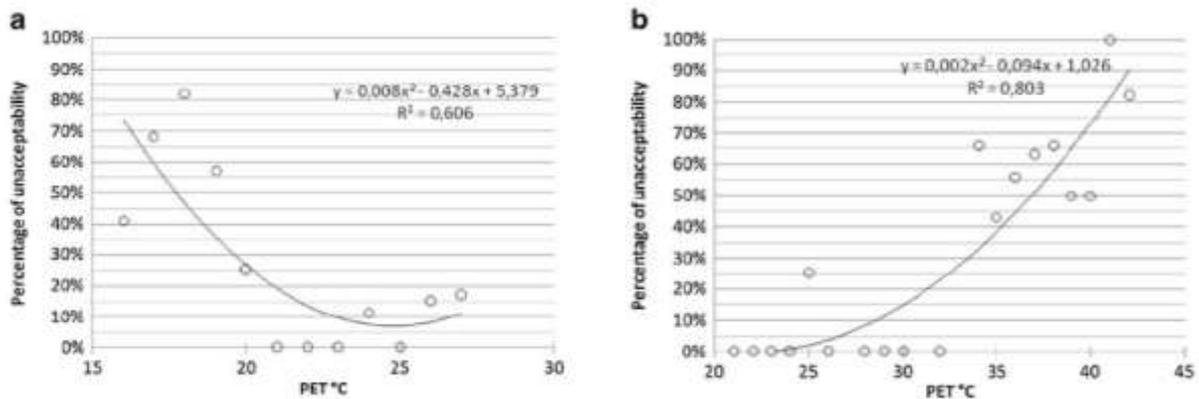


Figure I.18 : Corrélation entre l'indice PET et le vote de sensation thermique en hiver et en été
Source : (Yahya, 2012)



Graphes I.3 : variation de l'indice PET en fonction de pourcentage des gens insatisfaisant (a) période hivernal, (b) période estivale. **Source :** (Yahya, 2012)

Une autre étude effectuée dans la même ville chaude et aride par Mahmoud (2011), l'auteur a investigué la sensation thermique des gens dans un parc urbain situé dans le Caire (Egypte), en plus de la prise des mesures in-situ et de questionnaire public, l'auteur a utilisé le programme Envimet 04 afin de calculer l'indice PET de chaque individu interrogé, les résultats montrent un différentiel de l'indice PET entre les 9 points étudiés, ce différentiel est dû essentiellement à la variation de degré d'ouverture de ciel (FCV), les résultats montrent aussi que la zone de confort estivale pour l'indice PET s'étale entre

22°C - 30°C alors que celui hivernal , varié entre 21°C-29°C . En revanche cette étude ne prend pas en considération les autres types des espaces publics (rues ruelles, boulevards...etc.), il est donc difficile de généraliser la zone de confort obtenue pour toutes les catégories des espaces publics.

Conclusion

Ce chapitre présente une analyse bibliographique sur les trois concepts de la recherche et la nature de relation entre la morphologie, le microclimat et le confort thermique, il est nettement apparu que l'impact de la morphologie urbaine sur le climat est un phénomène complexe. Ce phénomène matérialisé par des effets aérauliques et thermiques perceptibles à différentes échelles, chaque échelle implique des interactions atmosphériques et climatiques propres. Dans cette recherche on s'intéresse précisément aux interactions des paramètres climatiques avec les éléments physiques de la morphologie urbaine à une micro-échelle.

L'analyse bibliographique a permis aussi de souligner les différents indicateurs morphologiques ayant une incidence sur la modification climatique, dans la partie pratique , nous allons analyser morphologiquement certains de ces indicateurs (densité du bâti, Rapport (H/L), densité végétale) , l'objectif était de vérifier si la morphologie des tissus urbain généré dans la ville de Sidi Okba a été conçue pour privilégier le confort thermique ou elle constitue seulement une image de forme urbaine.

Nous retiendrons également les différentes formes urbaines caractérisant les villes avec un climat chaud et aride, du point de vue morphologique, trois principales formes distinctes ont été identifiées dans les tissus urbains actuels. En termes du confort thermique, les tissus denses produisent la meilleure situation de confort thermique, cette remarque confirme la relation indissociable entre la morphologie urbaine et le confort thermique.

La dernière partie de ce chapitre présente un état d'art sur le confort thermique, l'objectif était de caractériser le confort en associant les deux approches analytique et adaptative, l'approche analytique se focalise sur l'aspect physique du confort thermique.

L'approche adaptative traite le confort thermique à travers les réactions comportementales et adaptatives de l'occupant dans l'espace public, on a aussi présenté les différents méthodes et outils utilisés par les chercheurs dans ces dernières années, cette

démarche nous a permis de mieux préciser les outils et les méthodes exploités dans la partie pratique de cette recherche.

CHAPITRE II :

Interaction entre Marchabilité et Morphologie Urbaine

« Anachronique dans le monde contemporain qui privilégie la vitesse, l'utilité, le rendement, l'efficacité, la marche est un acte de résistance privilégiant la lenteur, la disponibilité, la conversation, le silence, la curiosité, l'amitié, l'inutile, autant de valeurs résolument opposées aux sensibilités néolibérales qui conditionnent désormais nos vies ».

[Le Breton, 2012 : p. 17]

CHAPITRE II :

Interaction entre Marchabilité et Morphologie Urbaine

Introduction

La marche en ville comme moyen de déplacement est de moins en moins présente dans notre quotidien. Pour joindre leurs destinations, aujourd'hui les gens effectuent majoritairement leurs déplacements par un moyen de transport mécanique, ou' la part des déplacements automobiles reste prépondérante dans les villes contemporains (CERTU, 2013)¹.

La création d'environnements urbains favorables à la pratique de la marche peut contribuer de façon considérable à améliorer la santé publique. En effet, la marche est l'activité physique la plus accessible puisqu'elle ne requiert aucun équipement et peut se pratiquer en tous lieux et à tout âge (Drouin et coll., 2006). Selon Riley et al, 2013, la marchabilité est une mesure de la façon dont un quartier favorise la marche, elle s'appuie sur l'évaluation des caractéristiques de l'environnement physique, par exemple, une portion urbaine ayant un aménagement mixte et un bon réseau routier est considéré comme ayant un très bon potentiel piétonnier. L'hypothèse générale de notre travail de recherche, déjà énoncée, repose sur l'existence d'un lien entre la marche et la morphologie urbaine, dans le but d'éclairer cette relation, ce chapitre a de plus en plus mis l'accent sur les deux concepts qui sont : morphologie urbaine et marchabilité, nous définirons dans un premier temps le concept de la marchabilité, son rôle ses interactions avec la durabilité et ses différentes échelles d'évaluation. Nous concentrant également sur l'effet des facteurs individuels sur la variation de la pratique de marche.

¹ CERTU : Centre d'études sur les réseaux, les transports, l'urbanisme et les constructions publiques.

Dans une seconde étape, à la base de plusieurs recherches, nous resituerons les interactions entre marchabilité avec une gamme des facteurs quantifiables définissant la morphologie générale de la ville. Nous consacrerons la troisième partie de ce chapitre sur les méthodes utilisées pour identifier la relation entre environnement urbain et marchabilité. Ceci nous conduit à effectuer un état de l'art qui permet de présenter les différentes méthodes, et outils utilisés dans notre recherche pour évaluer le potentiel piétonnier des espaces publics.

II.1 Le concept de marchabilité, une promenade théorique

La marchabilité est un concept assez récent, apparu au courant des années 2000 (Raulin et al., 2016), ce concept est défini par la manière dont les individus entendent l'espace public comme un espace où il est confortable de marcher (Ewing et al., 2006). Selon (Pisani, 2014) la marchabilité est défini par le degré de facilité avec lequel on peut tout faire à pied, à proximité de chez soi". La marche est l'activité physique la plus accessible puisqu'elle ne requiert aucun équipement et peut se pratiquer en tous lieux et à tout âge (Drouin et coll., 2006).

Le mouvement international du nouvel urbanisme est apparu en 1993 aux États-Unis, dans le but d'améliorer la qualité de vie des piétons, ce mouvement expose à partir de sa charte les principes fondamentaux du courant de pensée comme la revitalisation urbaine afin de limiter l'étalement résidentiel, la lutte contre la ségrégation socio-spatiale ou bien une politique publique et des pratiques d'aménagement s'appuyant sur des modes de transport durables. Par ailleurs, ce mouvement milite pour un retour aux formes urbaines traditionnelles (mixité, densité) (Raulin et al., 2016), ce mouvement a défini la marchabilité comme une préoccupation majeure pour favoriser la cohésion sociale de la ville en revenant à des modèles plus denses et connectés avec une mixité fonctionnelle considérable.

Les auteurs du nouvel urbanisme s'intéressent plus particulièrement au problème de la perte de la « vie de la rue », perte qui résulterait d'une part d'un manque de diversité dans l'occupation du sol, et d'autre part d'une élimination des espaces publics utilisables (Lund, 2003). Cette baisse de l'activité de rue aurait entraîné aussi une diminution de la cohésion sociale des quartiers. En somme, ce courant urbanistique présente l'intérêt de postuler ce

que nous cherchons à démontrer : la marche amplifie les interactions au sein des quartiers (Veever, 2012). Les avantages de la marche sont bien connus et largement étudiés dans la littérature scientifique, dans ce point, l'activité physique est de plus en plus recommandée, elle est même intégrée par les professionnels de la santé dans les parcours de soins, elle agirait également sur la santé mentale en contribuant au bien-être des personnes Hamer et al, 2008 confirme que la pratique régulière de la marche est bénéfique pour la santé, réduit la morbidité et améliore la qualité de vie, la longévité (Chibane, 2015).

La marchabilité a aussi des effets bénéfiques sur la santé mentale. Le simple fait de marcher dans un environnement naturel tel que les parcs ou les forêts stimule en effet les sensations de bien-être et la réflexion sur soi-même. Selon une étude du Docteur Marc Berman de l'Université de South Carolina, marcher dans un environnement naturel favoriserait la mémoire, la créativité et la plasticité du cerveau.

Aujourd'hui, la marchabilité est devenue un sujet de recherche dans plusieurs disciplines, la sociologie est l'une des premières à s'intéresser à ce nouveau concept. Augoyard, 2001 a effectué une analyse de la marche urbaine par le biais d'une approche sensible des ambiances urbaines. Thibaud, 2008 a développé une méthodologie où il place "la marche à l'épreuve de l'enquête". L'intérêt de cette méthode est qu'il s'agit d'étudier la marche...en marchant justement. Dans le domaine d'urbanisme, Ewing et al, 2014 souhaitent d'appréhender l'impact de l'environnement urbain sur la marchabilité à travers la création de cinq critères objectifs de l'environnement physique (l'imagibilité, l'échelle humaine, l'encadrement, la complexité, et la transparence), l'intérêt de sa méthode est qu'elle lie directement ces critères à des paramètres concrets et quantifiables de l'espace urbain. A la suite de ces travaux, la création d'un environnement favorable à la marche devient un vecteur intéressant pour la promotion de la qualité de vie et la sante publique.

II.1.1 Marchabilité et Développement durable

En terms de durabilité, la marchabilité a des effets positifs sur :

- **la durabilité sociale** (santé publique, prévention de la sédentarité, intégration sociale, taux d'accidents inférieur, etc.),
- **la durabilité économique** (diminution des coûts liés tant à la mobilité motorisée qu'à la sédentarité, rapport coût-bénéfice des mesures optimisées, etc.), selon

Institut national de santé publique du Québec, 2013, les avantages économiques, la marche est un mode de transport accessible à toutes générations et à tout milieu social. De facto, elle aurait des effets bénéfiques sur l'équité sociale et favoriserait les interactions (Lord et al., 2015 ; Murard, 2012) cité par (François et al, 2016) .

- **Ecologie et la santé de l'environnement** (consommation d'énergie inférieure, répartition des ressources plus raisonnable, moins d'émissions nuisantes (pollution atmosphérique, bruit, etc.) (Lavadinho et al, 2014).

Dans ce contexte, les statistiques montrent un nombre toujours plus important de voitures en circulation dans le monde. Selon AIE ², 2016 près de 13,41 gigatonnes de CO₂ émis en 2016 dans le monde, ou' le transport est classé comme un deuxième contributeur de gaz à effet de serre derrière la production d'énergie et d'électricité (Figure1).

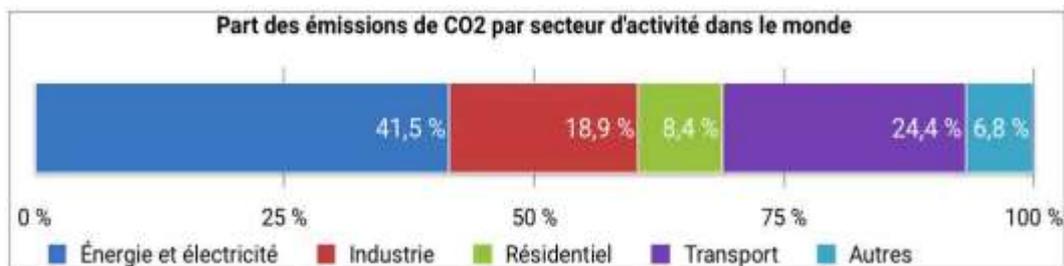


Figure II.1 : Les transports représentent un quart des émissions mondiales de CO₂.

Source : Céline Deluzarche, d'après chiffres AIE pour l'année 2016. (www.futura-sciences.com)

II.1.2 Les échelles d'évaluation de la marchabilité

L'évaluation du potentiel piétonnier d'un milieu peut se faire à différentes échelles du territoire :

- **A l'échelle du quartier :** l'accessibilité aux différentes activités, la densité et la connectivité des rues feront partie de l'évaluation. En revanche, plusieurs chercheurs (Florin, 2014 ; Vever, 2012) ont étudié les critères de connectivité ainsi que la diversité fonctionnelle à une micro-échelle, à travers la technique

² AIE : Agence internationale de l'énergie, (www.futura-sciences.com)

d'observation sur terrain, les auteurs ont pu mesurer quantitativement le nombre des fonctions ainsi que les destinations disponibles à l'échelle de l'espace public.

- **A l'échelle de la parcelle** : l'évaluation s'attardera à l'accessibilité du bâtiment en prenant en compte, notamment, les allées reliant le trottoir au bâtiment, la localisation des entrées et la présence ou non d'équipements favorables aux piétons (rampes d'accès, bancs, etc.).
- **A l'échelle de l'espace public** : l'évaluation considérera d'autres éléments concernant les infrastructures et leurs usagers (trottoirs et traverses piétonnes, proportion d'espace, présence de végétation, débit de la circulation et vitesse de circulation) (VTPI, 2017, cité dans Boucher et Fontaine, 2011).

Dans le cadre de cette recherche, on s'intéresse précisément aux interactions des comportements piétonniers avec les éléments physiques de la morphologie urbaine à un micro-échelle (celle de l'espace public).

II.2 Le rapport entre Marchabilité et Morphologie urbaine

La morphologie urbaine a un effet sur la marche à pied dans les espaces urbains, par son cadre bâti, ses îlots, ses réseaux. Selon Kostof, (2001) la marchabilité n'est pas influencé par la présence d'un tel type de forme ou d'une autre, mais l'articulation entre les paramètres physiques définissant la morphologie générale de la ville semblent plus pertinentes sur l'envie d'utiliser la marche comme moyen de déplacement. En revanche, la recherche dans ce domaine n'est pas encore suffisamment avancée pour confirmer la présence de véritables associations causales. Par ailleurs, l'étude de rôle des différents attributs de l'environnement construit pour l'activité physique est un sujet de recherche relativement jeune qui ne fournit pas encore les bases nécessaires pour la création des principes au niveau de l'aménagement des villes, ces lacunes sont notamment liées au manque d'études dans ce domaine, à l'absence d'un cadre théorique vigoureux, ainsi qu'à la disponibilité limitée des données empiriques (Hanson et al., 2005) cité par (Schmid,2006).

Dans le cadre de cette recherche, la morphologie urbaine signifie la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'il crée autour d'eux

(Steemers, 2004). La marchabilité est signifiée par le degré d'hospitalité d'un espace public pour donner l'envie d'utiliser la marche comme mode de déplacement sur des trajets de courtes distances. Le confort est une des composantes nécessaires dans le plaisir de la pratique de marcher en espace public. L'étude du confort urbain suppose de prendre en compte un grand nombre de critères (physique et psychique) (Roussel, 2017). Dans notre recherche, on prend en compte le confort physique notamment thermique, sachant que ce dernier est considéré comme un moteur potentiel qui conditionne en partie la marche pendant la période estivale

II . 3 Les critères pris en compte dans l'indicateur de marchabilité

Aujourd'hui, on parle de la nécessité de construire une forme urbaine dense, ou encore on dénonce les méfaits de son opposé, l'étalement urbain, en cherchant à concevoir des formes urbaines plus respectueuses de l'environnement, plus écologiques, plus confortables (Veever, 2012). Au vu du foisonnement des études dans les dernières années, de nombreux travaux s'intéressent à l'influence de l'environnement urbain sur la pratique de la marche (Cervero et Duncan, 2003; Ewing, 1999, Leslie et al., 2005), le premier constat est que le concept de marchabilité est un objet complexe qui peut être inclus à des dimensions subjective et objective. A la suite de ces travaux, plusieurs critères ont été créés dont les plus célèbres sont des critères d'ordre :

- **Physique** : tels que la densité, rapport (H/L), volume de trafic.
- **Psychique** : tel que, la sensation de sécurité ou de confort, la qualité esthétique, les perceptions des ambiances soit le ressenti des individus quant à leur environnement (sensation de sécurité, ou de confort)
- **Individuels** : l'âge, sexe (Ewing et al., 2006).

L'exploitation de la littérature qui existe au sujet des relations entre environnement urbain et marchabilité nous a conduits à présenter une gamme de facteurs environnementaux supposés influencer sur la marchabilité dans les espaces publics, ces facteurs sont détaillés dans la partie suivante.

II .3.1 Densité, Mixité et Diversité fonctionnelle, une combinaison des efforts

L'étude de la marchabilité s'appuie sur l'évaluation des caractéristiques de l'environnement suivantes : la densité résidentielle, densité du bâti, la mixité des fonctions urbaines, la connectivité des rues (Frank et al., 2010. Glazier et al., 2014. Sundquist et al., 2011). Concernant la densité résidentielle, selon l'organisation Vivre en ville², ce variable est généralement exprimé en logements/hectares, peut être évalué de deux façons différentes :

- **La densité résidentielle nette** ne considère que les espaces constructibles du quartier (excluant les activités non résidentielles et les espaces publics) et ne peut être utilisée que pour évaluer la rentabilité des investissements effectués sur les sites privés.
- **La densité résidentielle brute** se définit comme le rapport entre le nombre de logements d'un quartier et la superficie totale de ce dernier (incluant les activités non résidentielles et espaces publics). Elle fournit un portrait global d'un quartier et peut être utilisée pour évaluer la rentabilité des infrastructures et des équipements publics.

En 2003, Saelens et al en Californie a montré que les personnes résidant dans un quartier à plus fort potentiel piétonnier, caractérisé par une densité résidentielle élevée, une mixité fonctionnelle, et une connectivité des rues. Ewing et al, 2010. Grasser et al., 2013, montrent aussi qu'une densité élevée permet la concentration des activités sur un site donné, au niveau de ce site les individus peuvent plus facilement marcher entre différentes destinations. À l'inverse, une faible densité éloignera les destinations, faisant de l'automobile le seul mode de transport possible dans l'espace.

Relative à la densité de bâtie, l'influence de cette variable est nettement visible sur les cartes à l'échelle du tissu urbain. D'après Merlin et Choay (cité par Ait-Ameur, 2002), la densité bâtie ou la densité d'occupation du bâti fait référence à l'emprise des bâtiments sur le parcellaire. Elle prend en compte la surface utilisée par les équipements publics (écoles,

locaux collectifs divers, ...etc.), les équipements privés (bureaux, entreprises,... etc.) et par les logements d'habitation (Ouammour, 2007). Selon Ait-Amour, 2002, la variation des densités entre différentes portions urbaines, fait ainsi émerger des espaces publics extérieurs de dimensions variées. Le cœur des villes est souvent plus confiné que les quartiers périphériques, car les parcelles sont occupées en totalité. Les espaces publics et les vides subsistant entre le bâti sont alors de faibles dimensions horizontales (largeur et longueur de l'espace) (Ait-ameur, 2002, p.129). En termes de marchabilité, la densité de bâtie affecte considérablement la perception des gens à un micro échelle, elle permet de créer des milieux de vie respectueux de l'échelle humaine et d'encadrer harmonieusement l'espace public. En revanche, la densité de bâtie doit être accompagnée par une certaine **mixité des occupations** du sol : (fonctions résidentielle, commerciale, institutionnelle,... etc.) qui donnent au marcheur la possibilité de pouvoir satisfaire la plus grande partie de ses besoins à pied (Verer, 2012).

Marlon et al., 2011 cité par (Vivre en ville,2017) montrent qu'un quartier comportant une densité élevée, mais sans autre activité urbaine que l'habitation serait peu susceptible de favoriser la marche, puisqu'il n'offrirait pratiquement aucune destination. C'est la diversité des activités qui assure la présence de destinations d'intérêt et qui motive ainsi la marche dans un quartier.



Figure II.2 : Relation confortable entre la largeur de la rue et la hauteur des bâtiments

Source : vivre en ville, 2017

² Vivre en Ville, Organisation d'intérêt public, contribue partout au Québec au développement de collectivité viable, œuvrant à l'échelle de la rue, du quartier et de l'agglomération

La connectivité de réseaux viaire est un autre facteur qui affecte la marchabilité, en effet, le marcheur préfère un réseau routier fortement connecté afin qu'il puisse choisir le chemin le plus court possible pour se rendre à sa destination. La connectivité est positivement affectée par les petites tailles des blocs, elle peut être mesurée en termes de densité d'intersection dans un site donné (Saelens et al., 2003. Parks et al., 2006).

II .3.2 l'impact de la Végétation sur l'activité de la marche

La végétation est un autre complémentèrent essentiel aux facteurs mentionnés plus haut, dans la conception de milieux de vie compacts et de qualité, on ne peut négliger les espaces naturels. Les parcs et les espaces verts en général viennent ponctuer l'environnement urbain d'endroits de repos et de contact avec la nature. Ils font ainsi partie des éléments essentiels pour rendre la densité de bâtie acceptable et vivable (vivre en ville, 2018). En revanche, Cao et al, 2010 cité par (Vivre en ville, 2017) confirment que la végétation trop dense nuit à la perception d'une bonne marchabilité d'un environnement.

II.3.3 Paramètres individuels liés à l'activité de marche

L'intensité d'une activité physique peut être exprimée et mesurée par différents indicateurs : par la fréquence cardiaque, par l'effort perçu, par les équivalents métaboliques ou encore par les calories brûlées (Schmid, 2006). L'indicateur le plus couramment utilisé constitue les équivalents métaboliques (*metabolic equivalents, MET*). Cette unité estime le cout métabolique de l'activité physique exprime en consommation d'oxygène. Un *MET* correspond à un métabolisme de repos et s'élevé à 3,5 ml par kilogramme et par minute. Généralement, une activité physique est considérée comme moyennement intensive si elle présente une augmentation du cout métabolique d'un facteur 3 à 6 par rapport au niveau de repos (3-6 *METs*) et comme intensive à partir de 6 *METs* (Ainsworth et al. 2000) cité par (Schmid, 2006) Ainsworth et al. (2000) présentent des estimations des équivalents métaboliques pour un total de 605 différents types d'activité physique parmi lesquels se trouvent également toute une série de formes de déplacements à pied en fonction de la vitesse et de la topographie (voir tableau II.1).

Tableau II.1 : Equivalents métaboliques (METs) de la marche

Source : Ainsworth et al. (2000) cité par (Schmid, 2006)

Type d'activité physique	METs	Intensité
Marche à 3Km/h	2.00	Faible
Marcher à 3 Km/h, terrain plat, Surface lisse	2.50	Faible
Marcher à 4 Km/h, en descendant	2.80	Faible
Marcher à 4 Km/h, terrain plat, surface lisse	3.00	Moyenne
Marcher à 5 Km/h, terrain plat, surface lisse	3.30	Moyenne
Marcher à 5.5 Km/h, terrain plat, surface lisse	3.80	Moyenne
Marcher à 6 Km/h, en montant	6.00	Forte

II.3.3.1 les variations de Marchabilité liées à l'Age et au sexe

Les données de l'ESS 2002² cité par (Schmid, 2006), ont montré que le niveau d'activité physique est en partie fonction de facteurs sociodémographiques comme l'âge, le sexe et le statut socioéconomique. Concernant l'âge, le niveau d'activité physique diminue avec l'âge. Les reculs d'activité les plus marquants se situent entre 20 et 30 ans et après l'Age de 74 ans. Selon Rain et al, (2016) la marchabilité d'un espace peut varier considérablement pour différents groupes spécifiques : aînés, handicapés, enfants, adolescents, etc.

Selon ESS, 2002, si l'on distingue le comportement entre les sexes, on remarque par ailleurs que les jeunes hommes sont nettement plus actifs que les jeunes femmes. Ces différences sont pourtant de plus en plus nivelées avec l'âge ce qui fait qu'on observe un niveau d'activité physique semblable entre les femmes et les hommes âgés de 35 à 65 ans, chez les hommes, on peut observer une remontée du niveau d'activité physique vers 65 ans avant que l'activité physique diminue sensiblement à partir de 74 ans, on constate également une augmentation de l'activité physique chez les femmes plus âgées.

Ce regain d'activité physique avec l'Age est pourtant beaucoup moins marqué et a déjà lieu entre 55 et 64 ans. (Schmid, 2006). Dans le cadre de cette recherche nous considérons les adolescents femmes et hommes en bonnes conditions physique avec un intervalle d'âge variée entre (25 ans et 65 ans).

II.3.4 Conditions climatiques et confort thermique

Les conditions climatiques notamment la température d'air, précipitation et le vent jouent également un rôle dans le comportement de déplacement à pied. Selon Vanky, 2017 les données climatiques pourraient influencer de diverses façons sur la demande de déplacements et le choix de l'itinéraire, y compris le changement vers d'autres modes de déplacement (automobile, bus...etc.) ou d'autres trajets, ou le report et l'annulation de déplacement.

Concernant le vent, certaines études n'ont pas montré des effets significatifs de ce paramètre sur l'activité de marche (Murakami et al., 2004). Tandis que d'autres ont observé que le vent a un effet sur la distance parcourue ; les vents forts souvent conduisent à une réduction de la distance moyenne totale parcourue par les marcheurs en comparaison avec vent normal (Sabir et al., 2010), les fortes précipitations conduisent également conduit à des distances plus courtes (Aaheim et al., 2005) cité par (Vanky et al, 2017) .

En 2013, Clark et al ont étudié l'effet des conditions climatiques sur le potentiel piétonnier, l'étude a été réalisée au Canada, ils ont constaté que l'utilisation du pied comme mode de déplacement pourrait être difficile à réaliser dans un climat qui se caractérise par des températures basses et de fortes précipitations pendant une longue période de l'année.

Concernant la température d'air, diverses études ont observé que l'augmentation des températures (jusqu'à un certain seuil) a affecté positivement les activités physiques dans l'espace urbain dans différentes villes, telles que San Francisco (Zacharias, 2004) et Chicago (Dwyer, 1988).

² ESS : l'Enquête suisse sur la santé contient des indicateurs permettant de confronter les nouvelles recommandations au niveau d'activité physique des Suisses.

En 2017, Vanky confirme que l'effet de la température d'air est durement perçu par les gens pendant l'activité de la marche que la précipitation. Brown et al. (1995) ont mentionné que le rayonnement solaire pouvait considérablement augmenter le taux de métabolisme pendant l'activité physique.

En termes de confort thermique et marchabilité, Koerniawanaet al., 2014 à étudiée l'effet des conditions climatiques de différents environnements urbains situés dans la ville de Jakarta (Indonésie) sur le niveau de confort thermique et la distance parcourue par un homme indonésien en trois moments de la journée (à 8 :00 , 13 :00 et 17 :00), les caractéristiques physiques de l'homme étudié sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau II .2 : les caractéristiques physiques de l'homme étudié

Source : (Koerniawanaet al., 2014)

Taille	Niveau vestimentaire (clo)	Niveau de métabolisme (w/m ²)	Vitesse de marche (m/s)	Surface de corps
170 cm et 70 kg	0,49	150	1.34	1.81 m ²

Les auteurs ont utilisé deux indices (PET, SW), l'indice PET a pour objectif d'évaluer le niveau de confort thermique d'un homme en train de pratiquer la marche, il est calculé à l'aide de l'utilisation de programme RayMan. Concernant l'indice Skin Wetdnedd (SW), cet indice est une mesure appropriée pour calculer le confort de marche, il est défini comme le rapport entre le taux de transpiration réelle et le taux de transpiration maximale qui se produit lorsque la peau est complètement humide, cet indice est relié à la température de la peau qui indique la sensation de confort et d'inconfort causée par la transpiration (Koerniawana et al, 2014).

Afin de calculer l'indice SW, il est important d'identifier la surface du sujet (m²), le niveau vestimentaire (Clo) et le taux métabolique (W/m²) (voir tableau...). L'équation de l'indice Skin Wittedness est dérivée par Fukuzawa et al, 2009 selon la formule suivante :

$$SW = (Q_{max}/Q_{emax}) + 0,06 \quad \dots \quad (Eq.1)$$

Ou' :

SW : Skin Wetdnedd

Q_{max} : la capacité d'évaporation maximale de l'environnement (W/m²)

Q_{max} : la perte de chaleur par évaporation (W/m²).

Dans un climat subtropicale, Hongo, 2009 a identifié les limites supérieure et inférieure de la zone de confort pour l'indice SW, elles sont respectivement d'ordre de 0,3 et 0.05, l'inconfort thermique augmente progressivement lorsque la valeur de SW est supérieure à 0,3 ou inférieure à 0,05. Pour l'indice PET, selon Lin et al, 2008 et dans le même type de climat, l'auteur a défini la limite supérieure de la zone de confort pour l'indice (PET < 34 °C). Selon le degré d'ouverture au ciel (SVF), l'auteur a subdivisé les espaces étudié en trois catégories : Des espaces totalement protégés contre le rayonnement solaire, des espaces légèrement protégés et des espaces ouverts sans aucun obstacle. Les résultats obtenus sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau II.3 : Résultat de calcul de l'indice SW

Source : (Koerniawanaet al., 2014)

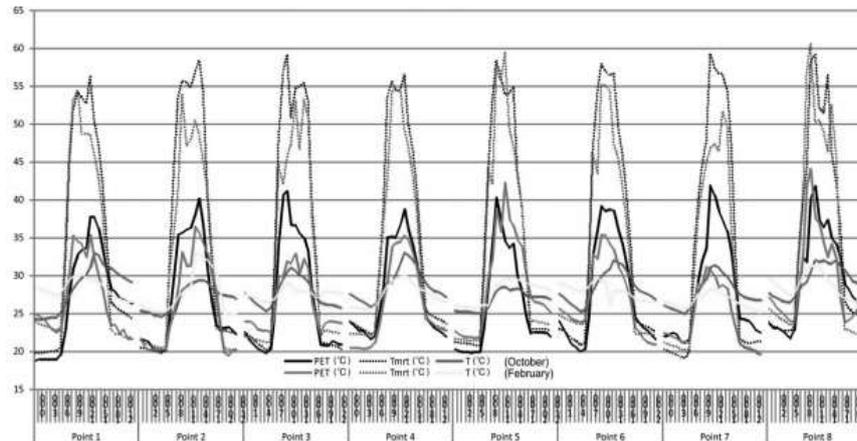
7 :00 du matin			
	Temps (min) lorsque (SW≤0.33)	La distance confortable (m) de de marche (SW≤0.33)	Valeur de SW après 5 min de marche
Zone totalement ombragée	13	1045.20	0.2527
Zone légèrement ombragée	4	321.60	0.3493
Zone ouverte	4	321.60	0.3516
13 :00 après midi			
Zone totalement ombragée	6	482.40	0.2856
Zone légèrement ombragée	4	321.60	0.3358
Zone ouverte	3	241.20	0.3909
15 :00 après midi			
Zone totalement ombragée	5	402.00	0.2856
Zone légèrement ombragée	4	321.60	0.3276
Zone ouverte	4	321.60	0.3224

En terme de marchabilité, à partir des résultats obtenus, il est nettement apparu que la distance la plus longue pour les trois catégories des espaces a été enregistrée le matin à 7:00 , en ce moment de la journée, les gens peuvent marcher plus d'un 1 Km à l'ombre avant de se sentir mal à l'aise. En revanche, la plus courte distance parcourue par l'homme

a été enregistrée l'après-midi vers (13 :00), après 5 min de marche, elle est d'ordre de 241,2 m, cette valeur a été noté pour les zones ouvertes qui sont fortement exposées au rayonnement solaire.

Concernant le confort thermique, les auteurs ont montré une corrélation positive entre la variation des valeurs de température d'air, température moyenne radiante et l'indice PET, les résultats montrent aussi que l'ombre est une stratégie efficace pour réduire les valeurs de l'indice PET. Les zones ombragées qui sont protégées par les bâtiments ou la végétation ont tendance à être légèrement plus fraîches que les autres zones en raison de leur exposition plus faible aux rayonnements solaires directs.

L'analyse de niveau de confort thermique montre également qu'une plage acceptable de confort thermique ($<34\text{ }^{\circ}\text{C}$) ne s'est produite que le tôt du matin (7 :00). La durée de la sensation confortable peut être plus de 5 heures, elle s'étale entre 7 :00 jusqu'à 10 :00 du matin, alors que, la période qui s'étale entre 11 :00 h et 16 :00 est considérée comme inconfortable en raison de la forte exposition solaire des espaces étudiés.



Graphique II.1 : variation des valeurs de l'indice PET, Température moyenne radiante, et Température d'air dans les différents points étudiés.

Source : (Koerniawana et al., 2014)

II.3.5 Perception des Ambiances urbaines et Marchabilité

La définition d'une ambiance est unique. Elle appartient à la perception d'un individu. Mais elle est aussi plurielle de par la multiplicité et de par la complexité des éléments qui la composent. Employer la notion d'ambiance implique de référence aux interactions des

ambiances entre elles. L'analyse des ambiances dans un espace urbain repose essentiellement sur une partie subjective (par exemple le sentiment de sécurité ou d'insécurité, sentiment de bien-être), et une partie objective, la partie objective fait référence à l'approche physique de l'ambiance urbaine, cette approche est liée aux facteurs physiques qui ont un effet sur la perception des ambiances par les usagers : la lumière, l'humidité, les odeurs, le vent (ou les mouvements d'air), la chaleur et le son, cette partie est généralement analysée à travers le collecte des données à partir des entretiens (Baudry, 2015).

La perception d'une ambiance est toujours un tout qui convoque tous les sens, en fonction de notre propre sensibilité sociale et culturelle, selon Thibaud, 2008, la perception peut être associée à une multitude de facteurs, elle doit se fonder sur des dimensions physiques et concrets, tels que les modalités sensorielles (sonore, lumineux, olfactif, thermique) permettant d'approcher l'environnement en termes de « confort », et la modalité esthétique qui consiste à aborder l'espace en termes de paysage . La théorie du sociologue urbain Thibaud trouve ses limites dans sa subjectivité, afin de chiffrer les perceptions et d'évaluer quantitativement la marchabilité d'un lieu, l'urbaniste Américain Reid Ewing en 2009, dans son livre "*Measuring Urban Design*", a présenté cinq critères objectifs qui influencent la marche en ville : l'échelle humaine, la transparence, la complexité, l'encadrement, et l'imagibilité. (Voir figure II.3). L'intérêt de sa méthode est qu'elle lie directement la définition de ces critères à des éléments concrets et observables de l'espace urbain (Florine, 2014), par exemple le critère d'encadrement est intimement relié au rapport (H/L) et la présence de végétation dans les espaces publics, la transparence et influencée par les composantes des façades urbaines, (taille des fenêtres, portes ...etc.) . Chaque critère est défini comme suit :

- **L'échelle humaine** : se rapporte à la taille, la texture des éléments physiques qui doivent correspondre aux proportions humaines et à la vitesse à laquelle l'homme marche. Les détails de construction, la texture de la chaussée, les arbres de la rue, le mobilier urbain sont tous des éléments physiques contribuant à l'échelle humaine.
- **La transparence** : se réfère au degré avec lequel les piétons peuvent voir ou percevoir ce qui se trouve au-delà du bord de la route ou d'un espace public, c'est-à-dire la mesure dans laquelle les personnes peuvent percevoir l'activité humaine au-

delà de la rue. Les éléments physiques qui influencent la transparence comprennent les murs, les clôtures.

- **La complexité** : se réfère à la richesse visuelle d'un lieu. La complexité d'un lieu dépend de la variété de l'environnement physique, en particulier du nombre et des types de bâtiments, de la diversité architecturale et de l'ornementation, des éléments du paysage, du mobilier urbain, de la signalétique piétonne et de l'activité humaine.
- **L'encadrement** : se réfère à la mesure dans laquelle les rues et autres espaces publics sont visuellement définis par les bâtiments, les murs, les arbres et d'autres éléments. L'encadrement fait référence à la bonne proportionnalité entre les éléments verticaux et horizontaux, comme si la rue était un environnement intérieur.
- **Imagibilité** : elle se rapporte à la qualité d'un lieu lorsqu'il est considéré comme facilement reconnaissable. Un endroit a une grande "*imagibilité*" quand il est fait d'éléments physiques spécifiques et dont la disposition capte l'attention, suscite des sentiments et crée une impression durable. Ce concept a été créé par Kevin Lynch, urbaniste américain, professeur au MIT, qui a remis au premier plan l'analyse visuelle du paysage urbain à une période où les pratiques urbanistiques étaient uniquement liées à l'analyse fonctionnelle de l'espace. Selon Lynch : " Une ville avec une forte "*imagibilité*" permet à l'observateur de la percevoir comme une structure fortement continue, comme un enchaînement cohérent d'objets distinctifs qui entretiennent des relations claires avec d'autres objets. " (FUSCO, 2012) cité par (Florine, 2014).

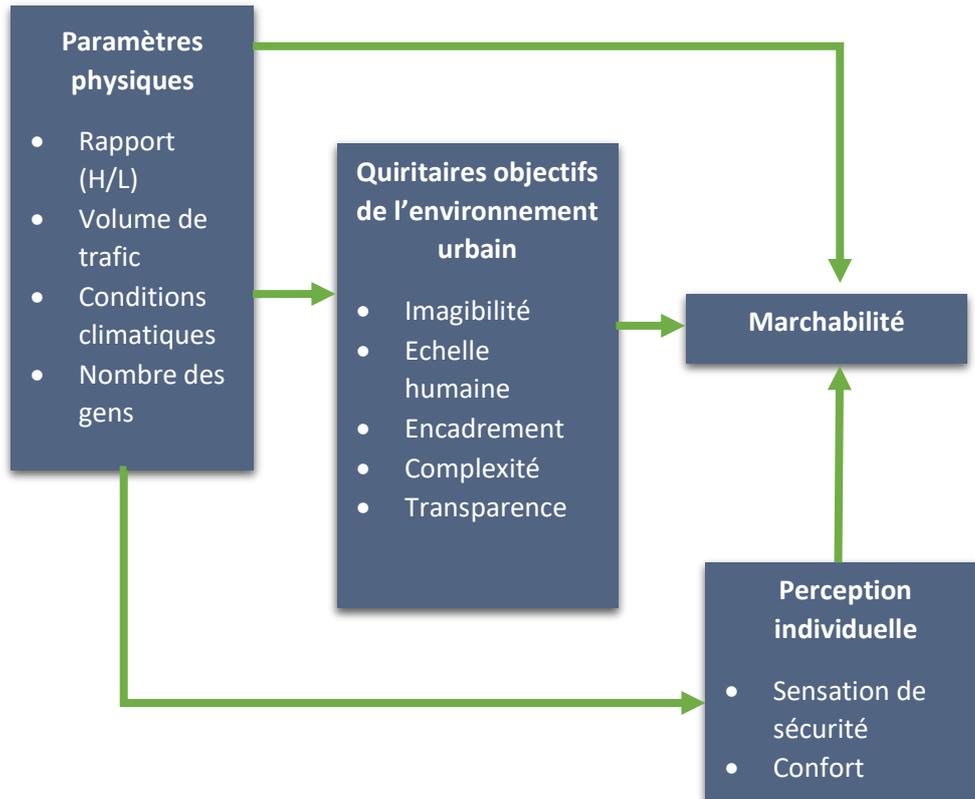


Figure II.3 : Model conceptuel du potentiel piétonnier proposé par Ewing et al.

Source : (Ewing et al. 2006)

A partir du modèle conceptuel développé par Ewing et al., 2006, il est nettement visible qu'il existe un lien entre les formes urbaines et les perceptions, les formes urbaines influencent par leur nature les perceptions des piétons : un environnement construit dans le respect de l'échelle humaine d'encadrement, d'imagibilité, et de complexité sera perçu positivement par le piéton. Donc les perceptions sont considérées comme des médiateurs entre les formes urbaines et la marchabilité.

II .3.6 Sensation de sécurité

Plusieurs autres paramètres psychiques peuvent être pris en compte dans l'entreprise de l'évaluation de la marchabilité, la sensation de sécurité est l'un de ces paramètres, elle peut être vue par la présence d'autre ou des commerçants par exemple renforcerait le sentiment de sécurité. Selon Jacobs, 1961 une rue empruntée est sécuritaire, à l'inverse d'une rue peu fréquentée. De plus, ce paramètre aussi relié à l'organisation même de la rue (démarcation claire entre les espaces de piétones et les espaces des véhicules), et à la

vitesse de trafic, selon Zuniga-Tera et al, 2016 les faibles vitesses de circulation procure un sentiment de sécurité pour les piétons et limite aussi les nuisances en termes de bruit et de pollution, ce qui devrait favoriser la pratique de mobilités actives

II 3 .7 Les critères qui freinent la pratique de marche en ville

La mobilité des marcheurs se heurte cependant à différents obstacles (Heran, 1999). L'analyse des critères d'inconfort considérés comme frein à la marche en ville fait depuis quelques années l'objet de nombreuses recherches. Certains facteurs mentionnés dans les études sur la marchabilité sont identifiés comme décourageant la marche à pied. On dénombre parmi eux la présence d'espaces « morts » (chantiers, terrains vagues, etc.) ou de stationnements (Ewing, 1999), une circulation excessive (Lee et Moudon, 2008), les facteurs météorologiques (pluie, températures élevées), ou encore le manque d'éclairage (Cervero et Duncan, 2003) . Bien souvent ces éléments constituent en fait l'inverse des facteurs facilitant la marche que nous avons mentionné jusqu'à présent : densité, connectivité et diversité fonctionnelle. D'autre part, Marry ., et al, 2010, ont fait une étude sur deux places dans la ville de Paris, cette étude se base sur une analyse multicritères visant à évaluer la perception du citoyen. Les notions de confort et d'inconfort au sein d'un espace public ont été traitées. Différents critères gênent la marche sont pris en compte dans cette recherche pluridisciplinaire : l'acoustique, l'éclairage, l'aérotherme, la qualité de l'air, les odeurs, l'esthétique, la dimension sociale et l'aménagement urbain. Les expérimentations sont d'une part physiques (mesures de niveaux de bruit, d'éclairage, ...etc.) et d'autre part psychosociales (enquêtes in-situ, enquête sur les représentations sociales, ...etc.). Le tableau II.2 illustre une notation en trois niveaux pour chacun des critères. Cette notation permet une première appréhension de différents aspects constitutifs de l'ambiance des deux places étudiées et de la perception des usagers (Marry., et al, 2010).

Tableau II.4 : Evaluation des places expérimentées

Source : (Marry., et al, 2010).

Thématique	Indicateur	Place Monge	Grand Place
Bruit	Leg	-1	-1
	Emergence	0	-1
	Lmax	-1	0
Eclairage	Eclairage Natural	-1	0
	Eclairage artificiel	0	1
Aérothermique	% de gêne du vent	1	0
Qualité d'air	Concentration de CO2	0	1
Odeurs	IPID 20	0	1
	IPOG	0	1
Esthétique	Présence de poubelles	0	1
Aménagement urbain	Nombre de banc	1	1
	Présence de végétation	1	1
Interaction sociale	Activité de divertissement	1	1
	Fréquentation	0	0

-1	Négative
0	Neutre
+1	Positive

Selon Roussel, 2016 les critères d'inconfort sont relatifs à la dimension sociale, environnementale, et climatique, ils sont liés à la présence de l'autre de façon directe « sentiment de sécurité » ou indirecte, les mauvaises odeurs, les conditions météorologiques gênantes « grosse chaleur», le manque de propreté de l'espace, le bruit de la circulation.

II.4 Comment mesurer le potentiel piétonnier d'un espace public ?

L'étude de la relation entre la morphologie urbaine et la marchabilité est très complexe en raison du nombre important des variables environnementales et personnelles, de ce fait, l'étude de cette relation requiert la combinaison de plusieurs méthodes, et d'outils les plus connus dans la littérature sont présentés dans la partie suivante.

II.4.1 L'Audit de potentiel piétonnier

Un audit de potentiel piétonnier est défini comme une grille objective d'indicateurs prédéfinis et validés, qui sert à évaluer les caractéristiques de l'environnement urbain qui sont en relation avec la pratique de la marche (Moudon, 2003). A travers une observation directe effectuée sur terrain, cet outil évalue dans quelle mesure un quartier ou un site est favorable ou non à la marche. Généralement, les audits urbains considèrent trois dimensions dans l'évaluation de la qualité de marchabilité d'un lieu, à savoir la dimension perceptuelle subjective, dimension physique y compris tous ce qui concerne la qualité de la chaussée, l'environnement immédiat, et réseau routier. Dimension comportemental (volume de trafic, score de marchabilité) (Lord et al., 2015).

Ces dimensions sont reliées avec des facteurs, qui sont recueillis à partir de l'observation directe, afin de former une équation attribuant des coefficients à chaque facteur. Ainsi, on peut calculer de manière statistiquement significative l'influence de tel ou tel facteur sur la marche (Verre, 2012). Afin de mesurer la marchabilité d'un environnement urbain, cet outil a comme avantage de pouvoir comparer divers environnements de marche de manière systématique et d'en dégager, une typologie (Lord et al., 2015 ; Negron et al., 2014). Dans une perspective d'aide à la décision, les audits permettent d'identifier certains aspects à améliorer du cadre bâti et de la voirie pouvant faire l'objet d'interventions à court et à moyen termes par les urbanistes.

L'outil d'audit a été largement utilisé par plusieurs auteurs , le tableau suivant présente les indicateurs utilisés dans les audits les plus récents (Brownson *et al.*, 2003; Dannenberg, Cramer et Gibson, 2005; Evensen *et al.*, 2009; Ewing *et al.*, 2006; Gauvin *et al.*, 2005; Troped *et al.*, 2006). On retrouve des indicateurs relatifs à la qualité et à la capacité des infrastructures de transport (route, nombre de voies, signalisation, vitesse ou encore stationnements), et des indicateurs relatifs au monde des infrastructures piétonnes .D'autre part, on retrouve des indicateurs qui concernent l'utilisation du sol de l'espace à l'étude : destinations, densité, mixité. Enfin, un dernier type d'indicateur regroupe les caractéristiques du réseau routier (connectivité et densité des intersections) (Veve, 2012).

Tableau II.5 : Comparatif des différents audits de potentiel piétonnier

Source : Veever (2012)

		Pin 3 ¹	St CL ²	Louis	Ewing ³	Peat ⁴	PEDS ⁵	WSAF ⁷
Trottoirs	Utilisation du sol (types intensifs ,destinations)		✓		✓		✓	
	Présence du trottoir	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Qualité du trottoir (matériaux ,obstructions)	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Pente				✓		✓	
	Barrière naturelles							✓
Interaction automobiles-piétons	Passage piétons, lumière	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Volume du trafic	✓					✓	✓
	Stationnements		✓		✓		✓	
	Limitation de vitesse	✓	✓				✓	✓
	Connectivité		✓			✓	✓	
	Condition de la chaussés	✓					✓	✓
	Mesure pour calmer le trafic		✓		✓		✓	
Sélection attrait	Eclairage	✓	✓		✓	✓	✓	✓
	Surveillance							
	Esthétique jardins ,saleté , ordures)		✓	✓	✓	✓	✓	
	Mémorialiste		✓	✓	✓			
	Variétés architecturale		✓	✓			✓	
	cloisonnement			✓	✓		✓	
	Présence de végétation		✓				✓	
Evaluation subjective	attraction			✓		✓		
	sécurité				✓			
Autres	Disponibilité d'un autre mode de transport		✓		✓		✓	
	Bruit excessif		✓	✓	✓			
	Présence dépiétons		✓	✓				
	Approche perceptuelle approfondie			✓				

¹ Evensen et al., 2009

² Brownson et al., 2003

³ Ewing et al., 2006 (measurement instrument for urban design quantities related to walkability)

⁴ Troped et al., 2006

⁵ Dannenberg et al., 2005

⁶ Clifton et al., 2007

⁷ Emery et al., 2003

II.4.2 Approche numérique

La Space Syntax est principalement une théorie de la ville mais aussi un ensemble d'outils de modélisation spatiale qui permettent d'analyser la structure globale de la ville, sans pour autant perdre de vue ses particularités locales. La carte axiale est un des modèles de représentation et de mesure qui s'est avéré être incontestablement très intéressant pour ce type d'analyse (Laouar et al.2017).

Dans le sujet de marchabilité et sa relation avec la morphologie urbaine, la théorie Space Syntax suggère que le degré d'activité physique qui se déroule dans chaque rue est influencé par le degré d'accessibilité spatiale d'une rue par rapport aux autres rues de la ville (Pereira et al., 2012). Le programme informatique Depthmap, est un outil informatique issu de la théorie de Space Syntax, cet outil sert à la modélisation en carte axiale, et permet la lecture et l'analyse de la morphologie urbaine de la ville dans son ensemble ainsi que ses différentes parties. Les cartes axiales seront traduites ensuite en indicateurs mesurables, qui à leur tour définiront les caractéristiques syntaxiques d'accessibilité spatiale globale et locale des espaces urbains (Laouar et al.2017). En termes de marchabilité, cet outil permet d'évaluer la qualité du réseau piétonnier qui dépend notamment de sa morphologie qui peut être décrit par la notion de connectivité. En pratique, le degré de connectivité d'un réseau se traduit par des lignes axiales, les rues peuvent être présentées sous forme de lignes axiales, le degré d'intensité des lignes nous donnent des informations sur le degré de connectivité qui a un impact significatif sur l'activité piétonne, en effet, les tissus qui disposent un réseau faiblement connecté et obligent les piétons à effectuer des détours (Héran, 2009) cité par (Chibane et al.2016) . En revanche, un réseau connecté permet au piéton de se mouvoir plus librement (possibilité de changer de direction, de raccourcir le trajet), dans le cadre de notre étude, le nombre d'intersection a été relevé de manière précise à partir de visites sur terrain accompagnées par des audits de marchabilité.

Le système d'information géographique (SIG) est un outil informatique conçu pour recueillir, stocker, traiter, analyser, gérer et présenter tous les types de données spatiales et géographiques, Mais un SIG ne sert pas seulement à faire des cartes il sert à réaliser des analyses spatiales (Hirzel, 2014). En termes de marchabilité, Tomlin, 1990 confirme que le (SIG) est un outil utilisé pour mesurer objectivement de nombreux facteurs physiques et

environnementaux, notamment la densité résidentielle, la connectivité et la diversité fonctionnelle. Dans notre recherche nous avons utilisé l'outil ArcGis pour calculer les paramètres morphologiques comme (la densité de batie , la densité végétale) .

II.4.3 La marche aux trois personnes

La marche aux trois personnes est une approche sociologique, créée par le sociologue urbain Jan Paul Thibaude en 2008, afin d'articuler les pratiques de la marche en ville à l'expérience des ambiances urbaines, une triple perspective de la marche urbaine a été adoptée par le sociologue Jan Paul Thibaud : **Je – Tu – Il**. Cette marche aux trois personnes propose à chaque fois des situations d'enquête en mouvement, de manière à approcher autant que possible la marche en train de se faire, en tant qu'effectuation concrète et processus en acte (Thibaud, 2008).

II.4.3.1 Quand je marche : Dérive photographique

Il s'agit de marcher librement, sans but affirmé et sans intention, si ce n'est que de se rendre disponible aux multiples sollicitations de la ville, se laisser porter par l'ambiance. On prend des notes, on enregistre ses sensations et impressions au fur et à mesure du trajet. On indique où on se trouve et par où on passe. On photographie parfois. On restitue tout cela dans un même document. Les descriptions révèlent également la capacité relative d'un terrain à faire l'objet d'un assentiment général ou au contraire à susciter des critiques défavorables. Il ne s'agit pas d'identifier les espaces les plus propices à la marche, mais, plus fondamentalement, de montrer comment des qualités d'ambiance particulières suscitent des modes de mobilité singuliers. On se donne les moyens de penser l'efficace sensori-moteur d'un environnement urbain exploré à partir de l'expérience in-situ..." (Thibaud , 2008).

Dans notre recherche, on utilise la technique de dérive photographique, Ce qui est important de cette technique c'est d'étudier la marche en train de se faire, avec une approche proactive et non une visée rétrospective. L'objectif est d'expérimenter des situations d'enquête en mobilisant le corps de l'enquêteur lui-même (Florine ,2014).

II.4.3.2 Quand tu marches : séquences accompagnées

L'approche à la 2ème personne s'en remet à la parole de l'autre. Cela consiste à se mettre à l'écoute des habitants en faisant appel aux piétons rencontrés sur place (en différents points du territoire étudié), qu'ils soient résidents de longue date, usagers réguliers ou visiteurs ponctuels. Il s'agit d'accompagner dans leur trajet en cours les personnes qui l'acceptent, en leur demandant de nous faire part de leur expérience des cheminements. Selon les lieux, les passants se rendent plus ou moins disponibles à notre requête. Que leurs conduites soient d'accueil ou d'évitement, elles nous donnent une première indication sur la sociabilité et la disponibilité des marcheurs dans le quartier. (Thibaud, 2008).

II.4.3.3 Quand il marche... reconduction de parcours

Avec l'approche à la 3ème personne, il s'agit de se mettre au rythme des passants en se rendant sur les lieux à divers moments de la journée et en observant aussi précisément que possible le parcours de divers piétons. Cela consiste à suivre des yeux ou physiquement à distance respectable leurs va-et-vient, noter les allures et les arrêts, prêter attention aux gestes et aux démarches, enregistrer les actions et les expressions, consigner les activités et les rencontres, relever les événements et les incidents (Thibaud, 2008).

II.5.4 Les enquêtes in situ

Les enquêtes in situ visent à explorer les affectations subjectives auprès des sujets sur leurs espaces publics, à travers les réponses subjectives des sujets. Généralement, les réponses recueillies in situ tiennent compte de la complexité du concept de marchabilité en intégrant les différentes interactions qui régissent la relation entre l'homme et son environnement. L'analyse des données recueillies permet d'identifier les conditions qui ont été jugées confortables, ou même de développer des critères empiriques.

Dans le cadre de notre travail de recherche, nous avons réalisé une enquête par questionnaire sur chacun des sites, cette enquête de grande ampleur recueille un nombre important d'informations sur la relation entre environnement physique, homme et marchabilité, elle s'intéresse à aborder les thèmes suivant :

II.5.4.1 Les modalités sensorielles

Selon Thibaud, 2008 la perception des gens lors de la pratique de la marche peut être associée à une multitude de facteurs, elle doit se fonder sur des dimensions physiques et concrètes, telles que les modalités sensorielles (sonore, lumineux, olfactif, thermique) permettant d'approcher l'environnement en termes de « confort », et modalité esthétique qui consiste à aborder l'espace en termes de paysage.

Dans notre travail de recherche , on s'intéresse à identifier qu'elle modalité affecte plus la perception des sujets pendant la pratique de la marche en période estivale, à savoir les quatre modalités mentionnées par (Thibaud , 2008).

II.5.4.2 Dimension temporelle

La temporalité à l'échelle journalière est l'une des dimensions considérée comme constituante de l'environnement de marche. Roussel, 2017 a étudié l'intensité de la marchabilité d'un groupe de sujets en différents moments de la journée, son travail est principalement de chercher à démontrer comment marchent les gens en ville, à Paris principalement, les résultats confirment que les sujets du groupe distinguent des moments plus ou moins confortables pour se déplacer à pied. Les dimensions temporelles se croisent avec la dimension sociale de la situation de marche, les résultats confirment que la majorité des sujets préfèrent la pratique de la marche le matin car ils sont plus en formes et pendant l'heure du déjeuner car ils sont à plusieurs. En revanche, la nuit est considérée par certains (et notamment certaines) comme un frein au déplacement à pied, en raisons de l'insécurité des espaces mais aussi au manque d'éclairage (Roussel, 2017).

Dans la présente étude, il est intéressant de savoir comment et pour quelle raison la dimension temporelle influe sur la pratique de la marche. En émettant l'hypothèse selon laquelle un individu ne marche pas de la même façon selon l'heure de la journée, car chaque moment suppose des conditions microclimatiques différentes et donc l'action de la marche varie en conséquence. Ou bien les individus y ont des pratiques et des comportements qui varient au fil des heures.

II.5.4.3 Les différents types de la marche à pied

Il y a deux manières opposées d'utiliser la marche. La première, « marche-loisir » est représentée par une abondance de termes (promenade, visite, balade, randonnée, etc.), la

deuxième est la marche utilitaire correspond à des moments de marche effectués spécifiquement pour atteindre une destination (faire ses achats, aller travailler, voir un ami ...etc.) (Didier, 2012).

Dans notre recherche, on s'intéresse à identifier les principaux motifs pour lesquels les sujets se déplacent à pied, la population interrogée sera subdivisée en deux catégories, ceux qui marchent bien volontiers (la marche pour plaisir et détente), et ceux qui déplacent à pied et qui sont motivés par l'arrivée à une destination précise (la marche utilitaire).

II.5.4.4 Les Facteurs qui gênent la vitesse de la marche

La vitesse avec laquelle le piéton est marche varie en fonction de plusieurs facteurs, plusieurs chercheurs se sont intéressés à ce sujet. Selon Diyanah et al, 2012, dans les zones de forte densité populaire, la vitesse des gens diminue considérablement en comparaison avec ceux qui marchent dans des zones de faibles densités populaires. Selon Ewing, 2006, la qualité de chaussée est le facteur le plus affectant sur la vitesse de marche, Mantufar et all, 2007 confirment que la vitesse de la marche est étroitement liée aux conditions des saisonnières, elle est plus élevée en été qu'en hiver.

En se basent sur ces études, dans notre travail de recherche, et à l'aide de questionnaire, nous avons choisi d'étudier les critères suivants selon trois aspects : la densité de population (aspect social), l'ensoleillement (aspect climatique) et la qualité de la chaussée (aspect physique). On cherche à comprendre quel facteur affect plus la vitesse des sujets pendant l'été et de quelle manière ces facteurs affectent la vitesse de marche.

Conclusion

En conclusion, la littérature concernant la marchabilité nous a permis de comprendre les liens qui pouvaient exister entre les caractéristiques physique et psychique de l'environnement urbain et la pratique de la marche. Nous avons pu voir à travers la littérature que certaines formes urbaines pouvaient favoriser la marchabilité des espaces. Les éléments de la morphologie urbaine pouvant être liés au choix des modes de transport des individus sont la densité, la diversité (mixité) et la connexité (Robitaille,2011). En théorie, une forme urbaine optimale serait caractérisée par une diversification, une densité de bâtie et résidentielle élevées et une connexité importantes, la plupart des chercheurs retiennent deux catégories de critères dans le milieu particulier qu'est l'espace public, ces

critères pouvant exercer une influence sur l'activité physique : critères psychiques comprennent les perceptions individuelles des gens face à l'ambiance de l'environnement immédiate, critères physiques définissent le cadre tridimensionnel des espaces publics (Thibaude, 2008 ; Ewing, 2012). Nous avons également pu comprendre les différents indicateurs qui régissent l'expression de chaque critère. Afin d'identifier la relation entre morphologie, le confort thermique et la marchabilité. Le choix s'est porté sur les indicateurs les plus significatifs à l'échelle de l'espace public et à l'échelle du tissu urbain. A l'échelle de tissu urbain, nous avons choisi d'étudier la densité de bâti. A l'échelle de l'espace public, le choix s'est porté sur la densité végétale et le rapport (H/L). Ces indicateurs ont un effet sur la modification microclimatique d'un part et sur la marchabilité des espaces publics d'autre part.

Concernant les conditions climatiques et ses effets sur la pratique du transport actif, la revue de littérature présentée dans la partie précédente démontre qu'il existe de nombreuses études relatives au potentiel piétonnier et sa relation avec les conditions climatiques et le confort thermique. En revanche, aucune recherche n'est portée sur les villes Algériennes notamment celles avec un climat chaud et aride, pour cette raison, nous avons intégré la dimension climatique dans le processus d'évaluation de la marchabilité, en considérant l'indice de confort thermique PET comme un médiateur entre Microclimat et Marchabilité.



Figure II.4 : La relation entre microclimat et marchabilité

Source : L'Auteur, 2018

Concernant les méthodes d'évaluation de la marchabilité, la littérature montrent un large nombre des méthodes et outils sert dans cet objectif, pour notre cas, l'approche expérimentale consiste en une campagne de mesure des paramètres physiques par le biais des Audits de marchabilité. Ce panel d'indicateurs sert à évaluer quantitativement

l'environnement physique, et met en lumière les forces et faiblesses de l'environnement bâti de chaque espace.

Un questionnaire a été développé en ce sens pour pouvoir par la suite a qualifier l'environnement extérieur en fonction de ceux qui utilisent l'espace.

Le travail sur terrain consiste aussi à appliquer une Approche Sensible Personnelle, cet approche basée sur la manière du sociologue urbain Jan Paul Thibaude, elle est réalisée à l'aide de technique de dérives photographiques dans chaque espace étudié.

DEUXIEMME PARTIE :
CADRE METHODOLOGIQUE ET ANALYSE DES
RESULTAT

CHAPITRE III : Climat et Morphologie urbaine à Sidi Okba

"La connaissance des climats locaux reste encore incomplète. Comprendre les variations climatiques dans l'espace et le temps est absolument indispensable dans le monde d'aujourd'hui où l'on recherche constamment une meilleure utilisation du milieu naturel, une adaptation sans cesse plus poussée de l'homme à son environnement" (Escourrou, 1981, p.167).

CHAPITRE III : Climat et Morphologie urbaine à Sidi Okba

Introduction

Le présent chapitre sera entamé par une étude théorique du secteur d'étude, il nous a paru utile en premier lieu de donner une présentation générale de la ville de Sidi Okba, à travers la présentation de ses caractéristiques géographique, et de ses différentes phases d'évolution urbaine, l'objectif majeur est de comprendre au mieux les conséquences de l'évolution historique de son processus d'urbanisation sur sa configuration urbaine actuel.

Le choix s'est porté sur la ville de Sidi Okba l'une des régions oasis du bas-Sahara du à sa valeur historique et religieuse, à la transformation diachronique de sa morphologie urbaine, ce qui influe considérablement le micro climat urbain et le comportement piétonnier à l'échelle des espaces publics. La prise en compte des paramètres climatiques lors de toute conception urbanistique est primordiale, la deuxième partie de ce chapitre mettra en exergue un bref aperçu sur la nature des différents climats régnant en Algérie et ensuite une analyse climatique détaillé de Sidi Okba dans le but de ressortir la période convenable pour effectuer l'investigation pratique.

III.1 Présentation de cas d'étude

Sidi Okba est l'agglomération du chef-lieu de la daïra et de la commune du même nom. Elle est située à une vingtaine de kilomètres au sud-est de la ville de Biskra et qui considérée comme la capitale religieuse des Zibans, au centre des oasis, la commune est cernée par des dizaines de milliers de palmiers, estimé en 2007 par 375 142 unités, sa position géographique est limitée entre 34°45' au Nord, et longitude 5.54° à l'Est, son altitude est de 54 mètres/au niveau de la mer. Elle s'étend sur une superficie de 254,55 Km². Sidi Okba était déjà une commune depuis 1953 .Suite au découpage administratif de 1974, elle a été hissée au rang de Daïra. Après le dernier découpage administratif de 1984, elle est limitée au nord par la commune de CHETMA, au Nord-Est : par la commune de

M'CHOUNCHE, au Sud par la commune de EL HAUCHE, à l'Ouest : par la commune D'OUMACH.

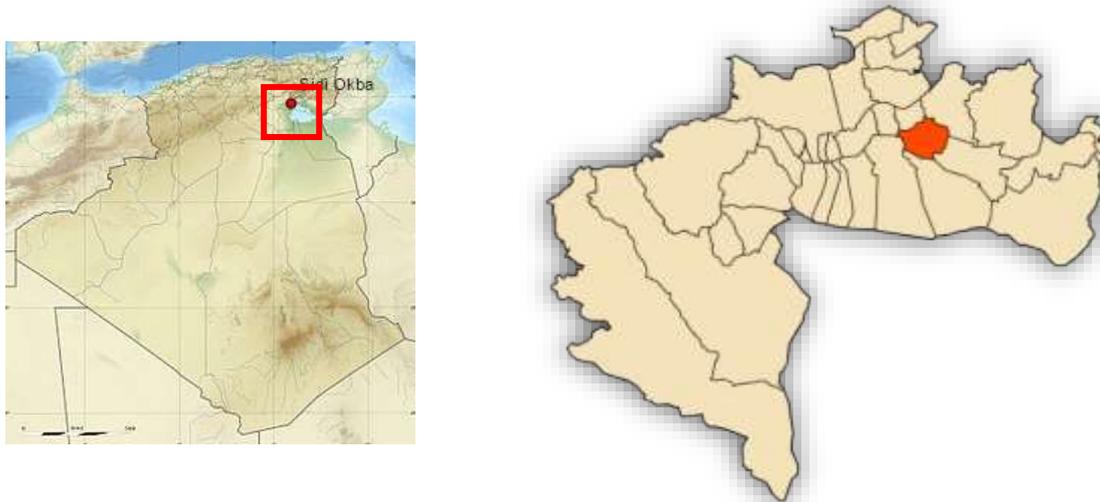


Figure III.1 : à gauche : Carte administrative d'Algérie, à droite : Carte de situation géographique de la commune de Sidi Okba dans la wilaya de Biskra

III.1.1 Caractéristiques du milieu physique :

III.1.1.1 Géomorphologie :

La région d'étude fait partie d'une zone de transition entre les chaînons atlasiques et les étendues sahariennes, ce passage se fait par un piémont sans relief marqué avec une topographie de plateau légèrement inclinée au Sud, et qui occupe 75% de la surface totale de la commune , il est caractérisé par des sols profonds et fertiles avec une nappe phréatique suffisamment proche de la surface du sol où se localisent les Oasis. En revanche, Les montagnes sont situées dans le Nord, elles occupent 25% de la superficie totale de la commune avec une hauteur moyenne de 379 m au-dessus du niveau de la mer (PDAU, 2016).

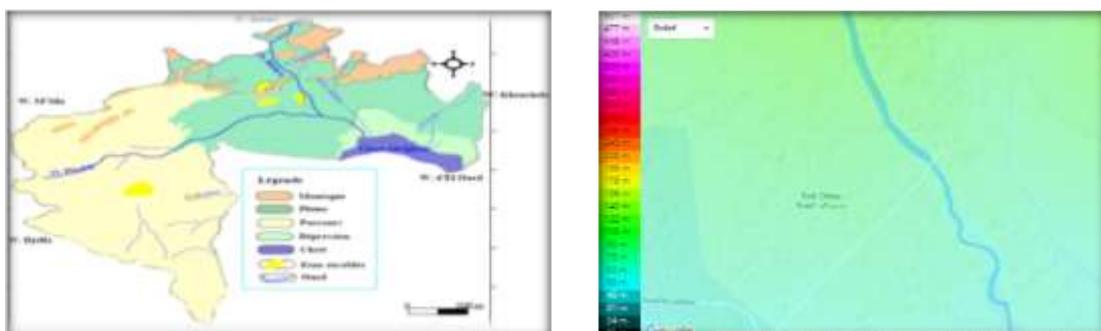


Figure III.2 : à gauche : Carte des formes géomorphologique de la wilaya de Biskra, à droite : Carte topographique Sidi Okba . **Source** : topographic-map.com

III. 1.1.2 Ressources hydriques :

La commune de Sidi Okba est bien drainée par une série d'Oueds dont le plus important est : oued BRAZ, oued ALMALEH, Oued Biskra qui est formé par la confluence de deux grands Oueds qui sont Oued El Hai et Oued l'Abdi ou Branis , un barrage dit « Mekzem Zab » divise l'oued EL ABIOD en cinq séguias qui amènent l'eau dans les oasis de GARTA, SERIANA, TAHOUDA et SIDI OKBA, à partir de cette oasis, toutes les eaux de l'oued EL ABIOD sont absorbées. Ils coulent à sec, sauf aux époques de crues où un barrage les retient pour qu'elles puissent arroser les terrains de la plaine de MANSOURAH. De cette plaine de l'oued BRAZ cesse complètement d'être utilisé ; il se développe en plusieurs branches qui ont leurs embouchures dans le chott MELGHI (PDAU, 2016).

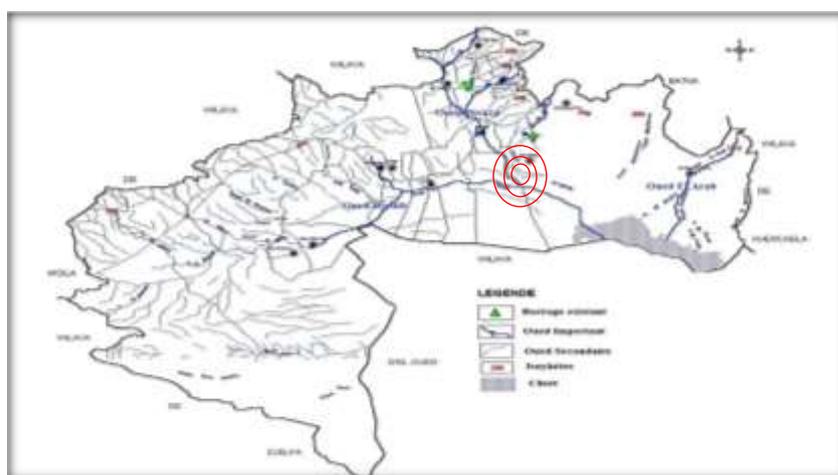


Figure III.3 : Réseau hydrographique de la Wilaya de Biskra

Source : (Sedrati, 2011)

III. 1.1.3 Cadre végétale :

La région des Ziban est composée de deux entités distinctes, Celle située à l'ouest de Biskra est appelée le Zab Gherbi , et l'autre se située à l'est de Biskra appelé l'oasis du Zab chergui (Alkma, 1999), cette région on peut la subdiviser en quatre parties en fonction de la répartition de la palmeraie comme indiqué sur la figure III.4 , la commune de Sidi Okba fait partie du Zab chergui et qui constitue l'une des grandes oasis sahariennes , cette région connue par sa particularité de ses palmeraies avec un nombre total estimé en 2014 à 379322 palmiers (PDAU, 2016), la commune conforte sa vocation agricole par d'autres types de végétation comme les fruitiers ,les cultures maraîchères elle comprend aussi des serres pour la culture saisonnière.

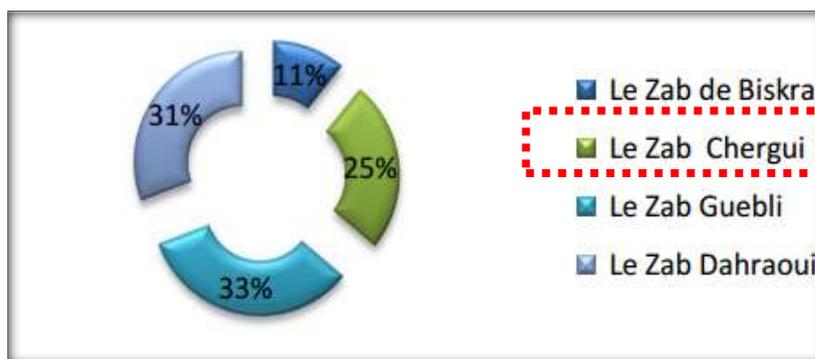


Figure III.4 : graphe de la répartition de la palmeraie sur les Ziban

Source : (Lalouani et all ,2008)

Tableau III.1 : La production agricole de la commune de Sidi Okba pour la période (2014/2015)

Source : (PDAU, 2016)

Commune	Production de céréales		Maraîchères				Autre production	
	Surface	Production	serres		Champs naturel		Surface	Production
Sidi Okba	1466 H	42461 T	Surface	Production	Surface	Production	642,00	46 232,00
			420,00	413 868	1 120	197 120		

III. 1.1.4 Démographie

Selon les dernières statistiques de l'année 2008, la population totale de la commune de Sidi Okba est estimée à 33509 habitants, concernant sa répartition spatiale, les résultats indiquent un nombre de 29 499 habitants occupent principalement le centre de la commune avec un taux de 88%, 2054 habitants localisent dans les agglomérations secondaires (Seryana, Guarta) avec un taux de 6,13 % ,1956 habitants localisent dans les zones dispersées (Thouda) avec un taux de 5,84%. En fonction de ces résultats, la population totale de cette commune pour l'année 2015 est estimée à 39892 habitants. Durant la période étendue entre (2008-2015) Sidi Okba enregistre un accroissement de 6383 habitants, ce qui influe considérablement sur la croissance urbaine. Cette commune représente un taux de 10,80% de la population totale de la wilaya de Biskra et qui est considérée comme la cinquième commune du point de vue population (PDAU ,2016).

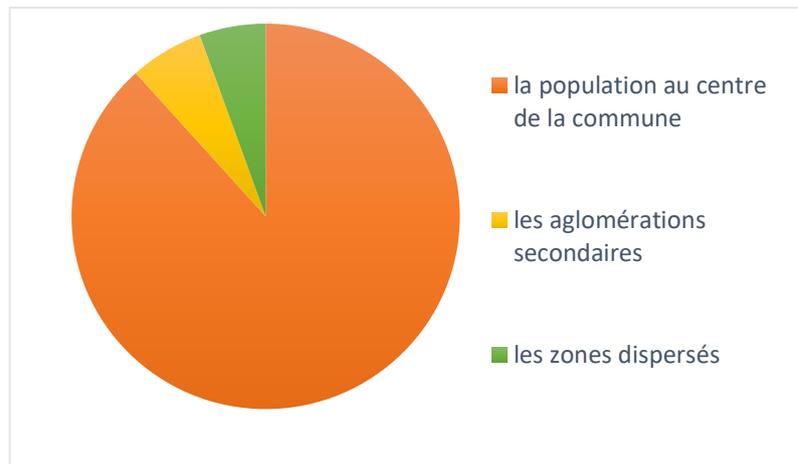


Figure III.5 : la répartition spatiale de la population à Sidi Okba

Source : (PDAU, 2016)

III.1.2 Naissance et transformation diachronique de la morphologie urbaine

Depuis bien longtemps la région de Biskra et son entourage ont constitué le lieu de foisonnement de plusieurs civilisations (Romaine, byzantine, turque). Vers le 7ème siècle, avec la conquête arabe et la diffusion de l'islam par Okba Ben Nafaa qu'il était le chef d'armée des Omeyyades et a conquis le Maghreb en général, son tombeau actuellement se trouve au centre de l'agglomération de Sidi Okba et qui attire d'assez nombreux pèlerins musulmans, pour cette raison la commune de Sidi Okba est considérée comme un centre religieux de toute la région des Ziban. Du point de vue historique, en se référant sur une recherche documentaire qui en partie répond à certaines interrogations sur l'apparition et le développement urbain de la commune de Sidi Okba.

III.1.2 Epoque antique

Dès le premier siècle après JC : les Romains prirent la direction de la région des Aurès, afin d'assurer une meilleure surveillance et de contrôler leur empire contre les invasions arabes, ils organiseraient leur système défensif à travers des citadelles militaires qu'ils ont construit de chaque côté de cette région, ce procédé de défense est conçu sous forme des immenses murailles massives et solides, des portes sont aménagées dans les murailles, tout au long du prolongement de l'enceinte romaine, il existe des cours d'eau navigable (vallées) ce qui facilite l'apparition des petites agglomérations humaines et des habitants qui résidaient en bordure de cette enceinte.

Chaque enceinte fortifiée est limitée par deux citadelles, où les citadelles militaires de Bades et KhanchlA furent construites pour contrôler le site d'Ouad ALarab, les citadelles de Thouda et LEMBAS furent construites pour contrôler la région d'ouad Abyad, les deux citadelles restantes : Hammam Sidi Haj et Lembaz furent construites pour contrôler successivement la région d'Ouad Abdi et d'Ouad Guantra.



Figure III.6 : la localisation des vallées des Aurés et le système défensif romaine

Source : Belakhal et al, (2003)

En 647 une première vague Arabe assaillit le pays, une deuxième à partir de 669 le conquis et l'islamisa. Au conquérant arabe Okba Ben Nafâa revient le grand mérite de ces conquêtes de l'Afrique du Nord et l'Islam en tant que système religieux et politique se diffusa à l'ensemble du Maghreb. De son retour de l'Ouest en 63 de l'hégire 684-685 après J-C, il tomba dans une embuscade et périt à 5km aux environs de T'houda (SIDI OKBA actuellement) où son corps repose (El okbi s. m.).

La ville prend naissance quelque temps après que le tombeau d'Okba Ibn Nafâa fût intégré à une mosquée et que des premières habitations soient construites à proximité. Les travaux de déblais réalisés dans le cadre du projet du complexe culturel islamique révélèrent certains faits qui ont remis en cause l'ancienne version relative à la croissance de la ville (Belakehal et al, 2003). En effet, les quartiers découverts en dessous du quartier de 'Harat Sidi Askar' et leur structure urbaine différente de celles communément connues attestent de la préexistence d'un quartier plus ancien et qui entouraient le tombeau de 'Sidi Askar' l'un des compagnons d'Okba Ibn Nafâa. Plus tard, d'autres quartiers se sont formés

et constitués un ksar selon le modèle local de la région des Ziban alliant cadre bâti, eau et palmeraie (Farhi et al, 2003).

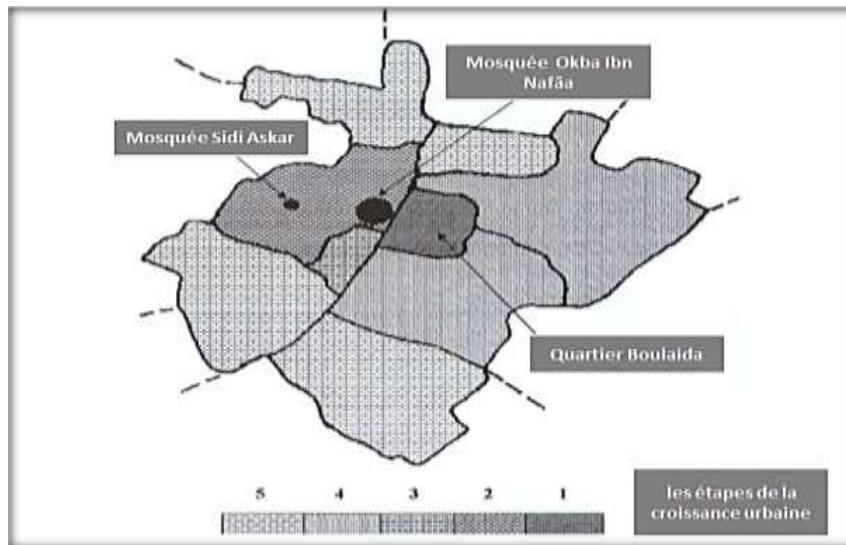


Figure III.7 : Les étapes de la croissance urbaine de la ville de Sidi Okba

Source : Belakehal et al, (2003)

- En 10^{ème} siècle on a construit la mosquée d'OKBA dont le premier noyau fut construit par Ouled « MOUHLIT ». Les premiers habitants de SIDI OKBA , qui est un hameau appelé Harat «BOULAIDA» . Et depuis, SIDI OKBA a connu un drainage de population très important, venu surtout les aurés et du sud (région de SOUF) et aussi des zones épaisses (NOMADES – OULED NAIL– SOUAMAA). Premier noyau commence a être saturer «HARAT BOULAIDA» on a réfléchi à construire une autre harat dont elle a pris le nom de harat «OULED TAHAR» référence du nom des chef de tribu De «OULED ARBI», qui habitant ce quartier depuis 1220.
- En 1280 une nouvelle extension au SUD-EST de la mosquée s'est faite par OULED SALAH.
 - En 1515 on a construit harat «OULED OMER» sur le coté SUD de la ville au limite de La palmeraie .
 - En 1705 fut la naissance de «HARAT CHAKALAT» qui appartenait a la tribu «d'EL KHOUDHRENE», en occupant la totalité de coté NORD6-EST de SIDI OKBA. (Allouane,1987)

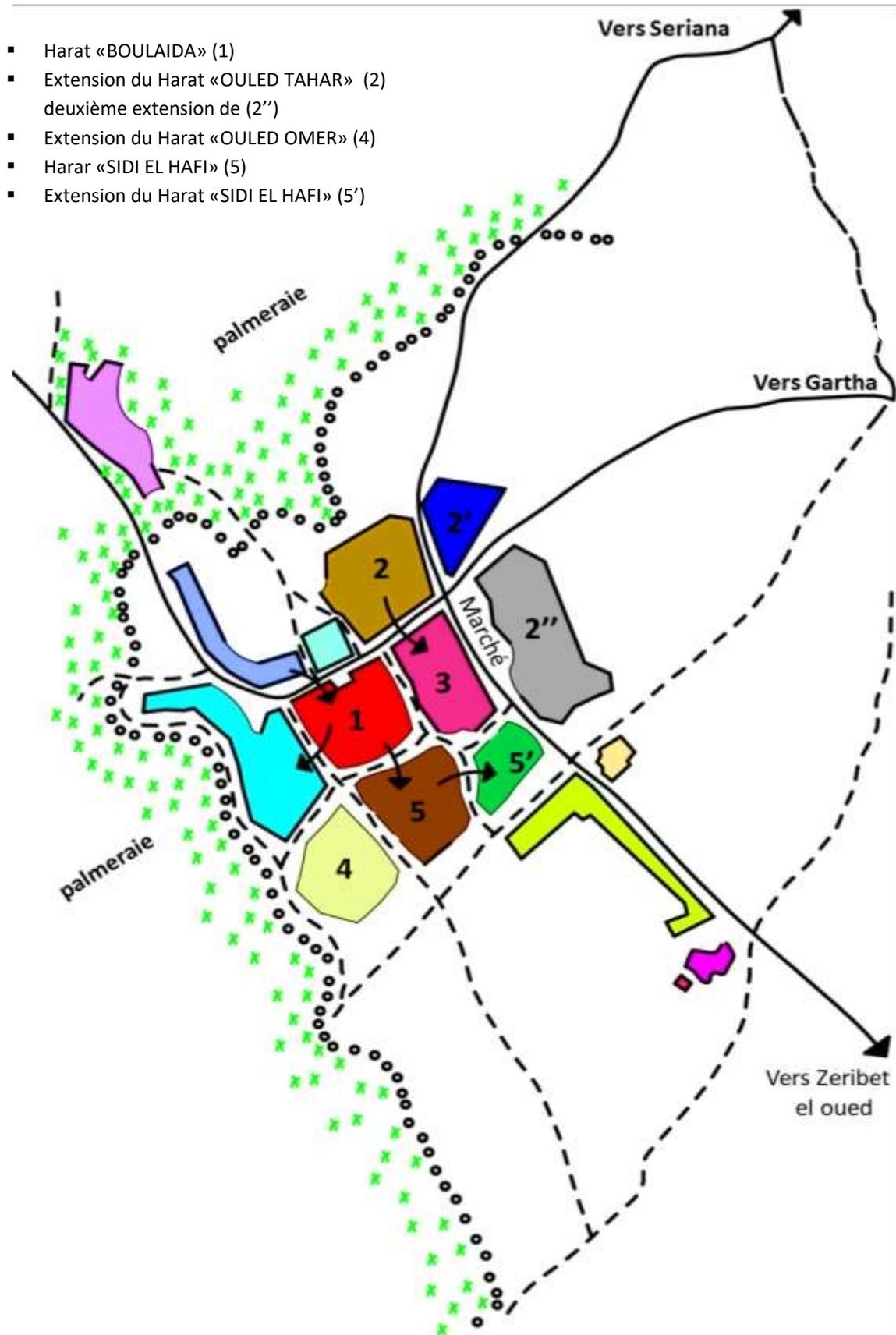


Figure III.8 : Schéma de développement de l'ancien noyau de Sidi Okba

Source : (Allouane, 1987)

III.1.2.1 Composition urbaine et architecturale

L'ancien noyau de Sidi Okba (tissu traditionnel) témoigne d'une sédentarisation de la population nomade vivait dans une région aride. Il se situe à l'intérieur de la palmeraie, où les conditions de vie sont plus favorables. La palmeraie, en tant qu'élément végétal, assure à l'homme les ressources de subsistance et crée le microclimat nécessaire pour modérer l'aridité ambiante. En plus d'être agricole, ce milieu oasien est aussi un monde de commerces. L'organisation spatiale de ce tissu reflétait un ordre social dans la mesure où les quartiers étaient habités par des tribus distinctes telles que le quartier de 'Harat Sidi Askar habité essentiellement par les Chorfas ou celui de 'Harat Ouled Salah' ou 'Harat Ouled Larbi habités par les tribus du même nom.

Du point de vue morphologique, l'intégration de l'ancien noyau dans la palmeraie présente l'un des éléments originaux de la commune de Sidi Okba, à l'échelle urbaine, le complexe islamique de Okba Ibn Nafaa est considéré comme un élément structurant de l'ancien noyau de Sidi Okba, la morphologie compacte de ce tissu est le résultat de la juxtaposition des habitations, en créant à l'intérieur des espaces de groupements (marché, place..), et délimitent autour de lui des rues et des ruelles étroites et sinueuses, à cela s'ajoute l'originalité des techniques et des systèmes de construction avec une certaine uniformité de la texture, l'apparence fermée des façades et l'introversion des bâtisses, l'organisation spatiale intérieure reflétant le mode de vie locale et bien apparentée à la structure familiale (Farhi et al, 2003).



(a)



(b)

Figure III.9 : (a) vue sur une rue dans l'année l'époque prés-coloniale présente le mouvement quotidienne des habitants. (b) forme et matériaux de construction. **Source :** (Allouane, 1987)

III.1.3 Période coloniale (1844-1962)

Durant la période coloniale, la ville de Sidi Okba franchit ses modestes fortifications et connaîtra deux nouvelles voies encadrant la future zone d'extension de la ville (Belakhlah et al,2008). Cette phase se distingue par le développement du secteur tertiaire avec l'implantation des équipements sanitaires ainsi que des établissements scolaires, la volonté d'extension urbaine fait ressortir les deux nouvelles voies qui ont été des supports structurants la future extension de l'ancien noyau. Vers la fin de cette période la ville a été dotée d'un plan directeur d'urbanisme qui définissait les limites de la ville et fixait sa population à 12 000 habitants.

III.1.3.1 Composition urbaine et architecturale

A l'échelle urbaine, l'intervention coloniale fait ressortir à travers l'apparition des nouveaux réseaux routiers plus larges que ceux de l'ancien noyau, avec une certaine rationalité d'implantation et un alignement géométrique remarquable. A l'échelle du bâti, l'architecture coloniale a entraîné plusieurs mutations au niveau du cadre bâti, notamment le degré d'ouverture sur la rue, des hauteurs assez grandes des bâtiments en comparaison avec les anciens bâtiments. Malgré l'introduction de nouvelles techniques de construction, la conception des maisons n'a pas omis de reprendre quelques techniques de construction vernaculaire à base de matériaux locaux (blocs de terre, tronc de palmier) (Alkama et al, 1996).

III.1.4 Période post-indépendance (Après 1962)

Après l'indépendance, Sidi Okba a vu l'apparition d'une dynamique urbaine très rapide et non réfléchie, des nouveaux plans apparaissent par la promulgation de certaines lois et des outils d'urbanisations qui sont basés sur une approche quantitative. La croissance urbaine a progressé selon deux périodes, la première était entre 1962 et 1980, où le développement urbain se propageait selon une logique linéaire de part et d'autre par rapport aux axes routiers menant vers Khangat Sidi Naji et Guarta. La deuxième période est depuis 1980 jusqu'à nos jours, d'autres extensions sont apparues sous formes des projets d'habitat collectifs.

III.1.4.1 Composition urbaine et architecturale

La configuration urbaine pendant cette période est caractérisée par un tracé parcellaire identique conçu par les services techniques, les îlots sont de forme régulière disposés suivant une trame légèrement régulière (lotissement), créant aussi une structure urbaine formée de rues et des boulevards larges et uniformes à caractère carrossable.

A l'échelle du bâti, les constructions sont des habitations individuelles de deux ou trois niveaux ouvertes sur la rue, le RDC est généralement préservé pour l'activité de commerce, les aspects technique et figuratif de ces bâtiments sont caractérisés par de toitures plates, des façades modernes, et de système constructif en poteaux poutres en béton armé avec du parpaing en brique. Jusqu'aux années 80, la tendance est à l'orientation vers une organisation urbaine éclatée, un nouveau mode d'urbanisation a été apparu basé essentiellement sur des formes urbaines issues de la pensée fonctionnaliste (ZHUN), qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement aride de la commune de Sidi Okba, ces formes constituées de barres implantées d'une manière lâche ce qui ne laisse pas apparaître l'unité de composition urbaine "l'îlot" notable précédemment dans le tissu traditionnel.



Figure III.10 : les périodes d'évolution de la ville de Sidi Okba

Source : (Belakhale et al. 2008)



(a)



(b)

Figure III.11 : (a) rue dans les lotissements d'habitat individuel. (b) Vue sur les projets d'habitat collectif. **Source** : (Auteur, 2017)

III.1.5 Les conséquences du changement morphologique

L'évolution du processus d'urbanisation de Sidi Okba, fait apparaître des mutations typologiques à l'échelle urbaine et architecturale, le processus d'urbanisation est donc caractérisé par sa rupture radicale avec la logique de composition formelle des noyaux originaux, ces derniers marqués par l'insertion dans la palmeraie et la grande compacité urbaine avec ses rues, ruelles et impasses étroites et sinueuses, en revanche les fragments actuels (ZHUN, lotissement) issus de la pensée fonctionnaliste engendrent un déséquilibre systématique qui n'a aucun lien d'harmonie avec le milieu aride, Sidi Okba avec ces fragments éclatés a pris l'image d'une ville méditerranéenne, bien que le contexte climatique soit totalement différent. Sur le plan de confort thermique, les anciennes techniques de construction assurent un grand rôle dans le confort thermique, ceci grâce d'une part à l'épaisseur des murs et d'autre part à leur inertie thermique qui jouent un rôle important dans le déphasage thermique journalier, qui atteint les 12h (09) (Alkma, 1999). En revanche, les nouvelles techniques de construction basées sur l'utilisation de matériaux différents aux ceux qui étaient en harmonie avec l'environnement oasien participent négativement sur le bilan thermique des espaces publics.

III.1.6 Etude climatique

III.6.1 Climats en Algérie

L'Algérie, pays Nord-africain, est un vaste territoire d'une superficie de 2.381.741 Km², compris entre 18° et 38° de latitude Nord, et entre 9° de longitude Ouest et 12° de longitude Est. A cette vaste étendue territoriale correspond une diversité de zones climatiques qu'on peut classer en deux grandes catégories :

A. Zones climatiques d'hiver :

1. La zone H1 subit l'influence de la proximité de la mer
2. La zone H2 subit l'influence de l'altitude
3. La zone H3 subit l'influence de la latitude

Ces trois zones sont classées en fonction de l'altitude en 07 sous zones comme suit :

Sous zone H1a : littoral mer, altitude <500m : Caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles. Sous zone H1 b : arrière littoral montagne, altitude > 500m : caractérisée par des hivers plus froids et plus longs. Sous zone H2a : atlas tellien-montagne, 1000 < altitude < 1500m : caractérisée par des hivers froids et un écart de température diurne important. Sous zone H2b : atlas saharien-montagne, altitude > 1500m : caractérisée par des hivers encore plus froids. Sous zone H3a : prés-Sahara, 500m < altitude < 1000m : caractérisée par des hivers très froids la nuit par rapport au jour. Les écarts de température entre le jour et la nuit sont importants. Sous zone H3b : Sahara, 200m < altitude < 500m : caractérisée par des hivers moins froids que la zone H3a avec des écarts de température diurne. Sous zone H3c : Hoggar, altitude > 500m : caractérisée par des hivers très froids analogues à la zone H3a, mais qui persiste même durant la journée (Boucheriba, 2006).

B. Zones climatiques d'été :

Cinq zones déterminent les zones climatiques d'été :

1. La zone E1 subit l'influence de la proximité de la mer.
2. La zone E2 subit l'influence de l'altitude.
3. La zone E3, E4 et E5 subissent l'influence de la latitude ; chaque zone à les caractères- rustiques suivantes :

1. La zone E1, littoral : caractérisée par des étés chauds et moins humides. L'écart de température diurne est faible.
2. La zone E2, hauts plateaux- montagne : caractérisée par des étés plus chauds et moins humides avec des écarts de température diurne importants.
3. La zone E3, pré Sahara – tassili : caractérisée par des étés très chauds et secs mais moins pénibles qu'en zone E4.
4. La zone E4, Sahara : caractérisée par des étés secs mais plus chauds et plus secs qu'en zone E3.
5. La zone E5, Tanegrouft : caractérisée par des étés chauds et secs et extrêmement pénibles par rapport aux zones E3 et E4 (Boucheriba, 2006).

La classification zonale de la commune de Sidi Okba fait apparaître que cette dernière est située dans la zone climatique d'hiver H3a et la zone climatique d'été E3 possédant un été très chaud et sec, et un hiver très froid avec des écarts considérables de température entre le jour et la nuit.

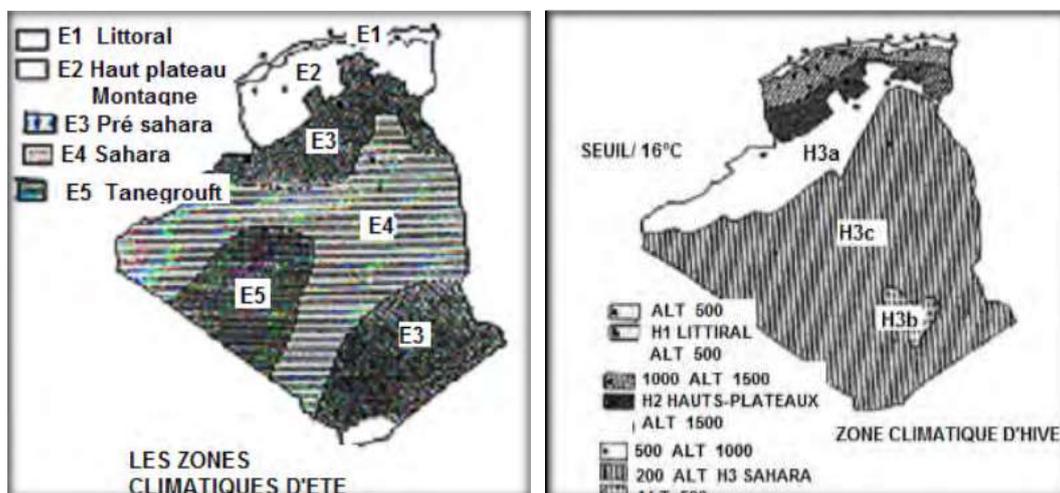


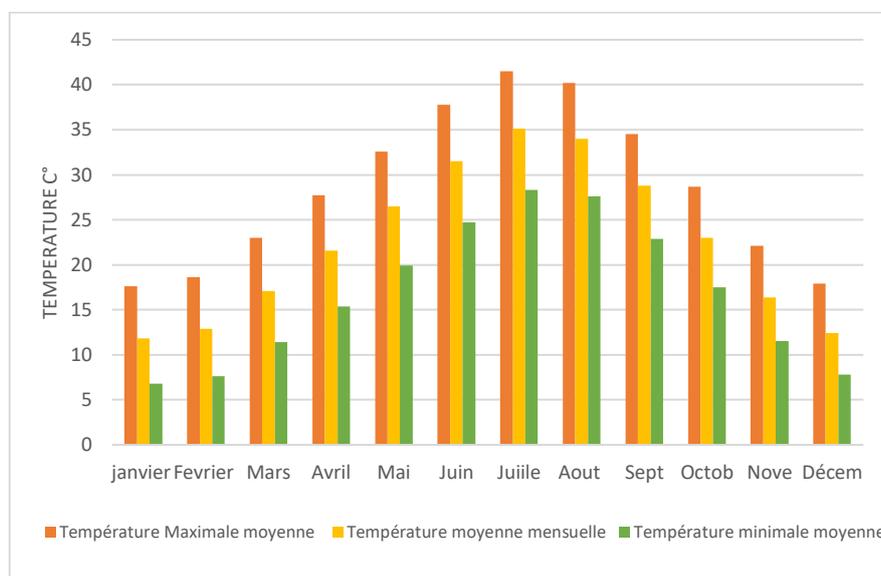
Figure III.12 : les zones climatiques en Algérie, à gauche zones d'été, à droite zones d'hiver. Source : (ENAG, 1993) cité par (Boucheriba, 2006).

III.6.2 Interprétation des données climatiques de Sidi Okba

III.6.2.1 Température de l'air

Le graphique ci-dessous illustre l'évolution mensuelle de la température d'air pendant la décennie (2000-2015), les valeurs montrent une variété des moyennes, avec une température moyenne maximale de 36,40°C enregistrée en juillet (le mois le plus chaud) et une température moyenne minimale de 10 °C enregistré en janvier (le mois le plus froid).

La courbe des températures moyennes mensuelles évolue d'une manière régulière où les amplitudes ne sont pas très contrastées, les écarts types ne sont pas très contrastés, mais l'écart type annuel est important de l'ordre de 22,31 °C, ce qui distingue deux périodes saisonnières ,la première période est une période très chaude et sèche qui s'étale du mois de juin au mois de septembre, la deuxième est une période plus longue caractérisée par le froid et l'humidité, et qui s'étale du mois d'octobre au mois de mars.

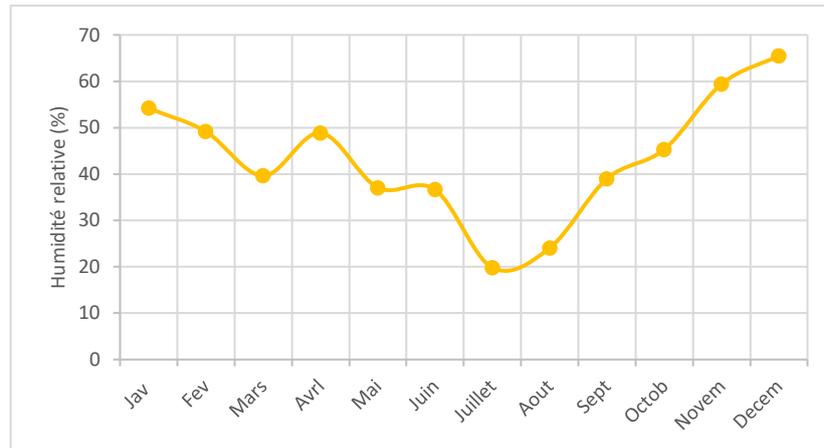


Graphe III.1 : Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2000-2015).

Source : Auteur, 2017, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique de Biskra

III.6.2.2 Humidité relative

La variation de l'humidité relative s'effectue en sens inverse de celle des températures, les moyennes mensuelles ne dépassent pas 59,88 %, ce taux maximal enregistré en décembre (période humide), un taux minimal de 26,95 % a été noté le mois de juillet (période sèche), le reste des mois enregistrent des valeurs variant entre 51%-55%. Les valeurs de l'humidité relative moyenne enregistre prouvent que le climat de Sidi Okba est humide et froid en hiver et assez sec et chaud en été.

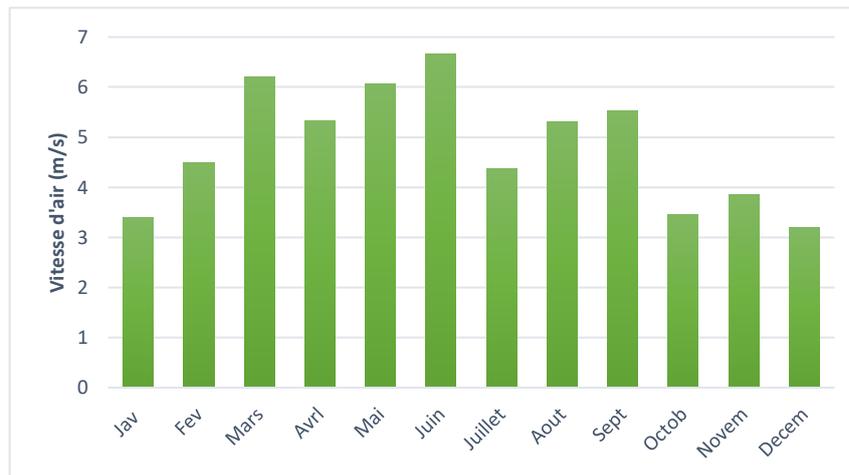


Graphe III.2 : Humidité moyenne mensuelle de la période (2000-2015)

Source : Auteur 2016, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique de Biskra.

III.6.2.3 Vitesse et direction du vent

On constate que la vitesse du vent varie entre 3,2 m/s et 6,66 m /s, pour une moyenne annuelle de 4,82 m/s, les valeurs montrent que les mois de mars, mai et Juin sont les mois les plus ventés avec respectivement : 6,21 m /s, 5,33 m /s, 6,66 m /s.



Graphe III.3 : Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2000-2015)

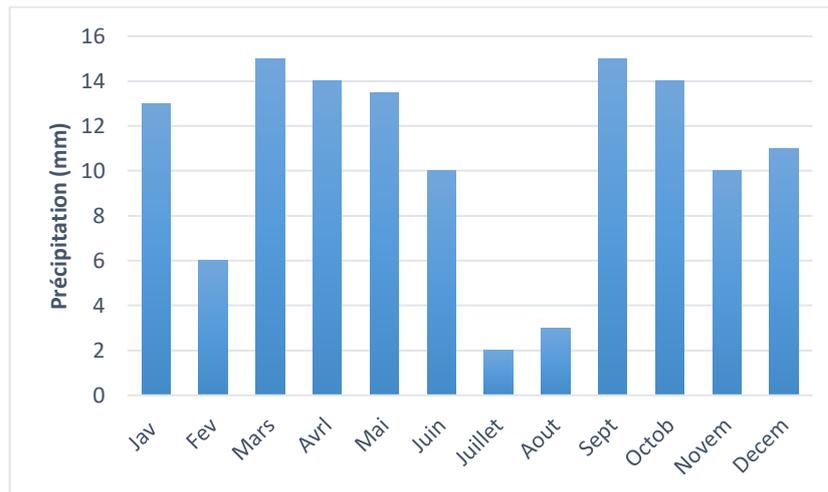
Source : Auteur 2016, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique.

Les vents qui prédominent à Sidi Okba sont de direction nord et nord-ouest, ils sont froids et humides pendant la période hivernale, la période des vents poussiéreux augmente entre le mois de mars et mai, les palmiers établis en bordure de la région constituent une clôture efficace contre les vents défavorables, et participent d'une façon considérable dans

la création d'un microclimat en procurant des conditions optimales du point de vue du confort thermique extérieur.

III.6.2.4 Précipitations

Durant la période allant de 2000 à 2015, il est remarqué que les précipitations moyennes annuelles sont rares, faibles et non régulières, elles n'ont pas dépassé 15 mm, le maximum est relevé au mois de septembre qui est considéré comme le mois de transition saisonnière, tandis que, la minimale est enregistrée en mois de juillet avec une moyenne de 2 mm, les mois les plus secs sont : Février, juin, juillet, Août et novembre.

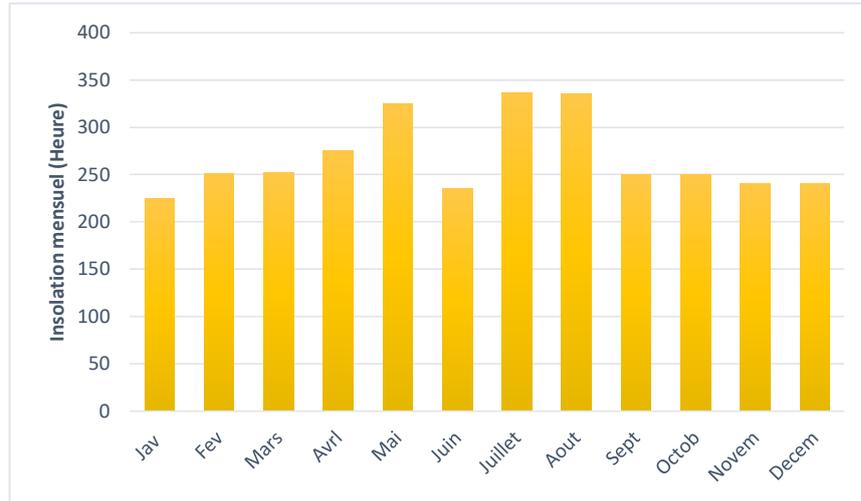


Graphe III.4 : Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2000-2015)

Source : Auteur 2016, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique.

III.6.2.5 L'insolation

A partir du graphe ci-dessous on remarque que la durée d'insolation est considérable pendant la période entre 2000 et 2015, le rayonnement solaire global atteint son maximum en mois de juillet avec une durée moyenne de 340,53 h, ce qui engendre une augmentation durement ressentie de la température d'air pendant ce mois, en revanche, l'exposition au rayonnement solaire commence à diminuer jusqu'à atteignant une valeur de 230,1 heures pendant les mois de : Novembre, Décembre et Janvier.



Graphe III.5 : Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2000-2015)

Source : Auteur 2016, établi sur la base des données obtenues de la station

III.6.3 Calcul de l'indice d'aridité :

L'indice d'aridité (de Martonne ,1923) est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des précipitations annuelles et la moyenne des températures annuelles, il peut s'exprimer quantitativement par l'équation suivante :

$$\text{Indice d'aridité} = P/T + 10$$

Ou' :

P : les précipitations totales annuelles.

T : la température moyenne annuelle.

La lecture de cet indice se fait comme suit :

- **I<5**: climat aride ou hyper ride.
- **5<I<7,5** : climat désertique.
- **7,5 <I< 10**: climat steppique.
- **10 <I< 20**: climat semi-aride.
- **20 < I< 30**: climat tempère

Le tableau suivant montre la température moyenne annuelle, la précipitation moyenne annuelle, et l'indice d'aridité calculés pour la période considérée de 2000 à 2015. Nous remarquons à travers la valeur obtenue que l'indice d'aridité de la région appartient au climat aride.

Tableau III. 2 : Résultats du calcul de l'indice d'aridité pour le cas d'étude
Source : Auteur 2016, établi sur la base des données obtenues de la station

Température moyenne annuelle (C°)	Précipitations totales annuelles (mm)	Indice d'aridité	Classe de climat
22,31	126	3,989	climat aride.

III.6.4 Choix de période d'étude

D'après les données météorologique de la ville de Sidi Okba, pendant la période estivale, il ressort que le mois de juillet est le plus chaud et le plus sec, caractérisé par une température moyenne égale à 35.7°C , aussi qu'un taux d'humidité relative moyen de 26.95 %, avec de faible vitesse de vent parfois sont calmes, ainsi qu'une durée d'insolation très .

La voiture constitue le moyen de transport majoritaire de déplacement notamment en période estivale, l'augmentation de la part des déplacements réalisés en voiture en ce moment de l'année sert à augmenter le risque de réchauffement climatique, il est important de noter ici le rôle de la chaleur anthropique issu par la circulation automobile notamment en été dans l'augmentation de la température d'air et la pollution d'air, ce qui favorise le réchauffement des villes, notamment celles avec un climat chaude et aride . Face à cette situation d'inconfort, il est sage de prévoir une étude qui permet de minimiser les effets négative de transport mécanique sur le climat urbaine. Pour notre cas, nous avons choisie d'étudier la relation entre Morphologie urbaine, Confort et Marchabilité en période estivale (mois de juillet) pour pouvoir à réapparaît le rôle essentiel de l'environnement physique dans l'expérience physique de la marche, et réintroduit la présence du marcheur dans le processus conceptuel des espaces publics.

III.6.4.1 Zone de surchauffe et détermination des températures –heure par heure

Afin de pouvoir définir la zone de surchauffe sur le tableau des isothermes , la première étape consiste à calculer les températures heure par heure, la figure ci-dessous montre un diagramme composé de deux lignes horizontales et verticales, où chaque mois est représenté par une ligne colorée reliant les pics de la température mensuelle, les lignes horizontales indiquent les heures de la journée, l'intersection entre ces deux lignes permet de préciser la température pendant les 24 heures caractéristiques pour chaque mois.

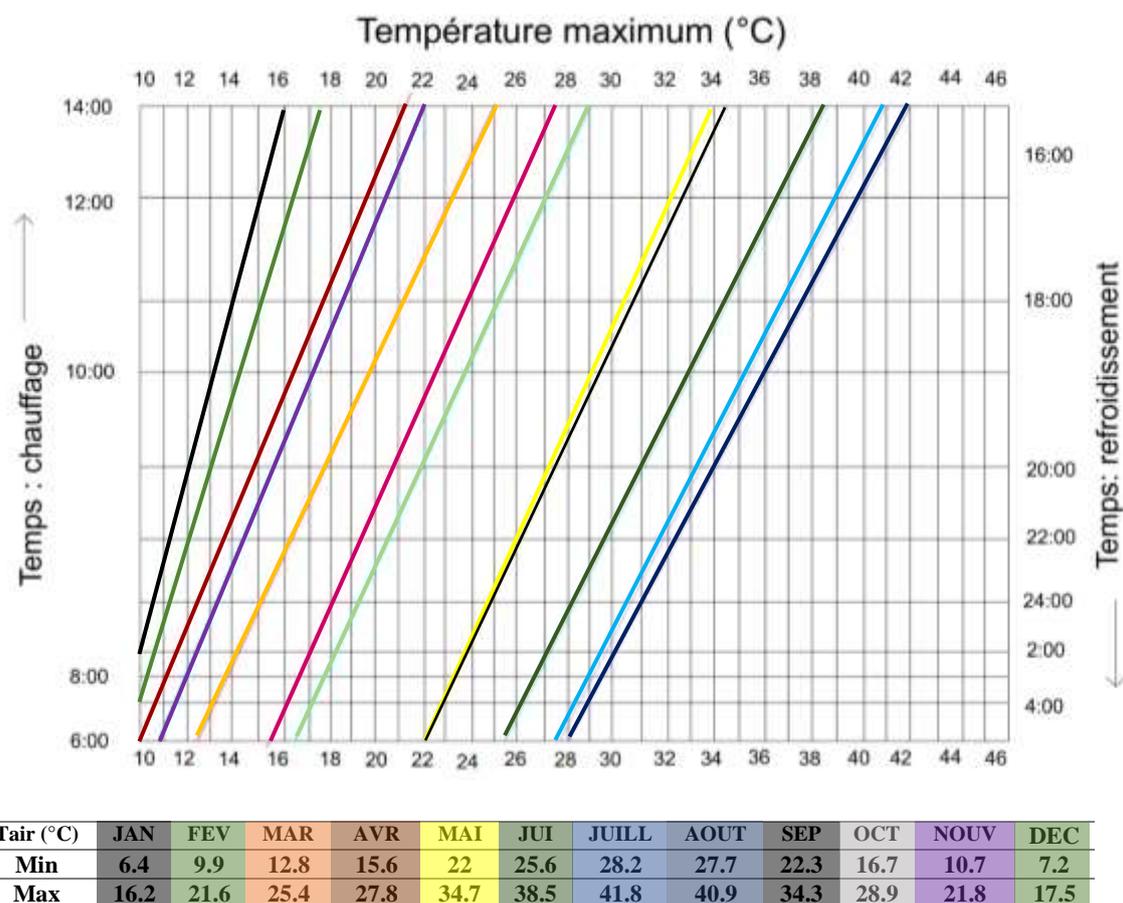


Figure III.13 : Schématisation de calculateur de température –heure par heure de Sidi Okba

Source : (Auteur, 2017)

III.6.4.1.1 Détermination des isothermes

La figure suivante montre l'isotherme de la région d'étude, il s'agit d'une représentation graphique de la répartition thermique pendant les 24 heures caractéristiques pour chaque mois de l'année, cette matrice se distingue par trois grandes zones :

- **Une première zone de sous-chauffe** : celle qui s'occupe plus de quatre mois de l'année (janvier, février, décembre), c'est la période la plus froide de l'année dans laquelle les températures sont au-dessous de la température de confort, ce qui nécessite le recours au chauffage d'appoint.
- **Une deuxième zone de confort**: elle comprend les mois de mai et octobre, et quelques infimes durées des mois de juin, juillet, août et septembre, c'est la période dans laquelle l'individu ressent le confort, sans avoir besoin d'un dispositif de réchauffement ou de refroidissement.
- **Une troisième zone de surchauffe** : comprenant les mois de mai, juin, juillet, août et septembre, elle marque des températures très élevées dépassant le seuil de

confort, ce qui nécessite des occultations solaire ou une climatisation artificielle (Boukhbla , 2010).

Tableau III.3 : Isothermes déterminant les différentes zones thermiques pour l’année 2016
Source : (Auteur, 2017)

00:00	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Jui	Jul	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec
02:00	10	11.8	14.2	17	24	27.1	30	29.9	24	19.5	12.5	10.9
04:00	9.5	10.8	13.0	16.1	23	26.2	29	28.5	23	17.5	10.5	10
06:00	6.4	9.9	12.8	15.6	22	25.6	29.1	27.7	22.3	16.7	10.7	7.2
08:00	10	11.1	13.9	16.7	23.5	27	29.5	29.5	23.5	18	12	10
10:00	13	16.5	20	22.9	26.5	33	36	36	26.5	23.9	17.1	14.3
12:00	15.1	19.9	23.3	26	32.9	36.8	39.9	39.8	32.5	27	20.1	16.5
14:00	16.4	21.6	25.4	27.8	34.7	38.5	41.8	40.9	34.3	28.9	21.1	17.5
16:00	15.9	20.2	24	26.5	33.1	37.5	40.8	40.8	33.1	28	21	17
18:00	14.6	18	21.1	24	30.9	34.5	37.5	37.5	31.5	25.1	18.5	14.1
20:00	12.4	15	18	20.9	27.5	31	34	34	27.5	22	15.7	12.13
22:00	11.5	13.9	16.5	19.1	26	30	32.2	32.5	28	20.5	14.5	12
24:00	10.9	12.7	15.1	18	25	28.5	31	31	25	19.1	12.1	10.20

 Zone de surchauffe

III.6.4.1.2 Détermination de design Month (mois de canicule)

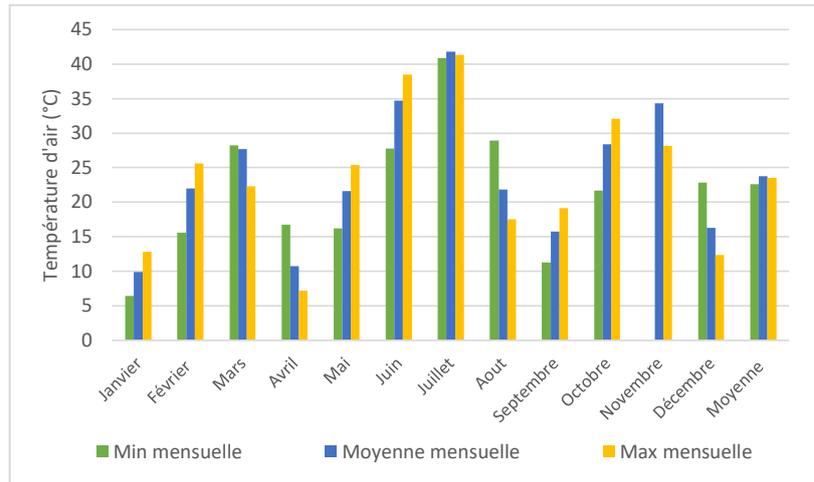
La présentation des isothermes (tableau ci-dessus) confirme que les mois de Mai, Juin, Juillet, Aout et Septembre sont les mois représentatifs de la période estivale dans la commune de Sidi Okba , à la lumière de ce résultat, nous affirmons que notre travail d’investigation sera focalisé seulement sur la période estivale, dans la partie suivante, on va accentuer sur les cas extrêmes de cette période afin de ressortir le mois le plus défavorable, on va suivre l’évolution mensuelle des paramètres-clés : température d’air et humidité relative pour chaque mois afin de ressortir les seuils minimaux et maximaux de ces paramètres , les seuils ont été fixés selon les données climatiques de l’année 2016 retenues par la station météo de Biskra.

III.6.4.2 Les seuils de canicule

III.6.4.2.1 Température d’air

Pour la température d’air, à partir de la lecture de graphe III.6, il est nettement apparu que le mois de juillet est le mois le plus chaud en 2016 à Sidi Okba, la température maximale atteinte 41°C, cette valeur est supérieure de 17°C par rapport à la température maximale moyenne annuelle (23,66°C), alors que celle minimale est d’ordre de 34,30°C,

elle est supérieure de 12°C en comparaison avec la température minimale moyenne annuelle.

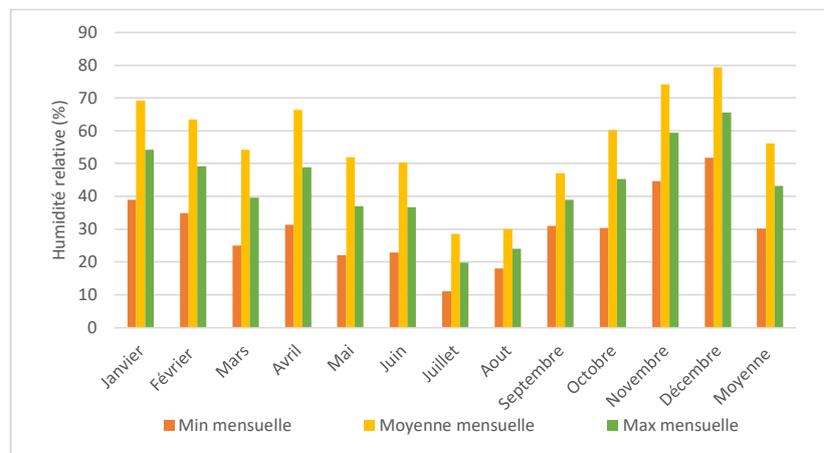


Graphe III.6 : présentation des cas extrêmes de la température d'air (°C) de Sidi Okba en 2016.

Source : (Auteur, 2017)

III.6.4.2.2 L'humidité relative

Concernant l'humidité relative, la lecture de graphe III.7 montre que le mois de juillet est le mois le plus sec pendant l'année 2016, le taux minimal est de l'ordre de 18% inférieur de 12% par rapport à l'humidité minimale annuelle, alors que ce maximale est d'ordre de 30,10% , il est inférieur de 20% en comparaison avec l'humidité maximale annuelle (43,20%). Les résultats prouvent que le mois de juillet est le plus chaud au cours de l'année 2016, il est caractérisé par des fortes valeurs de la température d'air et des faibles valeurs de l'humidité relative.



Graphe III.7 : présentation des cas extrêmes de l'humidité relative de Sidi Okba en 2016.

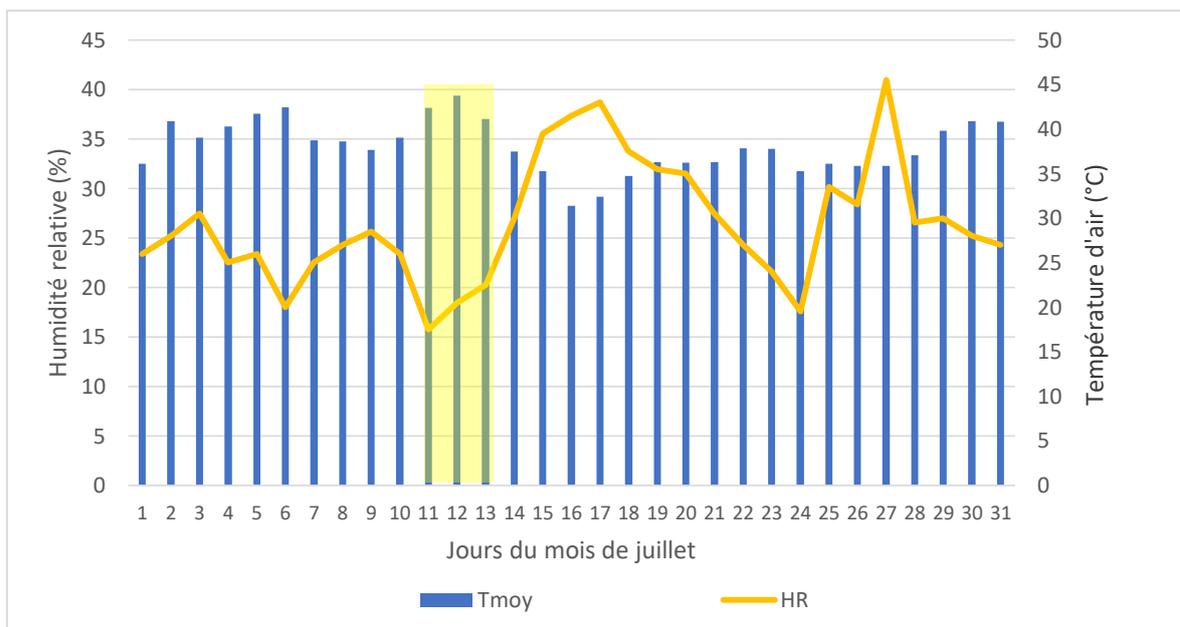
Source : (Auteur, 2017)

III.6.4.3 Détermination de Design Days (jours de canicule)

Au cours de mois de juillet, nous nous intéressons à préciser les jours de forte chaleur (jours de canicule) pour effectuer l'étude expérimentale, pour cela il est nécessaire d'analyser l'évolution journalier des paramètres climatique mentionnés préalablement (température d'air, l'humidité relative) ainsi que de ressortir les seuils maximum de ces paramètres. Les résultats obtenus sont présentés dans la partie suivante.

III.6.4.3.1 Température d'air et Humidité relative

Au vu du graphe III.8 nous constatons une forte hausse des températures d'air pendant les jours 11, 12,13 juillet, les températures d'air au cours de ces jours révèlent des valeurs respectivement de l'ordre de : 38,15°C, 39,35°C et 37°C, ces valeurs sont les plus élevées par rapport à celles relevés aux autres journées. Au terme de ces premiers résultats, il est confirmé que les trois jours (11, 12,13 juillet) sont les plus chauds au mois de juillet. Concernant l'humidité relative, les minimales sont toujours relevés dans les trois jours (11, 12,13 juillet), elles sont respectivement d'ordre de 17,50%, 20,50%, 22,50%.



Graph III.8 : présentation des design Days en température d'air (°C) et d'humidité relative en 2016. **Source** : (Auteur, 2017)

Le tableau III.6 présente les designs Days et leurs caractéristiques. Il s'agit d'un résumé des étapes précédentes, les trois jours types de Sidi Okba sont : 11, 12,13 juillet 2016, ces trois jours sont les plus défavorables en période estivale à cause de l'augmentation des valeurs de la température d'air et l'affaiblissement des valeurs de l'humidité relative, à la lumière de cette analyse, nous avons choisi d'effectuer l'étude expérimentale au cours de ces trois jours

Conclusion

Ce chapitre fût entamé par la présentation des différents aspects de contexte d'étude, ainsi que sur la genèse et les mutations par lesquelles est passée Sidi Okba, il est notoire que ces mutations détruisent profondément le précieux héritage du cadre de vie traditionnel, et participent activement à la perte de l'identité locale de Sidi Okba, tout en oubliant que cette commune fait partie d'une zone aride riche en potentialité naturelle et touristique.

Sur le plan climatique, on a mis l'accent sur la description du climat de Sidi Okba, le climat de ce dernier apparaît à travers les chiffres comme un climat aride représenté par deux saisons ; un été plus chaud et sec, un hiver froid et humide. L'analyse climatique effectuée a amené à déduire l'existence d'une rigueur des conditions climatiques notamment en été (période concerné par cette étude) : des températures moyennes élevées, rayonnement solaire intense, des taux d'humidité faibles et des pluies très rares.

A partir de l'approche de Design Day, on a pu ressortir le mois et les jours les plus chauds au cours de l'année 2016, les résultats font montre que le mois de Juillet est le plus chaud en comparaison avec les autre mois de l'année, à l'échelle journalier, une gamme des designs Days a été fixée :11, 12, et le 13 juillet, au cours de ces trois jours, on est incité à procéder à un travail de terrain sur les trois tissus urbains existants dans la ville de Sidi Okba ce qui fera l'objet du prochain chapitre .

CHAPITRE IV Approche Méthodologique et Corpus d'étude

*« Tout ce qui naît naît nécessairement par l'action
d'une cause. » Platon*

CHAPITRE IV Approche Méthodologique et Corpus d'étude

Introduction

L'évaluation de la nature de la relation entre les indicateurs morphologiques, l'environnement thermique et le comportement piétonnier en milieu urbain s'effectue par l'étude de plusieurs critères relatifs à l'homme et à l'environnement dont il est inscrit, cette étude s'appuie sur une approche méthodologique mixte qui consiste en une investigation sur le terrain, basée sur l'usage des outils portatifs, l'enquête par questionnaire et l'audit de marchabilité, une simulation numérique a été effectuée aussi à l'aide de logiciel ENVI-met 04, cet outil sert à identifier la zone de confort pour l'indice PET. Ce chapitre vise à décrire d'une manière détaillée les paramètres physiques définissant la relation entre morphologie, confort et marchabilité, il fera également l'objet dans ce chapitre d'une présentation de l'approche méthodologique, les outils ainsi que le protocole suivi dans le volet pratique de cette recherche.

IV.1 Classification typologique des tissus urbains

La ville de Sidi Oka a connu une urbanisation variée due à sa transformation diachronique de la morphologie urbaine. Différentes mutations ont touché son développement urbain, donnant naissance à différentes formes urbaines à chaque époque déterminée. Le premier objectif de cette recherche empirique est de ressortir un classement typologique des différents tissus urbains à l'échelle de la ville, ce classement mettra en évidence les critères suivants :

- **Critères urbanistiques** : structure urbaine et tracé parcellaire, densité, insertion par rapport à la palmeraie.
- **Critères architecturaux** : enveloppe bâtie, masse physique.
- **Critère historique** : période d'apparition.
- **Critère juridique** : statut juridique.

Les résultats sont présentés dans le tableau suivant.

Tableau IV. 1 : les caractéristiques typologiques des tissus urbains à Sidi Okba.

Source : (L'Auteur, 2017)

Critère	Caractéristique	Traditionnel	Colonial	Auto-construit	Grands ensembles
Tracé parcellaire	Régulier		×	×	×
	Légèrement régulier				
	Irrégulière	×			
Système viaire	Rues sinueuses	×			
	Rues étroites	×			
	Larges voies		×	×	×
Insertion par rapport à la palmeraie	A l'intérieur de la palmeraie	×			
	Limitrophe à la palmeraie				
	En dehors de la palmeraie		×	×	×
	Proliféré au dépend de la palmeraie				
Enveloppe bâtie	Introvertie	×			
Mode de construction	Extravertie	×	×	×	×
	Blocs de terre	×			
	Construction mixtes		×	×	
	Matériaux industriel			×	×
Période d'apparition	Coloniale		×		
	Postcoloniale			×	
	Actuelle			×	×
Statut juridique	Construction réglementées		×	×	×
	Constructions non réglementées	×			

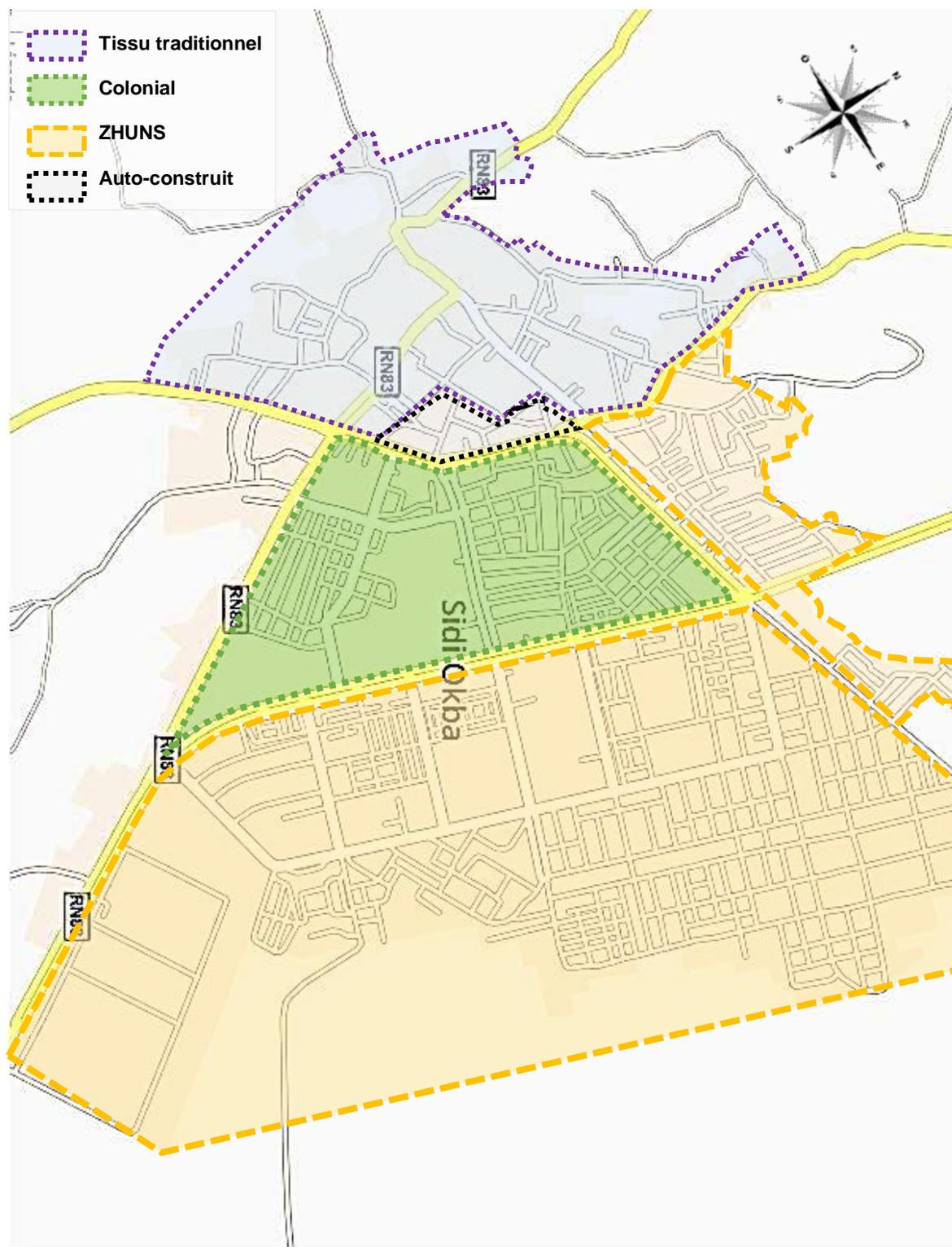


Figure IV.1 : Classification typologique des tissus urbains de la ville de Sidi Okba.

(Source : Auteur, 2017)

En deuxième phase, on a tenté de regrouper les types d'habitat présentant une densité relativement pareille. Cette classification préalable qui servira pour le choix des échantillons, est basée sur des seuils prédéfinis de densité urbaine. La détermination de ces seuils s'est avérée une tâche très délicate, pour cela nous avons fait recours aux normes définies par Zucchelli, et qui distingue trois cas (Alkama, 1995) :

1. **Tissu urbain très dense** : regroupe le tissu traditionnel et colonial, il peut s'expliquer par l'organisation compacte de l'habitat engendrée par la typologie des constructions, l'étroitesse des rues et la mitoyenneté des constructions, l'uniformité des hauteurs et la sinuosité des voies.
2. **Tissu urbain dense** : la régularité de ses îlots et les grandes dimensions horizontales (des rues peut larges, des hauteurs moyennes) sont les principales caractéristiques urbaines de ce tissu, il est plus observé dans le tissu auto-construit planifié.
3. **Tissu urbain lâche** : il s'agit d'un tissu fragmenté issu de la pensée fonctionnaliste et qui offre une organisation ouverte et aérée, on le rencontre au niveau de l'habitation collective.

IV.2 Choix des échantillons

L'échantillonnage typique des périmètres d'étude prend en considération les caractéristiques distinctes de la structure physique de chaque tissu (densité bâtie, la forme et les proportions des îlots et des parcelles, la nature de la masse physique des façades et du sol, végétation, etc.). Au cours de notre campagne de mesure et afin de minimiser l'effet des variables intermédiaires on a pris la tâche de :

- Choisir des sites présentant une topographie semblable
- Éviter les sites contenant des activités industrielles.
- Adopter les journées à ciel clair.

Ensuite, on a procédé à la localisation des points de mesure, et qui se base sur l'inventaire des espaces effectués. Les points de mesure sont localisés dans les zones réservées en priorité aux marcheurs, ce choix est justifié d'une part, par le besoin d'étudier le microclimat des zones affectées à la circulation des piétons de façon temporaire ou permanente, d'autre part, vu l'encombrement et le dérangement qui pourra être créé pour l'équipe de travail, ainsi que pour les passants véhiculés, par l'installation du matériel.

IV.3 Analyse typologique des échantillons choisis

L'analyse typologique est l'une des outils qui permet d'appréhender d'une manière claire et explicite la complexité des éléments constituant l'aspect morphologique des échantillons qui forment l'ensemble des tissus urbains à savoir :

- La structure urbaine (système parcellaire et viaire)
- Le système bâti
- Le système des espaces publics
- La densité urbaine
- La végétation

IV.3.1 Premier échantillon

Un échantillon situé dans la partie Sud-Ouest de l'ancien noyau de Sidi Okba est pris comme modèle représentatif de l'ensemble de tissu traditionnel, cet échantillon appartenant au type d'habitat traditionnel est caractérisé par son intégration parfaite à l'intérieur de la palmeraie.

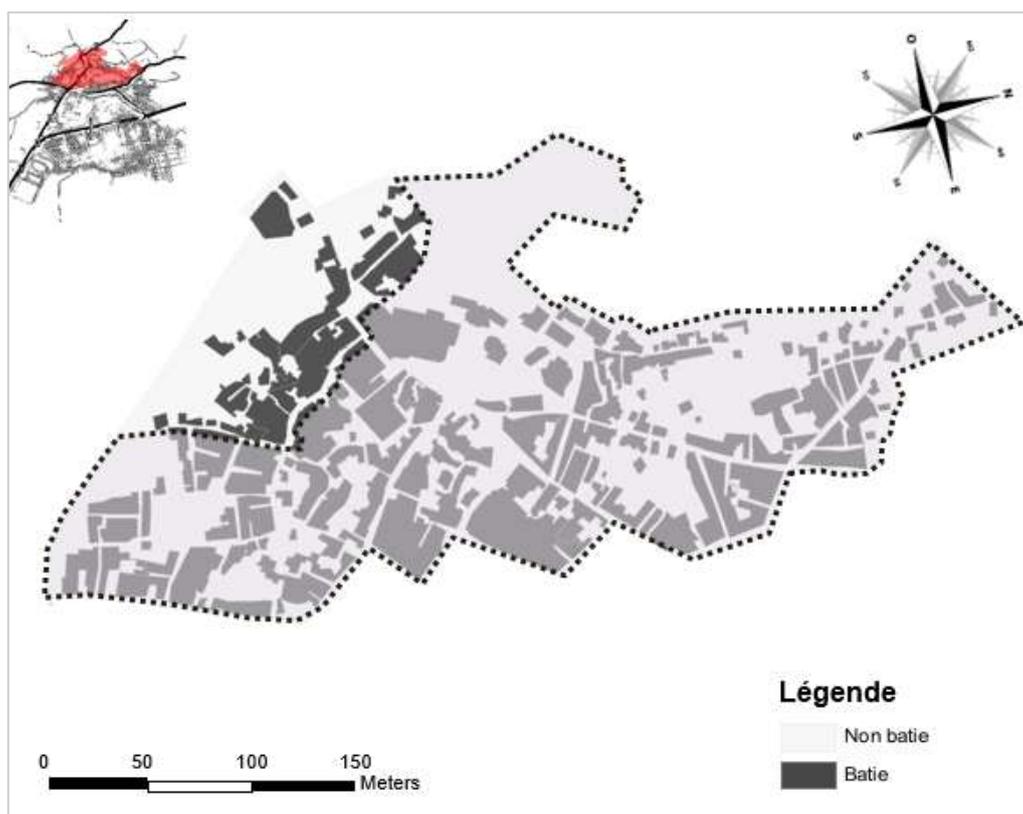


Figure IV.2 : Plan de l'ancien noyau de Sidi Okba et l'échantillon à tester

Source : (Auteur, 2017)

IV.3.1.1 Structure urbaine

IV.3.1.1.1 Système viaire

L'échantillon s'organise suivant un système viaire arborescent compose essentiellement les éléments de dégagement suivants ; des rues et ruelles sinueuses, impasses et passages, dont la largeur est respectivement de : 4,5-7, 2-3, 2-2,5, ces derniers encadrent les îlots résidentiels avec une certaine irrégularité formelle reflétant la spontanéité dans la construction. En plus, la largeur des rues est déterminée en fonction de la possibilité de passage de deux usagers avec des moyens de transport local. Cependant, la largeur des ruelles permet un simple passage vers la maison (Alkama, 2001). L'étroitesse remarquable dans les ruelles et les rues présente un défi énorme en termes des besoins de la vie moderne. En revanche, cet aspect dimensionnel offre un maximum d'ombre pendant le temps ensoleillé, en plus, à travers l'expérience sur site on peut distinguer deux types de rues ; celles bordés par des masses physiques (murs), et celles limités par deux rangs des palmerais. Mis à part l'aspect géométrique des rues, l'orientation dominante dans l'échantillon choisi est de type (N-S) avec une légère inclinaison vers l'est ou l'ouest.



Figure IV.3 : (a) Ruelle à deux façades bâtie (b) Rue à deux façades végétales

Source : (Auteur, 2017)

IV.3.1.1.2 Système parcellaire

Le système parcellaire s'organise sous forme de groupements bien définis par sa masse irrégulière de différentes dimensions, à l'origine, ces groupements prennent les seguias comme tracé régulateur, les champs de palmeraie comme des limites naturelles et les rues et les ruelles comme des limites urbaines, les îlots sont bien distingués par la différence de taille, et leur orientation par rapport à la palmeraie, cette logique de composition formelle et

d'association des parcelles a donné une particularité à la morphologie urbaine de l'ancien noyau de Sidi Okba.

IV.3.1.2 Système bâti

Le système bâti regroupe l'ensemble des masses physique construites de la forme urbaine, généralement les habitations sont juxtaposées selon une logique de linéarité et d'éparpillement en groupements interrompu par des vides, la hauteur du cadre bâti ne dépasse pas celles des palmeraies qui protègent les espaces du rayonnement solaire.

IV.3.1.3 Système des espaces libres

Le système des espaces libres est constitué en plus des ruelles et des rues, des champs de palmeraie avec l'irrégularité formelle, la présence de la végétation crée un milieu bioclimatique par l'effet d'évapotranspiration, en créant de l'ombre et des brises d'air qui rendent les espaces libres cléments durant la période infernale de l'été.

IV.3.1.4 Densité urbaine

La densité bâtie et végétale est évaluée par l'utilisation du logiciel Arc Gis 10.7.1, le processus de calcul est présenté dans l'Annexe D.

La densité de bâtie défini par le rapport de la surface totale de l'emprise des bâtis au sol à la surface totale du périmètre de calcul considéré. La densité générale de tissu traditionnel est estimée à 86,70%. Le résultat de calculs de la densité de bâtie de l'échantillon étudié est présentée dans le tableau (IV.2), le bâti occupe 48 % de la surface totale du périmètre d'étude, ce qui caractérise cet échantillon et le tissu général c'est le groupement compact des maisons le long des espaces publics (rues, ruelles) avec de faibles dimensions horizontales, les raisons de ce principe constructif semblent être d'ordre sécuritaire et défensif.

Tableau IV.2 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.

Source : (Auteur, 2017)

Premier échantillon	
Surface totale de la zone investigué (m²)	52523.000
Surface totale bâtie (m²)	25211.040
Coefficient d'emprise au sol (CES)	0.4800000

IV.3.1.1.5 Densité végétale

La lecture des échantillons investigués présentés par le PDAU permet d'appréhender l'ensemble des espaces verts, la méthode utilisée pour évaluer la densité végétale est basée sur l'utilisation de l'équation suivante :

$$Dv = \text{Aire du végétal} / \text{Aire totale de l'espace}$$

La densité végétale représente le rapport entre l'ensemble des surfaces végétales dans l'échantillon investigué et la surface totale du périmètre d'étude, il permet de caractériser la nature et la proportion de la texture urbaine qui a un impact considérable sur les échanges thermiques entre les surfaces urbaines et l'atmosphère.

Le processus d'évaluation de la densité végétale est présenté dans le tableau (VI.3). Cet échantillon est totalement inséré dans la palmeraie, pour cette raison plus de la moitié de ce dernier est occupé par la végétation (59.47 %), la présence des champs de palmeraie a des effets significatifs sur le bilan hygrothermique de l'air grâce au processus d'évapotranspiration, où les palmiers forment une sorte de conduit d'eau du sous-sol vers l'atmosphère ce qui contribue à humidifier et à rafraîchir l'air.

Tableau IV.3 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.

Source : (Auteur, 2017)

Premier échantillon	
Surface totale de la zone investigué (m²)	52523.000
Surface totale végétalisé (m²)	31238,30
Pourcentage de l'espace végétalisé (%)	59.47547

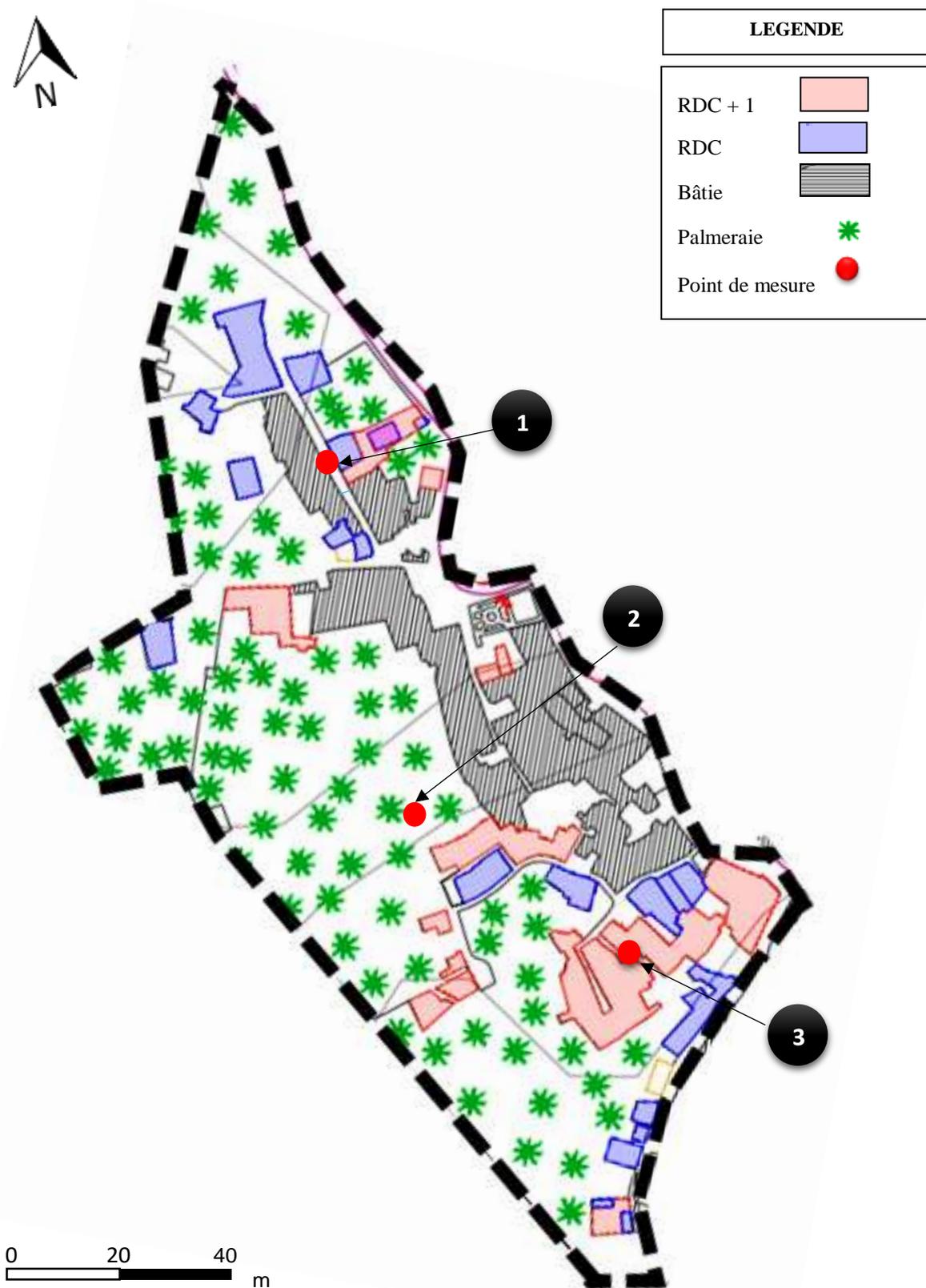


Figure IV.4: Hauteur des bâtiments dans l'échantillon de l'ancien noyau et la localisation des points de mesure. **Source :** (Auteur, d'après le travail de terrain, 2017)

IV.3.1.1.6 Techniques et matériaux de construction

Les bâtiments sont construits en matériaux locaux (blocs de terre) en système de murs porteurs, les techniques et les matériaux de construction sont caractérisés par l'originalité et l'uniformité. Comme indiqué sur la figure (VI.4), les habitants utilisent la terre disponible sur site qu'ils façonnent eux-mêmes en toub après mélange avec l'eau des seguias et malaxage avec leurs pieds. Ils font sécher le produit à l'air libre pour obtenir des pièces de toub (tine), qui serviront à la construction des murs avec des épaisseurs allant de 40 à 60 cm. Ces derniers sont couverts à leur tour par une couche de terre, les toitures, sont réalisées avec les troncs de palmiers comme poutrelles. Tandis que la couverture est assurée par des branches des palmiers (Djrid) et de terre (Alkama, 2001).

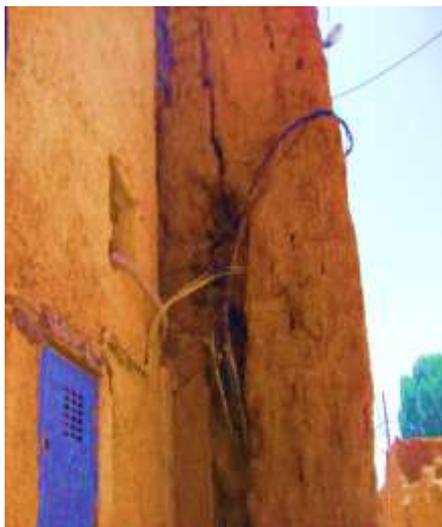


Figure IV.5 : l'épaisseur des murs (de 40 à 60 cm)

Source : (Auteur, 2017)

IV.3.1.1.7 Organisation spatiale

L'organisation spatiale des maisons reflétant le mode de vie local et bien apparentée à la structure familiale. L'ensemble des maisons constituant le quartier se composent de deux étages, le RDC est caractérisé par la présence d'une cour intérieure (Wast dar) autour duquel des pièces sont multifonction à usage flexible, pour aboutir aux conditions de vie confortables, une ouverture zénithale (Rawzna) dans la cour sert à donner la lumière et la ventilation naturelle pour les pièces entourant cette dernière : la cour.

IV.3.2 Deuxième échantillon

Le deuxième échantillon se situe au centre-ville de Sidi Okba. Cet échantillon appartient au type d'habitat individuel distribué selon une procédure d'urbanisme opérationnel permettant la création d'un ensemble des lotissements, ces derniers sont considérés comme des solutions pour répondre aux besoins intenses de logements sous forme d'habitat individuel. En terme morphologique, les résultats de cette procédure sont traduits par une image urbaine cohérente avec une structure de bâti régulier détruisant aveuglément l'image ancienne de la ville de Sidi Okba.

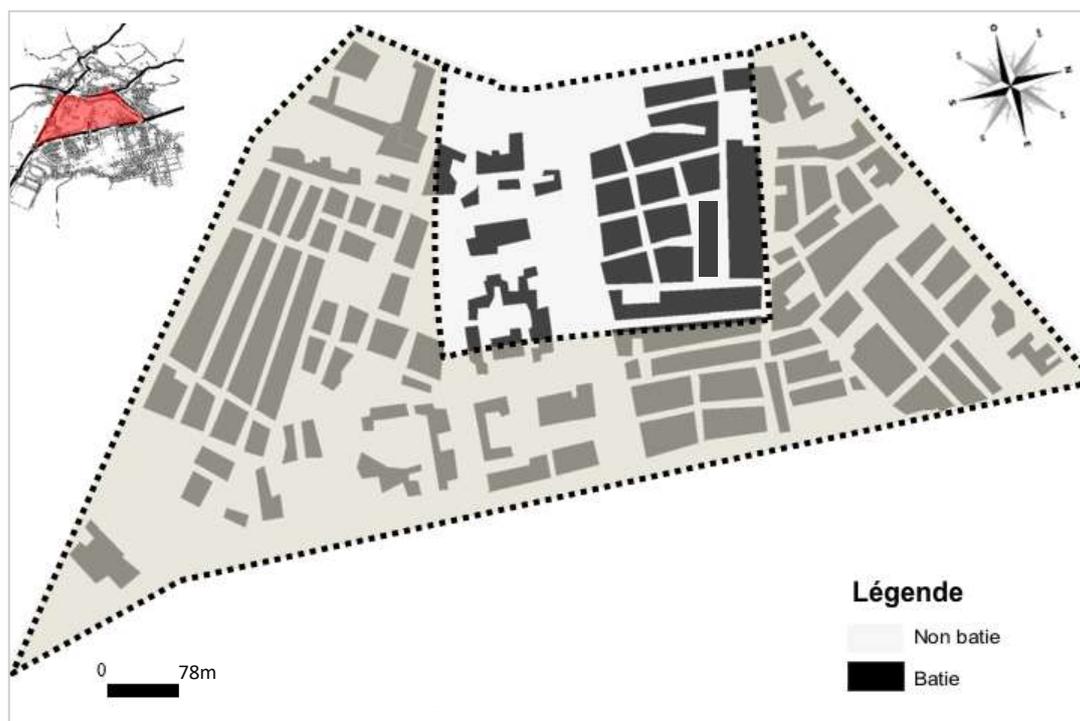


Figure IV.6 : Localisation de l'échantillon à tester

Source : L'Auteur, 2017

IV.3.2.1 Structure urbaine

IV.3.2.1.1 Système viaire

Le système viaire se compose notamment des rues et représente (35.77%) de la surface totale du périmètre d'étude, il résulte habituellement d'un processus d'emplacement des îlots, on distingue différents types de rues selon leur importances :

- Rues primaires : entourant le quartier, d'une largeur de 12m.
- Rues secondaires : de 6 à 9 m.

- Rues tertiaires : de 5 à 7m.

Le réseau viaire est rectiligne et organisé selon deux directions : (N-S) (E-O), il se compose généralement d'une chaussée pour la circulation et le stationnement ainsi que dans certains cas d'équipements piétonniers (banquettes). Le rapport (H/L) varie entre (0,1 et 1,50).

IV.3.2.1.2 Système parcellaire

Dans ce tissu, l'unité de base de système parcellaire est l'ilot, ce dernier est caractérisé par la variété formelle (carré ou rectangle), chaque ilot est le résultat de la juxtaposition de deux à quatre parcelles, et généralement structuré par l'intersection des rues.

IV.3.2.4 Système bâti

Le bâti dans ce tissu est planaire, les bâtiments sont accolés formant une masse continue interrompue par les rues seulement, apparaissant ainsi tel que des plots. Généralement le bâti occupe la totalité de la parcelle sa surface varie de 100 à 400 m². Les constructions sont composées généralement de 1 à 4 niveaux.

IV.3.2.5 Système des espaces libres

L'espace est le résultant de l'organisation du bâti, il est composé en plus du réseau, de boulevards et jardins.

IV.3.2.6 Densité de bâtie

La densité générale de ce tissu Auto-construit est estimée à 63 %. Le résultat de calculs de la densité de bâtie de l'échantillon étudié est présentée dans le tableau (IV.4), le bâtie occupe 41,90 % de la surface totale du périmètre d'étude, ce qui caractérise cet échantillon c'est la légère prépondérance de la composante bâtie au dépend de celle non bâtie.

Tableau IV.4 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.

Source : (Auteur, 2017)

Deuxième échantillon	
Surface totale de la zone investiguée (m²)	21498,000
Surface totale bâtie (m²)	8814,1800
Coefficient d'emprise au sol (CES)	0, 419000

IV.3.2.7 Densité végétale

Mis à part le jardin public et les arbres d'alignement au niveau du boulevard, l'échantillon ne contient aucun type d'espace vert, le jardin qui occupe une superficie de 450 m² a un impact significatif sur l'ambiance microclimatique de l'échantillon investigué.

Le calcul de la valeur de la densité végétale est présenté dans le tableau suivant, elle est estimée à 5.62 %. Cette valeur est due à la rareté des aménagements verts car le climat n'a pas été une préoccupation majeure des urbanistes et des architectes qui ont fermé les yeux sur l'influence régulatrice de la végétation et le rôle bénéfique des espaces d'eau. Leur unique souci est de construire rapidement et en grande quantité.

Tableau IV.5 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.
Source : (Auteur, 2017)

Deuxième échantillon	
Surface totale de la zone investigué (m²)	21498,000
Surface totale végétalisée (m²)	8943,3600
Pourcentage de l'espace végétalisé (%)	0.0561610

IV.3.2.8 Techniques et matériaux de construction

Toutes les constructions sont nouvelles, avec un système poteaux poutres en béton armé, le remplissage en parpaing ou en brique, et les hourdis pour les planchers.

IV.3.2.9 Organisation spatiale

Actuellement, l'organisation spatiale de la nouvelle habitation de Sidi Okba manifeste la perte d'une conception adaptée au contexte d'une ville a climat chaud et aride. Cela est dû essentiellement aux changements socioculturels. En effet, la forme ancienne caractérisée par la simplicité de la conception est d'évoluer vers des formes plus complexes qui n'intègrent plus l'environnement existant et les cultures locales. Le type d'organisation le plus répandu à partir des années 80 est celui extraverti, à l'intérieur, on peut subdiviser l'organisation spatiale en deux types ; organisation des pièces de part et d'autre d'un couloir qui donne sur une cour (wast dar), cet espace assure une diversité fonctionnelle à la maison, il est souvent couvert mais possède une ouverture dans sa partie haut (Rawzna) qui lui donne de la lumière naturelle et assure le renouvellement d'air. On peut trouver aussi une organisation en deux ou trois niveaux, ou' le RDC est toujours occupé par l'activité des commerces.

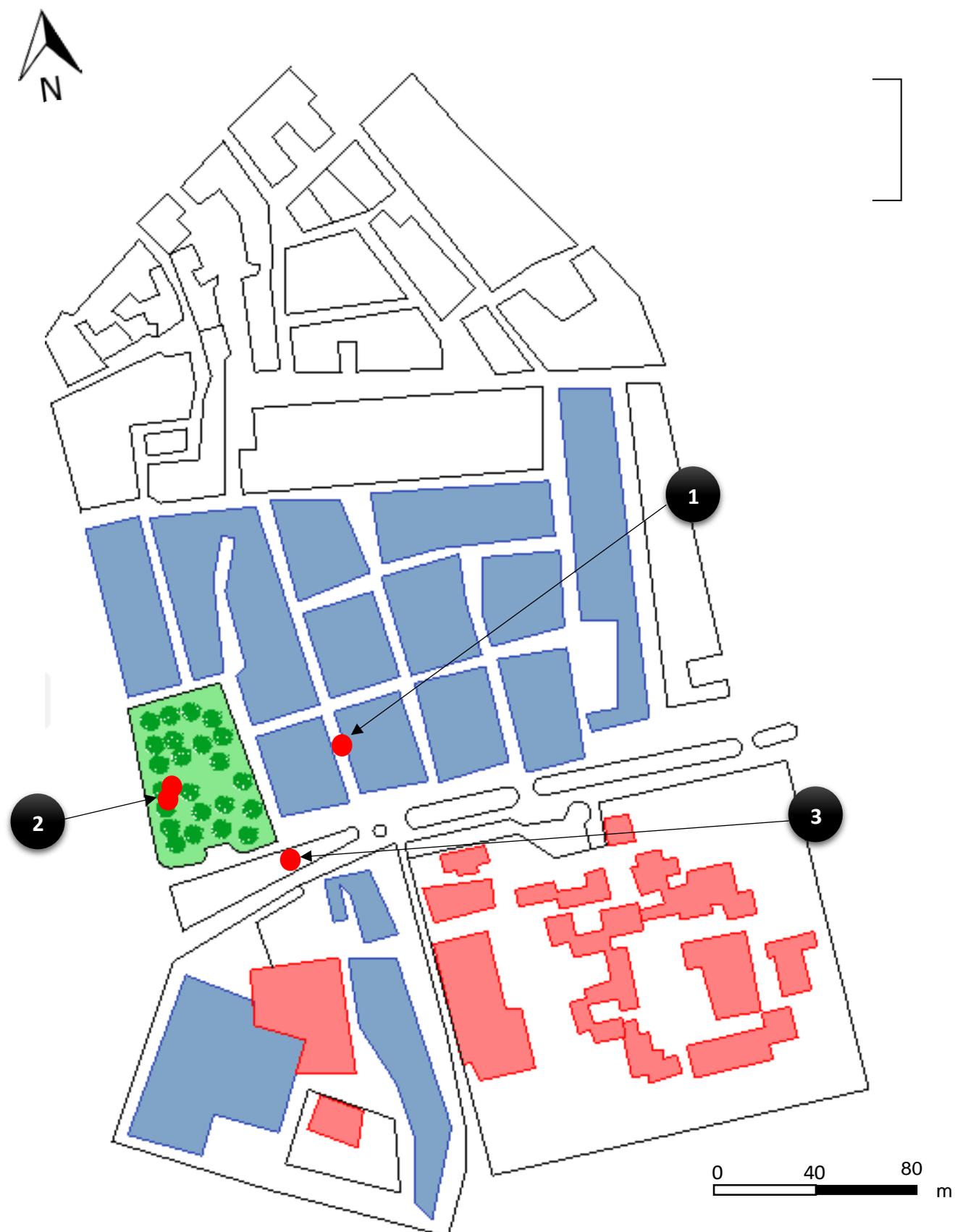


Figure IV.7 : Hauteur des bâtiments dans l'échantillon de lotissement d'habitat individuel

Source : (Auteur, d'après le travail de terrain, 2017)

IV.3.3 Troisième échantillon

Ces dernières décennies, la ville de Sidi Okba a pleinement franchi la route nationale N°83 grâce à la ZHUN (Farhi et al, 2008). Ces ensembles font partie des ensembles d'habitat collectif vertical à caractère social. Ces derniers constituent une expérience urbaine tout à fait nouvelle et étrangère aux traditions des habitants. Le mode de vie dans les blocs d'habitat collectif allait ainsi bouleverser les pratiques sociales dans cette ville.

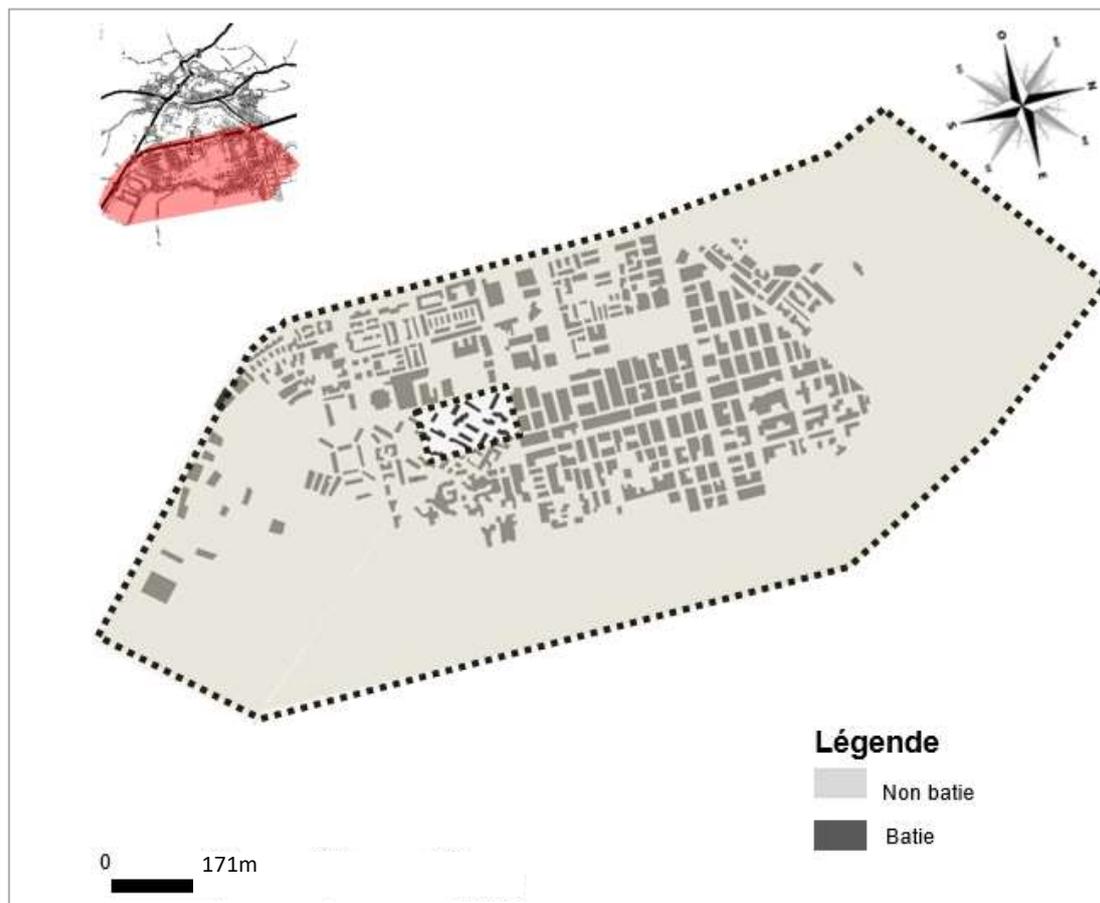


Figure IV.8 : Localisation de l'échantillon à tester

Source : l'Auteur, 2017

IV.3.2.1 Structure urbaine

IV.3.2.1.1 Système viaire

Les rues sont de grandeurs identiques, la chaussée de 10 m à 23m de large est bordée de trottoirs d'une largeur de 2,5 m. Les voitures sont stationnées le long des trottoirs. Généralement l'espace urbain (les rues, les places, le parking ...) dans ce quartier est le résultat de l'organisation des barres avec une grande exposition au rayonnement solaire.

IV.3.2.2 Système bâti

Le cadre bâti est ponctuel, discontinu. Les bâtiments sont séparés les uns des autres par des distances importantes.

IV.3.2.3 Système des espaces libres

Le quartier 300 logements est réparti sur des groupements des barres présentant chacun une façade plane alignée sur la rue, la forme urbaine fragmentée offre une organisation ouverte et aérée, au centre de chaque groupement un espace libre avec une géométrie bien définie destinée à être exploitée comme espace de jeux. L'absence d'arcades et de protection solaire fait que l'ensoleillement des espaces est maximale

IV.3.2.4 Densité urbaine

La forme urbaine fragmentée issue de la pensée fonctionnaliste présente une densité de bâtie estimée à 17,71 %, cette configuration offre une organisation ouverte et aérée, et affecte considérablement la densité urbaine au sein du quartier 300 logements, cette dernière enregistre une densité faible estimée à 35,54 %.

Tableau IV.6 : Calcul de valeur coefficient d'emprise au sol dans l'échantillon étudié.

Source : (Auteur, 2017)

Troisième échantillon	
Surface totale de la zone investiguée (m²)	61440
Surface totale bâtie (m²)	21849
Coefficient d'emprise au sol (CES)	0,3554

IV.3.2.5 Densité végétale

Les espaces verts et les arbres d'alignement sont rares, à l'exception de quelques-uns implantés par les habitants du quartier, pour cette raison la densité végétale de l'échantillon investigué est estimée à 2.60%.

Tableau IV.7 : Calcul de valeur de densité végétale dans l'échantillon étudié.

Source : (Auteur, 2017)

Troisième échantillon	
Surface totale de la zone investiguée (m²)	61440
Surface totale végétalisée (m²)	1602,80
Pourcentage de l'espace végétalisé (%)	0,02608

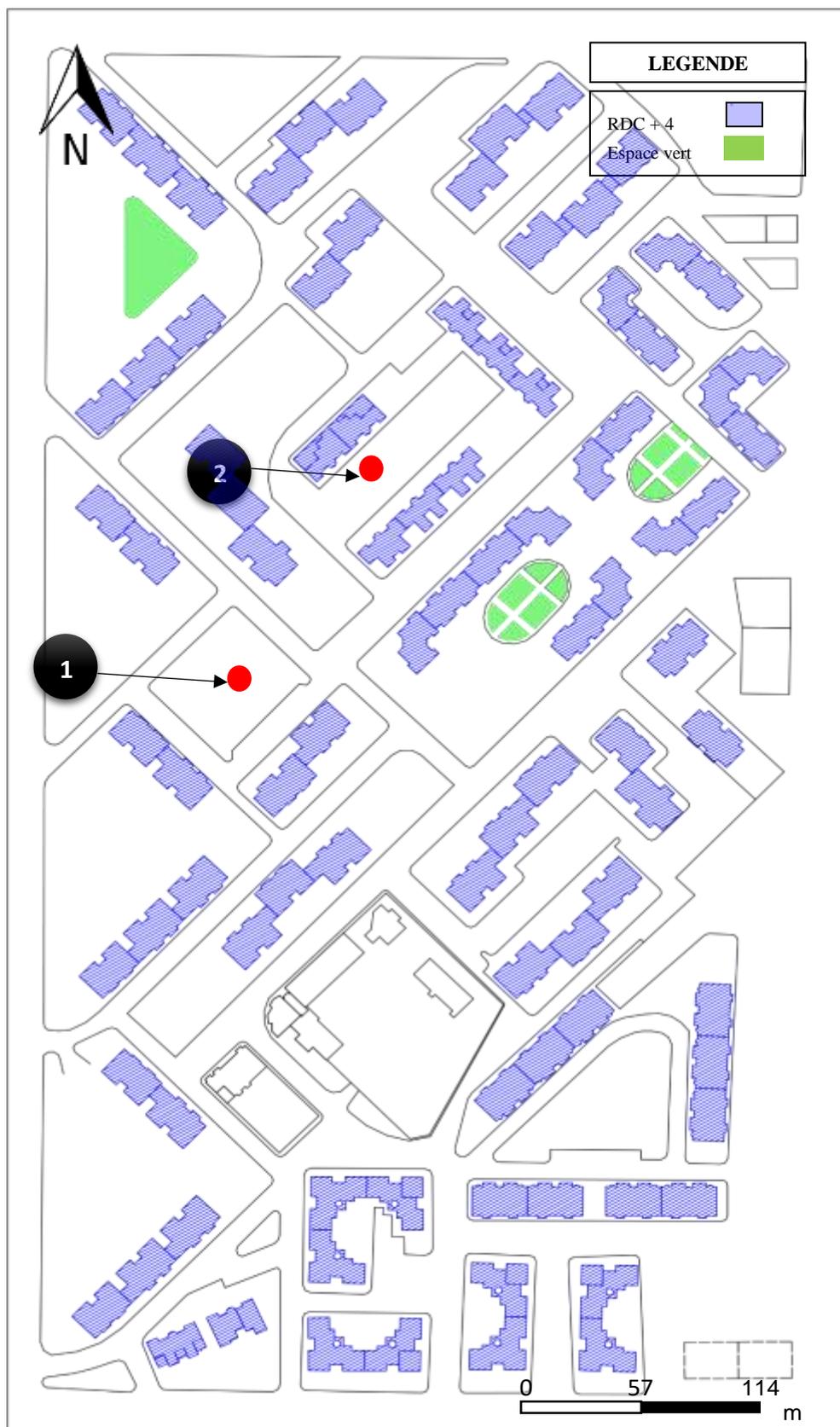


Figure IV.9 : Hauteur des bâtiments dans l'échantillon de grand ensemble. **Source :** (Auteur, d'après le travail de terrain, 2017)

IV.3.2.6 Techniques et matériaux de construction

Les 300 logements illustrent bien l'exemple de la masse dure avec une ossature en béton armé et remplissage de blocs creux en terre cuite ou en béton, cette conception participe à la fragilité thermique des éléments constructifs.

IV.3.2.7 Organisation spatiale

Les logements sont de type F3 et d'une superficie de 85 m², comprenant une pièce principale, le séjour et des petites chambres, on peut observer la séparation entre les espaces : jour - nuit, humide-sec, la distribution vers ces pièces se fait via un petit hall d'entrée. Les maisons sont extroverties avec les fenêtres et les balcons en façade sur la rue.

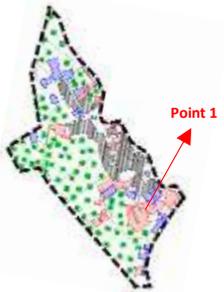
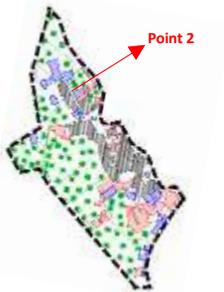
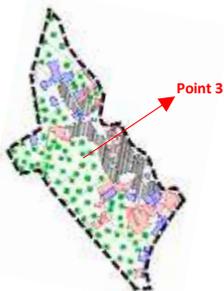
IV.4 Choix et lecture typo-morphologique des espaces étudiés

Trois périmètres de calcul ont été définis correspondant à chacun des tissus urbains retenus, dans chaque périmètre, un ensemble de 2 à 3 points de mesures fixes ont été choisis pour faire une étude comparative à l'échelle de l'espace public.

Le choix des points a été motivé par la diversité de la structure morphologique, notamment la densité du bâti, l'exposition au soleil, l'orientation, le rapport (H/L) et la présence de la végétation, nous visons à démontrer l'effet de cette diversité spatiale sur la fluctuation de l'environnement thermique extérieure ainsi que sur le comportement piétonnier pendant la période estivale, la lecture typo-morphologique de chaque point est présentée dans le tableau suivant.

Tableau IV.8 : Localisation et lecture typo morphologique de chaque espace étudié

Source : (L'Auteur, 2017)

Tissu	Espace	Localisation du point	Relevé photographique	Lecture typo-morphologique
Traditionnel	Ruelle			Ruelle orientée NO /SE à caractère résidentiel, un rapport (H/L) de 2,5, elle est bordurée par des maisons en majorité à R+1, cette ruelle est caractérisé par le manque d'aménagement végétal.
	Rue			La rue à caractère résidentielle orientée N-S, sa largeur est suffisamment large où le trafic est possible, alignement de cadre bâtie de deux cotés en majorité R+1. Le rapport (H/L) égale à 0.86, la rue est caractérisée par la présence de l'aménagement vert.
	Rue entre deux jardins			Il s'agit d'un passage orienté E-O, il est borduré de part et d'autre par deux séries de palmiers-dattiers d'égales hauteurs (1 palmerai pour chaque 2m) un rapport (H/L) de 1,53.
Auto-construit	Boulevard			Boulevard type moderne orienté E-O à caractère administrative et commerciale. Le rapport (H/L) égale à 0,16. Les voies de circulation à droite et à gauche sont très larges. Au milieu de ce boulevard, un large espace est laissé aux piétons. Il est entouré d'arbres constituent des rangs assez distants.

Jardin			<p>Il s'agit d'un jardin de forme rectangulaire à grand axe orienté N-S, à caractère récréatif, il est remarqué par la présence de l'aménagement vert (entre 2 et 10 arbres sur 100 m) avec n rapport (H/L) égale à 0,10.</p>
Rue			<p>C'est une rue orientée N-S à caractère résidentiel, largeur 6.25 m, une continuité et alignement dans le bâti pour les deux côtés en majorité à R+2, le rapport (H/L) égale à 0,66, elle est caractérisée par l'absence d'aménagement vert.</p>
Rue			<p>Il s'agit d'une rue entre deux blocs orientée NE-SO, le rapport (H/L) est de 1,10, un alignement de bâtiments résidentiel en majorité à R+4 dans les deux côtés, aucun aménagement vert n'a été observé.</p>
Place publique			<p>Il s'agit d'un vaste vide orienté NE-SO, elle se situe au centre des bâtiments collectifs, et marqué par le manque total de l'aménagement vert avec un rapport H/L égale à 0,08.</p>

ZHUN

IV.5 Les paramètres climatiques mesurés

Le but de la campagne de mesures est d'examiner les Cinq paramètres principaux qui sont : la température d'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative, la vitesse de l'air et le rayonnement solaire, ces variables environnementales sont les éléments principaux de l'atmosphère qui contribuent à la formation climatique de chaque espace étudié et ayant

une incidence sur le confort thermique des marcheurs. Le choix de ces paramètres est relié par leur interaction avec les objectifs de cette recherche et par la disponibilité des outils de mesure, ils sont mesurés à l'aide des instruments portatifs, et parallèlement à l'évaluation subjective de l'ambiance thermique à l'aide d'échelles de jugements subjectifs (vote de sensation, d'évaluation et de préférence).

IV.6 Les indicateurs morphologiques étudiés

Les transformations des microclimats dans les espaces urbains semblent influencées par la diversité de la morphologie urbaine. Dans ce contexte, plusieurs indicateurs ont été développés pour étudier la relation entre la morphologie et le microclimat urbain (Adolphe, 2001 ; Ait-Ameur, 2002 ; Dimoudi *et al*, 2003). Du point de vue climatique, Ait-Ameur, 2002 a mené une étude paramétrique à Toulouse et Blagnac (France) où plusieurs échantillons urbains (rues, places,...etc.) ont été analysés. L'objectif de cette recherche était de développer une méthodologie permettant de matérialiser la relation entre la morphologie urbaine et le climat par des paramètres physiques appelés indicateurs "*morpho-climatique*". Les résultats de cette recherche paramétrique sont présentés sous forme d'un tableau synthèse où les indicateurs morphologiques ainsi que les paramètres climatiques (température de l'air, humidité relative, température rayonnante et la vitesse du vent) ont été pris en considération. (Ouameur, 2007). A la base de cette étude, ces indicateurs sont intégrés dans le cadre de notre recherche afin d'identifier la relation entre morphologie, microclimat et confort thermique. Le choix s'est porté sur les indicateurs les plus significatifs à l'échelle de l'espace public et à l'échelle du tissu urbain. A l'échelle de tissu urbain, nous avons choisie d'étudier la densité de bâtie. A l'échelle de l'espace public, le choix s'est porté sur la densité végétale et le rapport (H/L).

Le tableau synthèse VI.9 illustre les différents indicateurs morphologiques responsables des variations microclimatiques près du sol. Il montre également les différentes méthodes permettant d'évaluer les indicateurs morphologiques ainsi que les différents facteurs climatiques concernés par la variation de ces paramètres. (Ouameur, 2007)

Tableau IV.9 : Grille d'analyse des indicateurs morphologiques (d'après Aït-Ameur et Adolphe, 2002). **Source :** (Ouameur, 2007)

Critères morphologiques	Indicateurs morphologiques	Facteurs morphologiques influents	Evaluation	Eléments microclimatiques			
				Tair	TMR	HR	Vair
Occupation des parcelles	Densité de bâtie	Interprétation de bâtie (emprise au sol)	surface bâtie de la proportion urbain/ surface totale de la proposition urbaine	×			
Type d'aménagement de l'espace	Densité végétale	Répartition des surfaces végétales dans l'espace	Air du végétal / Aire totale de l'espace		×	×	×
Géométrie urbaine	Prospect équivalent	Largeur de l'espace Longueur de l'espace	la hauteur moyenne des bâtiments/ largeur moyen des espaces publics				×

Le schéma synthèse ci-dessous illustre les paramètres climatiques et les indicateurs morphologiques retenus pour l'élaboration de l'étude climatique qui fait partie de cette recherche.

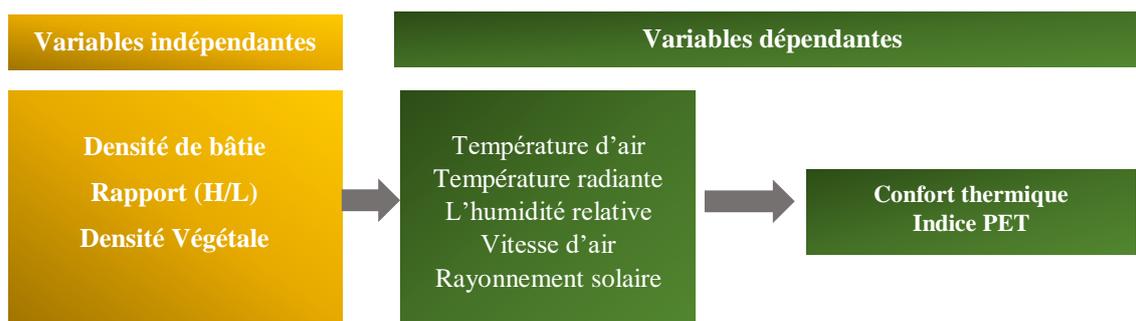


Figure IV.10 : schéma des variables de recherche pour l'étude climatique

Source : (Auteur, 2017)

IV.7 Quelle critères choisie pour l'étude de marchabilité ?

L'environnement physique est un déterminant potentiel de l'activité physique des gens. Le choix des critères étudiés se fait à la base de la théorie des auteurs du « Jan Paul Thibaude, de Reid Ewing, des résultats de l'approche climatique et l'approche qualitative », tout en restant cohérent avec nos objectifs ainsi qu'avec nos impératifs en termes de temps.

Les critères étudiés donc sont de l'ordre physique et psychique, chaque critère est relié directement avec un ou plusieurs paramètres quantifiables, le volet physique inclus : la densité de bâtie, la connectivité des réseaux, la mixité fonctionnelle. Le volet psychique qui permet d'identifier le rôle que jouent les perceptions dans les choix comportementaux des piétons inclus : la perception des ambiances, le confort thermique, la vitesse humaine, l'encadrement et l'échelle humaine.

IV.7.1 Critères physiques

IV.7.1.1 Densité de bâtie

La revue de littérature établie antérieurement a en effet fait ressortir que la forte densité d'une ville favorise la marche, de façon à créer des liens physiques et sociaux en limitant les vides. La densité de bâti comme indicateur morphologique est exprimé par le rapport entre le bâti et le non bâti, la forte valeur de ce dernier permet de créer des milieux de vie conviviaux, respectueux de l'échelle humaine et favorables à la création d'une ville des courtes distances permettent de soutenir les déplacements non motorisés.

La valeur numérique de cet indicateur a été calculée à partir de l'utilisation de program Arc-Gis. Pour chaque type de tissu quatre classes sont proposées pour identifier les valeurs de densité de bâtie ; densité très faible (inférieur 15%), densité faible (entre 15 % et 40%), densité moyenne (entre 40% et 60%) , densité élevée (entre 60 % et 100%) .

IV.7.1.2 Mixité fonctionnelle

La forte densité doit également s'accompagner d'une certaine mixité de fonctions qui s'offre aux piétons : habitat, commerces, service de santé...etc. La faible mixité des usages augment la durée des déplacements et favorise l'usage de l'automobile afin de s'affranchir des distances. La mixité fonctionnelle a été évaluée par le calcul de nombre total des fonctions disponibles sur chaque espace étudié.

IV.7.1.3 Connectivité des réseaux

La connectivité élevée d'un réseau routier, définie par la densité d'intersections sur une trame viaire, donne une plus grande accessibilité au piéton par le choix de plusieurs voies alternatives et minimise l'effet de distance (INSPQ, 2010). En effet, le piéton préfère un réseau de rues fortement connecté afin qu'il puisse choisir à son aise le chemin qui lui convient le mieux ou le trajet le plus court pour se rendre à destination. La connectivité est

fortement associée à la taille des blocs lesquels influencent positivement la marche lorsque leur taille est petite (Verer, 2012). La connectivité a été évaluée à travers le calcul de nombre total des destinations disponibles dans chaque espace étudié.

IV.7. 2 Critères psychiques

IV.7.2.1 L'échelle humaine

Du point de vue perceptuel, Camona et al., 2013 confirment que la forte densité de bâti permet au cadre bâti d'encadrer harmonieusement l'espace public et de créer des espaces respectueuses de l'échelle humaine, à cet égard, le rapport entre la largeur de l'espace public et la hauteur des bâtiments qui la bordent est un élément clé. Jacobs, 1993 confirme que les proportions des espaces sont généralement jugé confortables lorsque la hauteur des bâtiments est de 0.5 à 2.5 fois celle de la largeur de l'espace, lorsque l'espace public est plus large, d'autres éléments peuvent compenser, comme la présence d'une rangée d'arbres.

Selon Gehl, 2012, la hauteur des bâtiments, de même que la largeur des espaces , devraient être pensée afin de créer un environnement bâti qui favorise l'appropriation de l'espace public de multiples façons par les résidents. La rue, par exemple, plutôt que d'être conçue uniquement comme une voie de circulation, reprend son rôle d'espace public à part entière, réduisant ainsi les nuisances associées à l'intensité de la circulation automobile, lesquelles ont des conséquences majeures sur le réseau social des habitants d'un quartier (Appleyard, 1981).

Suivant les deux auteurs de (Gehl,2012 , Jacobs, 1993), le critère d'échelle humain a été évalué en fonction du rapport (H/L) et la présence des arbres, en supposant que tous espaces publics soient perceptuellement confortables lorsque le rapport (H/L) est varié entre 0.5 et 2.5. La présence d'arbre joue le rôle de régulateur de l'échelle humain lorsque l'espace public est plus large, ce paramètre est considérée comme un critère de qualité environnementale et paysagère (Lo, 2009 ; Southworth, 2005).

Quatre classes sont proposées dans notre étude pour identifier les densités de végétation dans une aire de déplacement. Des zones tampons de part et d'autre du réseau pédestre sont évaluées de manière à identifier des aires d'influence potentielle de la végétation sur le déplacement piéton. Une fois la répartition de la végétation évaluée, une classe de densité de végétation est ensuite déterminée pour chaque espace public.

IV.7.2.2 L'encadrement

On supposant que tous espaces visuellement définis par les bâtiments, les murs, les arbres et d'autres éléments sont considérées comme des espaces encadrés, en effet, ces éléments participent à donner un encadrement idéal qui procure une sensation de confort (Ewing et al., 2009).

IV.7.2.3 Vitesse humaine

Concernant la vitesse de marche, elle est définie comme la vitesse avec laquelle l'homme est marche (Ewing et al. 2009, Jacob., 1961). La vitesse de la marche peut être diminué ou augmenté en fonction de plusieurs facteurs, nombreuse chercheurs sont intéressés sur ce sujet. Florence et al., 2016 confirment que la vitesse de marche est intimement liée à la distance parcourue et l'âge des sujets, une diminution globale de la vitesse des déplacements réalisés à pied avec des valeurs faibles chez les gens plus âgés. Selon Porter et al, 2007, la vitesse de marche normale est plus élevée en été qu'en hivers, selon Ewing et al , 2012, elle est fortement influencée par la qualité de chaussée et les conditions climatiques de l'espace , pour Diyanah et al, 2012 , c'est la densité de la population qui affect plus la vitesse de la marche, selon elles , dans les zones de forte densité populaire, la vitesse des gens diminue considérablement en comparaison avec ceux qui marchent dans des zones de faibles densités populaires. En 2016, Julie confirme que les conditions météorologiques « pluie, grosse chaleur» affectent plus la vitesse de marche.

Dans notre étude, à l'aide du questionnaire, on a essayé d'identifier qu'elle facteur affect plus la vitesse de marche des sujets interrogés dans la ville de Sid Okba, on choisit les facteurs suivants :

- L'ensoleillement
- La qualité de chaussé
- Volume de piétonne

IV.7.2.4 Confort thermique

Le dernier indicateur qui nous a été utile est le confort thermique, en considérant l'indice de confort thermique PET (°C) comme un médiateur entre microclimat et marchabilité, en effet, notre étude permet d'apporter une expérience empirique sur la question du confort thermique et sa relation avec la marche dans la ville de Sidi Okba, nous suggérons que les

conditions climatiques peuvent être affecté considérablement la sensation de confort des piétonnes et par conséquent l'envie d'utiliser la marche comme moyen de déplacement notamment en période estivale. A partir des résultats de l'analyse climatique et du confort issu de cette recherche, on a pu ressortir si la valeur moyenne de l'indice PET de la population interrogée à un moment donnée est incluse dans l'intervalle de la zone de confort thermique ou non.

IV.7.2. 5 les modalités sensoriales

Le volet subjectif aborde la thématique des ambiances est ses effets sur la perception des piétonnes, nous réduisons cette approche à l'approche physique des ambiances indiqué par le sociologue urbain Jan Paul Thibaud. Afin de vérifier quelle modalité sensoriale affect plus la perception des gens pendant la période estivale, nous avons posé la question suivante sur la population étudié : « *lorsque vous marchez, vous affectez plus par : la qualité esthétique de l'espace, le niveau de bruit sonore, la sensation de fraîcheur, le niveau lumineux de l'espace, ou la qualité de l'odeur* ». Cette question aide à dégager la modalité la plus affectante sur la perception des gens pendant la pratique de marche en période estivale.

IV.8 Echelle d'évaluation des paramètres physiques

Avant de présenter les paramètres étudiés, il est impératif de définir dans un premier lieu les échelles d'étude. Dans le cadre de cette recherche, on s'intéresse précisément aux interactions entre le confort thermique, le comportement piétonnier et les éléments physiques de la morphologie urbaine à une micro-échelle, l'évaluation des paramètres ; le rapport H/L, la densité végétale, l'indice PET s'effectue à l'échelle du marcheur, à une échelle relativement fine et détaillée. Ce contexte micro des conditions de marche possède une influence considérable sur le niveau des activités physiques (Klein et al., 2015 ; Bachiri, 2006). En revanche, la densité de bâtie est un indicateur morphologique qui était évalué à l'échelle du tissu urbain, pour chaque type de tissu nous avons calculé le rapport entre le bâtie et le non bâtie.

IV.9 Les outils d'investigation

L'expérimental en site à l'intérieur de chaque tissu urbain consiste en une campagne de mesure des paramètres climatique et physique par le biais des instruments portable et des Audits de marchabilité. Afin de qualifier l'environnement extérieur du point de vue des

occupants, un questionnaire a été rempli par les participants à chaque visite et parallèlement aux mesures physiques. En parallèle aux mesures climatique et comportementale, nous avons utilisé le programme tridimensionnel le plus courant dans le domaine de la météorologie urbain Envimet 04.

IV.9.1 Le programme numérique Envimet 04

IV.9.1.1 Objectif de simulation

La présente recherche est utilisée le programme de simulation Envimet 04, cet outil offre la possibilité de calculer la température moyenne radiante ainsi que les indices de confort thermique notamment (PET, PMV) pour chaque population interrogé, le flux de radiation solaire direct incident dans chaque espace étudié en différent moment de la journée a été calculé aussi par ENVI-met 04. L'ensemble des équations utilisées par ENVI-met 04 pour calculer les valeurs de TMR et le Flux de rayonnement solaire direct se trouve dans l'Annexe C.

IV.9.1.2 Les étapes de simulation

La premier étape consiste à dessiner le model tridimensionnel de chaque espace étudié, les caractéristiques physique de chaque espace (orientation, les différentes hauteurs des constructions... etc.) doivent être soigneusement présentées. La deuxième étape consiste en la conformation du dessin précédent en créant un fichier contient toutes les données d'entrée (inputs) de model à simuler. Les réponses recueillies par les questionnaires servent à donner des informations sur la vêtue et l'activité des participants, ces informations doivent être soigneusement intégrées dans le programme Biomet 04 afin de calculer des différents indices de confort. La troisième étape sera le lancement de la simulation dont la durée est fonction de la complexité de l'aire à simuler. Enfin, la quatrième étape consiste en la lecture des résultats de la simulation, par le biais de programme « Leonardo » qui donne la possibilité de lire les résultats recherchées en 2D et 3D.

IV.9.2 Appareils de mesure

IV.9.2.1 Thermo-hygromètre électronique Testo

C'est un appareil sert à mesurer les deux paramètres climatiques la température de l'air en (°C, °F, K), l'humidité relative (%), et comme le point de rosée (°C, °F, K) sur les plages de mesures variant entre : -20 °C à +70 °C pour la température de l'air, et 0 à 100 % pour l'humidité relative. Alors que la résolution est de (0,1% HR, 0,1°C). L'appareil est servi par

un tube de 5 mm de diamètre contient une cellule très sensible sur laquelle les données sont prises à l'aide sondes survenues. Les caractéristiques techniques ainsi que les degrés de précision des résultats sont présentés dans le tableau (IV.10)



Figure IV.11 : Le thermo-anémomètre avec sonde pour mesurer la Tai
Source : Fiche des données techniques de l'appareil

Tableau IV.10 : Caractéristiques technique de sonde utilisé pour la mesure de Tai et HR
Source : Fiche des données techniques de l'appareil

Capteur	Dimension	Etendue de mesure	Précision	Réf
Sondes d'humidité				
Sonde d'humidité/température	 Ø12 mm	0... +100% HR	± 2 % HR	0636
		-20 ...+70°C	(+2...+98% HR) ± 0.3 °C	9735

IV.9.2.2 Anémomètre :

L'instrument mise à relever la vitesse d'air, à la faveur de la possession d'une hélice accroché. Les vitesses d'air sont bien relevées en : (m/s, et fpm –pied par minute-), tandis que les plages de mesures sont limitées entre : 0,2m/s à 3,1m/s – 3,1m/s à 35m/s. Comme résolutions l'anémomètre présente un écart de 0,01 m/s à 0,1 m/s.



Figure VI.12 : Le thermo-anémomètre avec un capteur d'air
Source : Fiche des données techniques de l'appareil

les valeurs de la température de l'air et l'humidité relative sont mesures toujours à l'abri du rayonnement thermique (à l'ombre, et non en plein soleil), en abritant le capteur contre le

rayonnement soleil par un écran, la main ou une feuille de papier , nous attendons une durée de 5 second (durée de stabilisation de l'appareil), si les valeurs ne stabilise pas , nous relevons les valeurs les plus fréquentes pendant 5 secondes . Pour la vitesse d'air, nous avons placé la sonde en l'orientant dans le sens du courant d'air (rechercher cette direction en faisant pivoter la sonde et en recherchant la vitesse la plus élevée), nous attendons une durée de 5 second (durée de stabilisation de l'appareil), après ça nous relevons la valeur de la vitesse d'air en (m/s).

IV. 10 Journée et horaires de collecte des données

Le choix de la période d'étude est porté sur les trois journées s'étalant entre 11 juillet et 13 juillet (période la plus chaude) Les moments choisis sont liés au régime thermique journalier :

- Après le lever du soleil : début de gain à 8 :00
- À midi : quand le soleil est au zénith, à 12 :00
- Avant le coucher du soleil : après un cumul maximal de chaleur, à 16 :00
- Après le coucher du soleil : début de la restitution de la chaleur emmagasinée, à 20 :00

IV.11 L'enquête par questionnaire

Le volet pratique de ce travail consiste en une investigation sur terrain, basée sur l'usage des questionnaires, ces derniers sont distribués aux participants au moment des mesures et leur permettent d'évaluer l'état thermique de chaque individu ainsi que la qualité de l'environnement extérieur du point de vue de marchabilité. A partir de la littérature disponible sur le sujet de marchabilité et sa relation avec l'environnement physique, nous avons développés des hypothèses opérationnelles après avoir identifié un certain nombre de variables qui pourraient influencer sur le confort thermique et les comportements de marche en ville. On peut subdivise ces variables en deux catégories :

- Variables Individuelles, donc relatives aux caractéristiques du sujet en marche, ces variables permettent de ressortie les informations sur la vêtture et l'activité des participants afin de calculer des différents indices de confort thermique (PMV, PET).
- Variables extra-subjective (la temporalité, vitesse de marche, l'ambiance,...etc.) permettent d'identifier la qualité de l'environnement physique.

le questionnaire utilisé dans le cadre de cette recherche repose sur des questions qui appellent la formulation de réponses courtes et rapides sur la représentation d'un espace

public, l'échantillon global (tous sites confondus) enquêté par questionnaire est composé de 180 sujets dont 40,50 % de femmes et 59,50 % d'hommes. Afin d'assurer la compréhension des questions et la fiabilité des résultats, une préenquête a été effectuée durant la période entre (3 et 5 juillet 2017). Les réponses recueillies par les questionnaires servent à qualifier l'environnement extérieur du point de vue de ceux qui utilisent la marche comme moyenne de déplacement, ainsi que d'évaluer les indices théoriques du confort thermique en les comparant aux résultats de votes sensoriels des individus.

IV.11.1 Les différentes parties de questionnaire

Nous nous sommes inspirés de différents questionnaires présents dans la littérature et destinés également à une étude de l'environnement physique extérieur et sa relation avec la sensation thermique et l'activité physique. Nous avons décidé de subdiviser le questionnaire en deux parties :

La première partie : contient des questions générales concernant les informations personnelles, elle vise à identifier l'âge, le sexe, l'état de la santé, l'activité et la vêtue. L'espace public ne se définit pas seulement par sa configuration urbaine, mais aussi par les usages qu'il permet et la manière dont il est fréquenté. Dans cette partie de questionnaire il semble nécessaire d'examiner l'usage et le niveau de fréquentation de l'espace public pour pouvoir à comprendre la sensation des usagers, leurs modes de fréquentation et d'activités. Les participants ont été amenés à choisir leurs usages de l'espace public. Il est possible de diviser les usagers en trois catégories : ceux qui utilisent l'espace pour des raisons utilitaires (lien entre deux points), ceux qui utilisent l'espace comme appui de report (se reposer, voire d'autres personnes, jouer...), et ceux qui utilisent l'espace pour autres raisons. Cette partie contient aussi des questions sur le confort thermique, elle doit être remplie parallèlement aux mesures ponctuelles, elle vise à évaluer l'ambiance thermique extérieure de chaque espace étudié et destinée à recueillir les votes sensoriels et perceptifs des participants ainsi que leurs préférences thermiques face à l'environnement thermique et aéraulique.

La deuxième partie : cette partie contient des questions relatives à l'activité de marchabilité. Elle portant spécifiquement sur les perceptions des gens, la dimension temporelle et son effet sur l'action de marcher, les principaux motifs pour lesquels les gens se déplacent à pied, et les critères qui sont pour eux des critères frein à la marche. En fonction de trois dimensions (subjectif, temporelle, physique) traduisant par ces questions, l'objectif majeur de ces questions est d'obtenir des informations sur les caractéristiques physiques de

l'environnement des espaces étudiés, elles visent par ailleurs à ressortir les critères qui font l'inconfort en milieu urbain, et qui rendent un espace moins propice à la marche qu'un autre. Après avoir cerné les points importants pour l'enquête, nous avons mis au point un questionnaire de 14 questions. Afin d'éviter le dérangement des gens nous avons demandé le numéro de téléphone de chaque participant pour faire ressortir les réponses relatives aux questions suivantes (9, 10, 11, 12,13), un exemplaire est présenté en Annexe A.

IV.11.2 Déroulement du questionnaire et traitement des informations

Le questionnaire a été soumis à 180 occupants de la ville de Sidi Okba , et à différents créneaux horaires que nous avons définis également pour la phase de la prise des mesures climatiques . La distribution du questionnaire s'est faite d'une manière directe, dans les mêmes jours des campagnes de mesures estivales. La méthode utilisée pour l'analyse des résultats est celle du « trie à plat ». Elle consiste à calculer le pourcentage de réponses proposées dans les questions par rapport au nombre total des réponses. Les résultats sont représentés sous forme de graphes.

IV.12 Audit de marchabilité

L'approche qualitative précédemment mentionnée trouve ces limites dans sa subjectivité, afin d'étudier la dimension objective, la deuxième démarche consiste à évaluer quantitativement le score de marchabilité des espaces traversés, cet évaluation se fait à l'aide d'un Audit de marchabilité (voir tableau IV.11), l'utilisation de cet Audit permet une évaluation exhaustive à l'aide d'un panel d'indicateurs. Cet outil a comme avantage de pouvoir comparer divers environnements de marche de manière systématique, et met en lumière les forces et faiblesses de l'environnement bâti de chaque espace. La grille mise sur pied pour effectuer les relevés sur le terrain s'est inspirée de certaines grilles existantes, en prenant en compte les critères mentionnés préalablement (densité de bâtie, connectivité des réseaux, mixité fonctionnel, échelle humaine, vitesse humaine, encadrement et confort thermique), tout en restant cohérent avec nos impératifs en termes de temps. Le choix de ces critères se fait à la base de la théorie des auteurs du "Nouvel urbanisme», de l'auteur Reid Ewing, des résultats de l'approche climatique et l'approche qualitative. Les critères étudiés donc sont de l'ordre physique, psychique et comportemental, chaque critère est évalué selon la même gradation, 0 étant la plus mauvaise situation et 3 étant la meilleure situation que l'on puisse trouver, la lecture des résultats permet d'observer quels critères se retrouvent dans le rouge, et pour

quelle(s) raison(s), j'ai obtenus un score total de "marchabilité" sur /24. L'ensemble des audits remplis se trouve dans l'Annexe B.

Tableau IV.11 : Audit de marchabilité mis en place pour la présence étude
Source : (Auteur, 2017)

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée Score de densité .../3
	Mixité fonctionnelle	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Habitat uniquement 1 : Habitat + une autre fonction 2 : Habitat + deux autres fonctions 3 : Trois fonctions et plus Score de Mixité .../3
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles Score de connectivité ... /3
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m Score d'échelle humaine .../6
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00 Score de vitesse humain : ... /3
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace totalement encadré Score d'encadrement : ... / 3
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET	0 : PETM hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PETM} \leq 32^{\circ}\text{C}$ Score du confort physique thermique : .../3
Scor finale de marchabilité : ... /24			

IV.13 Dérive photographique

Le travail sur terrain consiste aussi à appliquer la technique de dérives photographique dans les huit espaces présentés auparavant, l'approche in situ nous aide à dégager les affections de la marche et le degré d'hospitalité des espaces traversés. A la manière de sociologue urbain Jean-Paul Thibaud, j'ai réalisé une marche accompagnée d'un appareil photo et d'un carnet de croquis, tout en marchant, il faut observer comment on réagit à tel lieu ; noter les endroits qui sont les plus propices au séjour et ceux qui auront un effet plus répulsif (Florine, 2014). La revue de littérature établie précédemment a en effet fait ressortir que l'ambiance si elle peut être évaluée, l'est dans des conditions idéales, les réponses recueillies par les questionnaires servent à ressortir le moment de la journée le plus préférable pour effectuer cette démarche. Les résultats montrent que le matin est le moment le plus préférable pour la pratique de la marche dans la ville de Sidi Okba, en ce moment de la journée, nous avons utilisé cet approche afin de dégager les affectations de la marche, autrement dit les manières de bouger en tant qu'elles traduisent et mobilisent les propriétés de l'environnement sensible.

Conclusion

Les questions et les objectifs de cette recherche imposent d'opter pour une méthodologie mixte. La tendance à opter pour les méthodes quantitative, qualitative et numérique. Dans ce chapitre nous nous intéressons à présenter les différents paramètres mesurés ainsi que les outils et les appareils utilisés dans la partie pratique de cette recherche. Les variables de la recherche ainsi que leur système d'interaction sont schématisés dans la figure (VI.13), les étapes de travaux sont schématisées dans la figure (VI.14). En premier lieu cette recherche se base sur une analyse préalable de la ville de Sidi Okba, l'objectif majeur de cette analyse est de distinguer les différents types de tissus urbains composant la ville de Sidi Okba. Après ça on a fait une analyse des éléments constituant le cadre physique de chaque tissu obtenu à savoir : trame parcellaire, système bâti, les espaces libres, trame viaire. Cette face vise à évaluer les indicateurs morphologiques pour pouvoir par la suite à ressortir les points de mesure les plus représentatifs pour chaque tissu urbain.

La deuxième étape de cette recherche consiste en une campagne de mesure effectuée sur terrain pour vise à ressortir les grandeurs des paramètres climatiques à l'aide des instruments portables (expérimentation sur site), et leur comparaison aux valeurs relevées dans la station météorologique. Un questionnaire aussi déroulé simultanément avec la campagne de mesures

dans les différents espaces étudiés. Ce dernier effectué auprès des occupants de la ville de Sidi Okba afin de déterminer leurs degrés de confort thermique face à leur environnement extérieur. Ensuite nous nous intéressons à définir les limites supérieures et inférieures de la zone du confort thermique estival pour l'indice PET, par le biais de la simulation numérique à l'aide du logiciel Envimet 04 (approche numérique). En termes de marchabilité. Le volet pratique consiste à analyser les conditions de la marche dans les huit espaces d'enquête, cette analyse aboutissant à des approches d'évaluation qualitative et quantitative.

L'approche qualitative qui se base sur l'utilisation du questionnaire et de technique de dérive photographique, elle vise à analyser le lien indissociable entre « sentir et se mouvoir », et s'intéresse surtout à ressortir le rôle des dimensions extra-subjective dans les comportements de marche et qualifier les lieux traversés, à propos de l'approche quantitative qui se base sur l'utilisation des grilles d'évaluation (Audits de marchabilité), elle vise à donner un aspect plus objectif à cette recherche et consiste à mesurer quantitativement le potentiel piétonnier de chaque espace étudié.

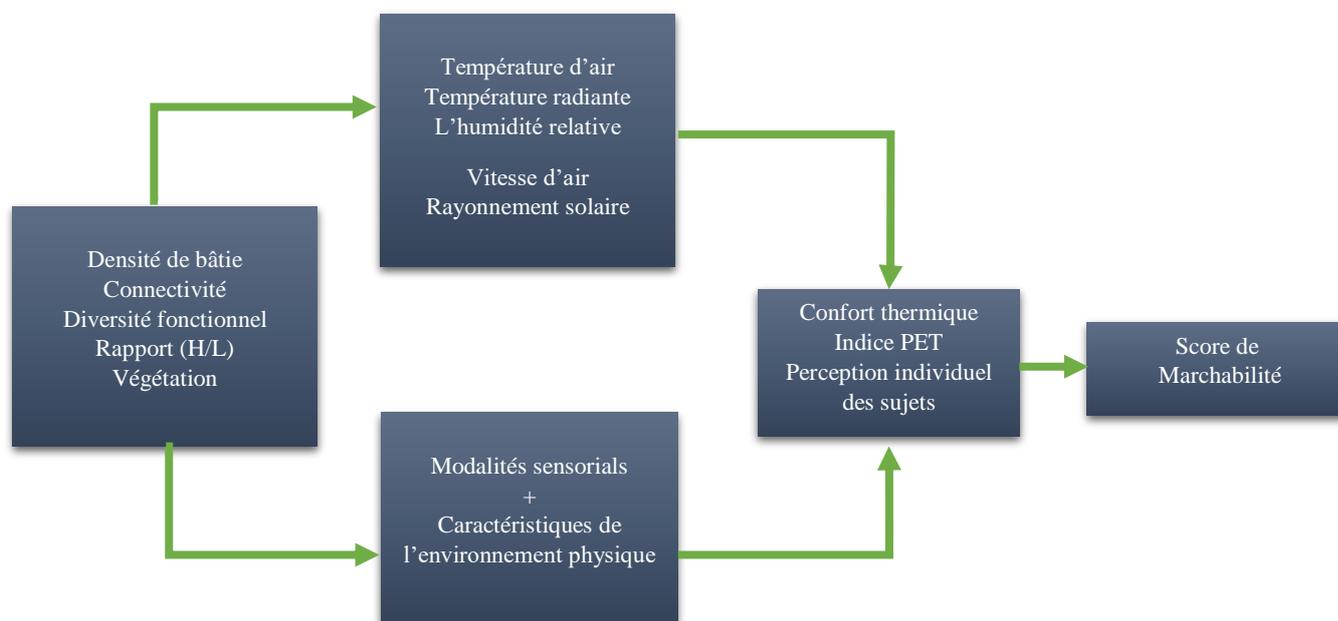


Figure IV.13 : Diagramme schématisant les variables de la recherche et leur système d'interaction. **Source :** (Auteur,2017)

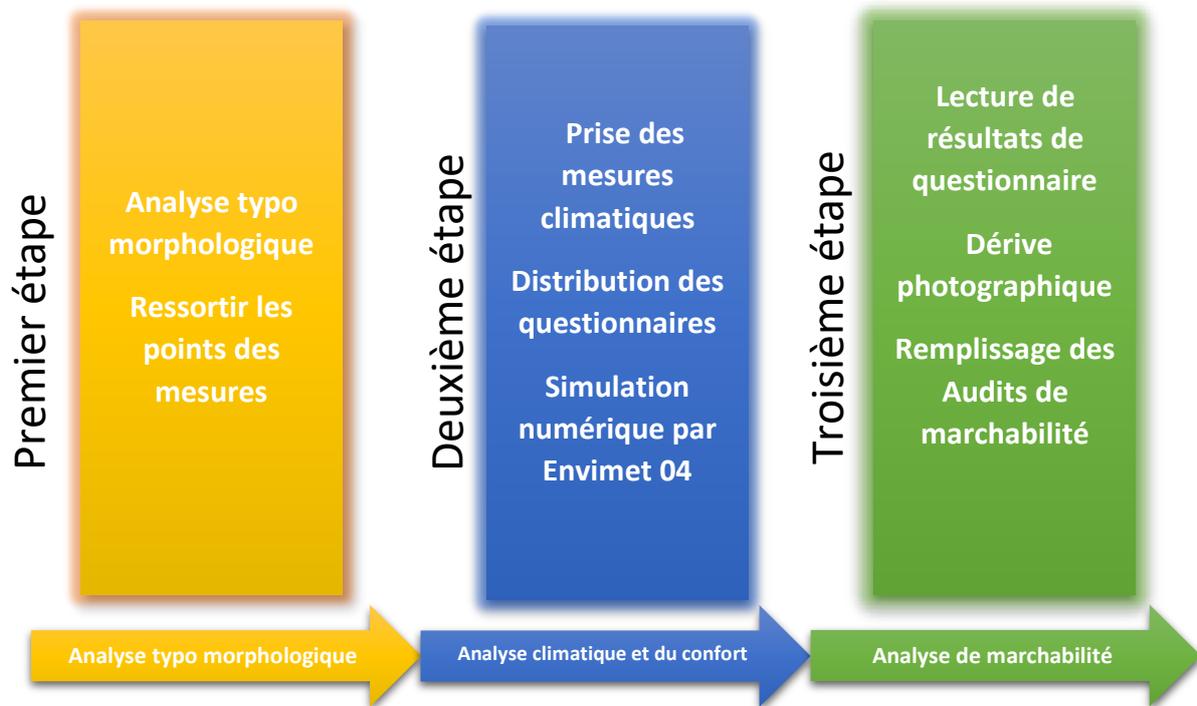


Figure IV.14 : Diagramme schématique illustrant les étapes de travail

Source : (Auteur,2017)

CHAPITRE V : Etude Climatique

Pour que les villes soient "sustainable", c'est-à-dire durables et viables, il faut à la fois limiter leurs impacts néfastes sur l'environnement et y créer des conditions de vie et de travail agréables pour leurs habitants ... Gauzin-Muller, 2001, p.35

CHAPITRE V : Etude Climatique

Introduction

Ce chapitre est consacré à la présentation des résultats de l'approche climatique, l'évaluation des valeurs moyennes des paramètres climatiques (température d'air, température moyenne radiante, l'humidité relative, vitesse d'air, flux de l'énergie solaire direct), et leur comparaison aux valeurs relevées dans la station météorologique nous a permis de caractériser le microclimat général de chaque type de tissu urbain. Dans ce chapitre, en premier lieu, nous évaluerons le changement microclimatique de chaque type de tissu urbain, la moyenne arithmétique des facteurs climatiques relevés dans les différents tissus en un moment donnée est calculée selon la formule suivante, comme l'a indiquée par Hamel, 2006 :

$$X_{moyenne} = (X_{espace1} + X_{espace2} + X_{espace3}) / N \quad \dots \quad (Eq.1)$$

Où : $X_{moyenne}$: la valeur moyenne d'un facteur climatique pour chaque type de tissu urbain.

X_{espace} : est la valeur mesurée dans un espace en un moment donné.

N : le nombre des espaces étudiés.

En deuxième temps, nous nous intéressons à présenter la variation microclimatique entre les huit stations de mesures (3 stations pour chaque tissu) et les valeurs relevées dans la station météo (valeurs référentielles). Comme il a été indiqué dans le chapitre précédent, d'empêcher la variation des conditions climatique entre les trois journées d'étude (entre 11 et 13 juillet) , il est important de fixer un repère de comparaison pour chaque facteur climatique mesuré, on a eu recours au calcul des moyennes arithmétiques des différents facteurs climatique relevés in situ en un moment donné, comme indiqué dans la formule suivante :

$$X_{repère} = (X_{jour1} + X_{jour2} + X_{jour3}) / 3 \quad \dots \quad (Eq.2)$$

Concernant les facteurs climatiques examinés, tous les paramètres sont mesurés à l'aide des instruments portables, sauf la température moyenne radiante et le flux de l'énergie solaire

direct, dû au manque de l'outil de mesure, ainsi que l'indisponibilité des valeurs référentielles sur la station météo, pour cette raison, le recours à un outil numérique s'avère très important. Les fonctions du logiciel ENVI- met 4 nous permettent d'obtenir les valeurs de température moyenne radiante et le flux d'énergie solaire direct incident sur les surfaces urbaines.

V.1. Caractérisation du microclimat générale de chaque type de tissu urbain

V.1.1 Premier échantillon : l'Ancien Noyau de Sidi Okba

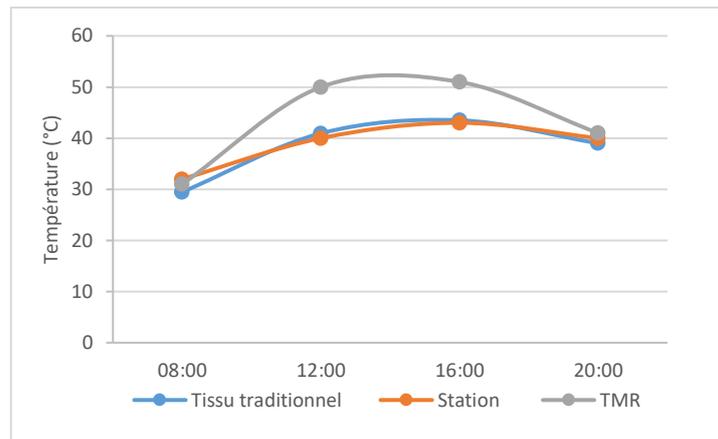
V.1.1.1 Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante :

Le graphe (V.1) présente l'évolution journalière des valeurs moyennes de la Tair et la TMR dans l'ancien noyau de Sidi Okba. La lecture de graphe fait montrer que pendant toute la période de mesure en excepté le matin et le soir à 20h00, les valeurs de la Tair et la TMR sont plus importantes comparativement avec celles relevées à la station. Les valeurs maximales sont enregistrées à 16h00, elles sont d'ordre de : 43,50 °C pour la Tair, et 51 °C pour la TMR, alors que les valeurs minimales sont notées le matin à 8h00, avec 29,5 °C pour la Tair et 31 °C pour la TMR. Généralement l'ancien noyau de Sidi Okba est plus frais en matinée qu'en fin de journée. La comparaison de ces résultats avec ceux retenus de la station montre les remarques suivantes :

Durant le matin à (8h00) : les deux grandeurs de la Tair et la TMR sont rapprochés, en comparaison avec la température de la station, une différence respectivement variée entre - 2,5°C pour la Tair et 1 °C pour la TMR.

A midi : le soleil par sa hauteur pénétré profondément les espaces de l'ancien noyau, c'est le début du réchauffement diurne. Les deux valeurs de la Tair et la TMR augmentent, elles sont respectivement d'ordre de 40,9 °C pour la Tair et 50°C pour la TMR. L'écart de la TMR à la température de la station augmente par rapport au moment précédent, et atteint une valeur de 10 °C, par contre, la Tair reste légèrement forte à celle de la station, avec un écart de 0,94 °C.

Durant l'après-midi : la Tair augmente à une valeur maximale de 43,50 °C de même la TMR qui atteint 51,66°C, la différence entre la Tair et celle de la station atteint une valeur de 0,5 °C. Après le coucher du soleil : la Tair diminue atteignant 39 °C de même la TMR. Les différences atteignent des valeurs de 1 °C pour la TMR et - 1 °C pour la Tair.



Graph (V.1) : Evolution journalière des valeurs moyennes de la Tair et la TMR dans l'ancien noyau de Sidi Okba au cours de la période d'étude.

V.1.1.2 Evolution journalière de l'humidité relative

Le graph (V.2) présente l'évolution journalière des valeurs moyennes de l'humidité relative dans l'ancien noyau de Sidi Okba au cours d'une journée représentative d'été.

Durant la période de la mesure, les valeurs de l'humidité ont tendance à décroître d'une valeur maximale de 21,66% enregistrée le matin à une valeur minimale de 18,77% enregistrée l'après-midi, on peut noter aussi une corrélation négative entre la variation des valeurs de la température d'air et les valeurs de l'humidité relative. En comparant les valeurs relevées in situ avec celles de la station, on constate que :

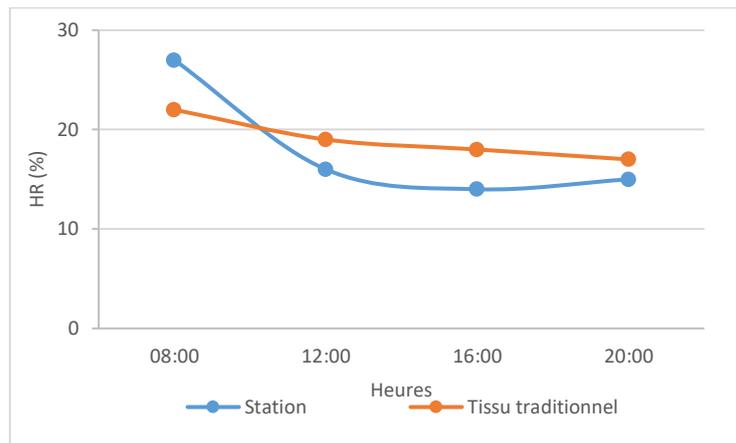
Durant le matin à 8h00 : l'humidité moyenne atteignant une valeur maximale de 21,66%, cette valeur est inférieure de 5% par rapport à celle de la station.

A midi : moment du maximum d'énergie solaire, nous avons observé une chute du taux d'humidité relative, qui atteint une valeur minimale de 18,77 %, cette valeur est supérieur de 3% par rapport à celle de la station.

L'après-midi : on enregistre une légère augmentation de l'humidité, la valeur relevée in situ est de 4% supérieur à celle de la station. A 20h00 : après le cumul d'énergie solaire, l'humidité moyenne relevée in situ reste toujours supérieure à celle de la station.

L'analyse comparative des valeurs de HR permet de conclure que l'ancien noyau présente souvent les valeurs plus importantes comparativement à la station, en l'interprétant ce résultat par l'effet bioclimatique de système oasien, qui se traduit par la capacité du cadre végétal dense

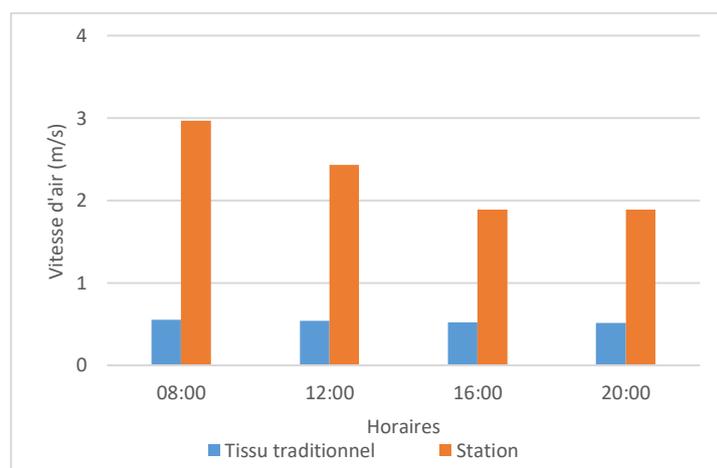
d'offrir plus d'ombre en combinaison avec le phénomène d'évapotranspiration permettant d'amplifier le taux d'humidité relative dans l'air.



Graphe (V.2) : Evolution journalière des valeurs moyennes de l'humidité relative dans le parcours de l'ancien noyau de Sidi Okba au cours de la période d'étude

V.1.1.3 Evolution journalière de la vitesse de l'air

D'après la lecture de graphe ci-dessous, on remarque que pendant toute la période de la mesure l'ancien noyau présente souvent un mouvement d'air plus faible comparativement à la station, les valeurs sont variées entre 0,51m/s et 0,90 m/s, alors que celles de la station varient entre 1,89m/s et 2,79 m/s, en interprétant cet résultat par la capacité du cadre végétal dense ainsi que la géométrie compacte de l'ancien noyau à bloquer et ralentir la circulation d'air.



Graphe (V.3) : Evolution journalière des valeurs moyennes de la vitesse d'air dans le parcours de l'ancien noyau de Sidi Okba.

V.1.2 Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié dans l'ancien noyau

V.1.2.1 Température d'air et Température moyenne radiante

Les graphes (V.4) et (V.5) montrent l'évolution des températures d'air et des températures moyenne radiantes dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo. La lecture de graphe montre que :

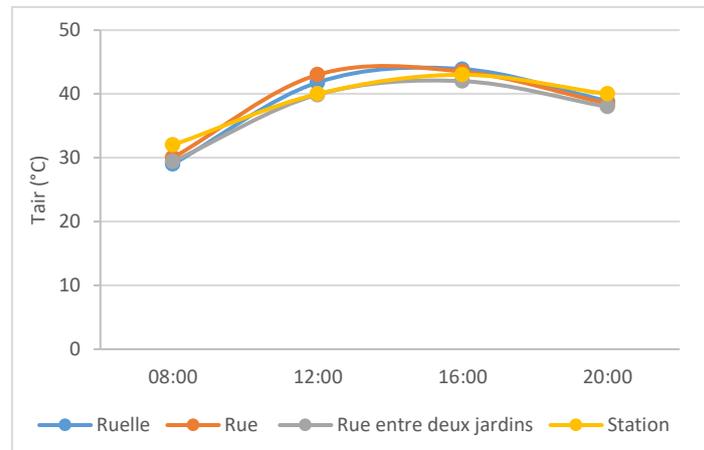
Durant le matin à (8h00) : les valeurs de la Tair et la TMR se rapprochent dans les trois espaces étudiés, les valeurs de Tair varient entre 29,40°C et 30°C, ces valeurs sont moins importantes que celles mesurées à la station météorologique, avec un écart varie entre -2,4°C et -1°C en comparaison avec la valeur de la station.

A midi : quand le soleil est au zénith, la rue orienté (nord-sud) reçoit le plus d'irradiation solaire où les valeurs de la Tair et la TMR sont importantes et supérieures à celles de la station. La Tair et la TMR sont les plus faibles dans la rue entre deux jardins et la ruelle, concernant la rue entre deux jardins les valeurs atteignant 39°C pour la Tair et 50°C pour la TMR. Avec un écarte de -0,9 pour la Tair par rapport à Tair mesurée dans la station, En effet, la grande hauteur des palmeraies de la rue entre deux jardins, contribue à la création d'un effet d'ombre assez importante et diminue l'intensité d'insolation et par conséquent la Tair est diminuée aussi. Pour la ruelle, les valeurs sont respectivement d'ordre de 41,8 °C pour la Tair et 51 °C pour la TMR, avec un écarte de 0,89°C.

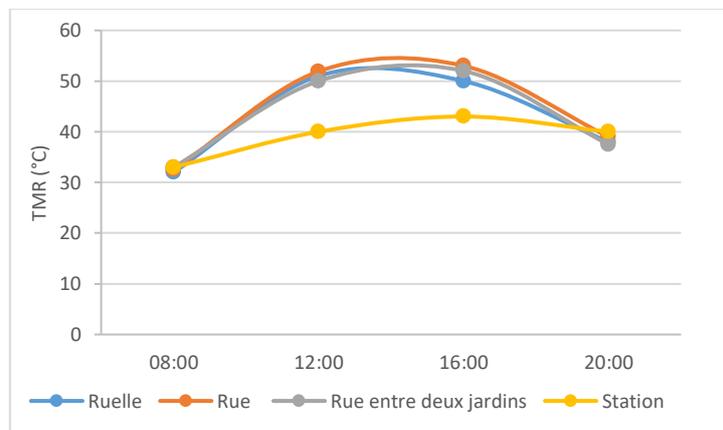
Durant la période la plus chaude du jour (l'après-midi) : la Tair et la TMR ont connus une hausse déterminante allant de 43,50 °C pour la Tair et 53,7 °C pour la TMR, ces valeurs sont enregistrées dans la rue. La température de la rue entre deux jardins est bien plus base que celle mesurée dans le site (Station météo), elle des d'ordre de 42°C, cette valeur est inférieur de 1°C en comparaison avec celle de la station, ce résultat est dû à la fraîcheur qui se produit à l'intérieur de la palmeraie.

A (20h00) : la Tair commence à diminuer pour atteindre une valeur minimale de 38°C enregistrée dans la rue entre deux jardins. Cette valeur est inférieure de 1,43°C par rapport à celle de la station, à ce moment de la journée nous avons enregistré le plus grand taux d'humidité (voir graphe V.6), ce qui concorde avec l'idée que l'effet climatique de l'oasis se fait sentir après le coucher du soleil , due essentiellement à la transformation de la chaleur emmagasinée dans la partie basse du système oasien (surface d'herbe) en énergie évaporative qui rafraîchit

l'air environnant après le coucher du soleil (Boudjellal , 2009). Le fort rapport (H/L) de la ruelle ralentit la restitution de la chaleur après son stockage pendant le jour, en ce moment la TMR et la Tair dans cet espace atteignant des valeurs de 38,9 °C pour la Tair et 38 °C pour la TMR, avec un écarte de -2°C en comparaison avec celle de la station.



Graphe (V.4) : Evolution de la Tair dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

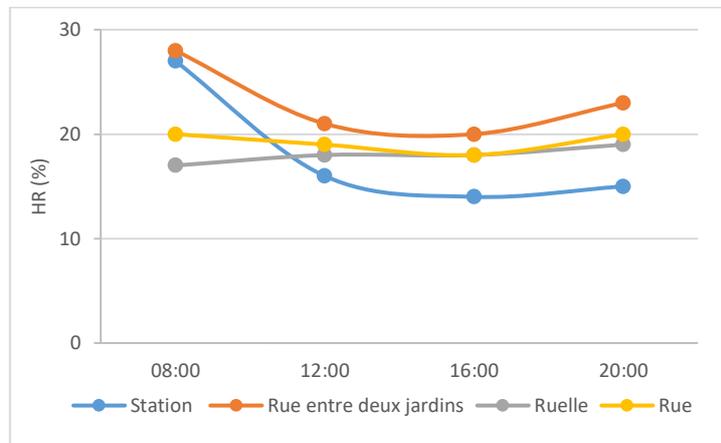


Graphe (V.5) : Evolution de TMR dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.1.2.2 L'humidité relative

Le graphe (V.6) montre l'évolution de l'humidité relative dans les trois espaces étudiés pendant la période d'étude, la première remarque qu'on peut mentionner que pendant toute la période de mesure, la rue entre deux jardins présente des valeurs importantes de l'HR comparativement aux autres espaces étudiés. Cette remarque est due essentiellement à la contribution de la végétation à rafraîchir l'air à travers l'effet d'ombrage de feuilles des palmeraies et le phénomène d'évapotranspiration , en fait, l'irrigation de la palmeraie est assurée

par un cours d'eau "segua", ce qui contribue à atténuer le réchauffement microclimatique ; lorsque la température de l'air est très élevée, même la moindre brise sur l'eau produite le refroidissement par évaporation et rend le climat plus confortable au cours de ce processus naturel d'évapotranspiration de la vapeur d'eau, l'air ambiant se refroidit en cédant une partie de sa chaleur pour permettre l'évaporation, donc la présence de la végétation joue un rôle primordial dans la régulation de l'humidité relative.



Graph (V.6) : Evolution de l'humidité relative dans les trois espaces étudiés pendant la période d'étude.

L'étude comparative des valeurs de l'humidité relative retenues par la station et celles mesurées sur site, fait manifester des écarts types relativement importants notamment le matin, où la station enregistre une valeur maximale de 27%, alors que le taux maximal a été retenu dans la rue entre deux jardins, avec une valeur de 28%, cette valeur est supérieur de 1% par rapport à celle enregistrée dans la météo.

A midi : En ce moment on constate une diminution de l'humidité relative à cause de l'augmentation de la TMR et la Tair. L'humidité relative dans la ruelle et la rue est pareille. Néanmoins l'humidité dans la rue entre deux jardins reste plus importante par rapport aux autres valeurs.

Durant l'après-midi, l'humidité relative continue à diminuer pour atteindre une valeur minimale de 18% enregistrée au niveau de la rue, cette valeur est égale à celle de la ruelle, mais elle est supérieure de 4% par rapport à celle de la station.

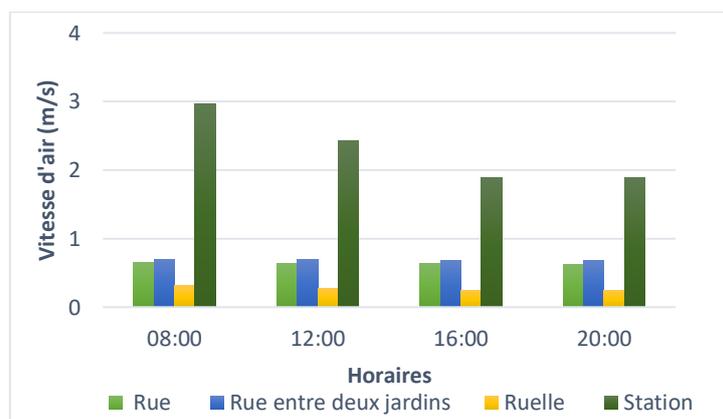
Après le coucher du soleil, les valeurs remontent d'un taux très léger dans tous les espaces, elles se confondent dans la rue et la ruelle, alors que la rue entre deux jardins enregistre un maximum encours plus important que la valeur de la station (23% contre 15%).

V.1.2.3 Vitesse d'air

Le graphe (V.7) illustre l'évolution de la vitesse d'air dans chaque espace étudié. En général, pour les trois espaces, la vitesse du vent est inférieure par rapport à celles récoltées à la station météorologique.

Durant toute la période de la mesure, la rue entre deux jardins enregistre les plus importantes valeurs de la vitesse d'air comparativement aux autres espaces. Ceci est dû à l'implantation éloigné des couronnes de palmerais facilitant la pénétration d'air, par conséquent augmentant la dynamique d'air pour atteindre une valeur maximale d'ordre de 0.70 m/s à midi, en ce moment, la présence du mouvement d'air permet le transfert de la vapeur d'eau et par la suite le rafraîchissement d'air ce qui confirme l'affaiblissement de la T_{air} et la TMR par rapport aux autres espaces.

Pour la rue et la ruelle, la vitesse d'air ne dépasse pas 0,64 m/s, cet affaiblissement est due à la localisation de ces espaces entre deux rangées de bâtiments ayant des profils homogènes, avec un considérable rapport (H/L) au varie entre (0,86 et 2,5 m/s), ce qui permet de diminuer le potentiel de la ventilation naturelle et crée un espace relativement protégé.



Graphe (V.7) : Evolution de la vitesse d'air dans chaque espace étudié pendant une journée représentative d'été.

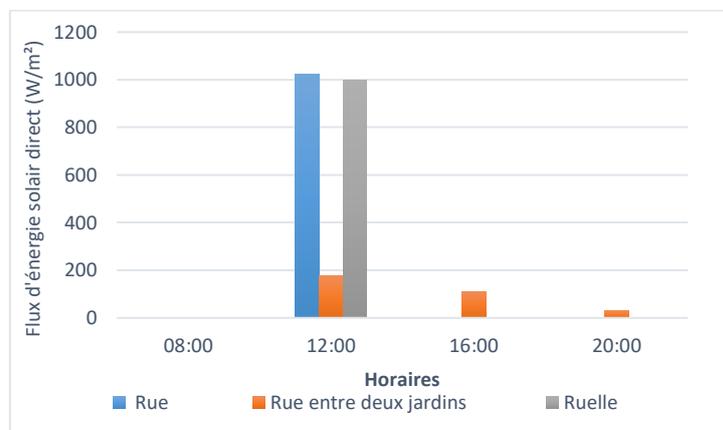
V.1.2.4 Flux de rayonnement solaire direct

Les différentes configurations des trois espaces publics influencent la quantité du rayonnement solaire direct reçu par les surfaces urbaines, selon Pierre Thomas, (2000), la température d'air varie dans le même sens que l'irradiation, plus l'irradiation solaire est forte, plus il fait chaud.

Le graphe (V.8) présente l'évolution de flux d'énergie solaire direct reçus par les surfaces urbaines. Les valeurs de flux d'énergie solaire direct sont issues de la simulation numérique réalisée par le logiciel ENVI-met 04. L'analyse comparative des résultats obtenus montre que tous les espaces étudiés sont totalement ombragés pendant le matin.

A midi : quand le soleil est au zénith, le flux de rayonnement direct varié entre 178 (W/m^2) et 1021,60 (W/m^2), la valeur maximale a été enregistrée dans la rue orientée (N-S) suivie par la ruelle, alors que celle minimale a été notée dans la rue entre deux jardins orientés (E-O). Il s'avère que la densité de la palmeraie permet de créer un réservoir de fraîcheur plus significative à midi. Cela se traduit par la faible intensité de rayonnement solaire reçu par les surfaces.

A 16 :00 : tous les espaces sont ombragés, mis à part la rue entre deux jardins. En revanche, les deux orientations de la rue et la ruelle en combinaison avec des faibles rapports (H/L) empêchent l'énergie solaire directe d'atteindre les surfaces urbaines pendant toute la période ensoleillée, en exception à midi.



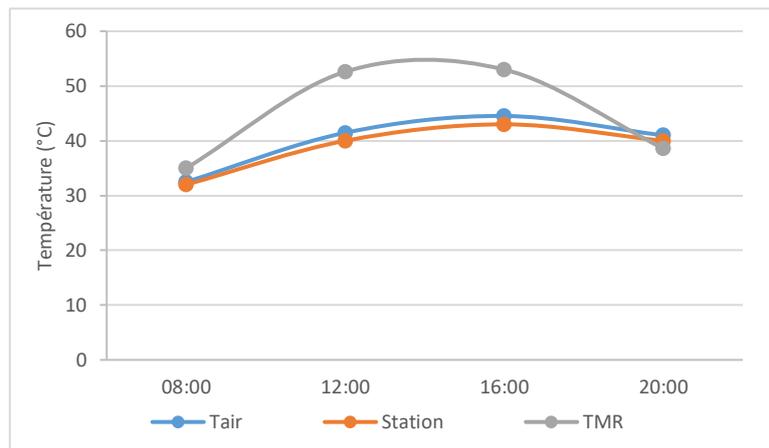
Graphe (V.8) : Evolution de flux d'énergie solaire direct reçus par les surfaces urbaines dans les trois espaces étudiés pendant la période d'étude.

V.1.3 Deuxième échantillon : Auto-construit

V.1.3.1 Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante

Le graphe (V.9) montre la variabilité de la Tair et la TMR durant la période de mesure, la variabilité de ces deux grandeurs est plus importante comparativement aux relevés de la station, on note que la Tair et la TMR connaissent une croissance depuis le matin jusqu'à l'après-midi pour atteindre des pics maximaux varia entre 43°C pour la Tair et 53°C pour la TMR. Entre 16h00 et 20h00 : on note une légère diminution de ces deux grandeurs, les valeurs continuent à

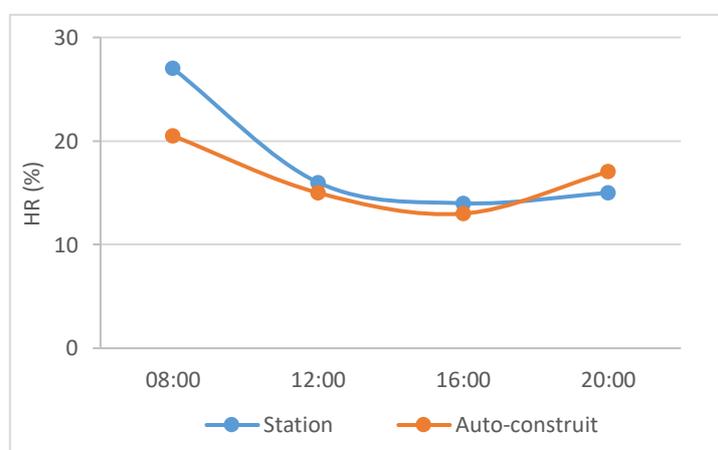
décroître pour atteindre des pics minimaux d'ordre de 40,90 °C pour la Tair et 38,62 °C pour la TMR, la Tair d'air est supérieur de 0,90 °C par rapport à celle enregistrée dans la station.



Graphe (V.9) : Evolution de la Tair et la TMR pour les trois espaces étudiés pendant la période d'étude.

V.1.3.2 Evolution journalière de l'humidité relative

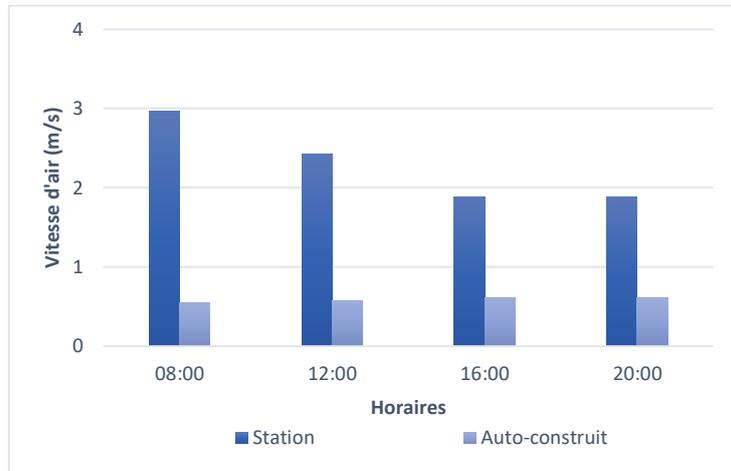
Le graphe (V.10) présente l'évolution journalière de l'humidité relative au cours d'une journée représentative d'été, l'humidité relative dans ce tissu connaît une décroissance durant la période de la mesure, elle atteint un maximum de 20,51% le matin et un minimum de 13% à 16h00. On note aussi que les valeurs de l'humidité sont moins importantes par rapport à celles mesurées dans la station, un écart maximal de 7,50% a été enregistré le matin à (8h00) alors que l'écart minimal de l'ordre de 1 % a été noté durant la canicule à (16h00).



Graphe (V.10) : Evolution journalière de l'humidité relative au cours de la période d'étude.

V.1.3.3 Evolution journalière de la vitesse d'air

D'après le graphe ci-dessous on remarque que les valeurs de la vitesse d'air varient entre 0,51m/s et 0,61 m /s, au cours de la période de mesure on note que la variabilité de la vitesse d'air dans ce tissu reste toujours inférieure de celle de la station, avec un écart maximal de 2,42 (m/s) enregistré le matin, et un écart minimal de 1,33 (m /s) enregistré l'après-midi.



Graphe (V.11) : Evolution journalière des valeurs moyennes de la vitesse d'air au cours de la période d'étude.

V.1.4 Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié

V.1.4.1 Température d'air et Température moyenne radiante

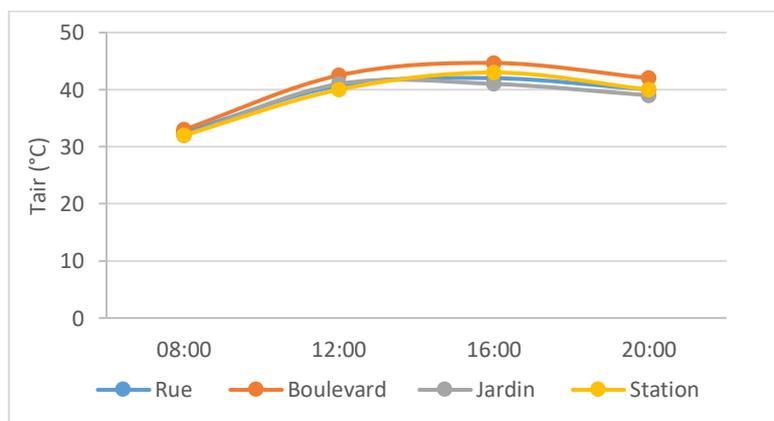
Le graphe (V.12) et (V.13) montrant l'évolution des températures d'air et des températures moyenne radiantes dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours d'une journée représentative d'été. La lecture des graphes illustre les remarques suivantes :

Durant le matin à (8h00) : les valeurs de la Tair et la TMR pour tous les espaces étudiés sont supérieures comparativement à celles enregistrées dans la station, les valeurs maximales de la température d'air et la TMR ont été enregistrées dans le boulevard, elles sont respectivement d'ordre de 33°C pour la Tair et 35°C pour la TMR. Cependant, les valeurs de la Tair et la TMR dans la rue et le jardin sont moins importantes par rapport à celle enregistrée dans le boulevard. Elles sont d'ordre 32°C dans la rue et 32,5°C dans le jardin. A midi (12h00) : des valeurs maximales de la Tair et la TMR sont notées dans le boulevard, ces valeurs sont respectivement supérieures de 2,50 °C et 13 °C par rapport à la station. Ce phénomène peut être expliqué par

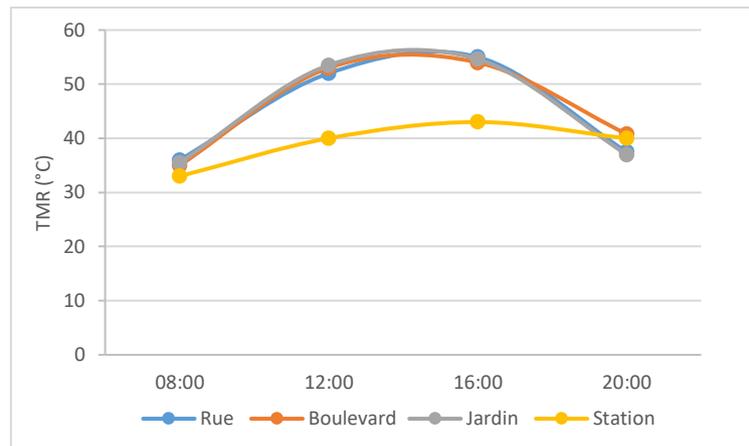
le réchauffement de l'asphalte qui couvre le sol d'une part (avec un faible albédo de 0.045) et la forte concentration des activités anthropiques (trafic routier, climatisation d'air...) d'autre part engendrant l'évacuation d'une quantité d'énergie considérable issue de combustibles divers (Boucheriba F, 2012). Par contre, le fort rapport (H/L) de la rue orientée (Nord-Sud), et la couverture végétale du jardin contribue à la création d'un effet d'ombre assez important et diminue les valeurs de la Tair en comparaison avec le boulevard, la Tair est d'ordre de 40,7°C dans la rue, alors que le jardin enregistre une valeur de 41°C, ces valeurs sont supérieures de 0,7°C et 1°C par rapport à celle de la station.

Durant l'après-midi : la Tair et la TMR ont connu une augmentation considérable dans le boulevard, à cause de l'augmentation de la température surfacique des surfaces exposées au soleil. Tandis que les valeurs les moins élevées sont enregistrées au niveau de la rue et le jardin, en effet, la rue orientée (N-S) a l'avantage de rester fraîche lors de fortes températures diurnes (notamment à 16h00), en plus les arbres dans le jardin font obstacle au rayonnement solaire durant cette période et apportent des zones ombragées au niveau du sol.

Après le coucher du soleil (à 20 H00) : les valeurs de la Tair et la TMR sont moins importantes dans la rue comparativement aux celles relevées dans le boulevard, cette remarque est due principalement à la faible durée d'exposition aux rayonnements solaires dans l'orientation Nord-Sud (rue) que dans l'orientation Est-Ouest (Boulevard). En outre, on peut constater à ce moment une légère fraîcheur produite à l'intérieur du jardin, avec une valeur de Tair de 39°C, ce phénomène défini par la différence entre la température de l'air externe (rue, boulevard) et interne du jardin, ce qui concorde avec les travaux de recherche de (Givoni, 1991 ; Oke, 1988), qui confirment que l'intensité du phénomène d'îlot de fraîcheur augmente avec l'ampleur de l'irrigation et la présence des arbres (Oke1998).



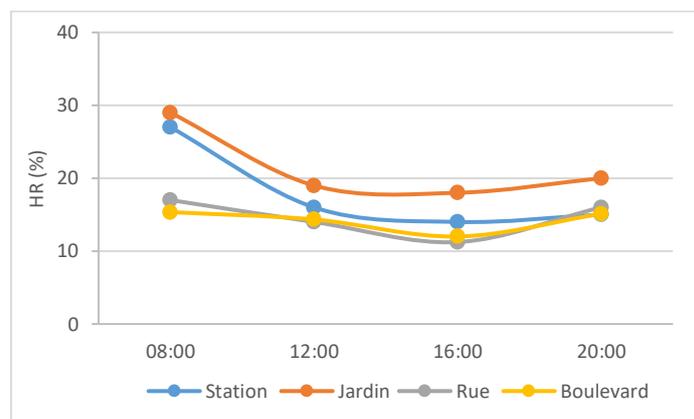
Graphique (V.12) : Evolution de la Tair dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.



Graphe (V.13) : Evolution de la TMR dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.1.4.2 L'humidité relative

D'après la lecture de graphe ci-dessus, on observe que le taux d'humidité diminue selon l'augmentation de la Tair, au moment du maximum d'énergie solaire de 12:00h à 16 :00h, nous avons constaté une chute du taux d'humidité dans tous les espaces investigués. On peut en outre constater que les données enregistrées dans la rue et le boulevard sont plus faibles que celles de la station météo, à cause d'une part au manque de la végétation et à la grande exposition au rayonnement solaire direct d'autre part. En revanche, le jardin avait présenté une augmentation des valeurs d'humidité relative par rapport aux autres stations , notamment pendant la période entre (12H00 et 20H00), cette augmentation se fait avec la présence du vent qui permet de faciliter le processus d'évapotranspiration à l'intérieur du jardin, ce qui concorde avec l'étude du FAO (Voir figure V.1) qui démontre à quel point le vent intervient dans l'accélération de l'évapotranspiration dans une région aride (Boudjellal, 2009).



Graphe (V.14) : Evolution de l'humidité relative dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

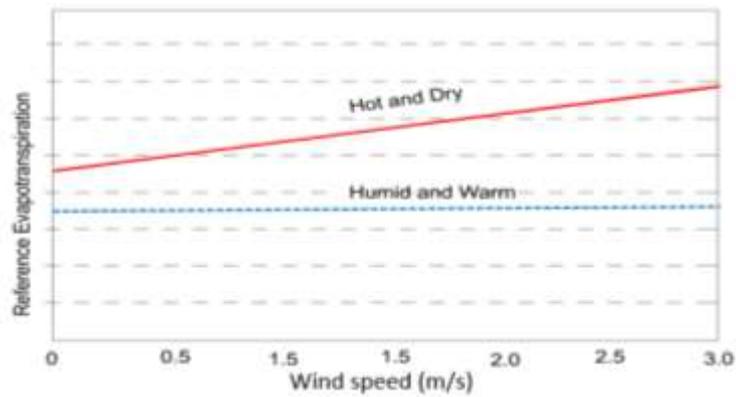
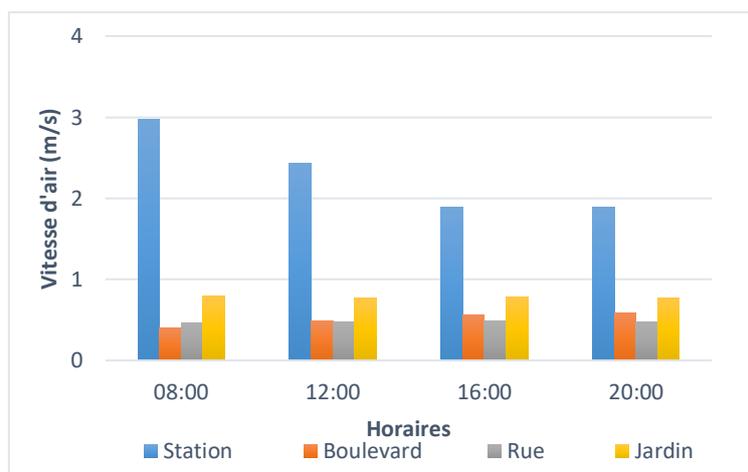


Figure V.1 : l’effet de la vitesse de vent sur l’évapotranspiration dans climat chaud –sec et chaud-humide. **Source** : (Boudjellal, 2009)

V.1.4.3 Vitesse d’air

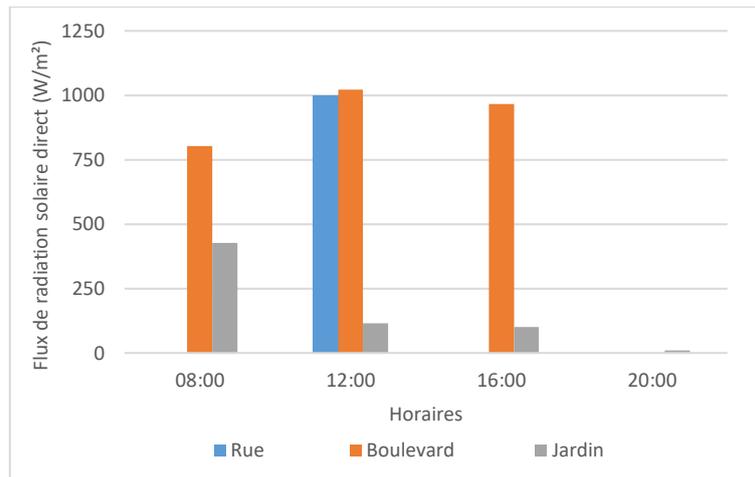
Le graphe (V.15) présente l’évolution de la vitesse d’air dans les trois espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo, il s’avère que la vitesse du vent et les turbulences sont moins importantes dans les trois espaces étudiés par rapport à la station, les valeurs maximales sont enregistrées dans le jardin, qui atteint une apogée de 0,79 m/s à 8h00 dans le jardin , cela est dû évidemment à la géométrie ouverte et le moindre obstacle rencontré dans la trajectoire du vent. Tandis que, la rue orientée (Nord-Sud) affiche les plus faibles vitesses, cela est peut-être dû à sa localisation entre deux lignes de bâtiments ayant des profils variés, cette disposition spatiale a créé un espace relativement protégé et peu venté (Bouketta.S et al, 2012).



Graphe (V.15) : Evolution de la vitesse d’air dans chaque espace étudié pendant la période d’étude.

V.1.4.4 Rayonnement solaire direct

La lecture de graphe ci-dessus montre que le boulevard orienté (E-O) est exposé fortement aux rayonnements solaires directs pendant la période de mesure comparativement aux autres stations, cette exposition engendre un stockage consistant de la chaleur pendant la journée qui contribue fortement à créer la surchauffe de l'air notamment pendant la période entre (12h00, 20h00) . Tandis que l'orientation (N-S) de la rue fait que le soleil n'est dans l'axe de rue qu'au milieu de la journée, elle est totalement ombragée mis en part à midi ou le flux de radiation solaire atteint une valeur considérable de 997,90 (w /m²).



Graphe (V.16) : Evolution de flux d'énergie solaire direct reçu par les surfaces urbaines dans les trois espaces étudiés pendant la période d'étude.

V.1.5 Troisième échantillon : Quartier 300 logements (ZHUNS)

V.1.5.1 Evolution journalière de la température d'air et la température moyenne radiante

Le graphe (V.17) montre que pendant toute la période de mesure les températures enregistrées au sein du quartier sont bien plus élevées que celles de la station météorologique, la lecture de graphe fait ressortir les remarques suivantes :

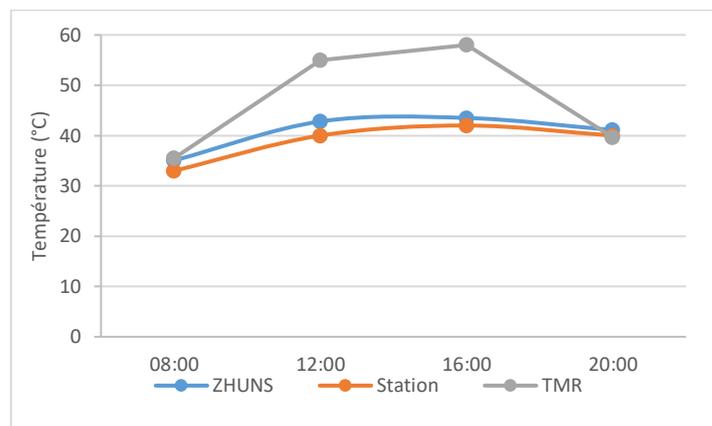
Au début de la journée : la TMR se rapproche de la Tair du quartier, les deux valeurs de la Tair et la TMR sont plus important que celle relevée dans la station.

A midi : le réchauffement climatique du quartier commence par le début des gains thermique, la différence s'accroît et atteint 1°C pour la Tair et 15 °C pour la TMR. Ce constat est expliqué par la configuration fragmentée du quartier, qui engendre un manque d'ombrage

et d'un grand inconvénient étant donné qu'elle contribue fortement à l'augmentation des gains de chaleur radiante, ce qui influe directement la TMR et la Tair.

Après-midi : le quartier enregistre ses extrêmes de 43 °C pour la Tair et 56 °C pour la TMR, cela peut être justifié par l'importante durée d'insolation des surfaces urbaines, ce qui affecte négativement la TMR et par la suite la Tair.

Après le coucher du soleil : on remarque une légère diminution de la Tair et la TMR, avec un écart de 1,5 °C pour la Tair.

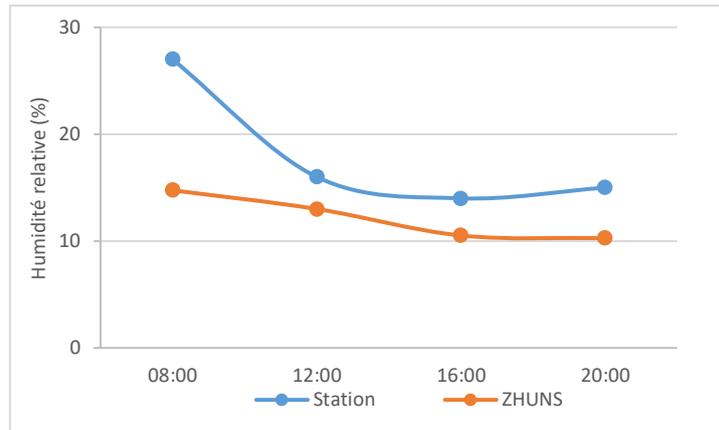


Graphe (V.17) : Evolution de la Tair et la TMR dans le quartier 300 logts aux valeurs relevées dans la station.

V.1.5.2 Evolution journalière de l'humidité relative

D'après le graphe (VII.18) on remarque que les valeurs de l'HR sont plus faibles que celles de la station météo, la valeur maximale a été enregistrée dans le matin avec un taux de 14,75% et un écart maximal de 13%.

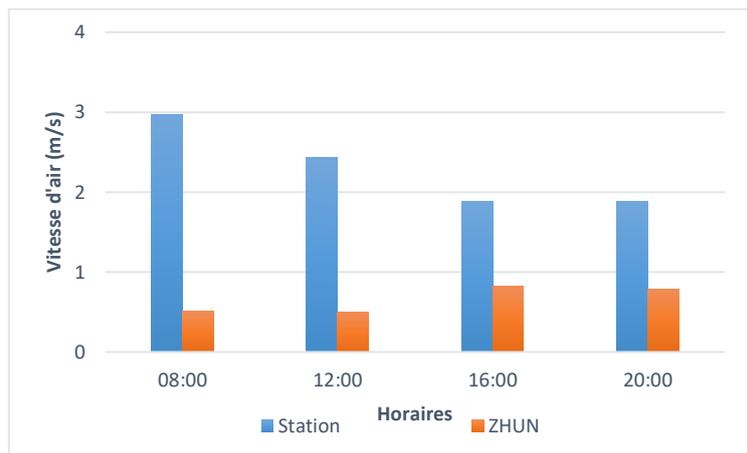
A midi ; la valeur de l'HR continue à diminuer pour atteindre un taux de 13.09% avec un écart minimal d'ordre de 3%. Pour la période entre 16h00 et 20h00, les valeurs de l'HR restent moins importantes qu'à la station, avec une différence variée entre 5,50% et 4%. Les résultats prouvent que l'altération de l'humidité relative durant la période de mesure est causée d'une part au manque total de la végétation dans les terrains d'investigation , d'autre part à la géométrie ouverte du tissu urbain, en effet, les faibles rapports (H/L) enregistrés dans les espaces étudiés notamment la place publique, ont un effet négatif sur le captage solaire des surfaces et par conséquent sur la Tair qui inversement varie avec l'humidité relative.



Graphe (V.18) : Evolution de l’humidité relative dans le quartier aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d’étude.

V.1.5.3 Evolution journalière de la vitesse d’air

D’après le graphe (V.19), on note des vitesses stables pendant la période de mesure, malgré que le quartier des 300 logs présente une géométrie ouverte attachée à la faible densité du cadre bât, les vitesses du vent enregistrées restent toujours plus réduites comparativement à celles récoltées à la station météorologique, les vitesses ont une limite maximale de 0,82 m/s à 16h00, l’autre minimale de 0.49 m/s à 12h00, avec un écart presque stable au cours de la journée varié entre 1,07 (m/s) et 2,46 (m/s).



Graphe (V.19) : Evolution de la vitesse d’air dans quartier par rapport aux valeurs relevées dans la station météo

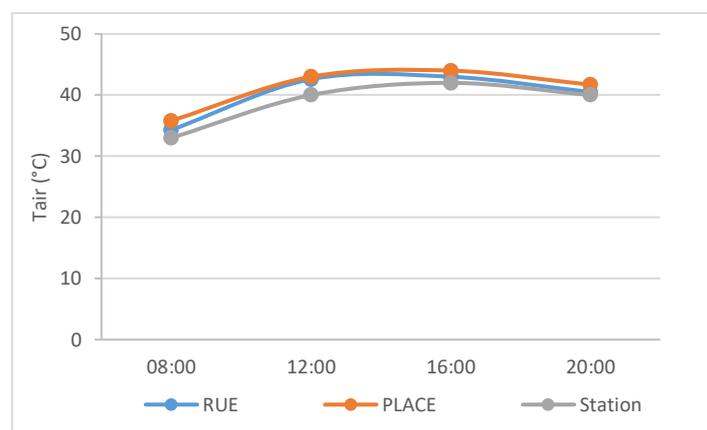
V.1.6 Comparaison des variations microclimatiques journalières pour chaque espace étudié

V.1.6.1 Température d'air et Température moyenne radiante

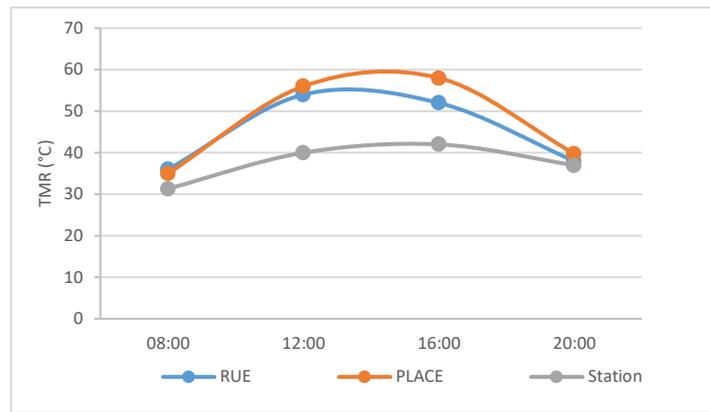
D'après les graphes (V.20) et (V.21), on remarque que les deux espaces étudiés présentent souvent les valeurs les plus importantes de la Tair et la TMR comparativement à la station. Généralement la rue est légèrement moins chaude que la place publique, ceci est dû au fait que le ratio de la hauteur des blocs sur la largeur de la rue est plus élevé et par conséquent il se produit un effet d'ombre plus important en comparaison avec la place publique. La lecture des graphes (V.20) et (V.21) fait paraître les remarques suivantes :

Au début de la journée (8h00) : les valeurs de la TMR et la Tair dans les deux espaces étudiés se rapprochent, avec des pics inférieurs de la TMR d'ordre de 35 °C pour la place publique et 36,78 °C pour la rue, ces valeurs amorcent ses croissances, jusqu'à l'après-midi atteignant des valeurs maximales de 56 °C pour la place publique et 54°C pour la rue. Concernant la Tair, elle connaît une croissance continue depuis le matin jusqu'à l'après midi, où elle peut atteindre une maximale d'ordre de 43,67°C dans la place publique et 43°C au niveau de la rue.

Après le coucher du soleil : les valeurs de la Tair et TMR se rapproche dans les deux espaces étudiés avec un écart de 1°C pour la Tair dans la place publique et 0,5°C pour la rue.



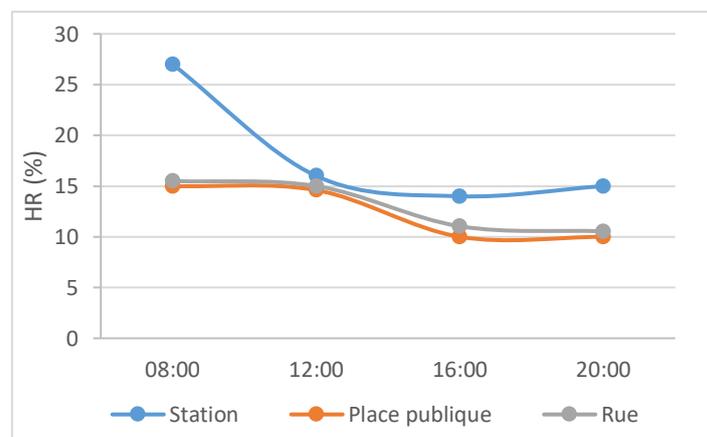
Graphique (V.20) : Evolution de la Tair dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.



Graphe (V.21) : Evolution de la TMR dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.1.6.2 L'humidité relative

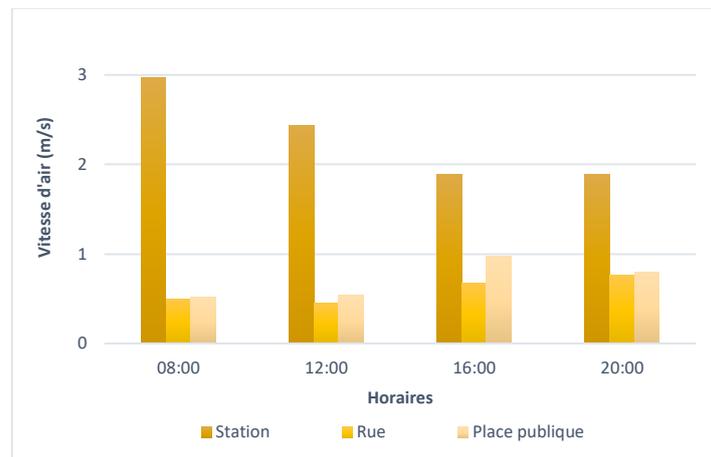
Le graphe ci-dessus montre que les valeurs de l'HR enregistrées dans les espaces étudiés se confondent durant la période de la mesure, elles sont moins importantes que celles retenus de la station, un écart maximal a été enregistré le matin, alors que l'écart minimal enregistré à midi. La diminution de l'humidité relative est due considérablement au manque flagrant de la végétation ou d'autres sources de rafraîchissement dans les deux terrains d'investigation. la lecture de graphe montre aussi une légère croissance de l'HR entre 8h00 et 12h00, un chut a été noté entre 12h00 et 20h00, la valeur maximale au cours de la période de mesure, est de 15,5% acquise dans la rue à 8h00, alors que la valeur minimale est de 10,98% obtenue dans la place publique à 20h00, il apparait nettement que la rue orienté (NE-SO) est légèrement fraîche que la place publique , ce constat peut s'exprimer par la géométrie de la rue qui permet de créer un effet d'ombre pendant la journée notamment le matin , et par la suite adoucit la Tair et augmente le taux de l'humidité dans l'air ambiant.



Graphe (V.22) : Evolution de l'humidité relative dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.1.6.3 Vitesse d'air

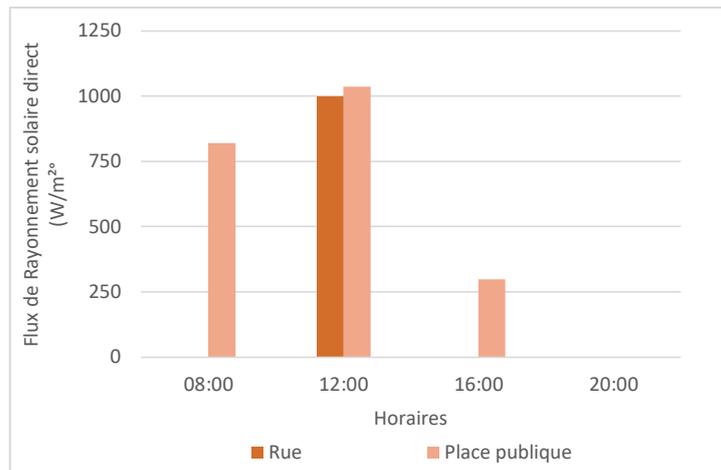
La lecture de graphe (V.23) montre que les vitesses de l'air dans tous les espaces étudiés sont trop faibles et se rapprochent notamment le matin et après le coucher du soleil, l'écart type des valeurs avec celles de la station est important le matin, il varie entre 2,2 (m/s) pour la place publique et 2,6 (m/s) pour la rue, la vitesse maximale a été enregistrée dans la place publique à 16h00 avec 0,98 (m/s), alors que la minimale vitesse a été notée dans la rue orientée (NE-SW) à midi, il est notoire que la place publique, au vu de sa géométrie ouverte attachée à la faible densité du cadre bâti et bien ventilée que la rue, elle capte le maximum des vents dominants provenant de la direction (S-E). En revanche, la rue qui est orientée perpendiculairement par rapport au mouvement d'air affiche les plus faibles vitesses pendant la période de la mesure.



Graphe (V.23) : Evolution de la vitesse d'air dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.1.6.4 Rayonnement solaire direct

D'après le graphe ci-dessus, il est clairement apparu que la place publique qui présente un très faible rapport (H/L) est largement exposée au rayonnement solaire durant la période de mesure, le flux de rayonnement solaire enregistre son pic inférieur à 16h00 pour la place publique, alors que le pic supérieur pour les deux espaces est noté à 12h00. En revanche, la rue caractérisée par un fort rapport (H/L), est totalement ombragée durant toute la période de mesure mis à part à midi. En effet durant cette période de la journée le rayonnement solaire pénétrant profondément les deux espaces étudiés, et atteignant des valeurs maximales, ce qui affecte directement la TMR et la Tair des deux espaces. On peut conclure donc qu'un espace public avec un considérable rapport (H/L) s'avère plus avantageux en matière de captage solaire.



Graphe (V.24) : Evolution du rayonnement solaire direct dans les deux espaces étudiés aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

V.2 Comparaison entre les résultats obtenus dans les différents tissus urbains

V.2.1 Comparaison entre les valeurs de la température d'air

le graphe (V.25) nous montre le profil journalier de la Tair dans les trois tissus, selon la courbe de ce graphe , on constate deux périodes distinctes en corrélation directe avec l'énergie solaire directe, la première est entre 8h00 et 16h00 pendant laquelle, la Tair connaît une croissance continue, la deuxième s'étale entre 16h00 et 20h00, on constate l'inverse, la Tair commence à diminuer. La lecture de graphe fait apparaître les notes suivantes :

A 8h00 du matin : l'ancien noyau a un écart faible de $-2,50^{\circ}\text{C}$, dans ce tissu , la plus forte densité urbaine et végétale permis de créer des zones d'ombre plus importantes et protégé les surfaces urbaines contre les rayons solaires, réduisant ainsi le réchauffement de l'air par l'effet d'évapotranspiration. En ce moment de la journée, le plus important écart de 3°C a été noté dans le quartier 300 logts, le réchauffement est plus important dans ce quartier, la faible densité de ce dernier engendre une forte exposition au rayonnement solaire direct et diffus. Il est peu probable aussi que certains facteurs tels que la chaleur émise par les véhicules et le système de climatisation interne des bâtiments ont un impact significatif sur l'écart enregistrée dans l'échantillon du tissu Auto-construit ($0,5^{\circ}\text{C}$) .

A midi : Bien que, la température d'air augmenté, les écarts sont : 1°C pour le l'échantillon du tissu Auto construit, $2,02^{\circ}\text{C}$ pour le quartier 300 logts et $0,9^{\circ}\text{C}$ pour l'échantillon situé à

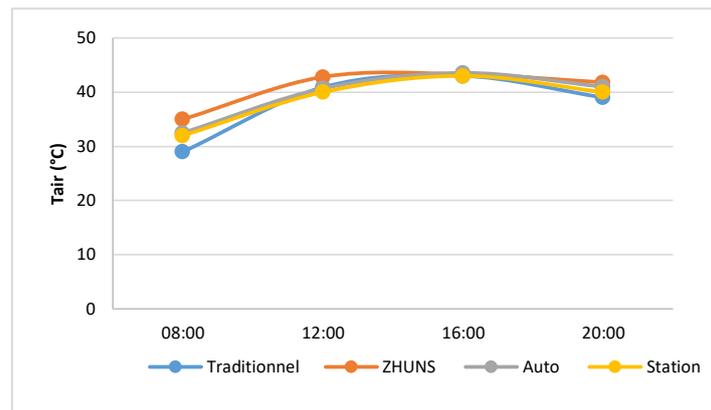
l'Ancien noyau. En ce moment critiqué de la journée, si l'on compare le quartier de 300 logts au quartier traditionnel, on trouve que l'écart entre les deux atteint les $1,9^{\circ}\text{C}$, l'effet de la densité urbaine et la densité végétale sont prouvés, l'augmentation de l'emprise au sol en combinaison avec l'effet d'évapotranspiration dans le tissu traditionnel ont un impact direct sur le niveau de réchauffement. Pour le tissu Auto-construit, l'orientation nord /sud, des espaces situés dans le tissu Auto-construit fait que le soleil n'est dans l'axe des espaces qu'au milieu de la journée (à 12H00), donc les espaces sont pleinement exposées au rayonnement direct, augmentant le réchauffement de l'air avec un écart important .

A 16h00 : les trois grandeurs se rapprochent, avec des écarts de : $-0,4^{\circ}\text{C}$ pour la Tair dans l'ancien noyau, et $0,5^{\circ}\text{C}$, $0,3^{\circ}\text{C}$ le tissu Auto-construit et le quartier 300 logts, à cette période apparaît l'effet d'ombre dans tous les espaces, mais surtout là où la densité de bâti et végétale sont fortes. Au quartier traditionnel, où l'écart est le plus faible, dû à l'effet de la forme urbaine combinée à l'influence de l'évapotranspiration et la nature de la masse physique justifie la faible valeur de température. En revanche, dans l'échantillon du tissu Auto-construit ainsi que le quartier de 300 logts, où les écarts sont importants, l'ombre projeté par les bâtiments ne constitue qu'à peu près la moitié seulement des espaces publics notamment dans : le boulevard, jardin, place publique et la rue entre deux blocs ; ce qui laisse place à des vastes surfaces exposées au rayonnement direct.

A 20h00 : la Tair enregistrée dans l'ancien noyau est inférieure par rapport à celle de la station avec un écart minimal de -1°C , certains autres écarts baissent aussi comme celui des 300 logts où l'écart est $1,80^{\circ}\text{C}$. Pour le tissu traditionnel, sa géométrie compacte réduit les pertes radiatives infrarouges, aussi la nature de sa masse physique, caractérisée par une forte inertie thermique, freine la dissipation calorifique, prolongeant la durant la nuit, ce qui prouve la faible température d'air, qui est d'ordre à 39°C inférieure à celle relevée dans la station météorologique. Pour le tissu Auto-construit, les faibles rapports (H/L) de ses espaces, augmentent le facteur de vue du ciel, augmentant ainsi la dissipation de la chaleur stockée, ce qui explique la plus forte valeur de température qui est d'ordre à 41°C .

les deux valeurs de température d'air relevée par la station et celle relevée dans le quartier 300logts se rapprochent, avec un écarte de : $0,8^{\circ}\text{C}$ pour la Tair, l'aération relativement plus importante dans ce quartier augmente l'ouverture au ciel et donc la dissipation de la chaleur stockée, ce dernier est non seulement soumis à un plus fort rayonnement solaire direct pendant le temps ensoleillée mais aussi à une plus forte perte de rayonnement de grandes longueurs

d'ondes vers la voute céleste, ceci explique le fait que le quartier 300 logts chauffe plus pendant le jour et se refroidis plus après le coucher du soleil.



Graphique (V.25) : Evolution de la Tair dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

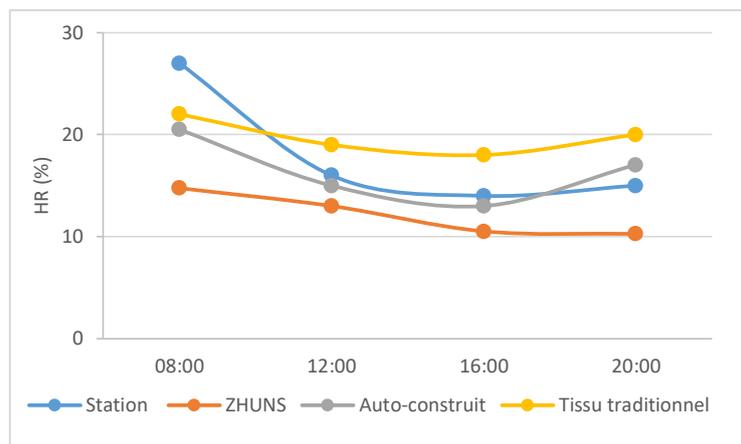
V.2.2 Comparaison entre les valeurs de l'humidité relative

La lecture de graphe ci-dessus montre la variation de l'humidité relative dans les trois tissus, en général, nous observons que les valeurs de l'HR dans le tissu traditionnel sont plus importantes en comparaison avec les autres tissus. Par contre, les deux tissus (Auto construit et ZHUN) présentent des valeurs proches et inférieures à celles de l'officielle. Par la comparaison de l'évolution de l'HR des trois tissus avec celle de la station, on peut distinguer les écarts suivants :

Durant le matin : la station météo relève un maximum de 27%, cette valeur est supérieure de 5 % par rapport à celle notée dans l'ancien noyau, et 13% par rapport à la valeur mesurée dans les ZHUNS , ensuite les valeurs dans les trois tissus diminuent progressivement sous l'effet de l'ensoleillement, et atteignent des taux minimaux l'après-midi, ces valeurs varient entre 10,52% enregistrée dans les ZHUNS .

Durant la période entre 16h00 et 20h00 : on note une valeur maximale de 20,88 % dans l'ancien noyau et une autre minimal de 10,27% dans les ZHUNS . En effet l'évolution de l'humidité relative est en relation étroite avec les variations de la température de l'air. On remarque donc que pour les échantillons où les températures de l'air sont les plus faibles, l'humidité relative est plus importante que dans les autres échantillons. C'est ce qu'on déduit en comparant Tissu traditionnel, Auto-construit et 300 logts. Et comme nous l'avons vu à travers l'analyse des écarts des températures, la densité urbaine a une influence sur l'évolution

de ces derniers, ce qui implique que l'humidité relative en milieu urbain est aussi en relation avec la densité urbaine (Hamel, 2006). Dans les quartiers où les espaces verts représentent une part importante, on note des valeurs élevées par rapport aux autres quartiers, ceci est le cas pour le tissu traditionnel. On peut déduire alors, que l'ancien noyau de Sidi Okba présente un climat plus frais avec un taux d'HR légèrement supérieur en comparaison avec les autres tissus, ce résultat est interprété d'une part par l'effet d'ombre important engendré par le cadre physique du tissu traditionnel et d'autre part par l'effet bioclimatique de l'oasis. En revanche, le réchauffement dû au degré exhaustif d'ensoleillement des deux autres tissus (Auto construit et ZHUN) contribue à augmenter leur T_{air} et à diminuer notablement leurs taux d'humidités relatives.

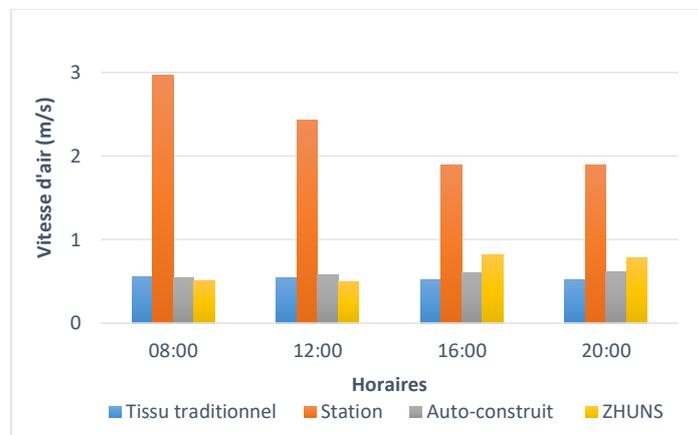


Graphe (V.26) : Evolution de l'humidité relative dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude .

V.2.3 Comparaison entre les valeurs de la vitesse d'air

Le graphe (V.27) montre l'évolution de la vitesse d'air pendant la journée d'été dans les différents tissus étudiés, la direction du vent est très variée en fonction du régime des vents locaux ou l'orientation des espaces étudiés, Il est nettement apparait que les vitesses du vent sont moins importantes dans le tissu traditionnel et l'Auto construit, alors que des valeurs maximales ont été relevées dans les ZHUN, d'après la comparaison des résultats obtenus dans les trois tissus avec les relevés de la station, il apparait un écart minimal de 1,82 (m/s) pour les ZHUN et l'autre maximal de 2.43 (m/s) pour le tissu traditionnel et l'auto construit, les deux écarts ont été enregistrés le matin à 8h00. Les faibles vitesses d'air relevées sont relatives à la baisse de pénétrations des vents au sein des tissus (traditionnel et auto construit), ce qui explique le rôle défensif de la masse physique en corrélation avec l'intervention de la palmeraie. En

revanche, la vitesse considérable enregistrée dans le quartier 300 logs pendant la période de mesure est due aux effets des brises thermiques qui consistent en un déplacement des masses d'air de la zone fraîche de haute pression (zone ombragée), vers la zone chaude de basse pression (zone ensoleillée), ce phénomène est nettement perceptible le matin et l'après-midi sur les terrains d'investigations des ZHUN.



Graphe (V.27) : Evolution de la vitesse d'air dans les trois tissus aux valeurs relevées dans la station météo au cours de la période d'étude.

Conclusion

Les résultats de l'étude climatique de trois tissus montrent que la ville de Sidi Okba reste plus chaude que son environnement non urbanisé (station météo). Pour la Température d'air, les valeurs moyennes indiquent des différences vis-à-vis à la station météo atteignant 2 °C pour le quartier de 300 logs (ZHUNS), 1,4 °C pour le tissu Auto construit et 0,61 °C pour l'ancien noyau. On identifie donc un effet dit effet thermique urbain, se manifestant en une différence entre la Tair observée dans la ville et la valeur relevée dans la station météorologique (Hamel, 2005). L'intensité de l'effet thermique urbaine varie d'un tissu à l'autre selon la variation des paramètres morphologiques tels que (la densité du bâti, la densité végétale, le rapport H/L), ces derniers jouent un rôle important et affectent d'une façon considérable le climat urbain, le degré de densité de cadre bâti et la végétation influant énormément les paramètres climatiques (Tair, TMR, HR et Vair). Le constat légué par l'analyse comparative des résultats fait paraître une augmentation des températures moyennes journalières de l'air et radiantes qui va de pair avec la diminution de la densité du cadre bâti et la densité végétale, pour les températures moyennes journalières de l'air et radiante, les écarts les plus faibles est celui du 1^{er} échantillon (Tissu traditionnel) dont la densité de cadre bâti et la densité végétale sont considérable, suivi du 2^{ème} échantillon (Auto-construit) qui présente respectivement une densité de bâtie de 41,90

% et une densité végétale de 5,62%. Ensuite le 3^{ème} échantillon (ZHUNS) avec une densité de bâtie de 35,54 % et une densité végétale de 2,60%.

Concernant l'humidité relative, les valeurs les plus importantes sont enregistrées dans le quartier traditionnel avec une valeur maximale pendant le matin à (8H00), et une différence de 2% par rapport à la 2^{ème} échantillon et de 7,15% en comparaison avec le quartier 300 logts. Les valeurs moyennes sont généralement inférieures aux valeurs de la station dans la 2^{ème} et 3^{ème} échantillons, mais davantage dans le 1^{ème} échantillon. Il est bien clair que le premier échantillon constitue le cas le plus favorable en apport d'humidité.

Pour la vitesse d'air dans le tissu traditionnel, où l'effet de la densité est associé à celui de la palmeraie, la vitesse de l'air est faible. Ce dernier présente les réductions les plus importantes en comparaison avec les relevées de la station météorologique. En revanche, la circulation d'air dû à l'effet des brises thermiques qui consiste en un déplacement des masses d'air de la haute pression (zone fraîche) , vers de basse pression (la zone chaude) , est perceptible dans le quartier de 300 logts.

A partir de ces conclusions, il s'avère qu'un tissu dense soumis à l'effet rafraîchissant de l'oasis avec une géométrie compacte ayant un fort rapport (H/L) comme celui de l'ancien noyau, est le plus avantageux du point de vue de contrôle microclimatique, car il offre plus d'ombre, et permet la pénétration de moins de radiations solaires ce qui diminue l'effet radiatif de l'ensemble de l'environnement et augmente le taux d'humidité relative .

CHAPITRE VI

Etude de confort thermique

Mon devoir à moi, ma recherche, c'est d'essayer de mettre cet homme d'aujourd'hui hors du malheur, hors de la catastrophe ; de le mettre dans le bonheur, dans la joie quotidienne, dans l'harmonie. Il s'agira tout particulièrement de rétablir ou d'établir l'harmonie entre l'homme et son milieu. Le Corbusier, 2004, p 96

CHAPITRE VI

Etude de confort thermique

Introduction

Le confort thermique extérieur prend un grand intérêt grâce à son effet significatif sur la qualité des ambiances extérieures, la santé publique et l'activité physique des occupants. Toutefois les pratiques des urbanistes ont recours à la satisfaction des besoins fonctionnel et esthétique sans que la dimension environnementale ne soit intégrée dans la conception des espaces urbains, cela a engendré des impacts très lourds sur l'environnement, le confort thermique est donc considéré comme un élément important déterminant de la qualité globale de l'espace public. Ce dernier ne peut être assuré que par la prise en considération des paramètres morphologiques à l'échelle du tissu urbain et à l'échelle de l'espace public. Dans ce chapitre nous nous intéressons à définir les limites supérieures et inférieures de la zone du confort thermique estivale pour la ville de Sidi Okba, par le biais de la simulation numérique à l'aide du logiciel ENVI-met 04. Un questionnaire a en lieu simultanément avec la campagne de mesures dans les différents espaces étudiés. Ce dernier s'est effectué auprès des occupants de la ville de Sidi Okba afin de déterminer leurs perceptions et préférences subjectifs et leurs degrés de satisfaction thermique face à leur environnement extérieur.

VI.1 Analyse et interprétation des résultats du questionnaire

VI.1.1 Informations générales personnelles

Le questionnaire a été soumis à 180 personnes, le profil sociodémographique des échantillons interrogés (Figure VI.1) montre un relatif équilibre entre hommes et femmes (avec néanmoins une certaine surreprésentation masculine), entre les différentes classes d'âge et les occupants des espaces. La lecture de profil fait apparaître que : la classe d'âge des 20 à 65 ans représente un peu plus de la moitié des réponses 51,11 %, les moins de 20 ans (entre 18 ans et 20 ans) représentent 48,89 % des réponses. Tous les participants n'ont aucune maladie cardiaque. Le pourcentage des hommes interrogé est supérieur à celui-ci des femmes,

il représente 59,50 % et 40,50 % du total interrogé, on constate une prédominance masculine, ce constate est durement ressenti dans l'ancien noyau de Sidi Okba.

On peut en outre distinguer deux groupes de populations interrogées, ceux considérés comme des habitants dans les espaces étudiés, et ceux considérés comme des usagers (travailleurs ou autres), environ 61,13 % des gens interrogés sont des habitants dans les espaces analysés, alors que 38,87% sont des usagers, ce pourcentage est durement concentré dans le tissu Auto-construit. En effet, la partie Auto-construite est considérée comme le centre-ville de Sidi Okba, les activités commerciales se concentrent de manière flagrante, notamment dans la rue et le boulevard, par conséquent, ces espaces sont largement occupés par des usagers qui ne sont pas ceux qui étaient arrêtés par le plan-masse. En revanche, l'habitat est la fonction quasi prédominante dans l'ensemble du quartier de l'ancien noyau et les ZHUNS, les espaces publics situés dans ces deux tissus sont caractérisés par la prédominance des bâtiments à caractère résidentiel, il apparaît donc qu'ils sont largement occupés par les habitants.

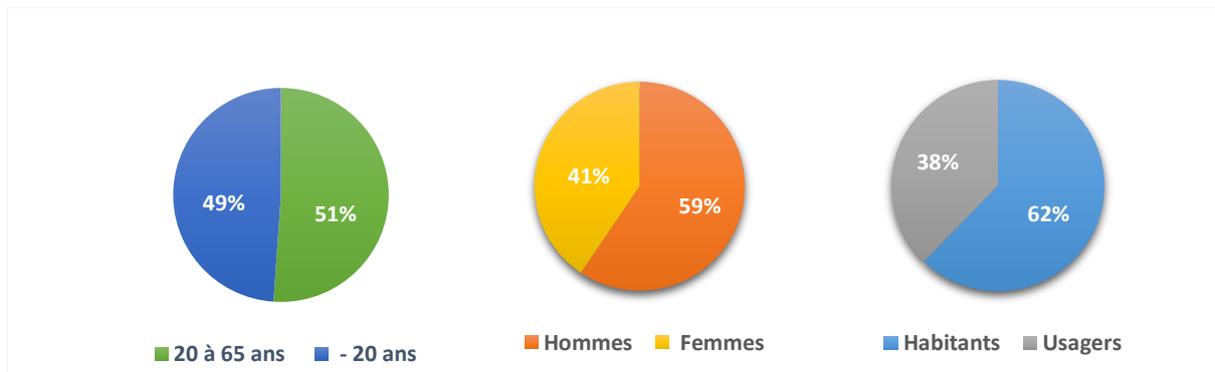


Figure VI.1 : Profil sociodémographique des échantillons interrogés dans tous les espaces étudiés

Source : Auteur, 2017

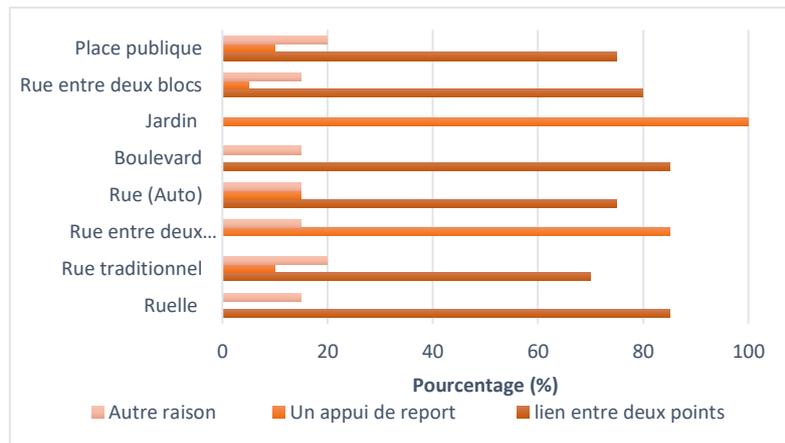
VI.1.2 Usage et niveau de fréquentation des espaces étudiés

Un espace public ne se définit pas seulement par sa configuration urbaine, mais aussi par les usages qu'il permet et la manière dont il est fréquenté. Il semble nécessaire d'examiner ces deux paramètres pour pouvoir comprendre la sensation des usagers, leurs modes de fréquentation et d'activités. Les participants ont été amenés à choisir leurs usages de l'espace public. Il est possible de diviser les usagers en trois catégories : ceux qui utilisent l'espace pour des raisons utilitaires (lien entre deux points), ceux qui utilisent l'espace comme appui de report (se reposer, voire d'autres personnes, jouer...), et ceux qui utilisent l'espace pour d'autres raisons.

D'après la lecture de graphe (VI.1) , les résultats montrent que plus de la moitié des gens interrogés 58,62 % ont utilisés l'espace comme un réseau de liaison entre deux destinations, suivi par 28,12 % des personnes ayant exprimé leur envie d'utiliser l'espace public comme un lieu de loisir. Les réponses « Autres » sont estimées par 14,37 % du total interrogé.

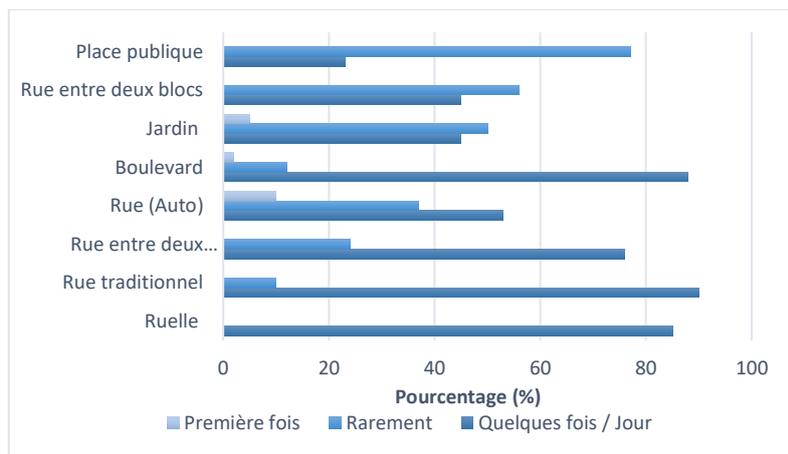
A partir de ces réponses on peut déduire que le principal usage des espaces publics à Sidi Okba est en général la liaison entre deux points, la lecture de graphe fait apparaître que la majorité des espaces étudiés n'apparaissent pas comme des espaces de loisirs, ils sont destinés seulement à la circulation piétonnière pour des raisons utilitaires, ce résultat est exprimé par le nombre et la diversité des commerces dans les zones résidentielles (boulevard, rues...), et qui permettent aux individus d'élargir leur territoire d'habitation. Néanmoins, on a pu observer que les activités de loisir sont durement concentrées dans les espaces soumis aux effets bénéfiques de la végétation telle que (la rue entre deux jardins, jardin), malgré le manque total ou les modestes mobiliers urbains existant dans ces deux espaces, et qui ne couvrent pas tous les besoins des citoyens, ils sont restés plus fréquentés pour des raisons de loisir, dû à la présence de la végétation, qui joue parfaitement le rôle d'une couverture naturelle contre les rayons solaires . Par contre, dans la place publique du quartier 300 logts (ZHUN), 75% des gens ont utilisés cet espace comme un lieu de liaison, alors que 10 % l'utilisent comme appui de report, il est nettement apparu que cet espace a perdu une partie de sa dimension publique d'échanges et de rencontres, à cause de l'absence de la végétation ou autres source de rafraîchissement d'air. En effet, les gens sahariens cherchent toujours à s'abriter contre les rayons solaires, et ont tendance à visiter les endroits partiellement ou totalement ombragés.

Regardant le niveau de fréquentation, d'après la lecture de graphe (VI.2), 63,12% fréquentaient régulièrement les espaces analysés (une fois par jour), désormais 33,25 % des habitants fréquentent rarement ces espaces, alors que 3.63 % des gens ne fréquentaient jamais ces espaces, la fréquentation des espaces publics analysés se combine avec des pratiques du type fonctionnel (D'achat, prendre le bus...etc.). Le fort taux de fréquentation régulière (quelques fois par jour) est nettement apparent dans les rues (entre 50% et 85 %) et le boulevard (87%), ces résultats est du probablement à la diversité fonctionnelle et la proximité des destinations dans ces espaces, tandis que, la place publique qui se constitue comme un vide mal approprié par l'ensemble des usagers, enregistre un taux de fréquentation régulier plus faible (22%) en comparaison avec les autres espaces étudiés.



Graphique (VI.1) : la variation d'usage dans les différents espaces analysés dans la ville de Sidi Okba

Source : Auteur, 2017



Graphique (VI.2) : le degré de fréquentation des différents espaces analysés

Source : Auteur, 2017

VI.1. 3 Les échelles de confort thermique déduit par les votes

Afin de ressortir les sensations subjectifs des gens, la deuxième partie du questionnaire s'intéresse à évaluer les ambiances thermiques à l'aide des jugements subjectifs, les sujets ont été invités à signaler leur sensation thermique selon une échelle de 9 points : (-4 très froid, -3 froids, -2 frais, -1 légèrement frais, 0 neutre, +1 légèrement tiède, +2 tièdes, +3 chaud, +4 très chaud). La détermination des réponses subjectives des sens dépend de la propre évaluation de la personne soumise à un environnement donné, cette appréciation est différente selon le facteur spatiotemporel et climatique, pour cette raison, la présente étude consiste à évaluer les sensations thermiques perçues par les gens dans les espaces publics extérieurs en différents moments de la journée.

VI.1.3.1 La variation du vote de sensation thermique (VST) en fonction du temps et de lieu

Afin d'étudier l'aspect du temps et du lieu et ses impacts sur la perception thermique des gens, il est nécessaire d'analyser le pourcentage de la sensation thermique perçue pour chaque moment de la journée dans les différents espaces étudiés, cette analyse vise à ressortir le moment et le lieu les plus favorables du point de vue de sensation thermique, à partir de la lecture des graphes (VI.3), (VI.4) et (VI.5) on peut déduire les résultats suivants :

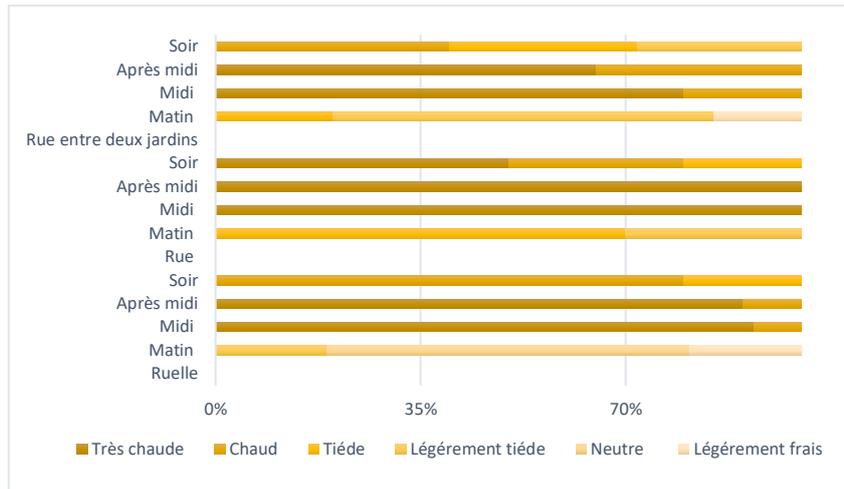
Durant le matin (entre 7h30min et 8h30min) : pour le tissu traditionnel (voir graphe VI.3), les sensations jugées par les personnes dans la ruelle varient entre légèrement fraîche (-1) et tiède (+2), un taux maximal de 62% a été enregistré pour la sensation Neutre (0). Dans la rue, les sensations thermiques varient entre (+1) et (+2), où la majorité des gens interrogés (70%) ont jugé tiède (+2) l'ambiance thermique. Les sensations relevées dans la rue entre deux jardins varient entre (+1) et (+2), il révèle un taux maximal d'ordre de 65% pour la sensation légèrement tiède (+1), et un taux de 20% pour la sensation tiède. En ce moment de la journée, le vote de sensation thermique dans le tissu Auto-construit (voir graphe VI.4) : varié entre légèrement tiède (+1) et tiède (+4), la sensation légèrement tiède (+1) est la plus dominante dans la rue et le jardin, concernant le jardin, cela est probablement dû à l'effet bioclimatique des arbres, qui font obstacle au rayonnement solaire et apportent un milieu partiellement ombragé, ce qui influe positivement la sensation thermique des gens. Pour la rue orientée (N-S) elle est totalement ombragée pendant le matin ce qui explique le taux important (45%) de la sensation (+1). Tandis que, les sensations relevées dans le boulevard allant de tiède (+2) à chaude (+3). Cela est dû à la haute valeur de la température d'air enregistrée au sein de cet espace dû à la forte pénétration des rayonnements solaires directs pendant le matin. Pour le quartier 300 logts (voir graphe VI.5), les sensations relevées sont variées entre tiède (+2) et chaude (+3), pour la sensation tiède (+2), un taux d'ordre de (50%) a été enregistré dans la rue entre deux blocs qui ont été totalement ombragés à 8H00, pour le vote chaud (+3), un taux similaire de 50 % a été enregistré dans la rue et la place publique.

A midi et l'après-midi (entre 12h00 et 16h30min) : à ces moments de la journée, la majorité des espaces étudiés ont devenus torrides et totalement exposés au rayonnement solaire, l'amplification des flux solaires incidents engendre une augmentation des températures de l'air ambiant, par conséquent, les sensations thermiques des gens se stabilisent sur le seuil très chaud, la sensation très chaude est la plus dominante dans tous les espaces étudiés ce qui

démontre l'état du réchauffement pendant ces deux moments. En plus, il est peu probable que certains facteurs tels que la chaleur émise par le trafic routier ou les systèmes actifs de la climatisation d'air ont un effet négatif sur la perception thermique des personnes interrogées.

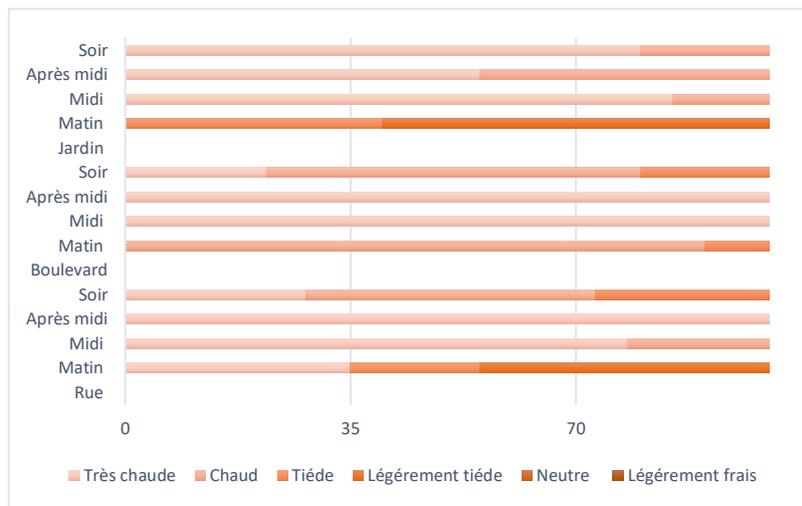
Durant le soir (entre 8h00 et 9h30min) : les sensations thermiques relevées dans les espaces étudiés varient entre tiède (+2) et très chaude (+4), à ce moment de la journée, tous les espaces sont soumis à une perte de rayonnement de grande longueur d'ondes vers la voute céleste, cette déperdition dépend essentiellement de la quantité de rayonnement solaire absorbée par les surfaces urbaines pendant le temps ensoleillé. Au sein des espaces situés dans le tissu traditionnel, les surfaces urbaines absorbent de faibles quantités de rayonnement solaire pendant la journée, dû à la nature de la masse physique du cadre bâti caractérisée par une inertie thermique plus importante, freine la dissipation calorifique, prolongeant la durant toute la nuit. Pour ces raisons, les sensations thermiques enregistrées dans ces espaces varient entre légèrement tiède (+1) et très chaude (+4), la sensation légèrement tiède a été enregistré dans la rue entre deux jardins, la sensation chaude et très chauds sont plus dominantes dans la rue et la ruelle. Concernant les espaces situés dans le tissu Auto construit, les sensations relevées sont variés entre tiède (+2) et très chaude (+4), des petits îlots de chaleur restent présents dans les endroits protégés du vent notamment la rue, ou' 28% des gens enquêtés ont considéré très chaude l'ambiance extérieure. Concernant le boulevard, la sensation dominante est très chaude (+4) avec un taux de 58%, cela est dû essentiellement à la chaleur émise par le trafic routier, des sensations varies entre (+2) et (+4) sont enregistrées dans le jardin. La sensation très chaude est la plus dominante dans le jardin. Pour les espaces de quartier 300 logts (voir graphe VI,8) , les sensations relevées sont variés entre très chaude (+ 4) et chaude (+3) , la sensation dominante dans la rue est très chaude, alors que celle dominante dans la place publique est chaude (+3) avec un taux de 60% , à ce moment de la journée, le quartier de 300 logts est soumis à une plus forte perte de rayonnement de grande longueur d'ondes vers la voute céleste, grâce à sa géométrie ouverte, ce qui explique les sensation chaude et tiède.

Les résultats ont montré que dans les trois tissus, le plus grand pourcentage a été enregistré pour la sensation très chaude (+4) avec un taux de 58.88 %, environ 0.93 % des gens interrogés ont jugé que les ambiances thermiques étaient neutres, 20.69 % des gens ont considéré que les ambiances thermiques étaient chaudes (+3), 17.92 % ont considéré les ambiances tièdes (+2), et 1.58 % estiment qu'elles étaient légèrement fraîches.



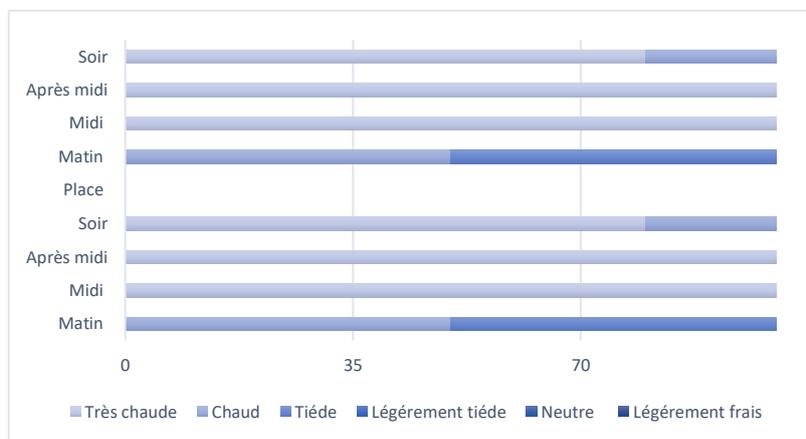
Graphe (VI. 3) : Vote de sensation thermique pour les espaces qui se situent dans l’ancien noyau

Source : Auteur, 2017



Graphe (VI.4) : Vote de sensation thermique pour les espaces situés dans le tissu Auto construit.

Source : Auteur, 2017

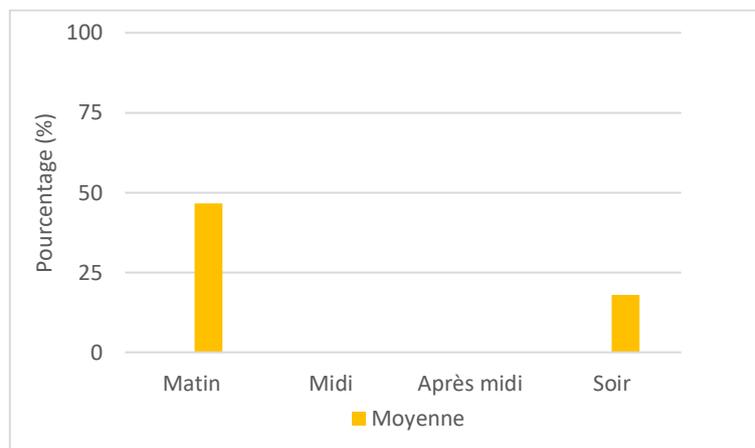


Graphe (VI.5) : Vote de sensation thermique pour les espaces situés dans les (ZHUNS).

Source : Auteur, 2017

VI.1.3.2 Taux de satisfaction thermique en fonction du temps

Le graphe (VI.6) présente le pourcentage de personnes satisfaites en fonction du temps, la lecture de ce graphe fait montrer que le degré de satisfaction thermique est relatif au facteur du temps, car il change avec les heures de la journée. Au début de la journée, le taux moyen des gens satisfaits est 46,66 % . Le taux commence à diminuer pour atteindre 0 pendant les canicules quand l'air extérieur devient très chaud. Dans le soir, le taux de satisfait évolue à 18%.



Graphe (VI.6) : le pourcentage de personnes satisfaites en fonction du temps pour les trois tissus
Source : Auteur, 2017

A partir de ces résultats, il est bien clair que le matin est le moment le plus optimal du point de vue de satisfaction thermique pour la population interrogée. Ces résultats peuvent être interprétés par ceux résultats de l'analyse climatique qui permet de montrer que pendant le matin ; le climat extérieur de tous les espaces étudiés est plus avantageux en comparaison avec les autres moments de la journée. En plus, le constat légué par l'analyse comparative des résultats climatiques fait paraître que l'intensité du réchauffement n'est pas pareille dans tous les tissus urbains, et que l'ancien noyau de Sidi Okba présente un climat plus fraise que les autres tissus (Auto-construit et ZHUN), cela est due essentiellement au rôle bioclimatique du système oasien en combinaison avec la forte densité du cadre bâti , ce qui se répercute sur les sensations des gens et par conséquent sur le taux de satisfaction thermique.

VI.1.4 Facteurs non climatique ayant une incidence sur la perception thermique

La perception thermique des gens ne dépend pas seulement des paramètres d'ordre physique mais aussi des paramètres d'ordre individuel. En plus, nous ne pouvons pas élaborer une évaluation numérique des indices du confort thermique sans l'intégration des questions relatives aux : niveau d'activité physique et niveau d'habillement des personnes interrogées. Ces deux facteurs considérant comme les principaux facteurs qui conduisent les échanges de chaleur entre une personne et son environnement, et qui ont un impact sur son niveau du confort thermique. Le niveau d'activité se mesure en "met", issus de la norme ISO 7730. En matière de résistance thermique aux échanges de chaleur entre l'environnement et la peau, les vêtements influencent sur les échanges de chaleur convective et radiative, ils constituent une deuxième barrière thermique après la peau (Givoni, 1978). L'habillement des gens interrogés sont calculées en fonction de la norme ISO 7730. La collecte des valeurs de niveau d'activité et d'habillement est faite sur la base des renseignements fournis par les occupants des espaces publics, ces valeurs sont utilisées comme des données de base (input-data) dans le programme ENVI-met 04 pour calculer la température physiologique équivalente (PET) de chaque individu.

VI.1.4.2 Approche adaptative en milieu urbain

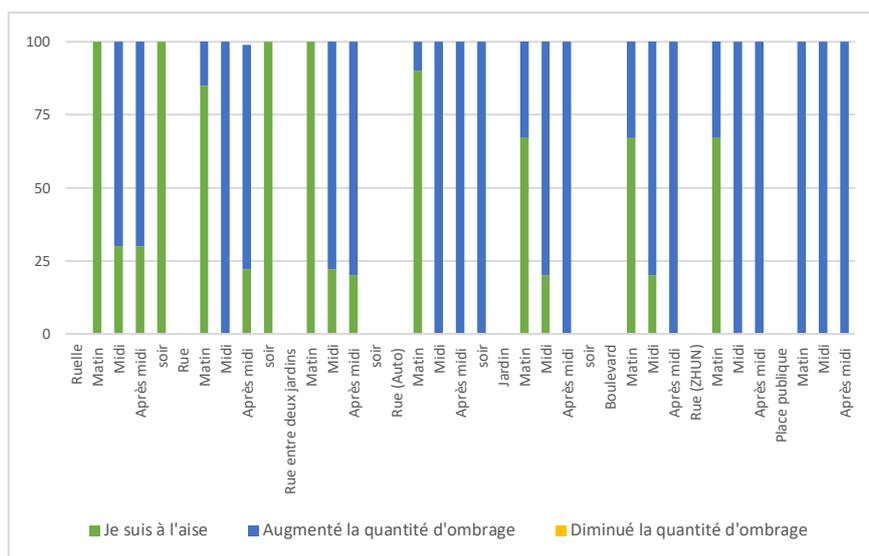
Les conditions du confort thermique varient aussi grâce à l'adaptation physique du piéton qui s'ajuster à son environnement, le mouvement du piéton et son niveau d'habillement sont considérés comme deux actions d'adaptation physique, ces deux actions d'adaptation ont été intégrées dans cette recherche afin de mieux représenter les conditions du confort thermique pour un marcheur. En termes d'activité physique, à travers l'étude expérimentale sur terrain, on a pu observer que l'activité physique des gens est relative au facteur du temps. En effet, toute activité physique pendant la canicule, provoque un désagrément dû à la hausse de température d'air, qui amènera le sujet à réduire son activité (temps de sieste). Pour cette raison, on trouve que tous les espaces étudiés sont rarement fréquentés durant ces deux moments de la journée. En termes d'habillement, nous avons demandé aux sujets s'ils ont pris en considération les conditions météo pour s'habiller ou non. Près de 98,11 % avaient répondu positif à la question, où la température d'air est considérée comme un principal indicateur de l'environnement extérieur.

VI.1.5 Les préférences climatiques

Il semble important d'introduire dans le questionnaire une deuxième question d'évaluation du confort thermique, capable d'évaluer non pas la perception subjective et immédiate de l'environnement thermique (comme le fait le VST), mais les préférences thermiques des enquêtes, à ce titre, en accord avec les résultats d'autres recherches (Indraganti, 2012. Ali Toudert, 2012), les auteurs indiquent que la vitesse de l'air et l'ensoleillement sont deux paramètres capables d'influencer la perception thermique des gens, pour cette raison nous avons choisi d'évaluer ces deux paramètres climatiques, l'enquête donne donc des réponses qui reflètent ses désirs de changement. Dans la partie suivante nous nous intéresserons à analyser les résultats obtenus concernant ces deux paramètres climatiques.

VI.1.5.1. Ombre / Ensoleillement

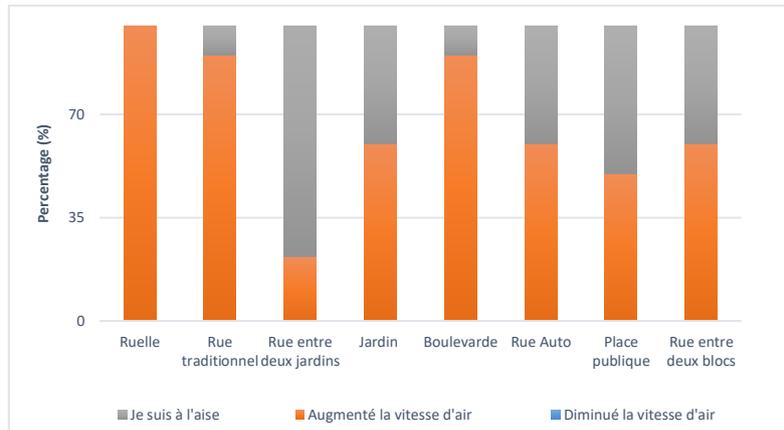
Ces deux indicateurs varient en fonction du temps et l'aspect physique de l'espace public (orientation, rapport H/L, présence de végétation ...etc.), en termes du temps, les résultats issus de l'analyse climatique mentionnée préalablement confirment les votes de préférence pour l'ombrage indiqué sur le graphe ci-dessous. A partir de ces résultats, on peut déduire que la majorité des espaces étudiés sont totalement ou partiellement ombragés durant le matin, pendant laquelle 45,44 % des personnes interrogées jugent ne pas avoir de problèmes d'ensoleillement. Par contre, durant la canicule (à midi et l'après-midi) la plupart des espaces étudiés sont devenus torrides et presque totalement exposés au soleil, par conséquent, plus de 82,23% des participants ont une appréciation négative et portent des jugements négatifs (*augmentés la quantité d'ombrage*). Par ailleurs, l'aspect physique des espaces étudiés influe également sur la quantité d'ombrage portée au cours de la journée, comme l'atteste la répartition des réponses à la question (*préférez-vous d'augmenter / diminuer la quantité d'ombrage ?*). Le taux des gens interrogés qui porte des jugements positifs (*je suis à l'aise*) varie entre 53,33% et 35,66% pour les espaces caractérisés par une forte présence des arbres (jardins, rue entre deux jardins), un fort rapport (H/L) en combinaison avec l'orientation (N-S) (la ruelle, les rues), alors qu'il varie entre 22,33% et 10% pour les espaces caractérisés par une géométrie ouverte et le manque de la végétation tels que (le boulevard et la place publique).



Graphe (VI.7) : Pourcentage de vote de préférence pour l’ombrage dans tous les espaces étudiés

VI.1.5.2 Vitesse d’air

Comme le montre le graphe VI.8 , les réponses obtenues révèlent que près de 67,75% des participants trouvent que le mouvement de l’air est insatisfaisant et préfère avoir plus de mouvement d’air dans les espaces publics, ce constat est plus accentué dans les espaces de l’ancien noyau, cela est dû essentiellement à la forte densité du cadre bâti permettant de créer des dispositions spatiales relativement protégées et peu ventées. Concernant le tissu Auto construit, le taux des participants qui ne souhaitent aucun changement dans la ventilation d’air est pareil dans les espaces du tissu Auto-construit (rue et jardin) (40%), cela est dû à l’aménagement de ce tissu en une succession de rues avec des hauteurs autonomes ouvrant ses espaces intérieurs aux vents incidents, et favorisant la ventilation des espaces. Dans les espaces caractérisés par la géométrie ouverte et le manque des obstacles au vent (place publique), 50 % des participants sont satisfaits et ne souhaitent aucun changement dans la ventilation d’air.

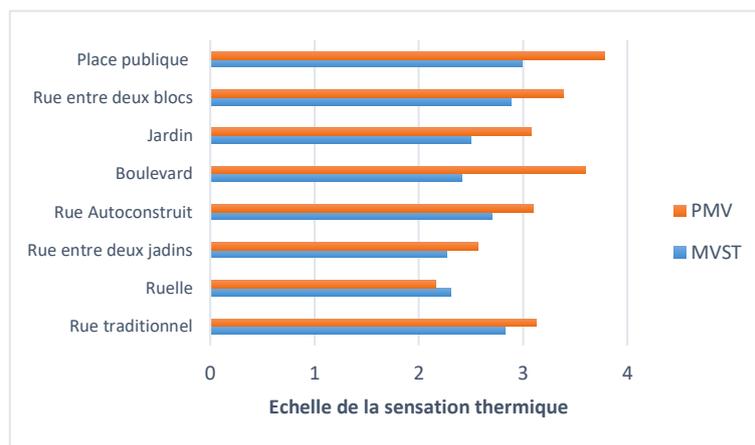


Graph (VI.8) : Pourcentage de vote de préférence pour la ventilation d'air

VI.1.6 Comparaison entre les résultats numériques et réels

VI.1.6.1 l'indice de confort PMV

La méthodologie employée dans cette étude permet de ressortir l'aspect subjectif du confort à travers le sondage réalisé. Le graph (VI.9) présente la confrontation des résultats de l'indice PMV obtenus de la simulation, aux réponses du sondage, la comparaison des résultats numériques et ceux réels a permis de remarquer une correspondance entre les valeurs réelles et numériques.



Graph (VI.9) : comparaison entre les valeurs moyennes numériques et réelles de l'indice PMV dans tous les espaces étudiés. **Source :** Auteur ,2017

Généralement on trouve que les MVST rencontrées in situ prévoient des sensations moins importantes que celles de PMV issus par la simulation numérique, cela signifie que le processus de simulation numérique surestime la sensation de surchauffe, il ne prend pas en considération l'effet de l'histoire thermique des gens, le mode de vie des habitants, ainsi que les actions

adaptatives effectuées par les gens avant de faire juger l'ambiance thermique. La différence entre les valeurs numériques et réelles ne dépasse pas la marge de 15 % dans la majorité des espaces étudiés, ce constat confirme la capacité de l'indice numérique PMV de représenter le confort thermique réel dans les espaces publics.

VI.1.7 Relation entre l'indice de confort PET et VST

Après avoir analysé les votes de sensation thermique de chaque individu, nous nous intéressons maintenant aux relations entre le VST et l'indice PET, les graphes ci-dessous (VI.10, VI.11, VI.12, VI.13) présentent les courbes de régression linéaire du vote de sensation thermique sur l'indice PET, dans chaque espace analysé pour la période estivale. Nous présentons dans le tableau (VI.1) les résultats des régressions linéaires du vote de sensation avec l'indice PET, ce tableau présente le coefficient de corrélation ainsi que les paramètres de la droite de régression de chaque espace étudié. A partir de la lecture du tableau (VI.1) et les graphes ci-dessous, nous obtenons des corrélations positives entre le VST des gens et l'indice PET dans tous les espaces étudiés, on peut-on outre constater que chaque échelle sensorielle a une gamme des indices PET, cela peut être expliqué par la variation des paramètres individuels, ce qui permet de créer une différence de la sensation subjective entre les individus.

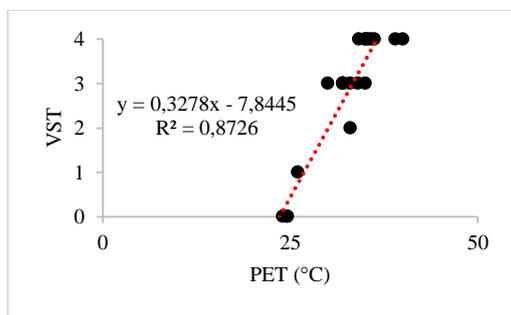
VI.1.7.1 L'intensité de corrélation entre l'indice PET et le VST

A travers la lecture des graphes ci-dessous et les équations de régression indiquées dans le tableau (VI.1), il est bien clair que l'indice PET réalise les meilleures corrélations avec le vote de sensation perçue, il permet d'expliquer plus de la moitié du vote de sensation dans tous les espaces étudiés. Pour les espaces situés dans le tissu traditionnel, la corrélation permet d'expliquer plus de 70% de la variabilité du vote de sensation thermique ($R^2 = 0,87$ pour la ruelle, $0,76$ pour la rue, $0,72$ pour la rue entre deux jardins). Concernant les espaces se situant dans le tissu Auto-construit, le PET montre une bonne corrélation avec le VST et peut être exprimée par une régression linéaire qui représente plus de 60 % de la variabilité de VST ($R^2 = 0,69$ pour le rue, $0,75$ pour le boulevard, $0,67$ pour le jardin). Pour les espaces se situant dans les ZHUNS, la sensation thermique est bien corrélée avec l'indice PET ($R^2 = 0,70$ pour le rue, $0,63$ pour la place publique). En termes de sensibilité thermique, les pentes des courbes de régression sont différentes d'un espace à l'autre, elles sont variées entre $0,08/^\circ\text{C}$ et $0,32/^\circ\text{C}$. Au niveau de quartier 300 logt, il faut un changement qui varie entre $5,77/^\circ\text{C}$ et $10/^\circ\text{C}$ de l'indice PET pour passer d'une sensation à une autre. En revanche, il faut un changement qui varie entre

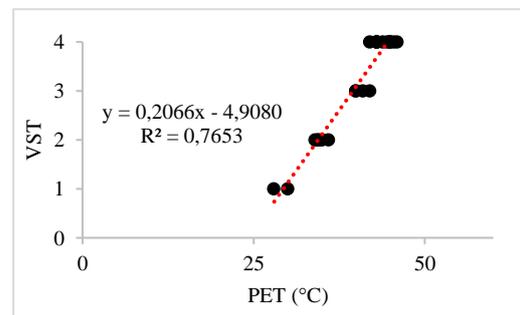
3,60°C et 5,60°C pour passer d'une sensation à une autre dans le tissu Auto construit et traditionnel.

Tabl (VI.1) : Les résultats des régressions de vote de la sensation thermique (VST) avec l'indice de confort thermique PET dans tous les espaces étudiés en été. **Source :** Auteur, 2017

Type de tissu	Espace	Coeff.de corrélation	Pente de la régression	Changement de PET
Ancien noyau	Ruelle	0,87	0,32	03,12
	Rue	0,76	0,20	05,00
	Rue entre 2 jardins	0,72	0,25	03,82
Auto-construit	Boulevard	0,75	0,22	04,54
	Jardin	0,67	0,16	05,55
	Rue	0,69	0,27	05,60
ZHUNS	Rue	0,70	0,17	05,77
	Place Publique	0,63	0,10	11,00

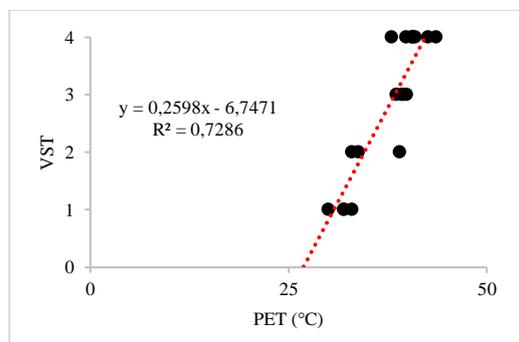


(a)

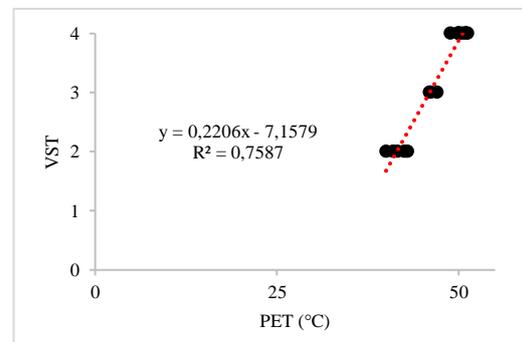


(b)

Graph (VI.10) : Corrélation entre le VST et l'indice PET en été dans la ruelle (a) et la rue (b) de l'ancien noyau. **Source :** Auteur, 2017

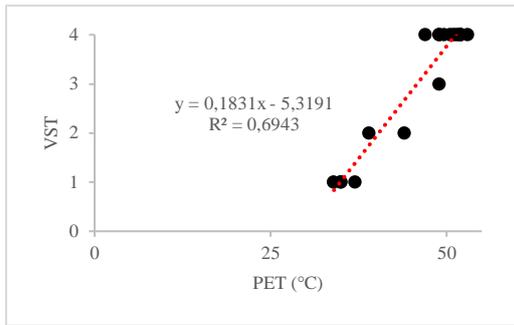


(a)

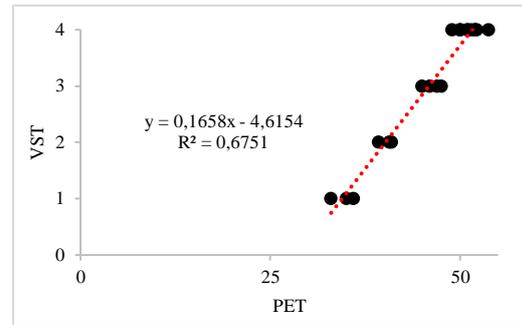


(b)

Graph (VI.11) : Corrélation entre le VST et l'indice PET en été dans la rue entre deux jardins (a) et le boulevard (b). **Source :** Auteur, 2017

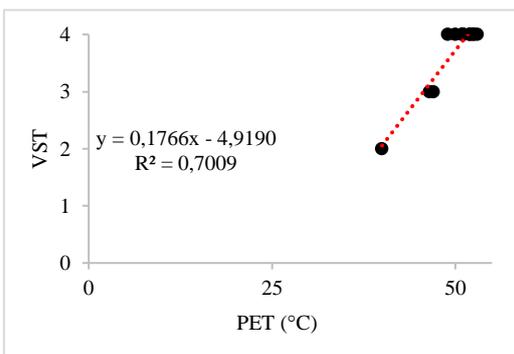


(a)

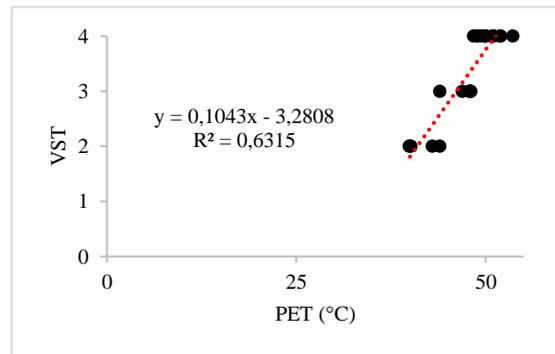


(b)

Graph (VI.12) : Corrélation entre le VST et l'indice PET en été dans la rue du tissu Auto construit (a) et le jardin (b) . **Source :** Auteur, 2017



(a)



(b)

Graph (VI.13) : Corrélation entre le VST et l'indice PET en été dans la place publique (a) et la rue (b). **Source :** Auteur, 2017

VI.1.8 Température neutre et zone de confort thermique à Sidi Okba

A partir des régressions linéaires du vote de sensation thermique sur l'indice PET, nous pouvons déduire la température de neutralité en résolvant l'équation pour VST égale à zéro (sensation neutre). Cette température est considérée comme étant la température optimale de confort thermique (Brager, 2004). Les équations de régression linéaire ainsi que les valeurs de température neutre obtenues pour chaque espace sont citées dans le tableau (VI.2). La lecture de tableau fait montre une différence de température neutre entre les espaces analysés dû à la variation des paramètres subjectifs et objectifs de chaque espace. La valeur maximale de la température neutre est d'ordre de 32,53°C. Tandis que, celle minimale elle est de l'ordre de 24,50°C. Ces deux valeurs sont respectivement les limites supérieure et inférieure de la zone de confort pour l'indice PET.

Tableau (VI.2) : les équations de régression et les températures neutres de chaque espace étudié.
Source : Auteur, 2017

Type de tissu	Espace public	Equation de régression	Tn (°C)
Traditionnel	Ruelle	VST = 0,32 PET – 7,84	24,50
	Rue	VST = 0,20 PET – 4,94	24,74
	Rue entre deux jardins	VST = 0,25 PET – 6,74	26,96
Auto construit	Rue	VST = 0,18 PET – 5,31	29,50
	Boulevard	VST = 0,22 PET – 7,15	32,53
	Jardin	VST = 0,16 PET – 4,61	28,81
ZHUNS	Rue entre deux blocs	VST = 0,17 PET – 4,91	28,88
	Place publique	VST = 0,10 PET – 3,28	31,49

VI.1.9 Confort thermique à Sidi Okba en comparaison avec autres régions chaudes et arides

Le tableau VI.3 présente les valeurs de la température neutre ainsi que la zone de confort pour l'indice PET issus de cette recherche et celles retenues des autres recherches présentés précédemment dans la partie théorique. En comparant les valeurs de la Tn entre elles, la température neutre calculée à Sidi Okba était plus élevée que celles retenues dans Damas et le Caire, elle est d'ordre de 28,42°C, cette valeur est supérieure de 0,97°C par rapport à celle de Damas et de 4,97°C en comparaison avec celle retenue à Damas. On peut en outre constater que les valeurs de la température neutre étant toutes dans l'intervalle de confort de chaque région. En plus, la comparaison des résultats fait montrer que ; la zone de confort perçue dans la ville du Caire avait une plage plus large que celle ressentie dans la ville de Sidi Okba, cela veut dire qu'en été, la population interrogée au Caire a une forte tolérance envers leurs conditions thermiques que ceux interrogés à Sidi Okba. Ces différences peuvent être interprétées par la différence des paramètres subjectifs et objectifs retenus dans chaque population étudiée.

Tableau (VI.3) : Température neutre et zone de confort pour l'indice PET en été dans différentes régions chaudes et aride. **Source :** Auteur, 2017

Region	Température neutre de PET °C	Zone de confort pour PET °C
Parc urbain (le Caire)	27,40	22-31
Damase (Syria)	23,30	Limite supérieure 31
Sidi Okba (Algerie)	28,42	24 -32

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté les résultats de l'analyse de confort thermique à travers une expérimentation in situ réalisée dans huit espaces publics, en parallèle aux mesures climatiques, des questionnaires thermiques sont destinés à recueillir les votes sensoriels des participants ainsi que les informations sur leurs activités et vêtements, à ce titre, nous nous sommes inspirés des questions présentes dans la littérature et désignées également à une étude de l'environnement thermique extérieur. Cette expérimentation a permis d'identifier la limite supérieure et inférieure de la zone de confort pour l'indice PET à Sidi Okba, à partir des résultats recueillis, nous avons établi des corrélations entre l'indice PET et le vote de sensation réelle, pour pouvoir par la suite ressortir les valeurs de la température neutre de chaque espace public, les résultats montrent que la zone de confort de l'indice PET s'étale entre 24°C et 32°C. En termes de marchabilité, cette zone sera utilisée pour indiquer si le confort thermique a été établi dans un espace donné à un certain moment de la journée. Cette expérimentation a permis de déterminer que le matin est le moment le plus optimal du point de vue de sensation thermique. Pour mieux situer le problème du confort thermique nous avons examiné une analyse comparative entre les résultats issus de l'approche numérique et ceux issus de l'expérimentation in situ, cette analyse confirme la capacité des indices numériques calculés par le programme ENVI-met 04 à représenter les sensations thermique réelles.

Relatif à l'approche adaptative, cette étude a permis de confirmer l'importance des aspects non climatique (subjectif) notamment le vêtus, l'activité physique, comme des actions adaptatives pour atteindre le confort thermique dans les espaces extérieurs. A propos de niveau d'habillement, nous avons trouvé que (98%) des participant choisissent leurs vêtements en fonction de la température d'air extérieur, cela signifie que les sujets adaptent leurs vêtements en fonction des conditions climatiques qu'ils prévoient à l'extérieur, ce qui affirme l'importance de l'ajustement de la vêtue comme action adaptative face aux variations climatiques extérieures. Un autre comportement adaptatif est l'activité physique, l'approche adaptative consiste à réduire le niveau d'activité dans les périodes chaudes afin de minimiser la production interne de la chaleur et limiter l'exposition au réchauffement extérieur, l'observation in situ confirme cette approche, pendant les canicules on a pu constater que toute activité physique provoque un désagrément qui amènera les sujets à réduire leurs activités (temps de sieste).

Au sujet des attentes et des aspirations des participants, nous avons remarqué des problèmes d'ombrage à midi et l'après-midi, notamment dans les espaces qui se caractérisent par des

faibles rapports (H/L) et faible présence de la végétation (boulevard, place publique), où le niveau d'insatisfaction est plus élevé et les gens préfèrent avoir plus d'ombrage. Il est sage donc de prévoir une véritable trame d'ombre obtenue grâce à un quadrillage d'arbres plantés de part et d'autre de ces espaces où les rayons solaires directs doivent être filtrés par cette végétation.

CHAPITRE VII :

Etude de Marchabilité

"Le marcheur obsédé par l'espace qu'il s'est donné à arpenter, la distance à franchir, enfoncé parfois dans ses pensées comme dans son vêtement de pluie, ne devient pas forcément le meilleur des naturalistes; en revanche il développe comme nul autre sa faculté de perception et d'émotion. De même que la marche permet de mieux observer la nature, elle permet de mieux comprendre l'homme." (FISSET, 2013, p.22)

CHAPITRE VII :

Etude de Marchabilité

Introduction

Le troisième volet de cette recherche consiste à analyser les conditions de la marche dans huit espaces d'enquête (présentés ci-après). Cette analyse aboutissant à des approches d'évaluation qualitative et quantitative. L'approche qualitative vise à analyser le lien indissociable entre « sentir et se mouvoir », elle s'intéresse surtout à ressortir le rôle des dimensions extra-subjective dans les comportements de marche et qualifier les lieux traversés. À propos de l'approche quantitative, elle vise à donner un aspect plus objectif à notre recherche et consiste à mesurer quantitativement le potentiel piétonnier de chaque espace étudié, les résultats de ces deux approches seront présentés dans la partie suivante.

Dans ce chapitre, je présenterai en premier lieu les résultats issus du questionnaire, ensuite, je dévoilerai les résultats de l'approche sensible personnelle qui se fait à l'aide de la technique de dérive photographique, nous essayerons alors à d'éveiller nos propres réflexions vis-à-vis de l'environnement matériel de chaque espace traversé. Après ça, nous allons présenter les scores issus de l'évaluation par l'audit de marchabilité, cette démarche sert à qualifier les espaces ainsi que de ressortir les solutions convenables pour chaque espace.

VII.1 Analyse du comportement piétonnier à Sidi Okba

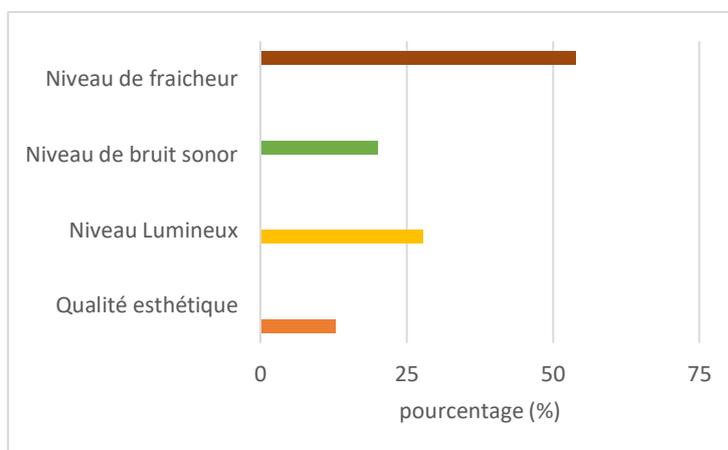
VII.1.1 Approche qualitative : Résultats de questionnaire

VII.1.1.1 Perception des citadins

Le graphe ci-dessous montre le pourcentage de vote de chaque facteur supposé influencer la perception des gens, la lecture de graphe confirme l'aspect subjectif et personnel de la notion d'ambiance, on trouve que distinctes personnes sur le même site ou dans le même

espace leur perceptions affectées différemment par rapport aux éléments de l’ambiance qui les entourent.

Les résultats montrent que plus de la moitié des gens (53,89 %) déclarent que leur perceptions est plus affectée par le niveau de fraîcheur de l’espace (la présence d’ombrage), un taux de 27.77% déclarent que leur perception affect par le niveau lumineux, 20% de la population étudié leur perception affect par le niveau de bruit. Pour la modalité esthétique, il est presque imperceptible par les gens pendant l’été, c’est surtout l’ambiance lié à la modalité thermique qui fait le centre d’intérêt de la majorité des gens interrogés. On peut dire alors que, la sensation thermique forme plus l’ambiance de tous environnements traversés, même si le lieu semble propre, calme, clair et bien aménagé, pour qu’on s’y attarde pour discuter ou de se contenter d’y passer, la recherche de tous sources de rafraîchissement d’air (végétation ou autre source d’ombre) reste la préoccupation majeure du marcheur pendant l’été.



Graphe (VII.1) : Vote des modalités perceptuelles pendant l’été dans la ville de Sidi Okba

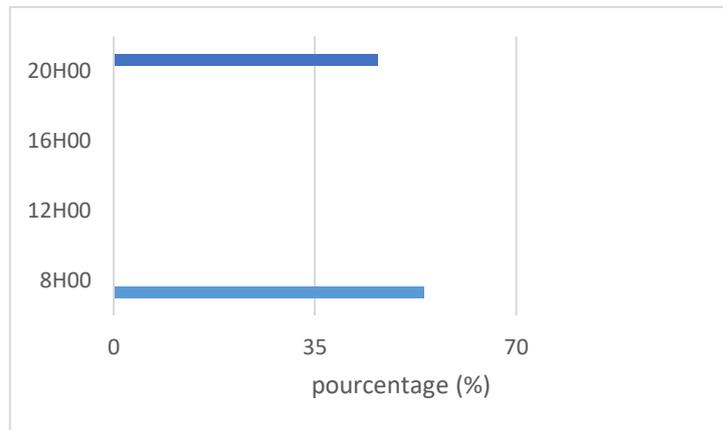
Source : Auteur, 2017

VII.1.1.2 Moments préférables pour la marche

Le graphe ci-dessous présente les moments les plus préférables pour la pratique de la marche en période estivale. D’après ce graphe, la pratique de la marche semble bien conditionnée par la temporalité, la plupart des sujets enquêtés (54%) ont favorisé le matin à 8h00 pour pratiquer leur activité de marche, alors que (46%) des gens ont considéré le soir à 20h00 comme le meilleur moment en termes d’activité physique. En revanche, pendant la canicule (à 12h00 et 16h00), aucune personne n’a choisi de pratiquer la marche.

En effet, mes observations in situ ont confirmé ces résultats, j’ai pu remarquer que tous espaces confondus sont largement exploités durant le matin et le soir, mais on trouve que

toute activité physique pendant la période (entre 12h00 et 16h00) provoque un désagrément dû à la hausse de température d'air, qui amènera le sujet à réduire son activité (temps de sieste). Pour cette raison, nous avons constaté une rare fréquentation des espaces durant ces deux moments de la journée.



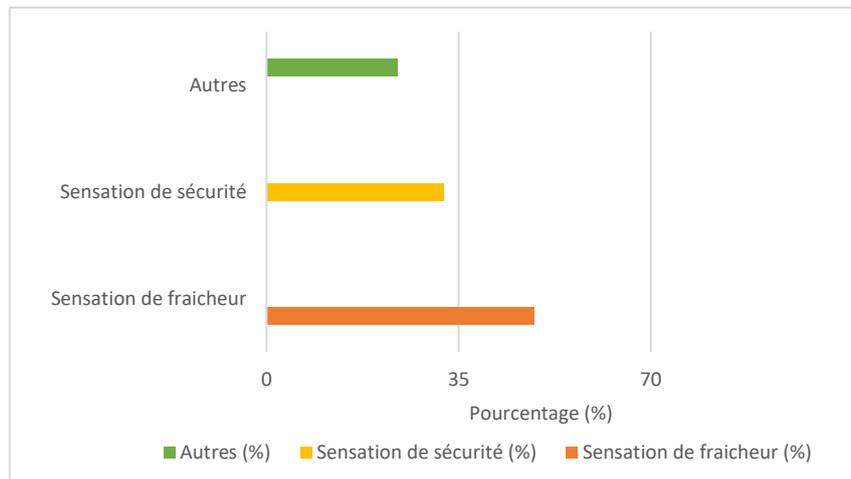
Graphe (VII.2) : Les heures préférées pour la marche en période estivale

Source : Auteur, 2017

VII.1.1.3 Raisons de choix des moments

Afin de comprendre les raisons pour lesquelles un moment est plus favorable qu'un autre, le graphe (VII.3) présente le pourcentage de chaque raison supposée influencer la décision de la marche en un moment précise. Comme le démontre le graphe ci-dessous, la sensation de fraîcheur semble fortement peser sur le choix de se déplacer à pied. En effet, le déplacement à pied est le mode de transport par lequel le marcheur est le plus exposé à l'environnement extérieur, le marcheur alors est plus vulnérable et sensible au niveau de confort thermique, pour cette raison, on remarque que la majorité de la population interrogé considérant la sensation de fraîcheur comme un raison principale pour se promener ou de se déplacer à pied dans tel espace.

Concernant la sensation de sécurité, un taux considérable de (32,50 %) considérant la sécurité comme une condition primordiale pour pratiquer la marche à pied, le volet de sécurité lors d'une situation de marche est étroitement liée à la fois aux dimensions mécanique (densité de trafics) et sociale. En effet, la présence plus importante de l'autre pendant et à certaines heures et dans certains endroits aménagés de façon à réduire le trafic favorise la sécurité du piéton. Les réponses autres présentent (23,28 %) du total de la population intégrée.



Graphique (VII.3) : Vote des raisons supposées influencer le choix temporel des gens pendant l'été.

Source : Auteur, 2017

L'accroissement des résultats de graphe (VII.2 et VII.3) nous a permis de confirmer notre hypothèse de départ, selon laquelle, l'action de l'individu en période estivale est le résultat des sensations thermiques offertes par l'environnement en différents moments de la journée. J'avais, dans la partie précédente, conclu que le critère du temps qui est étroitement lié à la dimension climatique à un effet significatif sur la sensation thermique et par conséquent sur le comportement piétonnier, en ce sens, nous avons trouvé que le matin à 8h00 est le moment le plus propice à la marche, du essentiellement aux faibles températures d'air de tous les espaces étudiés. Ainsi, nous pouvons remarquer que les enquêtés attachés plus à des espaces auraient tendance à survaloriser la sensation de sécurité (espace avec une faible densité trafic et forte densité de personnes).

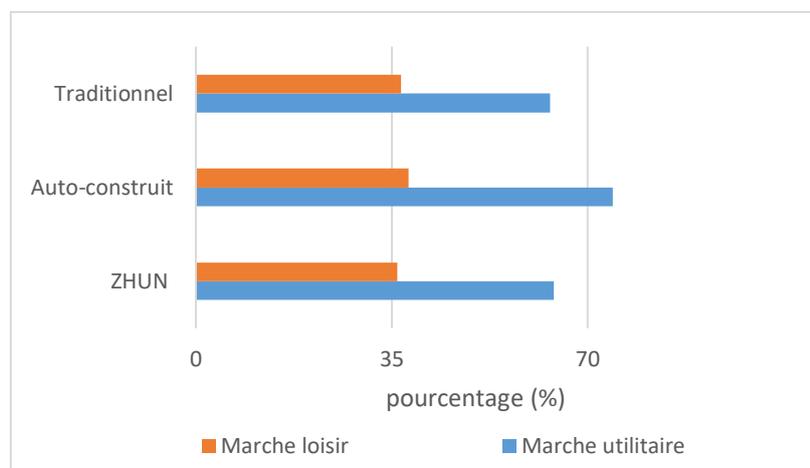
VII.1.1.4 Raisons de Marche

On s'intéresse maintenant à identifier les principaux motifs pour lesquels les sujets se déplacent à pied, on peut subdiviser la population interrogée en deux catégories, celles qui marchent bien volontiers (la marche pour le plaisir et la détente), est celles qui se déplacent à pied et qui sont motivées par l'arrivée à une destination précise (la marche quotidienne utilitaire) (Julie, 2016).

Le graphe ci-dessous présente la répartition des raisons de marche dans les trois tissus étudiés, nous remarquons une différence significative des réponses selon le site sur lequel les sujets ont été interrogés, mais généralement on trouve que plus de la moitié des déplacements à pied (64,19 %) sont effectués pour des raisons utilitaires. Il semblerait que cette raison soit à peu près considérable pour la population interrogée dans le tissu Auto-construit, avec un taux

de (74,50 %), ce résultat est dû à la mixité fonctionnelle offerte par ses espaces avec une certaine proximité dans les usages, ce qui rend ses espaces largement occupés par les magasins, les équipements administratifs et sanitaires, par conséquent ils sont massivement fréquentés par les travailleurs, pour lesquels il s'agit le plus souvent des espaces de passage plutôt que des destinations en soi. En revanche, on remarque que le tissu traditionnel et les ZHUNS présentent les moindres pourcentages des marcheurs qui sont déplacés à pied pour des raisons utilitaires (63,33 % pour le tissu traditionnel, 64 % pour les ZHUNS), ce résultat est dû essentiellement au manque de la mixité fonctionnelle. En effet, les espaces de ces deux tissus sont majoritairement de caractère résidentiel.

Concernant la marche pour des raisons de loisir, qui présente 33,45 % de la totalité interrogée, elle est plus accentuée dans le tissu traditionnel et ZHUNS, les résultats de ces deux tissus sont presque similaires, ils sont respectivement d'ordre de (36,37 %) pour l'ancien noyau et 36% pour les espaces du quartier 300 logts, cela est dû essentiellement aux conditions d'inconfort offertes par ses espaces et qui donnent lieu à des comportements d'évitement. Nous constatons que les espaces de l'ancien noyau sont dévolus à la promenade par certains marcheurs, cela est peut-être dû à la charge historique de son cadre bâti en combinaison avec le rôle bioclimatique de l'oasis. Pour le tissu Auto-construit, (38,18 %), il est bien clair que ses espaces de déplacement ressemblent davantage à des espaces de promenade aussi.



Grape (VII.4) : Raisons de la marche de la population interrogée en période estivale

Source : Auteur, 217

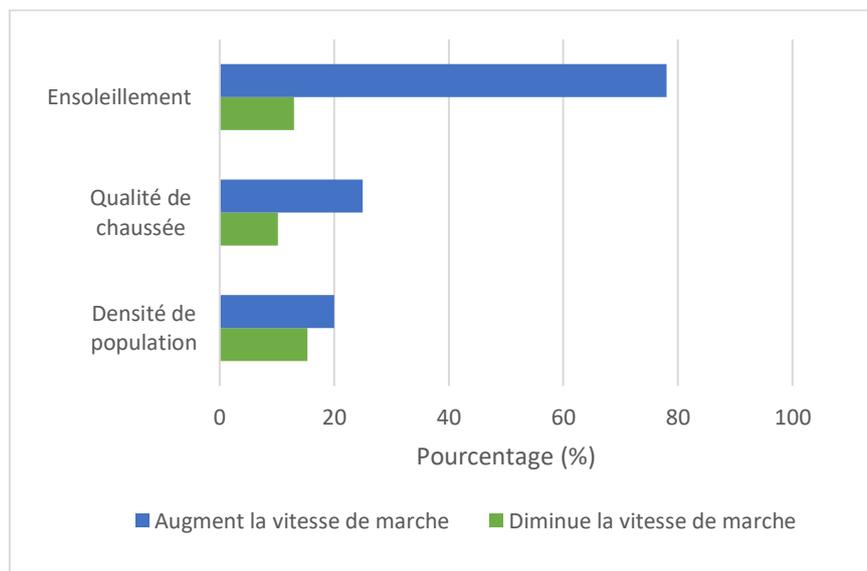
VII.1.1.5 Les critères gênant la vitesse de la marche

La vitesse moyenne de marche dépend de tellement de paramètres. Le graphe ci-dessous présente le taux de chaque facteur supposé influencer la vitesse de marche des piétonnes en période estivale, et comment chaque facteur affect la vitesse de marche.

Pour l'ensoleillement : nous pouvons constater l'effet considérable de ce paramètre sur la vitesse de marche, 78 % des gens déclarent que leur vitesse de marche augment l'orque ils sont marchés dans des zone ensoleillés.

Concernant la densité de population : près de 15,35 % des gens déclarent que leur vitesse de marche est inversement variée avec l'augmentation de la densité populaire, alors que 20 % de la population interrogé déclarent que la densité populaire pendant l'été sert à augmenter leur vitesse de marche.

Relative à la qualité de chaussée : ce critère a un impact indirect sur la fréquentation des espaces étudiés, le taux des gens considérant la mauvaise qualité de chaussée comme élément qui concoure à la sensation d'inconfort atteinte 10,19 %.



Graphe (VII.5) : Taux des facteurs affectants la vitesse de la marche en été

Source : Auteur, 2017.

A partir de ces résultat, il semble que l'ensoleillement est le critère qui affect plus la vitesse de marche pendant l'été. en effet, la marche à pied est sans doute le mode de déplacement par lequel l'individu est le plus exposé à l'environnement extérieur, un des

enjeux principaux pour de nombreuses marcheurs est d'ailleurs d'atteindre un bon niveau de confort thermique , pour cette raison, ils cherchent à marcher dans des endroits partiellement ou totalement ombragés, et si les marcheurs sont obligé de traversé des espaces ensoleillés, leur vitesse de marche augmente d'une façon considérable, cette action adaptative sert à éviter la sensation de réchauffement résultant de l'exposition direct au rayonnement solaire .

VII.1.1.6 l'intensité moyenne de la Marche en été

Afin de savoir quelle est l'intensité moyenne de la marche en ville pour se rendre de A à B, nous avons demandé aux participants d'indiquer eux-mêmes leur vitesse de marche : lente, moyenne ou rapide. Aucun participant ne souffrant d'une maladie cardiaque au moment où les données le concernant étaient prises en compte. Après avoir fixé de plusieurs autres facteurs (caractéristiques de l'espace (type de terrain et protection contre les rayonnements solaire, accompagnement, poids additionnel), nous pouvons constater qu'en été les sujets se décrivant comme des marcheurs légèrement rapide , une grande partie de la population interrogée (65.22%) marche avec une intensité de 4km/h, suivi par un taux de (35.14 %) marche lent avec une intensité moyenne de 3Km/h, un faible taux estimé par (10.62 %) marche rapide avec une intensité de 6 Km/h .

VII.1.2 Résultat de l'approche sensible personnelle (Dérive Photographique)

Dans la partie suivante je m'attacherai à exposer mes affections personnelles par rapport aux ambiances immédiates de l'environnement urbain accompagné par des exemples photographiques, et des cartes de notre état de bien-être au sein de chaque espace traversé, pour mieux visualiser nos propres perceptions. Pour le choix de temps, les résultats de l'analyse climatique ainsi que du questionnaire font montrer que le matin est le moment le plus avantageux en termes de sensation thermique et de Marchabilité. J'ai utilisé la marche comme un outil de perception pour qualifier les espaces en ce moment de la journée.

VII.1.2.1 Premier tissu : Ancien Noyau de Sidi Okba

VI.1.2.1.1 Espace public n°1 : Ruelle

C'est une ruelle très ancienne à caractère résidentiel, l'espace dans son ensemble est chargé d'histoire qui a gardé son authenticité jusqu'à aujourd'hui, cette ruelle est bordée de part et d'autre par des murs de texture rugueuse et des couleurs froides, comportant des petites ouvertures sans volume qui semblent continuer la platitude des façades, ces ouvertures

conçues pour réduire au maximum le rapport des habitants avec l'extérieur et de préserver l'intimité de la vie familiale, la maison à l'extérieur apparaît comme une maison entièrement close, ce qui donne l'impression d'une séparation radicale entre l'espace public et privé.

Le sol est en terre, sa texture rugueuse gêne la marche, lorsqu'on marche, le silence rarement brisé par le bruit de moteur des moyens de transport, ce qui contribue à conférer au lieu son caractère intangible et à annoncer un passage particulièrement pour le piéton, la marche est orientée par la courbure de la ruelle où notre curiosité est sans cesse mise en éveil. A la fin de perspective de l'espace, notre champ visuel est croisé par des palmeraies avec des hauteurs considérables, si il n'y avait pas la présence de ces palmeraies, la ruelle paraîtrait beaucoup plus longue et monotone, généralement l'atmosphère à l'intérieur de cette ruelle offre une sensation agréable vis-à-vis aux ambiances immédiates, grâce essentiellement au respect de l'échelle humaine, les maisons traditionnelles contribuent à donner un encadrement confortable de l'espace, la proportion harmonieuse entre la hauteur de ces maisons et la largeur de la ruelle participent également à la régulation du microclimat, elle offre le maximum d'ombrage possible pendant la période ensoleillée ce qui affect positivement notre sensation thermique.

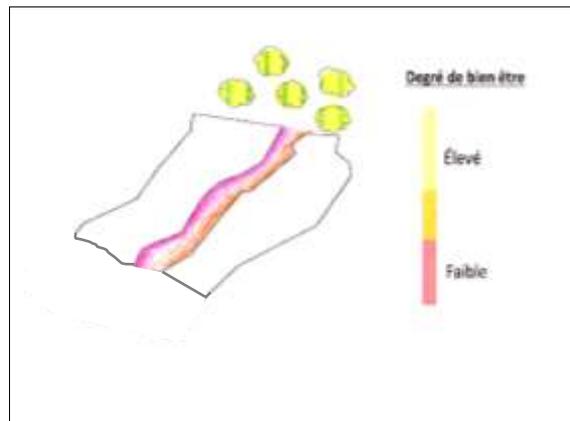
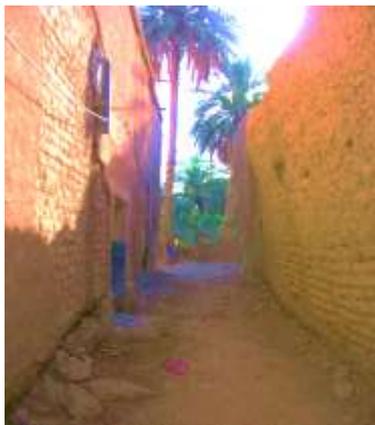


Figure (VII.1) : (a) vue sur la Ruelle dans l'ancien noyau, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VI.1.2.1.2 Espace public n°2 : Rue entre deux jardins

J'ai quitté l'ancienne ruelle située dans le quartier Traidia pour me rendre sur un îlot de verdure, dissimulé au cœur de la vieille ville de Sidi Okba, il s'agit de vaste champ oasien où la présence de la palmeraie est assez forte, au sein de ce champ, j'emprunte un passage borduré de part et d'autre par deux séries de palmiers-dattiers d'égale hauteur, ce passage est un médiateur permettant de renforcer la transition vieille ville/ oasis.

Lorsqu'on marche dans ce passage, on se retrouve plongé dans un monde naturel, il est perçu comme une forêt, on se sent fortement entouré par des palmeraies, si on lève la tête le spectacle est magnifique, les feuilles de palmeraies filtrant la lumière contribuent à donner de l'intimité à l'espace, mais aussi à rafraichir l'air dû au fort ombrage porté sur le sol, autour de nous, le silence est dominé, il nous invite à essayer simplement d'être conscient d'entendre le sens de l'eau de seguia, des oiseaux chantent et parfois le sens des vents qui font bruisser les feuilles des palmeraies, tout se passe dans le calme et le silence contribuant à créer une ambiance très attractive pour un marcheur, le cheminement à suivre est indiqué par l'implantation des palmeraies et la ligne courbe de Séguia, le revêtement du sol est en terre, tout cela entraîne une marche moins linéaire où on se demande sur quoi on va tomber, mais on a toujours la sensation d'être encadré. En revanche, la hauteur et la présence forte des palmeraies ne correspondent pas aux proportions humaines, on a l'impression que l'espace n'est plus respecté de l'échelle humaine.

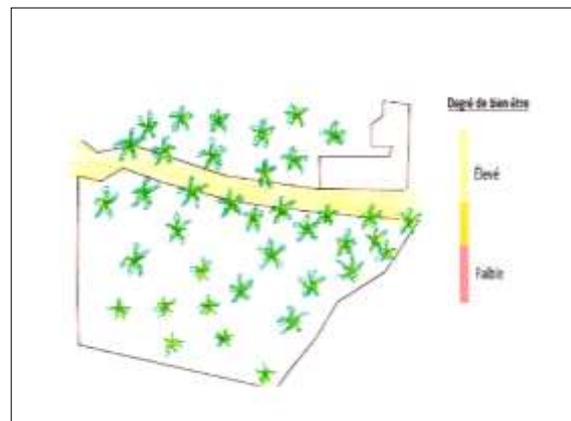


Figure (VII.2) : (a) Vue sur la Rue entre deux jardins, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VI.1.2.1. 3 Espace public n° 3 Rue

Pendant mon retour à la vieille ville et face à la sinuosité des voies, je travers une rue à caractère résidentiel située dans le quartier Madani Sayeh, il s'agit d'une rue visuellement définie par des murs avec des hauteurs uniformes (R+1), sa largeur est suffisamment large où le trafic est parfois possible, au sol, le traitement n'est pas adapté, il faut tout le même faire attention aux vélos ou aux véhicules qui l'empreignent également l'espace et qui gênent notre sensation de sécurité, la relation harmonieuse entre la largeur et la hauteur des maisons participent à donner un encadrement idéal de l'espace, la dimension humaine est durement

respecté, ce qui produit une sensation de confort, en revanche, tout au long de notre parcours, on a l'impression d'un chaos de style architectural dû aux procédures d'intervention effectuées sur les façades durant les années quatre-vingt-dix, notre regard s'arrêtait aux façades modernes fabriquées en béton armé avec des couleurs claires et textures lisses contrairement à celles caractéristiques de façades traditionnelle, ces actions inadaptées au paysage général contribuent à défavoriser l'authenticité et la valeur historique de l'espace.

Lorsqu'on marche notre champ visuel est croisé par quelque palmeraie située à la bordure de la rue, ces éléments qui sont le témoin du tissu traditionnel contribuent à nous donner l'envie de prendre un pos grâce à la grande quantité d'ombrage portée sur le sol, ce qui affecte positivement la sensation thermique d'un marcheur.



Figure (VII.3) : (a) Vue sur la rue dans l'ancien noyau, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VII.1.2.2 Deuxième tissu : Auto-construit

VII.1.2.2.1 Espace public n°4 : Rue

Il s'agit d'un chemin bordé de maisons individuelles, à la priorité automobile où les piétons sont cantonnés sur de petits trottoirs, il est claire et rectiligne avec une vue dégagée qui nous interdit de ressentir de la curiosité. Dans ce lieu, la tranquillité et l'impression d'isolement sont disparues dans le mouvement de la vie locale, son ambiance peut alors inspirer un sentiment d'insécurité.

Cette rue est bordée par deux rangées d'immeubles contigus de deux étages, le RDC est occupée par des commerces, ce qui rend l'espace fortement fréquenté et contribue dans la convivialité et l'accueil de l'espace. Néanmoins, nous ne sommes toujours pas à l'aise en tant que piétons, dû à l'étroitesse des trottoirs qui sont encombrés par le mobilier, mais les portes

et les fenêtres apportent toujours plus d'humanité, on regrette de ne pas y trouver un mobilier urbain (banc par exemple) pour s'y arrêter ou se procurer un certain degré de confort, l'ambiance est alors hostile et peu relaxante.

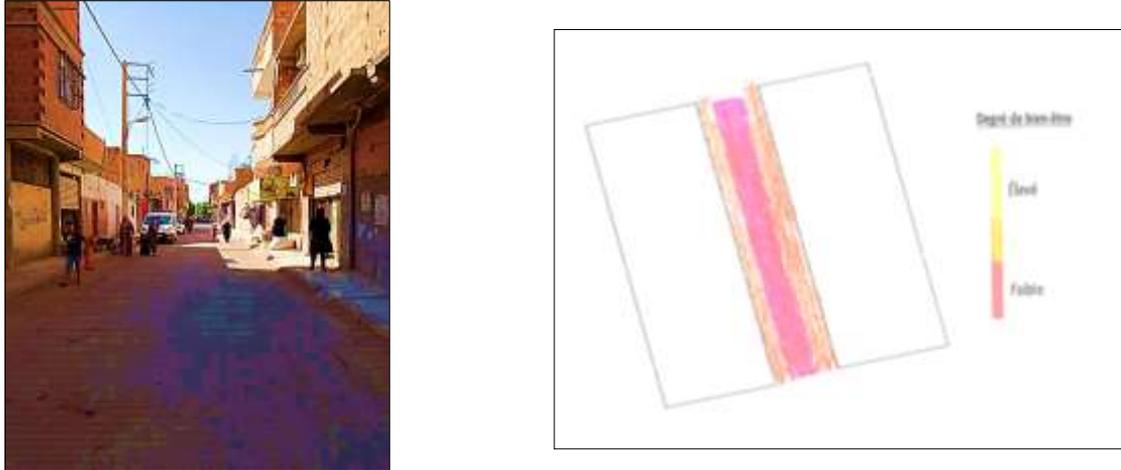


Figure (VII.4) : (a) Vue sur la rue dans le tissu Auto-construit, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

Tout au long de nos chemins, on sent que la partie ombragée est plus marchable que la partie ensoleillée de la rue, et si on était obligé de marcher dans la partie ensoleillée, nos pieds roulent à une vitesse importante jusqu'à retomber à nouveau dans un endroit ombragé. La proportion générale de l'espace se prête à l'échelle du marcheur, ce qui laisse aux piétons se procurer une sensation de confort.

VII.1.2.2.2 Espace public n°5 : Boulevard

Nous poursuivons notre chemin, pour arriver au boulevard, il s'agit d'une longue ligne interminable qui offre une vue dégagée et identique pendant plusieurs mètres, c'est un lieu emblématique puisqu'il est situé au centre de la ville de Sidi Okba. Les voies de circulation à droite et à gauche sont très larges et sont également revêtues d'asphalte, les voitures roulent à une allure faible.

Au milieu de ce boulevard, un large espace est laissé aux piétons. Il est entouré d'arbres constitué de rangs assez distants, et permettant d'engendrer des taches ombragées, la largeur de l'espace en corrélation avec la hauteur des arbres laisse aux marcheurs de procurer une sensation d'encadrement, dont l'alignement donne plutôt lieu à une marche linéaire, des bancs implantés régulièrement permettent à ses utilisateurs la possibilité de se reposer, ou d'attendre le bus, pour moi c'est un lieu agréable à visiter, mais pas pour s'y reposer ou

s'arrêter. due essentiellement au bruit sonore , en effet, le calme s'estompe avec le bruit des voitures et des gens présents autour de moi ne permet pas le séjour.

En plus, le manque d'entretien contribue à donner moins d'impacts dans le paysage général. Finalement, Aucun charme ne se dégage, le ressenti est moins apaisé, il est renforcé par une sensation de chaleur qui pousse les piétons étonnamment à se dépêcher pour s'abriter. Toutes ces sensations nous rappellent que nous sommes dans le centre-ville.



Figure (VII.5) : (a) Vue sur le boulevard, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VII.1.2.2.3 Espace public n°6 : Jardin public

Une fois que l'on quitte le boulevard, on arrive sur un jardin public , il est accessible par deux portes réparties à chaque angle de ce lieu , l'endroit paraît à la fois vaste et vide due à la grande intervalle entre les arbres, mais l'on a aussi un sentiment d'enfermement et d'intimité du fait de la présence d'une barrière qui cloisonne le jardin des voies circulables, mais qui laisse apparaître la verdure du jardin.

Ce lieu me semble inviter à s'y arrêter pour faire une pause, car on peut constater l'existence de plusieurs équipements , comme une aire de jeu pour enfants, des bancs, le rend agréable à inciter à y séjourner mais, il est pourtant peu apprécié des habitants et visiteurs de la ville notamment le matin, puisqu'il s'agit d'un espace de repos.

Au sol, un changement de niveau très net trace une rupture entre « la zone de marche » et l'espace de jardin, je me sens alors plus décontractée et je prends plaisir à marcher, le feuillage des arbres et le rafraîchissement qu'ils procurent me fait oublier la chaleur et la

pollution ressenties préalablement dans le Boulevard. L'endroit est plutôt calme et l'on est comme coupé des bruits habituels du centre-ville. Ce qui rend l'ambiance plus relaxante et apaisante, c'est donc pour moi un lieu agréable pour s'y arrêter ou s'y reposer.

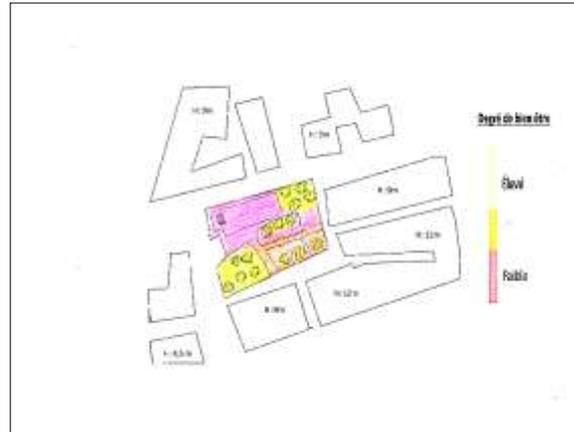


Figure (VII.6) : (a) Vue sur le jardin, (b) : Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VII.1.2.3 Tissu n°3 : ZHUNS

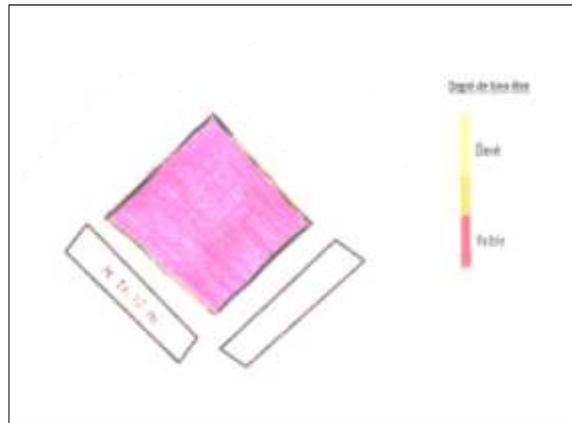
VII.1.2.3.1 Espaces public n° 7 : Place publique

Après un petit kilomètre de distance nous arrivons au ZHUN, c'est le lieu des espaces pseudo-publics, une fois sur la place publique qui se situe au centre des bâtiments collectifs, on ne ressent pas cet espace comme une place, due au manque total de l'aménagement ou de couverture végétale, il n'y que des voitures parkées d'une part et d'autre, ce qui rend le séjour impossible pour le piéton.

Au sein de ce vaste vide, nous marchons vite, car ce n'est ni pratique ni confortable parce qu'il était totalement ensoleillé, cette portion est vue comme une passerelle obligatoire, son ambiance peut alors inspirer l'impression d'un zone morte. Si on lève la tête, notre champ visuel est toujours coincé par des hauts bâtiments, dont la taille ne correspond pas vraiment à l'échelle humaine, cela provoque un sentiment d'inconfort.



(a)



(b)

Figure (VII.7) : (a) Vue sur la place publique, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VII.1.2.3.2 Espace public n° 8 : Rue entre deux blocs

Une fois que l'on quitte la place, notre chemin nous conduit jusqu'à une rue entre deux blocs, il s'agit d'une rue à la priorité automobile où le trafic est faible et où on peut traverser sans trop de danger, les piétons sont cantonnés sur des trottoirs permettant l'accessibilité des blocs, lorsqu'on marche dans cette rue, la vue est dégagée sur des blocs, aucun charme ne se dégage, les disproportions entre les lignes verticale et horizontale provoquent un certain malaise, l'ambiance générale nous rappelle que nous sommes ici que de passage pour accès à des maisons, et que nous n'avons rien à y faire. Généralement c'est une sensation d'inconfort qui transparait, mais on a toujours l'impression d'être encadré.

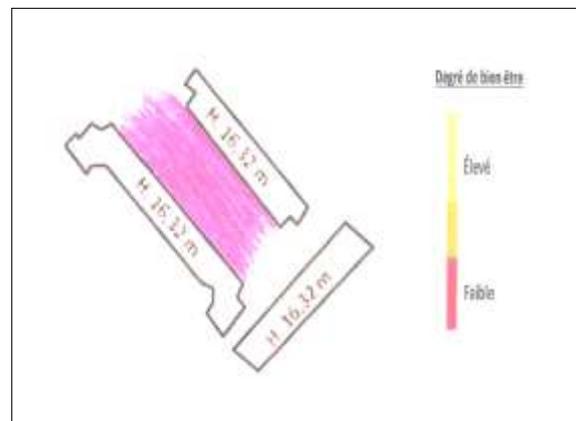


Figure (VII.8) : (a) Vue sur la rue, (b) Echelle de sensation de bien-être

Source : Auteur, 2017

VII.1.3 Résultats de l'Approche quantitative : interprétation des résultats des Audits de marchabilité

VII.1.3.1 Tissu traditionnel

Le tableau et le graphe suivants ont servi à récolter l'information concernant les scores de chaque critère étudié ainsi que le score de potentiel général des espaces situés dans le tissu traditionnel, nous remarquons que la rue entre deux jardins obtient un score maximal de l'ordre de (23/24) , suivie par la rue avec un score totale de 21/24 et la ruelle qui ont a un score de (17/24). La partie suivante présente l'interprétation des résultats de chaque critère supposé exercer une influence sur l'activité physique.

Relatif à la densité et la connectivité : les deux espaces (rue et rue entre deux jardins) ont enregistré des scores considérables et similaires pour ces deux critères (3/3), il nous semble que la densité du bâti exerce une influence importante sur la connectivité des réseaux, en effet, une forte densité du tissu urbain engendra une forte connectivité de l'espace, le piéton préfère cette connectivité afin qu'il puisse choisir à son aise le chemin qui lui convient le mieux ou le trajet le plus court pour se rendre à destination (Moudon et all, 2003), mais la densité d'un tissu urbain n'aurait aucun sens sans une certaine mixité fonctionnelle, à cet égard, les trois espaces étudiés ont enregistré des faibles scores de diversité varie entre 1/3 et 2/3 , sauf la rue entre deux jardins qui se caractérise par une certaine mixité des occupations du sol assurant au piéton la possibilité de pouvoir satisfaire une partie de ses besoins. En revanche, le caractère résidentiel de la rue et la ruelle sans aucune autre activité urbaine que l'habitation exercerait un attrait assez faible sur le piéton, et rend ces espaces peu susceptibles de favoriser la marche.

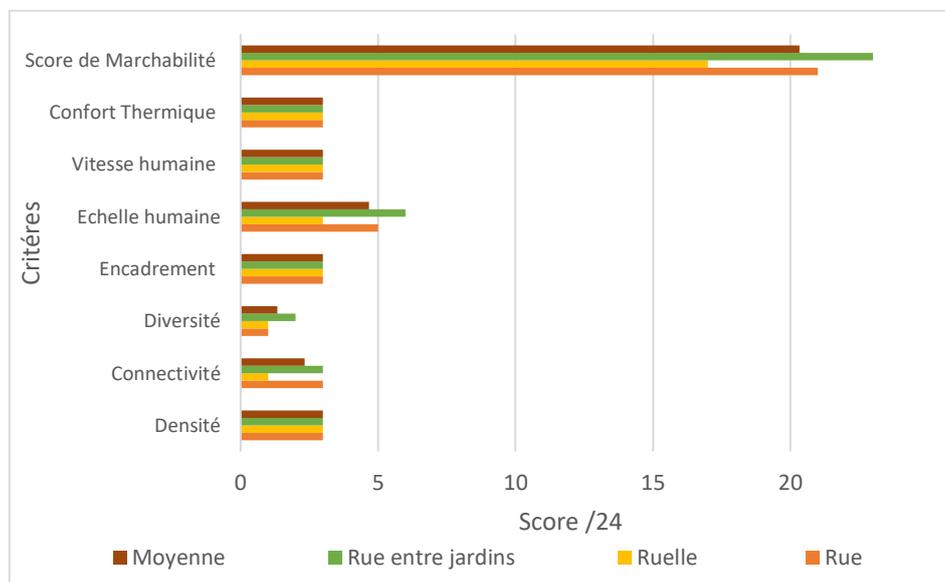
D'autres critères viennent s'ajouter à ces trois premiers, ils concernent le respect de l'échelle humaine et d'encadrement idéal, pour notre cas, les scores d'encadrement de tous espaces sont forts et similaires (3/3), car ils sont visuellement définis par des limites horizontales (bâtiments, rangées de palmeraies), ce qui donne l'impression d'être dans des environnements intérieurs fortement encadrés.

Au sujet de respect de l'échelle humaine, les tailles de tous les espaces étudiés correspondent aux proportions humaines, mais la forte présence de végétation dans la rue

entre deux jardins, donne l'avantage à ce dernier d'être plus respectueux à l'échelle humaine, 6/6 contre (5/6) pour la rue et (3/6) pour la ruelle.

La lecture de résultats fait montrer aussi que tous les espaces ont enregistré de forts scores de vitesse humaine (3/3), car ils sont soumis à l'effet rafraîchissant de l'oasis, en combinaison avec la géométrie compacte exprimée par des forts rapports (H/L), ce qui concoure à rendre ces espace totalement ombragés, frais et donnent l'envie aux piétons de se promener ou de se déplacer avec une vitesse normale pendant le matin .

Pour le critère de confort thermique, la lecture des résultats fait montre que tous les espaces ont de forts et similaires scores de confort thermique (3/3), car les valeurs moyennes de l'indice PET de la population interrogée à 8h00 sont comprises dans la zone de confort (entre 24°C et 32°C). L'ensemble des valeurs moyennes de PET calculés à 8 :00 sont présentés dans l'Annexe B.



Graphique (VII.6) : Comparaison des scores obtenus pour les espaces de tissu traditionnel.

Source : Auteur, 2017

Tableau (VII.1) : Résultats des audits de marcheabilité des espaces situant dans le tissu traditionnel

Source : Auteur, 2017

Lieu	Densité	Connectivité	Diversité	Encadrement	Echelle humaine	Vitesse humain	Confort thermique	Score de Marchabilité
Rue	3/3	3/3	1/3	3/3	5/6	3/3	3/3	21/24
Ruelle	3/3	1/3	1/3	3/3	3/6	3/3	3/3	17//24
Rue dj	3/3	3/3	2/3	3/3	6/6	3/3	3/3	23/24
moyenne	3/3	2,3/3	1,3/3	3/3	4,6/6	3/3	3/3	20,3/24

VII.1.3.2 Tissu Auto-construit

Le graphe et le tableau ci-dessous montrent l'ensemble des scores obtenus de chaque critère étudié dans les espaces de tissu Auto-construit. Les résultats de calcul de scores de marchabilité révèlent une variabilité des valeurs selon les différents environnements urbains fréquentés, le score minimal a été enregistré dans le boulevard suivi par le jardin, ils sont respectivement d'ordre de 12/24 pour le boulevard et 14/24 pour le jardin, alors que ce maximal a été noté dans la rue (19/24), ces scores sont délivrés selon les scores obtenus de l'ensemble des critères étudiés.

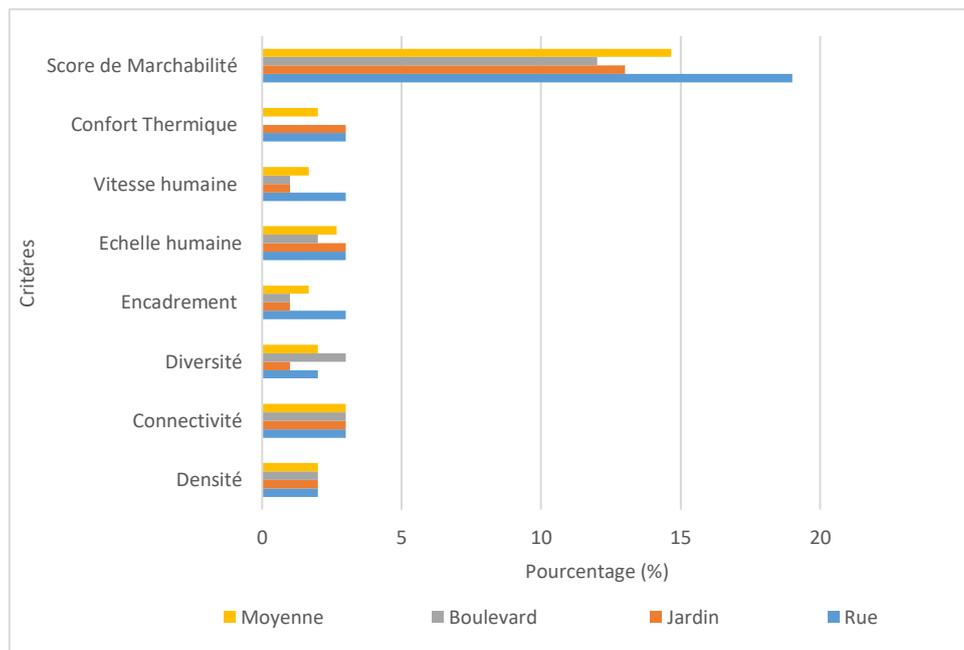
Pour la densité du bâti : une valeur moyenne estimée par 42 % a été obtenue pour l'échantillon étudié, cette valeur est due principalement à l'importante d'occupation des masses physiques combinées par des dimensions horizontales considérables, ce qui explique le moyen score de (2/3).

A propos de la diversité et la connectivité des réseaux ; la majorité des espaces sont notés par de forts scores de diversité et de connectivité , en effet, ces espaces proposeraient des environnements favorables à la marche, en raison de la forte connectivité des réseaux permettant de choisir le trajet le plus court possible pour arriver à la destination voulue, mais également en raison de leur mixité fonctionnelle, minimisant les distances à parcourir et en maximisant les actions de déplacements actifs.

En termes d'encadrement, la majorité des espaces sont marqué par le manque ou la rareté de toutes sortes de barrières visuelles, sauf la rue qui est visuellement encadrée par des barrières d'ordre physique (bâtiment) permettant de favoriser la marche à pied.

L'échelle humaine est pourtant un des points clés pour favoriser la marchabilité (Ewing et al., 2006), pour ce critère, les espaces étudiés sont remarquables par des faibles scores (entre 2/6 et 3/6) , cela est dû essentiellement aux faibles rapports (H/L) notamment pour le boulevard et le jardin (0,10 pour le jardin ,0,16 pour le boulevard) , ces espaces sont fortement ouverts au ciel et plus larges, il est important de renforcer la présence des rangées d'arbres qui permet de compenser les proportions de ces espaces et les rendre légèrement correspondant à l'échelle humaine. En revanche, la proportion de la largeur de la rue et la hauteur des maisons (rapport H/L= 0,6) participent à donner l'impression du respect d'échelle humaine qui procure une sensation de confort.

Au sujet de la vitesse de marche et de confort thermique, la rue orientée (Nord-Sud) affiche le plus fort score de vitesse humaine et de confort thermique (3/3), cela peut-être dû à sa localisation entre deux lignes de bâtiments ayant des profils variés avec un rapport (H/L) de 0,60, cette disposition spatiale participe à créer un espace totalement protégé et qui n’oblige pas à augmenter la vitesse de la marche, en plus , la valeur moyenne de l’indice PET relevée dans cet espace est compris dans la zone de confort . En revanche, les faibles rapports (H/L) du jardin et de boulevard participe à créer des zones torrides et partiellement ensoleillées, ce qui augmente de façon significative la vitesse de la marche dans les endroits ensoleillés , d’autre part les valeurs moyennes de l’indice PET relevées dans le boulevard et jardin sont supérieures de à la limite de la zone de confort 32°C, ce qui explique le score nul de confort thermique de cet espaces.



Graphique (VII.7) : Comparaison des scores obtenus pour les espaces de tissu Auto-construit.

Source : Auteur, 2017

Tableau (VII.2) : Synthèse des audits de marchabilité des espaces étudiés dans le tissu Auto-construit. **Source :** Auteur, 2017

Lieu	Densité	Connectivité	Diversité	Encadrement	Echelle humaine	Vitesse humaine	Confort thermique	Score de Marchabilité
Rue	2/3	3/3	2/3	3/3	3/6	3/3	3/3	19/24
Jardin	2/3	3/3	1/3	1/3	3/6	1/3	0/3	11/24
Boulevard	2/3	3/3	3/3	1/3	2/6	1/3	0/3	12/24
moyenne	2/3	3/3	3/3	1,6/3	2,6/6	1,6/3	1/3	14,66/24

VII.1.3.3 ZHUNS

La lecture de graphe et de tableau ci-dessous montre de faibles scores de marchabilité pour les espaces situés aux ZHUNS , cela est dû essentiellement aux faibles scores des critères étudiés, pour la densité de bâti, un faible score d'ordre de (1/3) a été relevé pour ce tissu, en effet, l'habitat collectif présente une valeur de densité faible estimée par 35,54 %, cette valeur est due essentiellement à l'absence d'élément bâti et la forme urbaine fragmentée issue de la pensée fonctionnaliste qui offre une organisation ouverte et aérée.

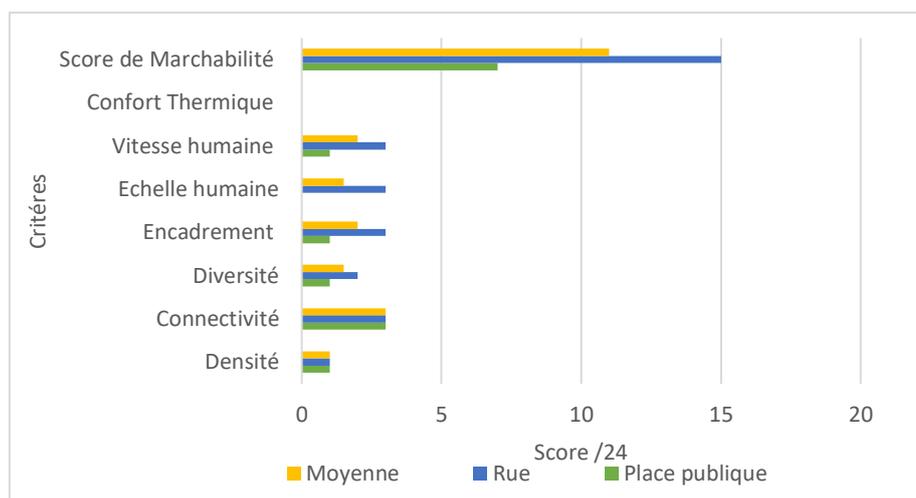
Concernant la connectivité des espaces, la place publique et la rue entre deux blocs enregistrent des forts scores de connectivité (3/3), pour la place publique, en raison de sa position au centre des bâtiments, ce qui confère une accessibilité au piéton par le choix de plusieurs voies alternatives.

Concernant la diversité, une occupation du sol peu mixte a été notée pour les deux espaces, en effet, ces espaces sont entourés par des bâtiments collectifs, le RDC est majoritairement occupé par les commerces ce qui permet aux individus d'élargir leur territoire d'habitation, et contribue aux marcheurs de satisfaire leur besoins.

A propos d'encadrement, on a pu constater que la rue est un espace visuellement encadrée par deux barrières d'ordre physique (bloc), par contre, la place publique apparaît comme un vide subsistant entre le bâti, sa faible dimension horizontale affecte négativement la sensation d'encadrement, ce qui explique son faible score d'encadrement (1/3). De plus, il est clairement apparent que les proportions de la place publique a un effet négatif sur l'échelle humaine, où la taille des bâtiments qui l'entourent ne correspond pas à l'échelle humaine.

Du point de vue de vitesse de marche, le fort score (3/3) a été noté dans la rue qui est totalement ombragée pendant le matin, un faible score de (0/3) a été enregistré dans la place publique, cela peut être exprimé par sa forte exposition aux rayonnements, ce qui affecte négativement la sensation thermique des marcheurs et par conséquent leur vitesse de marche.

Concernant le confort thermique, la valeur moyenne de l'indice PET de la population interrogée dans la place publique et la rue à 8h00 dépasse la limite supérieure de la zone de confort (32°C).



Graph (VII.8) : Comparaison des scores obtenus pour les espaces aux ZUHNS.

Source : Auteur, 2017

Tableau (VII.3) : Synthèse des audits de marchabilité des espaces étudiés dans les ZHUN.

Source : Auteur, 2017

Lieu	Densité	Connectivité	Diversité	Encadrement	Echelle humaine	Vitesse humaine	Confort thermique	Score de Marchabilité
Place	1/3	3/3	1/3	1/3	0/6	1/3	0/3	07/24
Rue	1/3	3/3	2/3	3/3	3/6	3/3	0/3	15/24
moyenne	1/3	3/3	1,5/3	2/3	1.5/6	2/3	0/3	11/24

VII.1.2 Quels critères sont à améliorer pour augmenter le score total de marchabilité ?

Grace aux résultats de l'approche sensible et de l'audit de marchabilité effectués sur tous les espaces étudiés, on a pu prendre connaissance des défauts et de qualité de chaque espèce étudié. Au regard de Tableau (VII.4), on remarque que plus on s'éloigne de l'ancien noyau de Sidi Okba plus les scores de "marchabilité" diminuent et vice-versa. Le faible score de marche (11/24) a été noté dans le tissu ZHUN, alors que ce maximal d'ordre de (21,67/24) a été noté dans le tissu traditionnel, le tissu Auto-construit enregistre un score de 14,46/24 ces valeurs sont logiquement en lien avec les ambiances relevées dans la première démarche (Dérive photographique).

Le tableau (VII.4) présente les scores de chaque critère étudié pour tous les espaces analysés, les scores en rouge qui n'obtiennent pas la moyenne sont les plus mauvais scores que l'on puisse trouver.

La lecture du tableau fait montrer que tous les espaces situés dans la vieille ville de Sidi Okba ont des niveaux de potentiel piétonnier élevés ; un score d'ordre de (23/24) a été relevé dans la rue entre deux jardins, un score moins important de (21/24) a été relevé respectivement dans la ruelle et la rue, l'expérience spatiale a révélée quelques qualités potentielles au sein de ces espaces intimes et naturels , notamment, le respect d'encadrement et d'échelle humaine , selon Reid Ewing et Susan Handy ; la marche permet un déplacement à pied dans un espace qui demeure à la taille humaine où il est possible de se mouvoir par le biais du corps (Miaux, 2009). Dans ces espaces, la palmeraie vient jouer le rôle d'un véritable outil de fabrication des ambiances pour la marche, elle contribue à rendre le passage facile et le séjour agréable notamment le matin.

En termes du confort thermique, le fort score de (3/3) qui est noté dans ce tissu est due à la forte densité du bâti insérée par rapport à une grande surface verte influe indirectement sur l'humidité, par son action sur les températures de l'air, ainsi que sur l'intensification des apports des activités anthropiques en vapeur d'eau. Alors que la masse végétale influe par son pouvoir évapotranspiratif (Hamelle, 2006) ce qui influe positivement sur la perception thermique des gens pendant la marche. Du point de vue de mixité fonctionnelle , cette densité serait rien sans une certaine mixité des occupations du sol, en effet, la majorité des espaces de l'ancien noyau ont de faibles scores de diversité, pour remédier à ce problème, ces espaces doivent être présents dans une certaine mixité des occupations du sol pour assurer au piéton la possibilité de pouvoir satisfaire la plus grande partie de ses besoins à pied.

Pour le tissu Auto-construit, les résultats montrent que tous les espaces sont relativement connectés avec deux ou trois directions possibles. De plus, ils sont animés par la présence de nombreuses fonctions diverses (habitat, commerces, service ...), selon Lefebvre (1968) les commerces de proximité deviennent un prétexte pour rassembler les gens, il s'agit d'un terrain de rencontres, ces deux critères positifs font de tissu Auto construit un lieu qui possède les qualités principales pour être marchable.

Pour les espaces situés aux ZHUNS (Rue, Place publique) ces derniers disposent d'une faible densité et mixité des fonctions même s'il est certain que la fonction résidentielle est prédominante.

L'étude de "marchabilité" a néanmoins révélé de faibles scores en matière d'encadrement, d'échelle humaine de confort et de vitesse humaine pour les espaces suivants : (Jardin,

Boulevard, Rue, Place publique). Afin de résoudre le problème de la proportion qui ne se prête plus à l'échelle du marcheur dans ces espaces, la hauteur des bâtiments, de même que la largeur des espaces, devraient être pensées en conséquence pour créer un environnement bâti qui favorise l'appropriation de l'espace public de multiples façons par les résidents (Appleyard, 1981), dans cette optique, l'insertion des rangées d'arbres est à prévoir, selon Carmona et al., 2003 lorsque l'espace public est plus large, d'autres éléments peuvent compenser, comme la présence des rangées d'arbres. De plus, les arbres apportent une certaine fraîcheur dans les espaces puisqu'ils donnent de l'ombre et une évaporation lors de l'arrosage ce qui influe positivement sur la sensation thermique des piétons et leur vitesse de marche.

Tableau (VII.4) : Résultats des audits de "marchabilité".

Source : Auteur, 2017

Lieu	Densité	Connectivité	Diversité	Encadrement	Echelle humaine	Vitesse humaine	Confort thermique	Score de Marchabilité
Rue	3/3	3/3	1/3	3/3	5/6	3/3	3/3	21/24
Ruelle	3/3	1/3	1/3	3/3	3/6	3/3	3/3	17/24
Rue edj	3/3	3/3	2/3	3/3	6/6	3/3	3/3	23/24
Rue	2/3	3/3	2/3	3/3	3/6	3/3	3/3	19/24
Jardin	2/3	3/3	1/3	1/3	2/6	1/3	0/3	13/24
Boulevard	2/3	3/3	3/3	1/3	2/6	1/3	0/3	12/24
Place	1/3	3/3	1/3	1/3	0/6	1/3	0/3	07/24
Rue	1/3	3/3	2/3	3/3	3/6	3/3	0/3	15/24

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté l'ensemble des résultats issus de l'analyse de marchabilité dans la ville de Sidi Okba, les résultats sont obtenus grâce à l'application de différents outils et méthodes. La technique du questionnaire permet d'évaluer précisément les espaces étudiés du point de vue de ceux qui s'y déplacent, d'identifier les manques et d'attribuer une appréciation sur les raisons qui font choisir ou ne pas choisir de se déplacer à pied en période estivale, il permet aussi de ressortir la relation indissociable entre la décision de marche et la dimension de la temporalité, comme nous l'avons mentionné précédemment, la dimension temporelle par sa relation avec la dimension climatique supposent des changements de l'activité physique, nous avons constaté que les moments de la journée ne sont pas chargés des mêmes conditions microclimatiques, et que le matin à 8H00 est considéré comme le moment le plus propice à la marche, cela est dû essentiellement au haut niveau de fraîcheur ressentie par la majorité de la population interrogée.

En termes de perception piétonnière , les résultats montrent que la sensation thermique forme plus l'ambiance de toutes environnements traversés, même si le lieu semble propre, calme, clair et bien aménagé, pour qu'on s'y attarde pour discuter ou de se contenter d'y passer, la recherche de toutes sources de rafraîchissement d'air (végétation ou autre source d'ombre) reste la préoccupation majeure d'un marcheur pendant la période estivale . Nous pouvons par ailleurs constater que la marche dans cette période est la plupart du temps entendue au sens de déplacement utilitaires et pas de promenade, cela peut être exprimé par la grande chaleur de l'environnement extérieur en combinaison avec le mauvais traitement des espaces dévolus aux activités de loisirs (manque partiel ou total des sources de rafraîchissement d'air, de mobilier urbains... etc.) cela constitue sans doute les freins les plus importants à la pratique de toutes activités de loisirs. En plus, les sujets sont particulièrement sensibles au critère d'ensoleillement qu'il décrit comme gêne dans sa dimension sociale, ce critère affecte négativement la vitesse de marche, en effet, un piéton voulant passer du point X au point Y devra probablement passer par différents espaces ensoleillés , ce qui impose soit des changements de rythme au piéton qui va parfois faire des détours uniquement pour emprunter des espaces plus ombragés et propice à la marche, soit de marcher rapidement dans ces espaces, pour cette raison, une attention particulière devra systématiquement être accordée à la végétation et l'implantation des arbres visant à la fois à requalifier l'espace public, à garantir une protection contre le soleil et encourager la marche à pied dans les espaces publics.

Concernant l'approche sensible personnelle, la technique de dérive photographique m'a permis d'évaluer l'atmosphère matérielle des différents lieux sous le prisme de dimensions sensibles. Pendant la balade, on a le sentiment que l'ambiance est dictée par les conditions microclimatique et la matérialité de chaque espace, nous avons constaté qu'il y avait de nombreuses ambiances que nous percevions. On peut conclure l'ensemble de ces ambiances perçus pour chaque type de tissu comme suit :

- **Tissu Traditionnel :** l'ambiance est calme et la tranquillité qui se dégage de ses espaces lui confère un statut confortable et propice à la marche, ainsi la forme non rectiligne de ses lignes en combinaison avec la présence de l'eau et de la végétation lui confère une impression d'intimité, de curiosité et de fraîcheur. En plus, la rationalité de ses espaces donne l'impression d'encadrement et de respect de l'échelle humaine.

- **Tissu Auto construit** : ou' le trafic est important, c'est l'automobiliste qui représente la très grande majorité des gens qui circulent dans ces espaces, ce qui provoque chez nous l'impression de mouvement et de danger. Néanmoins, la présence de commerces qui contribue à nous donner l'envie de s'attarder pour regarder les magazines rend l'ambiance plus attractive, mais la forte densité de trafic en combinaison avec l'augmentation de la température d'air nous laisse procurer une sensation d'inconfort thermique.
- **ZHUN** : ses espaces sont souvent définis par des pleins qui les circonscrivent (bâtiments collectifs), la faible animation de ces espaces fait montrer qu'ils ont perdu une partie de leurs dimensions publiques d'échanges et de rencontres, du essentiellement au manque totale d'aménagement, ce qui provoque l'impression de zones « mortes » et donc désagréables pour la pratique de marche , en plus les proportions irrationnelles entre ces lignes horizontale et verticale engendrent une sensation qu'on a hors échelle humain.

Finalement, cette approche de terrain prend en compte plusieurs modalités sensorielles met en évidence la valeur de vide urbain, qui était souvent négligeable dans le processus conceptuel des urbanistes. Actuellement , l'enjeu majeur que représentent les tissus modernes , le souci croissant accordé à la qualité du cadre bâtie, et la préoccupation grandissante de l'efficacité fonctionnelle , dans cette optique , l'espace public a été traité selon une perspective physique qui s'intéresse à la construction matérielle du cadre bâti, il n'est pas traité du point de vue de ceux qui s'y déplacent. Pour remédier à cette situation, il est important de mettre les éléments constitutifs de l'espace public (matériels et sociaux) dans le centre de la préoccupation des urbanistes, générer des vues, varier les perspectives, traité le bien être de citadin et approcher l'environnement en terme de confort thermique, de l'animation, d'encadrement et de l'échelle humaine, sont tous des facteurs que l'on oublie trop souvent.

L'évaluation au moyen d'une grille d'observation objective (Audit de marchabilité) m'a permis d'objectiver mes propos et d'établir un diagnostic critique des espaces afin de favoriser concrètement les conditions de marche pendant la période estivale. L'ensemble des constatations prouvent que les espaces de tissu traditionnel ont tous les potentiels pour être des lieux marchables. Cette approche permet également de mettre l'accent sur les critères qui se retrouvent dans le rouge, il était donc intéressant de voir, après le relevé des points forts et

des défauts de chaque espace, quel type d'intervention urbain met en place sur chaque espace, toute intervention, doit maintenant composer avec la rénovation et la requalification d'un ou de plusieurs paramètres physique, par exemple, il sera nécessaire de travailler sur le critère de fonctions urbaines dans le tissu traditionnel, en effet, ce tissu est mal desservi en ce qui concerne les commerces, et les services permettent au marcheur la possibilité de pouvoir satisfaire la plus grande partie de ses besoins à pied, tandis que les espaces situent aux ZHUN ou tissu Auto-construit devront faire l'objet d'un travail sur la densité de bâtie, l'encadrement, l'échelle humaine et le confort thermique. Afin de résoudre les problèmes d'encadrement et d'échelle humaine, il est important de régler les proportions de la largeur des espaces publics et la hauteur des maisons par l'addition des rangs des arbres tout au long de ces espaces, cette stratégie participe à donner un encadrement idéal, qui procure une sensation de confort dans une échelle favorable aux marcheurs. Du point de vue de confort thermique et de vitesse humaine, il est important d'intégrer plusieurs solutions afin de bloquer le rayonnement solaire direct, ces solutions peuvent être : des arcades, des pergolas avec de la végétation des auvents ... etc. Généralement la prise en compte de la dimension piétonne doit intégrer dans la conception des espaces urbains.

Conclusion générale

Conclusion générale

Le confort thermique et la marchabilité des espaces publics dépendent, en partie des variations de paramètres climatiques, ces variations sont largement influencées par différents caractéristiques morphologiques. La présente recherche avait pour objectif d'analyser l'interaction entre Morphologie urbaine, confort thermique et marchabilité dans les espaces publics extérieurs, sa préoccupation principale est d'identifier les critères psychique et physique qui doivent être intégrés dans le processus de conception des futurs projets urbains.

Ce présent travail a été divisé en deux parties, la première partie présente le cadre théorique de la recherche, avec une promenade théorique sur les différents concepts liés au thème de recherche, elle a été développée en deux chapitres. La deuxième partie de cette recherche présente le cadre méthodologique et l'analyse des résultats obtenus, Cette partie a été développée en Cinq chapitres.

Le premier chapitre de volet théorique a traité l'interaction entre Morphologie urbaine, Microclimat et Confort thermique, la lecture bibliographique sert également à comprendre la notion du climat, ses différents types, ces différentes échelles d'évaluation, et les modifications engendrées sur le bilan énergétique de la ville. Ensuite après avoir dressé un inventaire des connaissances relatives au phénomène climatique, ses causes principales, et ses conséquences sur le confort thermique. En effet, la morphologie urbaine influe considérablement sur les phénomènes thermique et aéraulique urbains, cette influence est intimement reliée au rapport entre bâtie et non bâti, à la géométrie des rues, à l'orientation, au niveau de densité végétale, et à la réflectivité des surfaces urbaines.

Le niveau de confort thermique perçu au sein des espaces publics présente un intérêt majeur et contribue à une bonne qualité de vie en milieu urbain, la troisième partie de ce chapitre a consisté en une approche théorique sur la notion du confort thermique dans les espaces extérieurs, cette partie a rassemblé aussi une série d'études expérimentales récentes effectuées

par des chercheurs concernant l'interaction entre les paramètres morphologique et le changement des indices de confort dans les régions chaudes et arides.

Le deuxième chapitre de la partie théorique a consisté en une approche théorique sur la notion du Marchabilité et ses interactions avec la notion de morphologie urbaine, ce chapitre sert à mieux comprendre le lien qui existe entre la morphologie urbaine et la pratique de la marche. Plus précisément, comprendre de quelle manière les paramètres physiques définissant la morphologie générale de la ville peuvent influencer la façon de marcher et de percevoir une ambiance dans les espaces extérieurs.

En poursuivant l'état de l'art du concept de Marchabilité, on a pu constater que malgré les nombreuses études relatives à l'espace piétonnier dans le monde entier, aucune étude porte sur des villes de climat chaud et aride, c'est dans ce contexte que j'ai voulu orienter ce travail de recherche vers une expérience de la pratique de marche dans la ville chaude et aride de Sidi Okba, puisque ceci apparaît rare dans la littérature.

Le chapitre discute tout d'abord sur les différentes caractéristiques du concept de Marchabilité tout en mettant en évidence les potentialités des déplacements à pied dans une perspective de développement durable. Ensuite, il aborde les paramètres de l'environnement construit susceptibles d'avoir un impact sur le comportement de marche au quotidien. Il se termine par une discussion approfondie concernant les outils et méthodes les plus courants dans le domaine de Marchabilité. L'objectif de ce chapitre est double : il cherche d'une part à mettre en évidence l'existence du lien entre l'environnement construit et le comportement de la marche dans une perspective d'activité physique et, d'autre part, à identifier les facteurs morphologiques en milieu urbain influençant l'activité physique.

On a pu distinguer deux grandes familles des critères ayant une incidence sur l'activité de la marche, ceux en relation avec la subjectivité des gens (approche qualitative), et d'autres en relation avec la morphologie et les éléments physiques du microclimat (approche quantitative), chaque famille de critères a sa propre méthode d'évaluation, ce chapitre discute en détail la méthode développée par l'urbaniste Jean-Paul Thibaud, « *la marche à l'épreuve de l'enquête* », et qui consiste à expérimenter des situations d'enquêtes en mobilisant son propre corps. Cette méthode sert à évaluer le volet subjectif de ce travail, elle permet de relever les ambiances différentes rencontrées dans l'espace urbain, en passant par la photographie et le dessin. Il s'agit de comprendre le rapport entre le sensible et l'espace (Bastin, 2014).

La seconde méthode développée par l'urbaniste américain Reid Ewing, et mentionnée dans son livre "*Measure of Urban Design Qualifies*", l'auteur a développé des critères objectifs de l'environnement physique permettent de chiffrer la perception, et d'évaluer quantitativement l'environnement urbain et de chiffrer la perception des gens, il utilise comme outil un audit de marchabilité.

L'analyse bibliographique constitue un support pour l'étude expérimentale, tente de définir un ensemble de variables déterminantes caractérisant la morphologie de la ville, et ayant un double impact d'une part sur le confort thermique et d'autre part sur la Marchabilité, ces variables sont : la densité de bâtie, le rapport (H/L), la densité végétale, la mixité fonctionnelle, la connectivité des réseaux, le respect de l'échelle humaine et l'encadrement idéal des espaces.

L'application de cette étude porte sur le cas de la ville de Sidi Okba, l'analyse typologique de tissus urbains caractérisant cette ville a permis de distinguer les formes les plus représentatives. Il est nettement apparu que Sidi Okba au cours de l'histoire offre une diversité formelle en matière de morphologie urbaine, chaque étape historique est définie par des caractéristiques morphologiques et architecturales bien remarquées, généralement, trois principales formes distinctes ont été identifiées, ces dernières présentent des niveaux de densité différents, le tissu traditionnel (Ancien noyau de Sidi Okba) de la période précoloniale est caractérisé par une densité de bâtie considérable de 86,70 %. Un tissu de l'époque coloniale, relativement moins dense, le tissu Auto construit de la période contemporaine caractérisé par une densité de 47 %, un tissu moderne issu de la pensée fonctionnalisme (ZHUN) caractérisé par une faible densité de 35,54 %. Par ailleurs, l'étude climatique de la ville de Sidi Okba permet d'identifier le rôle qu'a joué la morphologie dans l'accentuation de ces conditions climatiques : des températures élevées, un rayonnement solaire intense, des vents chauds, et des pluies rares.

L'analyse climatique de cette ville permet d'identifier la période d'inconfort, on a pu observer que la période la plus défavorable en termes de conditions climatiques, pendant cette période, nous avons évoqué les conséquences de la transformation morphologique des tissus urbains sur le niveau de confort thermique et de Marchabilité.

La mise en exergue des relations entre les Morphologie urbaine , Confort thermique et Marchabilité, était possible par l'application d'une démarche méthodologique adaptée à la nature multidisciplinaire et complexe de sujet de recherche.

En premier lieu, la relation entre Morphologie urbaine / Microclimat et Confort thermique a été analysée via trois approches, la première est une approche quantitative basée sur l'interprétation des résultats recueillis des campagnes de mesure, menées en des journées représentatives de la saison d'été (Juillet), cette expérimentation a mis en évidence l'effet de la morphologie des tissus urbains sur le microclimat, en donnant des grandeurs aux modifications microclimatiques issues par des tissus urbains de morphologie variées.

La deuxième approche basée sur l'exploitation des résultats des enquêtes in situ, cette approche vise à déterminer l'état thermique du corps humain ainsi que les préférences en termes d'ensoleillement et de vent, en plus, cette approche conçoit le confort thermique comme un processus adaptatif autorégulateur faisant intervenir les deux actions d'habillement et d'activité physique, ces deux actions sont variées en fonction du temps et de conditions climatologiques.

Relative à l'approche numérique qui se base sur l'utilisation du programme tridimensionnel ENV-imet 04, cette approche confirme la capacité des indices issus de l'approche analytique à représenter la situation réelle de confort thermique. En effet, les modèles adaptatifs permettent des résultats très proches des mesures, les valeurs de l'indice PMV issus de la simulation surestiment le niveau d'inconfort mais sans dépasser une différence de 15 % en comparaison avec les votes de sensation thermique déclarés par les sujets dans la majorité des espaces étudiés. Cet outil sert aussi à définir la zone de confort thermique pour l'indice PET pendant la période estivale. Relative aux résultats obtenus, on peut subdiviser l'ensemble des résultats en trois chapitres, le premier contient les résultats de l'approche climatique, le deuxième chapitre rassemble les résultats de l'étude de confort thermique, le troisième chapitre inclut les résultats de l'étude de marchabilité au sein de huit espaces étudiés.

Concernant l'étude climatique, on a pu conclure que le climat est un phénomène varié en termes de temps et de lieu. Concernant l'aspect temporel, dans les trois tissus étudiés on trouve que le matin est le moment le plus frais, en ce moment de la journée, la majorité des espaces étudiés sont totalement ou partiellement ombragés, nous avons enregistré de faibles valeurs de température d'air et de fortes valeurs d'humidité relative. En revanche, l'après-midi et à midi sont les moments les plus défavorables en termes de contrôle climatique, durant ces deux moments de la journée la plus part des espaces étudiés sont totalement ensoleillés ce qui influe négativement les valeurs de température d'air, TMR et d'humidité relative.

Concernant l'aspect de lieu, le constat fait par la comparaison des résultats, fait paraître un effet thermique urbain, ce phénomène confirme qu'en été le climat de Sidi Okba est plus chaud que son environnement immédiat (station météorologique), l'effet thermique urbaine est varié en fonction des caractéristiques morphologique de chaque tissu étudié, notamment la densité de bâtie, la végétation, et le rapport (H/L), il existe en fait une relation proportionnelle entre les valeurs des températures moyenne d'air et radiante et les paramètres morphologiques étudiés, autrement dit, plus la densité de bâtie, la densité végétale et le rapport (H/L) augmentent plus les valeurs de température d'air et radiante augmentent aussi et vice-versa.

En termes de réduction de l'effet thermique urbain, on trouve que le tissu traditionnel présente le cas le plus optimal, en effet, ce dernier caractérisé par une densité de bâtie élevé en combinaison par une parfait insertion dans l'oasis et une géométrie compacte, ces caractéristiques conduisent à de plus faibles valeurs de température d'air. En revanche, la morphologie de quartier 300 logements et lotissement qui se caractérise par une faible présence de végétation et une géométrie ouverte, enregistre des valeurs considérables de température d'air et radiante.

Pour l'humidité relative, on trouve généralement que les espaces sont plus denses et parfaitement insérés dans la végétation (rue entre deux jardins, la ruelle, jardin), ont des taux d'humidité relativement importants en comparaison aux autres espaces, en termes d'apport hydrique, il s'agit donc de cas de tissu traditionnel qui présente le cas le plus optimal, en effet l'effet combiné de la densité de bâtie et la densité végétale (évapotranspiration et ombrage) affecte positivement sur les températures d'air et par conséquent sur l'humidité relative.

L'outil numérique d'ENVI-met 04 a permis de calculer le rayonnement solaire direct par ciel clair à l'aide de projections des ombres, les résultats ont montré que la densité de bâtie a un impact sur l'ouverture de l'espace vers le ciel, le champ de vision est plus faible pour les espaces de tissu traditionnel que pour les autres tissus, l'implantation des bâtiments d'une manière dense et l'insertion parfaite des systèmes bâties dans la végétation diminue considérablement l'ouverture de l'ensemble du projet vers la voûte céleste, ce qui empêche le rayonnement direct d'atteindre la surface au sol et de le chauffer notamment entre 12 H:00 et 16 H:00.

La vitesse d'air est un autre paramètre climatique qui exprime la rugosité d'un tissu (densité verticale), en effet, les résultats montrent que ce paramètre dépend du niveau de densité de la

géométrie et de présence de végétation, le vent est faible dans les espaces de l'ancien noyau, où la végétation et les éléments physique de cadre bâtie constituent des brises vent. De plus, le fait des contrastes thermiques entre espaces ombrés et autres ensoleillés, ou' la masse d'air se mettent en mouvement à partir des zones fraîches de haute pression, vers les zones chaudes de basse pression (Hamel, 2005) est une solution judicieuse pour le traitement de l'écoulement d'air dans les zones chaudes et arides.

A partir de ces résultats, on peut déduire alors que la haute densité de bâtie, le fort rapport (H/L) et la présence considérable de la végétation sont plus favorables pour l'atténuation des effets négatifs de celui-ci sur le microclimat des espaces publics. Dans une ville appartenant aux régions arides à climat chaud et sec, le tissu traditionnel présente le type le plus optimal.

Concernant l'étude de confort thermique, l'objectif est de démontrer la dynamique de la sensation thermique à travers les multiples interactions entre le marcheur et son environnement extérieur, il permet de conclure que le confort thermique est une sensation qui fait intervenir des facteurs physiques, psychologiques dépend du côté subjectif des piétons ainsi que l'aspect objectif de l'environnement immédiat. Les résultats montrent aussi qu'en été les conditions thermiques des différents espaces extérieurs varient considérablement en fonction de l'accès au rayonnement solaire, il a été remarqué que le tissu traditionnel présente les meilleurs résultats du point de vue de sensation thermique que les autres tissus, dû à l'effet d'ombre engendré par la forte densité de bâtie et la présence considérable de la végétation. En revanche, la conception urbaine dans le tissu Auto-construit et ZHUN devait inclure des espaces bien ombragés pour les piétons afin de les protéger en été. En outre, cette étude a révélé que la zone de confort d'été et les limites d'acceptabilité de l'indice PET atteignaient 24 à 32 ° C pour le climat chaud et aride du Sidi Okba, il s'agit là d'une information nécessaire pour les urbanistes qui souhaitent atteindre une conception urbaine respectueuse du climat. A l'échelle temporelle, les sensations comprises dans la zone de confort sont plus ressenties dans le matin à 8H00, pendant laquelle la plus part des participants ont voté acceptable l'ambiance thermique.

Pour l'approche adaptative, on a trouvé qu'une modification des conditions climatiques se produit et provoque de l'inconfort, conduisant les personnes à entreprendre des actions visant à rétablir leur confort, en termes de vêtu, les résultats de questionnaire affirment l'importance de l'ajustement de la vêtue comme action adaptative face aux variations climatiques extérieures, 98% des sujets adaptent leurs vêtues en fonction des températures d'air qu'ils

prévoient à l'extérieur. En termes d'activité physique, l'observation in situ confirme que toute activité physique provoque un désagrément qui amènera les sujets à réduire leurs activités physique pendant la canicule notamment à 12H00 et 16H00 (temps de sieste).

En termes des préférences thermiques des enquêtes, l'étude a démontré que les piétonnes préfèrent avoir plus d'ombrage dans les espaces ouverts situés notamment dans le quartier 300 logements, il est sage donc de prévoir une véritable trame d'ombre obtenue grâce à un quadrillage d'arbres plantés de part et d'autre de ces espaces où les rayons solaires directs doivent être filtrés par cette végétation. Pour le tissu traditionnel, plus de la moitié de la population intégrée trouvent que le mouvement de l'air est insatisfaisant et préfère avoir plus de mouvement d'air, cela est dû essentiellement à la forte densité de cadre bâtie qui fait le rôle d'un obstacle au vent.

Pour l'étude de marchabilité (chapitre VII) , le travail de recherche dans ce volet confirme les principes qui doivent guider la création des espaces animés et marchables. On est frappé de voir à plusieurs niveaux la confirmation de l'hypothèse de départ selon laquelle la morphologie urbaine et le cadre physique des espaces publics influencent l'activité physique sous forme de déplacement à pieds, la relation entre la morphologie urbaine et le comportement de marche a été démonté par une étude comparative des espaces de trois tissus se distinguant fortement selon leur degré de densité de bâtie, de mixité fonctionnelle , de connectivité , de végétation et de rapport (H/L). La remarque générale est que dans tous les espaces étudiés, peu importe leur position dans la mappe de Sidi Okba, les marcheurs qui utilisent l'espace urbain ont été de plus en plus négligés par les urbanistes , limitation d'espace verts, mauvais traitement de l'environnement physique , risque de réchauffement et conditions de vie généralement désagréables sont devenus des obstacles pour la pratique de marche, cette tendance n'a pas seulement restreint les possibilités de recourir à la marche comme moyen de déplacement , elle a également placé les fonctions sociales et culturelles de l'espace urbain en état de risque, et rendre l'espace public comme une ligne de liaison entre deux points, sans prendre en considération la fonction traditionnelle de celui-ci comme milieu de rencontre pour les citoyens.

Travailler sur la marche en ville c'est ainsi travailler sur un ensemble des marcheurs, dont les comportements varient constamment d'un espace à l'autre, d'un moment à l'autre. En termes de temporalité, les gens préfèrent de pratiquer leur activité de marche pendant le matin à 8H00, l'analyse de l'évaluation subjective des personnes montre que, la sensation thermique forme plus l'ambiance de tous environnements traversés, le besoin sensible qu'il s'agit de se

rafraichir en marchant à l'ombre par forte chaleur est la raison principale pour le choix de ce moment de la journée, la recherche de toutes sources de rafraîchissement d'air (végétation ou autre source d'ombre) reste la préoccupation majeure des marcheurs pendant l'été.

Concernant les raisons des sujets pour pratiquer la marche en période estivale, il semble que le déplacement pédestre de la plus parts des gens n'est qu'un moyen de se rendre à un endroit pour atteindre autre chose (marche utilitaire) , cela est dû essentiellement au manque de la mixité fonctionnelle ainsi que les mauvaises conditions physique et climatique des espaces publics, le véritable problème pour la ville de Sidi Okba réside principalement dans la qualité physique de ses espaces publics qu'elle doit maintenir et améliorer pour satisfaire ceux qui se déplacent à pied quotidiennement. Au plan physique, le manque de protection solaire et le mauvais aménagement des espaces publics permettent de rassurer les sujets quant à la marchabilité effective de ces endroits. De plus les hautes valeurs des températures d'air notamment pendant la canicule (entre 12H00 et 16H00) constituant un obstacle pour pratiquer la marche comme moyen de déplacement .

Concernant les critères qui gênent la vitesse normale de la marche, les résultats ont démontré qu'il y a des éléments qui pourraient être dissuasifs à la vitesse de la marche comme la densité de population, l'ensoleillement, et la qualité des chaussée, mais en été, la vitesse normale des marcheurs est fortement affectée par plusieurs facteurs environnementaux et sociaux , mais majoritairement, elle est en grand partie liée au stress thermique ressenti par les sujets et engendré par le forte ensoleillement, la majorité des sujets interrogés confirment que leur vitesse normale est affecté par le niveau d'ensoleillement , ce qui permet d'affirmer qu'un environnement ensoleillé va entraver l'émergence du sentiment d'inconfort thermique et par conséquent permet d'augmenter la vitesse des marcheurs .

L'approche de terrain qui se base sur la technique de dérive photographique prend en compte plusieurs modalités sensorielles mettant en évidence la valeur de vide urbain, qui était souvent négligeable dans le processus conceptuel des urbanistes. Cette approche a été effectuée pendant le matin, ce moment est le plus préférable pour la pratique de la marche pour la majorité des sujets interrogés. Cette approche permet d'exposer les affections personnelles de l'auteur par rapport aux ambiances immédiates de l'environnement urbain, on peut déduire que tous les espaces traversés sont caractérisés par différentes ambiances qui vont influencer les manières de marcher et favoriser ou non la marche, cette approche prend en compte le facteur sensible tel que la perception d'un marcheur, et reflété des ambiances liées à notre sensibilité et à notre

vécu mais qui restent compréhensibles par la majorité, l'expérience de la marche qui nous était confiée avait pour objectif de dégager nos perceptions qui s'appuient sur des éléments physiques mais également sur des éléments externes (température d'air, niveau sonore...etc.) et d'expliquer à quoi ils étaient dus.

Afin d'apporter un côté plus objectif à la perception, l'approche quantitative qui se base sur l'utilisation des Audits de marchabilité permet de caractériser le rapport entre les caractéristiques de l'environnement physique urbain et la "marchabilité" (échelle humaine, encadrement, confort thermique, échelle humaine... etc.), la mise en commun des résultats de cette approche avec l'approche sensible personnelle permettant de comprendre les causes pour lesquelles un espace est plus marchable qu'un autre, ainsi, cette approche permet d'évaluer la qualité physique de l'espace public et de voir quels critères sont à améliorer pour favoriser la pratique de la marche à certains espaces.

Les scores obtenus lors de cette analyse sont logiquement en relation avec les ambiances relevées dans la première marche, généralement, on trouve que plus on s'éloigne de l'ancien noyau de Sidi Okba, plus les scores de "marchabilité" diminuent, et vice-versa, les faibles scores de marche pour certains espaces s'expliquent en raison de faible connectivité des réseaux et le manque de mixité fonctionnelle, d'autres en raison de la négligence de la dimension de la marche à l'échelle du piéton (encadrement, échelle humaine,... etc.).

L'analyse à l'aide des audits permet également de dégager les critères qui se trouvent dans le rouge de chaque espace, si on veut optimiser la qualité de marche, cela permet d'agir quantitativement pour favoriser la marchabilité, pour les espaces des tissus traditionnels, il est important de travailler sur le critère de mixité fonctionnelle pour motiver les passants et les résidents à marcher dans ses espaces. Concernant les espaces situés dans le tissu Auto-construit et les ZHUNS, plusieurs critères sont en rouge comme le respect de la taille humaine, d'encadrement, le confort thermique et la vitesse humaine, ce n'est pas étonnant car ces espaces ne peuvent pas être considérés comme des espaces agréables pour la pratique de marche.

Généralement, le présent travail de recherche confirme à plusieurs niveaux l'hypothèse de base selon laquelle la morphologie urbaine par ces différents paramètres physiques influent le microclimat et par conséquent le confort thermique et l'activité physique sous forme de déplacement quotidiens, on est arrivé à conclure, que la morphologie urbaine avec une forte densité de bâtie, une forte connectivité des réseaux et une diversité fonctionnelle affectent

positivement l'envie d'utiliser la marche comme moyen de déplacement. En effet, la forte densité de bâti affecte positivement la perception des gens à un micro échelle, il permet de créer des milieux de vie respectueux de l'échelle humaine et d'encadrer harmonieusement l'espace public. En termes de confort thermique, la forte densité de bâti permet d'engendrer une géométrie compact, ce qui affecte positivement la sensation de confort thermique due à la faible pénétration du rayonnement solaire pendant le temps ensoleillé.

La forte densité de bâti doit être accompagnée aussi par une forte diversité fonctionnelle (hôpitaux, commerces, établissements scolaires, espaces de loisir...etc.) qui donnent au marcheur la possibilité de pouvoir satisfaire une grande partie de ses besoins à pied. La végétation est un autre paramètre clés dans la détermination de niveau de confort thermique et de Marchabilité, la lecture bibliographique dans ce sujet, montre que la végétation constitue un moyen de rafraîchissement : par évaporation et évapotranspiration, elles rafraîchissent l'air dans la journée. En termes de Marchabilité, la végétation est un facteur essentiel dans la conception de milieux de vie saine, confortable et respectueuse de l'environnement. Ils font ainsi partie des éléments essentiels pour rendre l'espace public plus respectueux de l'échelle humaine à travers la régulation des proportions des espaces publics.

A l'aide de l'évaluation subjective des personnes interrogées et l'approche sensible personnelle, nous avons confirmé la véracité de la deuxième hypothèse selon laquelle la sensation de confort thermique et le comportement en matière d'activité physique peuvent différer en fonction du contexte spatial et temporel. En effet, les résultats montrent que le matin à 8H00 est le moment le plus confortable pour la pratique de marche, en termes de lieux, le tissu traditionnel qui se caractérise par la réduction du réchauffement climatique due à l'effet de la densité et de l'insertion du bâti au sein de la palmeraie est le modèle le plus optimal en termes de confort thermique et d'activité physique.

Recommandations

A partir des résultats obtenus, il est impératif d'envisager un ensemble de recommandations dans le but de créer un guide linge pour les futurs projets urbains, nous avons recommandé de prendre en considération les points suivants :

- Face à l'extrême fragilité des villes à climat chaud et aride comme celle de Sidi Okba, les paramètres microclimatiques sont de prime importance du point de vue des activités physiques qui ont lieu sur les espaces publics, dans ce contexte, le contrôle climatique

peut être effectué à travers la réduction des températures d'air, l'augmentation de niveau d'ombre, d'humidité relative et conditions d'écoulement d'air, ces stratégies augmentent par un modèle urbain dense. En fait, un tissu urbain dense dont les espaces publics bien encadrés et possèdent des rapports (H/L) considérables permet d'un part la réduction du stockage calorifique et de l'absorption de chaleur par les surfaces urbains, d'autre part il permet d'encadrer harmonieusement l'espace public et créer la sensation de confort pendant la pratique de la marche. Donc on peut dire, qu'un tissu dense comme celui de l'ancien noyau de Sidi Okba a des effets positifs sur le climat urbain et l'activité physique notamment en période estivale, mais il est agréé que ces avantages sont renforcés par la présence de végétation, en effet, la végétation est un autre facteur principal à considérer dans la conception urbaine, l'implantation d'arbres pour un maximum d'ombre, la valeur de la surface végétalisée par habitant, devra être revue selon : le climat de la ville, la surface des espaces verts dans la ville, la relation entre cadre bâti et végétation, ainsi que la destination de ces espaces. D'autre part, la surface végétale urbaine doit être d'au moins 30% de la zone urbanisée, formant en quelque sorte une enveloppe urbaine (Izard, 1979) cité par (Hamel, 2005). Dont notre type de climat, il est impératif de favoriser l'existence des palmeraies, pour assurer des sources de rafraîchissement et d'ombrage.

- Cette étude permet également de définir les limites supérieures et inférieures de la zone de confort estivale pour l'indice PET, elle est variée entre 24°C et 32°C. Il s'agit d'une information nécessaire pour les urbanistes qui souhaitent d'attendre une conception urbaine respectueuse du climat. L'étude montre également l'impact des paramètres subjectifs tel que l'habillement et l'activité physique dans le processus d'adaptation climatique, on trouve que la plupart des gens (98%) choisissent leur vêtements en fonction des conditions climatiques extérieures, et pendant la canicule (entre 12H00 et 16H00) les hautes valeurs de températures d'air provoquent des situations d'inconfort thermique ce qui amènera les sujets de réduire ou d'annuler leurs activités physiques.
- cette recherche recommande d'utiliser le programme tridimensionnel le plus courant dans le domaine de la météorologie urbaine ENVI-met comme un outil préliminaire pour examiner au début l'influence des paramètres physiques sur le microclimat et le confort. En effet, ENVI-met s'est révélé être un outil fiable pour simuler différents scénarios urbains. Il est donc conseillé de l'utiliser dans tout processus de conception urbaine.

- En termes de marchabilité, la prise en compte de la dimension humaine dans le processus de conception des espaces publics est primordiale. Actuellement, l'enjeu majeur que représentent les tissus modernes, le souci croissant accordé à la qualité du cadre bâti, et la préoccupation grandissante de l'efficacité fonctionnelle, dans cette optique, l'espace public a été traité selon une perspective physique qui s'intéresse à la construction matérielle du cadre bâti, il n'est pas traité du point de vue de ceux qui s'y déplacent. Pour remédier à cette situation, il sera intéressant de mettre en évidence la dimension climatique qui rend la marche envisageable ou même souhaitable dans la création de projets futurs. Il est important aussi, de mettre les éléments constitutifs de l'espace public (matériels et sociaux) dans le centre de la préoccupation des urbanistes, générer des vues, varier les perspectives, diversifier et rapprocher les fonctions, traiter le bien-être de citadin et rapprocher l'environnement en terme de confort thermique, de l'animation, d'encadrement et de l'échelle humaine.

Les limites de recherche

Les difficultés rencontrées pendant la réalisation de la présente recherche sont les suivantes :

- La période d'étude ne tient pas en compte la période d'hiver. Il serait plus pertinent dans un climat comme celui de la ville de Sidi Okba d'intégrer les relevés d'hiver afin de permettre une comparaison plus exhaustive entre les différentes formes en termes de confort thermique et d'activité physique.
- L'étude d'impact entre morphologie urbaine, confort thermique et marchabilité dans cette recherche s'est focalisée sur l'étude de trois espaces dans chaque type de tissu urbain, il serait important d'élargir cette étude à l'ensemble des autres espaces génériques dans la ville de Sidi Okba afin de mieux comprendre le comportement de chaque forme en termes de confort thermique et de marchabilité.
- Pour les valeurs de la température moyenne radiante et le flux direct de rayonnement solaire, le recours à un outil numérique (ENVI-met 04) s'avère très important dû au manque des outils de mesure, ainsi que l'indisponibilité des valeurs référentielles sur la station météo.

Les axes futurs de la recherche

A travers cette recherche d'autres axes de recherche s'ouvrent :

- L'utilisation de l'outil numérique ENVI-met 04 pour créer d'autres scénarios urbains en fonction de la zone de confort obtenue dans cette recherche, afin d'atteindre le modèle optimal de chaque espace public en termes de confort thermique, cet outil peut constituer un outil d'aide à la décision pour la prise en compte des phénomènes climatiques dans les futurs projets d'aménagement urbains.
- Du point de vue de marchabilité, cette recherche ouvre aussi d'autres axes de recherches, comme l'intégration d'autres critères reliés à la marchabilité tels que (le critère de sécurité, de confort visuel et olfactive, critères culturels ... etc.), et l'utilisation d'autres approches méthodologiques comme l'approche numérique (Depthmap, MAPSA... etc.) afin de mieux analyser l'impact de l'environnement physique sur le comportement piétonnière dans les espaces publics.
- l'étude suggère de mener d'autres études similaires dans d'autres zones climatiques afin de mieux comprendre l'effet de l'environnement physique sur le confort thermique et le comportement piétonnier, sous différentes conditions climatiques.

Bibliographie

Bibliographie

Adolphe., L, (2001), *Modelling the link between built environment and urban climate: towards simplified indicators of the city environment*, Building Simulation, Proceedings of 1BPSA (International Building Performance Simulation Association), pp. 679-684. Agency, Office of Policy Analysis, Climate Change Division.

AIT-Ameur , K (2002), *Characterization of the microclimate in urban public spaces through the validation of a morpho-climatic indicator system*, *Design with the Environment*, Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture), pp. 305-311.

Ait-Ameur, K (2002). *Vers une méthode multicritère de caractérisation du microclimat dans les espaces publics urbains : Validation d'un système d'indicateurs "morphoclimatique" et d'un indicateur de confort*. Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de Nantes.

Ait-Ameur., K. (2002), *Vers une méthode multicritère de caractérisation du micro climat dans les espaces publics : validation d'un système d'indicateurs « morpho-climatiques » et d'un indicateur de confort* , thèse de doctorat, sciences pur l'ingénieur, université de Nantes, Nantes, p.288.

Akbari H., Davis S., Dorsano S., Huang J. and Winert S. (1992), *Cooling our Communities: guidebook on Tree Planting and Light Colored Surfacing* . US Environmental Protection

Al Jawabra, F and Nikolopoulou, M., (2009) , *Outdoor Thermal Comfort in the Hot Arid Climate, the effect of socio-economic background and cultural differences* , 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA, Quebec.

Al Jawabra.,F ,Nikolopoulou., M , (2009), *Outdoor Thermal Comfort in the Hot Arid Climate, the effect of socio-economic background and cultural differences* , 26th Conference on Passive and Low Energy Architecture PLEA, Quebec.

Alain, B. et François, D. (1984). *Méthode d'analyse morphologique des tissus urbains traditionnels*. Paris : Nations Unies pour l'éducation, la science et la culture (UNESCO).

Panerai, P. ; Langé, J. (2001). *"Formes urbaines, tissus urbains. Essai de bibliographie raisonnée"*, MELT-DGUHC, Centre de Documentation de l'Urbanisme.

Alain, B. Francois, D. (1984). *Méthode d'analyse morphologique des tissus urbains traditionnels*. Paris : Unesco.

Ali-Toudert F, Djenane M, Bensalem R, Mayer H (2005), *Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni- Isguen, Algeria*. Clim Res 28:243–256.

Ali-Toudert, F , Mayer, H. (2007). *Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation on thermal comfort in urban street canyons*. Solar Energy, 81(6):742 – 754. 2006.

Johansson, E. (2006). *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco*, Building and Environment, 41(10), 1326–1338.

Alkama ., D. (1995), *Analyses typologiques de l'habitat, cas de Biskra*, thèse de magister, institut d'architecture, centre universitaire de Biskra.

Appleyard., Donald (1981), *Livable streets*. Berkeley:University of California Press. 364 p.

Asaeda., T. (1993), *The subsurface transport of heat and moisture and its effect on the environment: a numerical model*. Boundary layer meteorology, 65:159–179.

Athamena, Kh. (2012). *Modélisation et simulation des microclimats urbains : étude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs (Cas des éco-quartiers)*. Thèse de doctorat : ambiances architecturales et urbaines .Nantes : Ecole Centrale de Nantes, France.

Augoyard ., J. (2001), *L'espace urbain en méthodes*. Editions Parenthèses, Marseille : pp. 173-196.

Bachiri., N. (2006), *Étalement urbain et mobilité quotidienne d'adolescentes et d'adolescents de secteurs rurbains de la communauté métropolitaine de Québec*. Québec, École d'architecture, Université Laval, mémoire de maîtrise.

Belakehal., A. (2003), *naissance de l'agglomération de Sidi Okba en Algérie et les premières phases de son urbanisation* , Al-Madina Al-Arabiya, N° 113, mars-avril, pp.43-56.

Bouchahm Y., Fatiha B., and Bouketta S. (2012) , *Numerical simulation of effect of urban geometry layouts on wind and natural ventilation under Mediterranean climate*, The sixth International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design ASCAAD.

Bouchahm Y., Fatiha B., and Bouketta S. (2012) , *Numerical simulation of effect of urban geometry layouts on wind and natural ventilation under Mediterranean climate* , The sixth International Conference of the Arab Society for Computer Aided Architectural Design ASCAAD.

- Boucheriba, .F. (2006)**, *Impact de la géométrie des canyons urbains sur le confort thermique extérieur (Cas du Coudiat de Constantine)*. Thèse de Magistère, Université Mentouri, Constantine.
- Boudjellal., L., (2009)**, *Role de l'oasis dans la creation de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « Cas de l'oasis de Chetma , Biskra, Algerie ,* Mémoire de Magéstaire, Université Mohamed Kheider, Biskra .
- Boudjellal.,L , (2009)**, *Role de l'oasis dans la creation de l'îlot de fraîcheur dans les zones chaudes et arides « Cas de l'oasis de chetma -Biskra -Algérie »*, Mémoire de magéstaire, Université Mohamed Kheider , Biskra .
- Boudon., F., Blécon., J, (2016)**, *Tissu urbain et architecture. L'analyse parcellaire comme base de l'histoire architecturale*. In : *Annales. Economies, sociétés, civilisations*. 30^e année, N. 4, 1975. pp. 773-818 ; disponible sur : <https://doi.org/10.3406/ahess.1975.293645>.
- Boukhabla., M, (2015)**, *L'influence des facteurs climatiques sur la modification de l'îlot de chaleur urbain dans une rue « canyon, dièdre et dégagée »*, *Cas des lotissements Biskra*, Thèse de doctorat, Université de Biskra, Biskra (Algerie).
- Boukhelkhal., I., (2014)**, *Impact de la morphologie urbaine dur le confort thermique extérieur dans les climats chauds et arides, Cas de la nouvelle ville de Tafilelt à Ghardaïa*, Mémoire de Magistère, Université Constantine 3, Constantine.
- Boukhezer ., H ., (2002)**, *Caractérisation environnementale des tissus urbains en vue de leur classification*, Thèse de Master , Université de Nantes, École polytechnique de l'université de Nantes (France).
- Bourbia .,F, Awbi., H-B. (2004)**, *Building cluster and shading in urban canyon for hot dry*
- Bouyer., J., (2001) ,** *Modélisation et simulation des microclimats urbains, Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*. Thèse de doctorat, École polytechnique de l'Université de Nantes, France.
- Bozonnet., E., Francis., A., Chazela., M. Guarracino.,G, Musy., M, (2008)**, *Du bâtiment à la ville, du microclimat à la demande énergétique*. Jac Fol. Futur de l'habitat, Coédition Jean-Michel Place / PUCA, pp.139- 154.
- Brager., G.S., Pallaga.,G, (2004)**, *Operable windows, personal control, and occupant comfort*. ASHRAE Transactions, 2004, vol. 110, Part 2, pp. 17-35.
- Brown, R. & Gillespie, T. (1995)**, *Microclimatic landscape design: Creating thermal comfort and energy efficiency*. New York: John Wiley & Sons.

- Brownson, R., L. Brennan Ramirez, C. Hoehner et R. Cook. (2003)**, *Analytic Audit Tool and Checklist Audit Tool*. Saint Louis University School of Public Health. En ligne :
- Brunet ., Y., (2016)**, *Impact de la végétation sur le microclimat urbain et la qualité de l'air, Chimie et Grandes Villes*, Centre INRA UMR 1391 ISPA (Interactions Sol–Plante–Atmosphère) Villenave d’Ornon .
- Bruse, M. (1999)**, *the influences of local environmental design on microclimate*, Thèse de Doctorat, University of Bochum, Bochum (in German).
Cambridge, ISBN 0 415 04319 0.
- Carmona.,M, Tim.,H , Taner., O, Steve.,T, (2003)**, *Public Places, Urban Spaces: The Dimensions of Urban Design*. Amsterdam: Architectural Press, 312 p.
- Cervero., R, Michael.,D, (2003)** . *Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence From the San Francisco Bay Area* , American journal of public health, vol. 93, n°9, pp. 1478-1483.
- Cervero.,R, Michael.,D, (2003)** , *Walking, Bicycling, and Urban Landscapes: Evidence From the San Francisco Bay Area* , American journal of public health, vol. 93, n°9, pp. 1478-1483.
- Chibane., R, Luc., G, (2016)**, *Analyse de la marchabilité dans les espaces urbains et périurbains*. Le cas de la Métropole grenobloise, Revue Géocarrefour, VOL 90-3-4_2015.
- Chien-Hung., T., (2014)**, *Outdoor thermal comfort characteristics in the hot and humid region from a gender perspective*, International Journal of Biometeorology, Volume 58, [Issue 9](#), pp 1927–1939.
- Dannenberg, A., T. Cramer et C. Gibson. (2005)** , Assessing the walkability of the workplace: a new audit tool. *American Journal of Health Promotion*, vol. 20, no 1, p. 39. En ligne:https://info.kp.org/communitybenefit/assets/pdf/our_work/global/AJHP_WorkplaceWalkabilityAudit.pdf
- Dear, R.J., and Fountain, M.E. (1994)**, *Field experiments on occupant comfort and office thermal environments in a hot-humid climate*. ASHRAE Transactions, Vol.100 (2), pp.457-475
- Difeenbaugh., N, Georgi., F, (2006)**, *Climate change hotspots in the CMIP5 global climate model ensemble*, Springer link, Climatic Change (2012) 114:813–822.
- Dimoudi., A., Nikolopoulou., M, (2003)**, *Vegetation in urban environment: microclimate analysis and benefits*, Energy and Buildings, Vol. 35, pp. 69- 76. (2003).
- Diyanah.,I, Hafazah.,A, Mohd Zamreen.,M, (2012)**, *Comparing the Walking Behaviour between Urban and Rural Residents*, Procedia - Social and Behavioral Sciences 68 (2012) 406- 416.

- Doulos, L., Santamouris, M., Livarda, I. (2004),** *Passive cooling of outdoor urban spaces. The role of materials*", Associate Editor Volker Wittwer, Solar energy 77 (2004) 231-249.
- Drouin, L., Morency, P., Thérien, F., King, N. et coll. (2006),** *Rapport annuel 2006 sur la santé de la population. Le transport urbain, une question de santé.* Direction de santé publique de l'Agence de la santé et des services sociaux de Montréal. 132 p.
- Eliasson B, Riemer, and Wokaun A. (1999).** "*Freenhouse Gas Control Technologies*".
- Oke T.R, Nakamura Y. (1988).** "*Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon*". Atmospheric Environment 22: 2691-2700. Pergamon, Amsterdam.
- Givoni, B. (1976),** *Man Climate and Architecture.* London, Applied Science Publishers, second edition.
- Escourrou, G. (1991).** "*Le climat et la ville*". Paris, Nathan.
- Eva., L, Neil.,C, Lawrence.,F, Neville., O , Adrian., O.,Graeme., H, (2005),** *Walkability of local communities: Using geographic information systems to objectively assess relevant environmental attributes,* Health & Place 13 (2007) 111–122.
- Evensen, K.R., D. Sotres-Alvarez, A.H. Herring, L. Messer, B.A. Laraia et D.A. Rodriguez. (2009),** *Assessing Urban and Rural Neighborhood Characteristics Using Audit and GIS Data: Derivation and Reliability of Constructs.* International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity, vol. 6, no 44. En ligne: http://www.activelivingresearch.org/files/PIN3_Audit.Tool_.pdf.
- Ewing, R., S. Handy, R. Brownson, O. Clemente Winston, E, (2006),** *Identifying and measuring urban design qualities related to walkability.* Journal of Physical Activity and Health 3:s223 s240.
- Ewing, R., S. Handy, R.C. Brownson, O. Clemente et E. Winston, (2006),** *Identifying and measuring urban design qualities related to walkability,* Journal of physical activity and health, vol. 3, p. 223.
- Fanger., P, (1970),** *Thermal comfort, analysis and applications in environmental engineering.* McGraw-Hill Book Co. New York, 1st Edition, 1970.
- Farhi., A, Belakehal.,A, (2008),** *Les opérations de revalorisation de l'ancien noyau de Sidi Okba : Quels enseignements ?*, LACOMOFA (Laboratoire de Conception et de Modélisation des Formes et des Ambiances Urbaines et Architecturales), Département d'Architecture, Université KHIDER Mohamed Biskra, Algérie.
- Florence., H , Marie-Axelle.,G, Aurélie., D, Cécile., C, Marie-Soleil.,C. (2016),** *La marche à pied pour les séniors : un mode de déplacement durable ? Pratiques - Con- traintes -*

Accessibilité - Exposition au risque. Rapport final. [Rapport de recherche] IFSTTAR - Institut Français des Sciences et Technologies des Transports, de l'Aménagement et des Réseaux. 2014, 159p + annexes. hal-01368452.

Florine, B., (2014). *Marcher en ville, percevoir et évaluer les ambiances. Etude de la "marchabilité" à Liège à travers deux cheminements,* Mémoire de master en architecture, Université de Liège, Belgique.

Frank, L., (2010), *the development of a walkability index: application to the Neighborhood Quality of Life Study,* British Journal of Sports Medicine. 44(13): p. 924-933.

Fukazawa, T. & Havenith, G. (2009), *Differences in comfort perception in relation to local and whole body skin wettedness.* European Journal of Applied Physiology, 106(1), 15-24.

Gabriel, L. (2017). *Analyse de la contribution des indicateurs de marchabilité à la modélisation de la demande piétonne,* Mémoire présenté en vue de l'obtention du diplôme de Maitrise des sciences appliquées (Génie Civil), Université de Montréal, Québec, Canada.

Gandermer., J, Guyot., A (1976), *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti :* Guide méthodologique et conseils pratiques, France.

Gauvin, L., L. Richard, C.L. Craig, M. Spivock, M. Riva, M. Forster, S. Laforest, S. Laberge, M.C. Fournel et H. Gagnon, (2005), *From walkability to active living potential An iecometric validation study.* American journal of preventive medicine, vol. 28, no 2S2, p. 126-133.

GEHL, J, (2013), *Pour des villes à l'échelle humaine* (trad de cities for people) Montréal, Ed éco sociétés, 273 pages.

Ghanem., F, (2017), *Evaluation du confort thermique dans l'habitat colonial à Alger Cas d'étude : Immeuble de rapport à cour,* Mémoire de Master, Université Abderrahmane MIRA – Bejaia, Bejaia.

Giovani. B (1991), *Impact of planted areas on urban environmental quality: a review.* Atmospheric environment Vol n°3, pp. 289-299.

Givioni., B., (1978), *L'homme, l'architecture et le climat,* le Moniteur ,France

Glazier, R.H., Creatore, M.I.,Weyman, J.T., Fazli, G., Matheson, F.I., Gozdyra, P., Moineddin, R., Shriqui, V.K., Booth, G.L., (2014), *Density, destinations or both? A comparison of measures of walkability in relation to transportation behaviors, obesity and diabetes in Toronto,* PLoS ONE 9. Canada.

Gomez., F. et al. (1998), *The green zones in bioclimatic studies of the Mediterranean city.* In : Proceedings of PLEA 98, Lisbon, Portugal. London: James & James, pp. 207 – 210.

- Grafmeyer Y. Joseph, I. (1984).** *L'école de Chicago. Naissance de l'écologie urbaine*, Paris, Aubier.
- Grasser, G., Van Dyck, D., Titze, S., Stronegger, W., (2013),** *Objectively measured walkability and active transport and weight-related outcomes in adults: a systematic review.* Int. J. Public Health 58, 615–625.
- Griha, A., (2017),** *Les caractéristiques morphologiques du milieu urbain en relation avec le microclimat et le confort thermique des usagers en espaces extérieurs en référence aux régions arides et semi arides*, Mémoire de magistère, Université de Biskra. Biskra.
- Gulyas A., Unger J., Matzarakis A., (2006),** *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: modelling and measurements*, Journal of Building and Environment, 41:1713–22.
- Hamel, Kh. (2005).** *La ville compacte : une forme urbaine d'une ville durable en régions arides (étude du cas de la ville de Biskra)*. Mémoire de Magistère option : L'architecture et l'habitat dans les milieux arides et semi arides, Université Mohamed Kheider. Biskra.
- Hamer, M., & Chida, Y. (2008),** *Active commuting and cardiovascular risk: a meta-analytic review.* Prev Med, 46(1), 9-13.
- Hartog and Havenith, (2009),** *Analytical Study of the Heat Loss Attenuation by Clothing on Thermal Manikins Under Radiative Heat Loads.* International Journal of Occupational Safety and Ergonomics (JOSE) 2010, Vol. 16, No. 2, 245–261.
- Héloïse B, (2016),** *Ambiance et marchabilité dans les nouveaux écoquartiers. Les Berges du Lac – quartier Ginko (Bordeaux) et Les Berges de Saône – quartier Confluence (Lyon)*, Proceedings of 3rd International Congress on Ambiances. Septembre 2016, Volos, Greece,
- Héran, F. (1988),** *La sociabilité, une pratique culturelle*, Economie et statistique, vol. 216, no 1, p. 3-22.
- Höppe, P., (1993),** Heat balance modelling, *Experientia* 49: 741–746
http://www.activelivingresearch.org/files/audit_tool_checklist.pdf.
- Humphreys., M, Nicol.,F, (1998),** *Understanding the Adaptive Approach to Thermal Comfort.* AHSRAE transactions, 1998, vol. 104, part 1, pp. 991-1004.
- Indraganti., M., Ooka., R, Rijal., H, (2012) ,** *Significance of air movement for thermal comfort in warm climates: a discussion in Indian context.* Proceedings of 7th Windsor Conference: The Changing Context of Comfort in an Unpredictable World, Cumberland Lodge, Windsor, UK. Network for Comfort and Energy Use in Buildings, London.

- Jacobs, A., (1993),** *Great Streets*. Cambridge, 1993, Berkeley.
- Jacobs, J. (1961).** *The death and life of American cities*. New York: Vintage Books.
- Jean-Paul, T., (2006),** *La fabrique de la rue en marche : essai sur l'altération des ambiances urbaines* , Flux 2006/4 (n° 66-67), p. 111-119. DOI 10.3917/flux.066.0111.
- Jean-Paul, T., Rachel, T., (2004),** *L'ambiance comme expression de la vie urbaine*, In *Cosmopolitiques*. n°7, 2004, p. 102-113 .
- Jendritzky G., Nübler W., (1981),** *A model analysing the urban thermal environment in physiologically significant terms* , *Archiv für Meteorologie, Geophysik und Bioklimatologie*, Serie B, 29, 313-326.
- Jérôme., V.,(2000),** *Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs*. Engineering Sciences. Université de Nantes.
- Johansson E., and Emmanuel R., (2006),** *The Influence Of Urban Design On Outdoor Thermal Comfort In The Hot, Humid City Of Colombo, Sri Lanka* , *International Journal of Biometeorology* (2006) 51:119-133.
- Johansson., E., (2006),** *Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco*, *Building and Environment* 41 (2006) 1326–1338.
- Jonas., S., (2006),** *étude quantitative du comportement de marche dans deux quartiers de la ville de Zurich*, Mémoire de licence, Institut de géographie Faculté des géosciences et de l'environnement. Université de Lausanne, Lausanne.
- Juli., R., (2017),** *le confort de la marche dans l'espace public parisien : représentations, pratiques, enjeux*, Thèse de Doctorat, Université Paris-Est , Ecole Doctorale Ville, Transports, Territoires , Paris.
- Julie., R . 2016.** *Le confort de la marche dans l'espace public parisien : représentations, these de doctorat* , Université de Paris, Paris
- Karin, G. (2003).** *Climat & Urbanisme La relation entre le confort thermique et la forme du cadre bâti*. Casablanca, Lund Université, Housing Development & Management.
- karlessi .T, M. Santamouris, K. Apostolakis, A. Synnefa, I. Livada (2009).** *Development and testing of thermochromic coatings for buildings and urban structures"*. *Solar Energy* 83 (2009) 538–551.
- Katzschner, L. (2006),** *Behavior of people in open spaces in dependence of thermal comfort conditions* , In Paper presented at the PLEA2006 , The 23rd conference on passive and low energy architecture, Geneva, Switzerland.

- Kitous, S., Bensale m, R., Adolphe, L, (2012),** *Airflow patterns within a complex urban topography under hot and dry climate in the Algerian Sahara*, Building and Environment, Volume 56, pp. 162-175.
- Klein.,O, Lord., S, Barra., L, Schneider., M, (2015),** *Quelle mobilité pour quelle autonomie ? Activités et déplacements quotidiens de préadolescents à luxembourg-ville*. Mobilité et exclusion, quelles relations?, Lord S, Negron-Poblete P, Torres J (dir.). Québec, Presses de l'Université Laval, Collection Études urbaines (à paraître).
- Koerniawan, M., (2014),** *Thermal Comfort and Walkability in Three biggest Jakarta's Theme Parks*, Unpublished manuscript, last modified January 28, 2016.
- Kostof, S., (2001),** *The city shaped : urban patterns and meanings through history*. London: Thames and Hudson.
- Lalouani., S, Alkama.,D, (2009) ,** *Palm trees reuses as sustainable element in the Sahara, The case of Ziban, as self-sustainable urban units*. Energy Procedia:18. Biskra. 1084 p.
- Laouar., D, Mazouz., S, (2017),** *La carte axiale, un outil d'analyse de l'accessibilité spatiale : cas de la ville d'Annaba*, Rev. Sci. Technol., Synthèse 35: 111-123 (2017).
- Laurent, F, (2005).** Phénomènes radiatifs et îlot de chaleur urbain dans l'agglomération de Strasbourg .*Revue Géographique de l'Est*, volume 45, N 02, Page : 5555.
- Lavadinho., S., Winking ., Y, (2010),** *Comment produire de l'hospitalité pour la marche ? Boite à outils pour augmenter le plaisir de marcher en ville*, CERTU.
- Lee, C. et A.V. Moudon.(2008) ,** *Neighborhood design and physical activity*, Building Research and Information, vol. 36, no 5, p. 395-411.
- Lévy, A. (1996).** *Crise et dysfonctionnements de la ville de l'âge démocratique : l'urbanisme en question* , dans J.P. Charrié (sous la dir. de), *Villes en projets*, Bordeaux, Maison des Sciences de l'Homme d'Aquitaine.
- Lévy, A. (2005).** *Formes Urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine*. Espace et société. No 122, Pages 25 - 48.
- Lin., P, (2009),** *Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions*, Building and Environment 44 (2009) 2017–2026.
- Louafi., (2013),** *Impact de la végétation sur la qualité des ambiances thermique et visuelle dans les espaces publics urbains*, Thèse de doctorat, université Constantine.
- Lund., H, (2003) ,** *Testing the claims of new urbanism: Local access, pedestrian travel, and neighboring behaviors*, Journal of the American Planning Association, vol. 69, no 4, p. 414-429.

- Lynch, K. (1960).** *"The image of the city"*, Cambridge Mass, MIT Press.
- Mahgoub .,M, (2016),** *Assessment of Thermal and Visual Micro-climate of a Traditional Commercial Street in a Hot Arid Climate*, thèse de Doctorat, School of Architecture, Planning and Landscape, UK
- Mahmoud, A. H. A. (2011).** *Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions*, *Building and Environment*, 46(12), 2641–2656.
- Mansouri., O . (2008),** *L'influence de la réflectivité des matériaux (Albédo) sur la modification du microclimat et le confort thermique extérieur dans un canyon urbain (Cas du Coudiat de Constantine)*. Mémoire de Magistère : Architecture bioclimatique. Université Mentouri, Constantine (Alger).
- Marine, V., 2012.** *Comprendre la sociabilité des espaces publics à travers leur potential piétonnier : Le cas de quatre voisinages à Montréal*, Mémoire de Maitre ès. Sciences Université Québec, Canada.
- Mark.R., (2013),** *Student Geographies: Exploring the Diverse Geographies of Students and Higher Education* , *Geography Compass*, vol. 7, no. 1., p. 61-74.
- Masson, V., C. S. B. Grimmond, and T. R. Oke, (2002).** *Evaluation of the Town Energy Balance (TEB) scheme with direct measurements from dry districts in two cities* . *J. Appl. Meteor.*, 41, 1011–1026.
- Matallah., E., (2015),** *L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur, Cas d'étude ville de Tolga*, Mémoire de magistère, Université Mohamed Kheider, Biskra.
- Mazari.,M.,(2012),** *Etude et évaluation du confort thermique des bâtiments à caractère public : cas du département d'architecture de Tanda –Tizi-Ouzu*, Mémoire de Magistère, Université de Mououd Mammeri de Tizi Ouzzu, Algérie.
- Miaux., S, (2008),** *Le piéton : un acteur privilégié de l'espace public barcelonais*, *Cahiers de géographie du Québec*, (146), pp. 175-190.
- Moudon.,A, Chanam.,L, (2003),** *Walking and Bicycling: An Evaluation of Environmental Audit Instruments*, *The science of Health Promotion*, Vol. 18, No. 1 .
- Moujalleb., B., (2007),** *Modélisation dynamique du confort thermique dans les bâtiments naturellement ventilés*, Thèse de Doctorat, L'Institut des Sciences Appliquées de Lyon, France.
- Munier.,P, (1973) ,** *Le Palmier Dattier*,G-P.Maisonneuve&Larose ,Paris .

- Murakami, E., Rosenbloom, S., Plessis-Fraissard, M., Giuliano, G., & Schweitzer, L. A. (2010),** *Changing Demographics, Women's Travel Patterns, and Transportation Policy*. Communication présentée à Women's Issues in Transportation: Summary of the 4th International Conference. Conference overview and plenary papers (vol. 46, p. 7). Tiré de <http://www.trb.org/Publications/Blurbs/165294.aspx>.
- Narcon., S, (2001),** *Caractérisation des perceptions thermiques en régime transitoire Contribution à l'étude de l'influence des interactions sensorielles sur le confort*. Thèse Neurosciences et Comportement. Paris : Ecole Pratique des Hautes Etudes.
- Negron-Poblete, P. & Lord, S. (2014),** *Marchabilité des environnements urbains autour des résidences pour personnes âgées de la région de Montréal : application de l'audit MAPPA*. Cahiers de géographie du Québec, 58 (164), 233–257. <https://doi.org/10.7202/1031168ar>
- Newman, P., Kenworthy, J., (1989)** *Gasoline Consumption and Cities: A Comparison of US Cities with a Global Survey*. Journal of the American Planning Association 55 (1): 24–37.
- Nicol., F, (1993),** *Thermal comfort, a handbook for field studies toward an adaptive model*. London: University of East London, 1993.
- Nikolopoulou, M. (1998),** *Thermal comfort in outdoor urban spaces, PhD. Dissertation, Department of Architecture, University of Cambridge, Cambridge, United Kingdom*.
- Oke., T. (1988),** *Street design and urban canopy layer climate*. Energy and Buildings 11(1-3), pp. 103-113.
- Ouameur, F., (2007).** *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics. Étude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*, Thèse pour l'obtention du grade de Maître des Sciences (M.Se.). QUÉBEC : Université Laval, Québec, Canada.
- Pardyjak, E., Brown, M. et Bagal, N. (2004).** *Improved velocity deficit parameterizations for a fast response urban wind model*. In *Symposium on Planning, Nowcasting, and Forecasting in the Urban Zone*, 84th Annual Mtg. AMS, numéroWA. Paper 7.4., Seattle.
- Parsons., K, (2003),** *Human thermal environment*. 2nd Edition. London : Taylor & Francis, 527p.
- Philippa., Clarck , Jennifer.,A , Robert., M ,Michael.,B , Jeffrey ,. M, (2010),** *Using Google Earth to conduct a neighborhood audit: Reliability of a virtual audit instrument*, Health & Place 16 (2010) 1224–1229.
- Pierre.,TH, (2000),** *Evolution saisonnière de l'insolation et de la température en un lieu donné*, laboratoire des sciences de la terre, ENS, Lyon.

- Pinon, P. (1994).** "*Composition urbaine I, II*", Université Paris-Est, Français.302 pages.
- Rahmani, R., (2012).** *La perception sensorielle dans les espaces urbains mouvement et choix d'itinéraires pédestres dans les espaces urbains de Sétif, Cas du centre-ville de Sétif*, mémoire de Magistère, Université Mohamed Khider, Biskra.
- Raulin, F., Lord, S., Negron , P, (2016),** *Évaluation de la marchabilité de trois environnements urbains de la région métropolitaine montréalaise à partir de l'outil MAPPA*. VertigO - la revue électronique.
- Reiter., S., (2007),** *Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes*. Thèse de doctorat, Université catholique de Louvain Faculté des Sciences Appliquées Architecture et
- Rigenbach., N., (2004),** *Bilan radiatif et flux de chaleur en climatologie urbaine : Mesures, modélisation et validation sur Strasbourg*. Thèse de doctorat, Université Louis Pasteur Strasbourg I.
- Robitaille, É., D. Comtois et B. Lasnier (2011),** *Potentiel piétonnier des quartiers et mode de transport pour aller au travail : le cas des RMR du Québec* , Cahiers de géographie du Québec, vol. 55, n° 156, p. 429.
- Sabir M., Van Ommeren J., Koetse M.J., Rietveld P., (2010),** *Impact of Weather on Daily Travel Demand* ,these de doctorat, Univ Amsterdam.
- Saelens.,B , Sallis J.,Frank.,L, (2003),** *Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures*. Annals of Behavioral Medicine 25 : 80-91.
- Saelens.,B, Sallis.,J, Frank.,L, (2003),** *Environmental correlates of walking and cycling: Findings from the transportation, urban design, and planning literatures*. Annals of Behavioral Medicine 25 : 80-91.
- Sakakibara.,J, Ryan., B. Wicker, John K. Eaton, (1996), *Measurements of the Particle-Fluid Velocity Correlation and the Extra Dissipation in a Round Jet*, International Journal of Multiphase Flow, **22**, No.5, pp.863-881.
- Santamouris., M., Doulos L. (2001).** "*Comparative Study of Almost 70 Different Materials for Streets and Pavements*". M.Sc. Final Report, University of Athens, Department of Physics, Athens 47p.
- Sedrati.,N, (2011),** *Origines et caractéristiques physiochimiques des eaux de la wilaya de Biskra, Sud-Est Algérien* , Thèse de doctorat, UBM Annaba, Algérie.

- Sofia.,T, Tsuyoshi., H, Fredrik.,L, Ingegård., J , En-Mi.,L, (2007),** *Thermal Comfort and Outdoor Activity in Japanese Urban Public Places*, Environment and Behavior , Volume 39 Number 5.
- Solène.,M, Marine.,B, Dorothée., M, Jérôme.,D, Olivier.,R, (2010),** *Evaluation multicritère des nuisances et de la perception en milieu urbain*. 10ème Congrès Français d’Acoustique, Apr 2010, Lyon, France. hal-00533173.
- Sonia.,L Giuseppe., P, (2006),** *Développement durable , Mobilité douce et santé en milieu urbain*, thèse de doctorat, universitaire de la mobilité (Genève).
- Southworth, M. (2005),** *Designing the walkable city*. Journal of Urban Planning and Development, 131(4), 246.
- Souza.,LCL., (2007),** *Thermal environment as a parameter for urban planning*. Energy Sustain Dev XI(4):44–53.
- Spagnolo, S., and de Dear, R. (2003),** *A field study of thermal comfort in outdoor and semi-outdoor environments in subtropical Sydney Australia* , Journal of Building and Environment, 38, 721-738.
- Stella, T, (2011),** *Relations entre morphologie urbaine, micro climat et confort des piétons Application au cas des éco-quartiers*. Thèse de Master STEU, Ecole Centrale de Nantes, Nantes
- Sundquist, K., Eriksson, U., Kawakami, N., Skog, L., Ohlsson, H., Arvidsson, D., (2011),** *Neighborhood walkability, physical activity, and walking behavior: the Swedish Neighborhood and Physical Activity (SNAP) study*. Soc. Sci. Med. 72, 1266–1273.
- Tabeau., M, (2000),** *La climatologie*, HER/Armond Colin, Paris.
- Thorsson, S., Honjo, T., Lindberg, F., Eliasson, I., and Lim, E. M. (2007),** *Thermal comfort and outdoor activity in Japanese urban public places*, Journal of Environment and Behavior, 39(5), 660-684.
- Tomlin, C.D., (1990),** *Geographic information systems and cartographic modeling*, Englewood cliffs: NJ: Prentice-Hall.
- Troped, P., E. Cromley, M. Fragala, S. Melly, H. Hasbrouck, S. Gortmaker et R. Brownson.(2006),** *Development and reliability and validity testing of an audit tool for trail/path characteristics: the Path Environment Audit Tool (PEAT)*. Journal of physical activity and health, vol. 3, p. 158.
- Vale, D. S., Saraiva, M., & Pereira, M. (2015),** *Active accessibility: A review of operational measures of walking and cycling accessibility*, Journal of Transportation and Land Use, 9(1). doi:<https://dx.doi.org/10.5198/jtlu.2015.593>.

Vanky, Santosh., K, Theodore., K, (2017), *Effect of weather on pedestrian trip count and duration: City-scale evaluations using mobile phone application data*, Preventive Medicine Reports 8 (2017) 30–37.

VDI 3787, Part I: Environmental meteorology, methods for the human bio meteorological evaluation of climate and air quality for the urban and regional planning at regional level. Part I: Climate. VDI guideline 3787. Part 2. Berlin: Beuth; 1998

Vere ., M., (2012), *Comprendre la sociabilité des espaces publics à travers leur potentiel piétonnier*, Thèse de doctorat, sciences urbaines, Québec.

Wang Y., Zacharias J, (2015), *Landscape modification for ambient environmental improvement in central business districts – A case from Beijing*. Urban Forestry & Urban Greening 14 (2015) 8–18.

Xinyu.,C, Patricia., L. Mokhtarian Susan L. Handy, (2009), *The relationship between the built environment and nonwork travel: A case study of Northern California*, Transportation Research Part A 43 (2009) 548–559.

Yahia., M, Johansson.,E, (2013), *Evaluating the behaviour of different thermal indices by investigating various outdoor urban environments in the hot dry city of Damascus, Syria*. Int J Biometeorol 57(4):615–630.

Yang, W., Nyuk Hien Wong, N.H., Kardinal J.S (2013), *Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore* , Journal of Building and Environment, 59, 426-435.

Zhiwei., Z, Xiaoqing., Z, Lili , (2017), *The Impact of Water on Microclimate in Lingnan Area*, Science Direct , Procedia Engineering 205 (2017) 2034–2040, valable sur: www.sciencedirect.com.

Zuniga-Teran .,A, Barron., J, Gimblett.,R, Chalfoun., N, Marsh., S, Guertin., D, Going., S, (2016), *Designing healthy communities: Testing the walkability model*. *Frontiers of Architectural Research*, disponible sur: [URL: https://www.researchgate.net/publication/312316338_Designing_healthy_communities_Testing_the_walkability_model](https://www.researchgate.net/publication/312316338_Designing_healthy_communities_Testing_the_walkability_model). 1 P p, consulté le 12/2/2017.

Annexes

Annexes A : Questionnaire

République Algérienne Démocratique et Population

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider, Biskra

Département d'Architecture

استبيان

Questionnaire

Dans le cadre de la préparation d'une thèse de doctorat , spécialité « Architecture et environnement dans les zones arides », intitulée par « Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort thermique et la marchabilité dans les espaces publics –Cas d'étude Sidi Okba » , nous avons l'honneur de vous remettre ce questionnaire qui vise à évaluer votre niveau de confort thermique et votre activité physique (marchabilité) face aux conditions thermiques estivales, S'il vous plait , Mettez une croix dans le cas correspondant.

في إطار تحضير أطروحة دكتورا تخصص هندسة معمارية والمحيط في المناطق الجافة، تحت عنوان "دراسة تأثير الشكل الحضري على الرفاهية الحرارية وحركة السير في المجالات العمومية –دراسة حالة سيدي عقبة-، لنا الشرف بوضع تحت ايديكم هذا الاستبيان الذي يهدف الى دراسة مستوى راحتكم الحرارية ونشاطكم البدني (السير على الاقدام) وذلك اثناء تعرضكم للعوامل المناخية الصيفية. من فضلكم ضع علامة في المكان المناسب.

Partie N° 1 : confort thermique

الجزء الأول الرفاهية الحرارية

1. Informations personnelles :

معلومات شخصية

Sexe Homme Femme
 الجنس ذكر انثى
 Age -20 20- 65
 السن

Vous avez souffrez d'une maladie cardiaque ?

هل تعاني من مرض في القلب

 Oui Non نعم لا Habitant dans le quartier تسكن في الحي Travailler dans le quartier تعمل في الحي**2. Quel type de vêtements portez-vous ?**

ما هو نوع اللباس الذي ترتديه

 Chemise légère à manches courtes (0.09) قميص خفيف بأكمام قصيرة Pull mince (0.20) سترة خفيفة Chemise légère à manches longues (0.15) قميص خفيف بأكمام طويلة Robe longue (0.40) فستان طويل Pantalon (0.20) سروال Chaussures à semelles fines (0.02) حذاء**Avez-vous pris en considérations l'aspect climatique pour le choix de votre habillement**

هل تأخذ بعين الاعتبار البعد المناخي عند اختيارك الملابس

 Oui Non
نعم لا**3. Quelle est la raison d'être dans ce lieu ?**

ما هو سبب تواجدك في هذا المكان

 Lien entre deux points Un appui de report
ممر للربط بين نقطتين مكان للراحة Autres
أسباب أخرى

4. Combien de fois passez-vous par cet espace ?

كم عدد المرات التي تمر ببيها على هذا المكان

- | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|
| <input type="checkbox"/> | Quelques fois / jour | بعض الأوقات في اليوم |
| <input type="checkbox"/> | Première fois | اول مرة |
| <input type="checkbox"/> | Rarement | نادرا |

5. Comment évaluez-vous votre sensation thermique dans cet endroit en ce moment ?

كيف تقيم شعورك الحراري في هذا المكان في هذا الوقت

- | | | |
|--------------------------|---------------------|---------------|
| <input type="checkbox"/> | -4 très froid | بارد جدا |
| <input type="checkbox"/> | -3 froids | بارد |
| <input type="checkbox"/> | -2 frais | متوسط البرودة |
| <input type="checkbox"/> | -1 légèrement frais | منعش قليلا |
| <input type="checkbox"/> | 0 neutre | مريح |
| <input type="checkbox"/> | +1 légèrement tiède | دافئ قليلا |
| <input type="checkbox"/> | +2 tiède | دافئ |
| <input type="checkbox"/> | +3 chaud | حار |
| <input type="checkbox"/> | +4 très chaud | حار جدا |

6. Préférez-vous d'augmenter / diminuer la vitesse d'air ?

هل تفضل زيادة او نقصان سرعة الرياح

- | | | |
|--------------------------|----------------------------|-------------------|
| <input type="checkbox"/> | Augmenter la vitesse d'air | زيادة سرعة الرياح |
| <input type="checkbox"/> | Diminuer la vitesse d'air | خفض سرعة الرياح |
| <input type="checkbox"/> | Je suis à l'aise | انا مرتاح |

7. Préférez-vous d'augmenter / diminuer la quantité d'ombrage ?

هل تفضل زيادة او خفض كمية الظل

- | | | |
|--------------------------|---------------------------------|-----------------|
| <input type="checkbox"/> | Augmenter la quantité d'ombrage | زيادة كمية الظل |
| <input type="checkbox"/> | Diminuer la quantité d'ombrage | خفض كمية الظل |
| <input type="checkbox"/> | Je suis à l'aise | انا مرتاح |

8. Est-ce que vous êtes thermiquement satisfaisant dans cet espace ?

هل انت راضي عن احساسك الحراري في هذا المجال

- | | | |
|--------------------------|-----|-----|
| <input type="checkbox"/> | Oui | نعم |
| <input type="checkbox"/> | Non | لا |

Partie N° 2 : Marchabilité

الجزء الثاني المشاة

9. lorsque vous pratiquez la marche dans cet espace en été, votre perception est plus affectée par :

عندما تمارس عملية المشي في هذا المجال في الصيف، ادراكك الحسي يتأثر أكثر ب

- | | | |
|--------------------------|------------------------|--------------------------|
| <input type="checkbox"/> | Qualité esthétique | الجودة الجمالية |
| <input type="checkbox"/> | Niveau lumineux | مستوى الانارة |
| <input type="checkbox"/> | Niveau de bruit sonore | مستوى الضجيج السمعي |
| <input type="checkbox"/> | Niveau de fraîcheur | مستوى لطافة الجو الحراري |

10. Pendant la période estivale, A quel moment de la journée préférez-vous de pratiquer la marche comme moyen de déplacement et pour quelle raison ?

اثناء فصل الصيف , في أي وقت من اليوم تفضل المشي ولأي سبب

Temps : الوقت

- | | | |
|--------------------------|---------------------------------------|-----------|
| <input type="checkbox"/> | Le matin (8 :00) | الصباح |
| <input type="checkbox"/> | A midi (12 :00) | الظهيرة |
| <input type="checkbox"/> | L'après-midi (entre 14 :00 et 16 :00) | بعد الظهر |
| <input type="checkbox"/> | Le soir (entre 20 :00 et 22 :00) | المساء |

Raisons : الأسباب

- | | | |
|--------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> | Sensation de sécurité
(densité de trafics, la présence plus importante de l'autre) | الشعور بالأمن
(كثافة الحركة الميكانيكية او كثافة حركة الأشخاص) |
| <input type="checkbox"/> | Sensation de fraîcheur | الشعور بلطافة الجو |
| <input type="checkbox"/> | Autres | اخر |

11. Généralement en été, pour quelle raison vous pratiquez la marche ?

غالبا في فصل الصيف , لأي سبب تمارس المشي

- | | | |
|--------------------------|--|---|
| <input type="checkbox"/> | Pour des raisons utilitaires (arrivée à une destination précise) | لأسباب نفعية (الوصول الى وجهة محددة) |
| <input type="checkbox"/> | Pour des raisons de loisir (marche pour plaisir et détendre) | لأسباب ترفيهية (المشي من اجل المتعة والاسترخاء) |

12. lorsque vous pratiquez la marche dans cet espace, quel est l'indicateur le plus affectant sur votre vitesse de marche, et de quelle manière les facteurs suivants affectent votre vitesse de marche :

عندما تمشي في هذا المكان، ما هو العامل الأكثر تأثيراً على سرعة المشي، وبأي طريقة يؤثر على سرعة مشيك

- | | | | | |
|--|--------------------------|-----------|--------------------------|----------|
| <input type="checkbox"/> Ensoleillement : | <input type="checkbox"/> | Augmenter | <input type="checkbox"/> | Diminuer |
| | التشميس | زيادة | | نقصان |
| <input type="checkbox"/> Densité de population : | <input type="checkbox"/> | Augmenter | <input type="checkbox"/> | Diminuer |
| | كثافة المشاة | زيادة | | نقصان |
| <input type="checkbox"/> Mauvaise Qualité de chaussé : | <input type="checkbox"/> | Augmenter | <input type="checkbox"/> | Diminuer |
| | النوعية الرديئة للأرضية | زيادة | | نقصان |

13. Lorsque vous pratiquez la marche seul sur terrain plat et sans aucun poids additionnel, A vous de juger quelle est votre vitesse moyenne de marche :

عندما تمشي لوحده على أرضية مسطحة وبدون حمل ثقيل إضافي، ما هو تقديرك لمستوى سرعة مشيك

- | | |
|--|-------------|
| <input type="checkbox"/> Vitesse faible (3Km/h) | سرعة منخفضة |
| <input type="checkbox"/> Vitesse moyenne (4Km/h) | سرعة متوسطة |
| <input type="checkbox"/> Vitesse fort (6 Km/h) | سرعة مرتفعة |

14. Indiquez sur la mappe suivante votre itinéraire de marche dans l'espace :

حدد على الخريطة التالية الممر الذي تسير عليه حالياً



Annexe B : Résultats des Audits de marchabilité

1. Tissu traditionnel : Rue

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée
	Score de densité 3/3		
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : Une seule fonction (habitat) 2 : Deux fonctions 3 : Trois fonction et plus
Score de Mixité 1/3			
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles
Score de connectivité 3 / 3			
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m
	Score d'échelle humaine 5/6		
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00
	Score de vitesse humain : 3/3		
Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace encadré	
Score d'encadrement : 3 / 3			
Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (31.5°C°)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$	
Score du confort physique thermique : 3/3			
Scor finale de marchabilité : 21 /24			

2. Tissu traditionnel : Ruelle

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée Score de densité 3/3
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : Une seule fonction (habitat) 2 : Deux fonctions 3 : Quatre fonction et plus Score de Mixité 1/3
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles Score de connectivité 1/3
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m Score d'échelle humaine 3/6
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00 Score de vitesse humain : 3/3
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace encadré Score d'encadrement : 3 / 3
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (28,44°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$ Score du confort physique thermique : 3/3
Scor finale de marchabilité : 17 /24			

3. Tissu traditionnel : Rue entre deux jardins

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée
	Score de densité 3/3		
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : une seule fonction autre fonction 2 : deux fonctions (commerce, habitat) 3 : Quatre fonction et plus
Score de Mixité 2/3			
Psychique	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles
	Score de connectivité 3 / 3		
	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
Arbre et végétation		0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m	
Score d'échelle humaine 6/6			
Psychique	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00
	Score de vitesse humain : 3/3		
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace encadré
Score d'encadrement : 3 / 3			
Psychique	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (30.06°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$
	Score du confort physique thermique : 3/3		
Scor finale de marchabilité : 23 /24			

2. Auto construit : Rue

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée
	Score de densité 2/3		
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	: Aucune fonction 1 : Une seule fonction 2 : Deux fonctions (habitat, commerce) 3 : Quatre fonction et plus
Score de Mixité 2/3			
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles
Score de connectivité 3 /3			
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m
	Score d'échelle humaine 3/6		
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00
	Score de vitesse humain : 3/3		
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace encadré
Score d'encadrement : 3 / 3			
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (31.34°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$
Score du confort physique thermique : 3/3			
Scor finale de marchabilité : 19 /24			

3. Auto construit : Jardin

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée Score de densité 2/3
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	: Aucune fonction 1 : Une seule fonction (loisir) 2 : Deux fonctions (commerce, loisir) 3 : Quatre fonction et plus Score de Mixité 1/3
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles Score de connectivité 3 / 3
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m Score d'échelle humaine 3/6
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00 Score de vitesse humain : 1/3
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace totalement encadré Score d'encadrement : 1 / 3
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (33.02°C)	0 : PET hors et loin de la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$ Score du confort physique thermique : 1/3
Scor finale de marchabilité : 11 /24			

4. Tissu Auto construit : Boulevard

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée
	Score de densité 2/3		
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : Une seule fonction 2 : Deux fonctions 3 : Quatre fonction et plus (habitat, commerce, équipements administratifs, loisir)
Score de Mixité 3/3			
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles
Score de connectivité 3 / 3			
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m
	Score d'échelle humaine 2/6		
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00
	Score de vitesse humain : 1/3		
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace totalement encadré
Score d'encadrement : 1 / 3			
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (39.34°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$
Score du confort physique thermique : 1/3			
Scor finale de marchabilité : 12 /24			

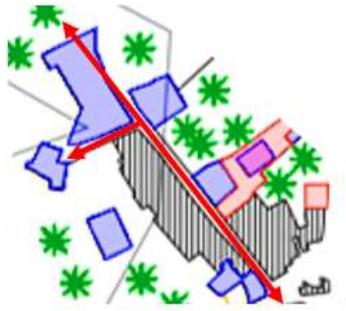
5. ZHUNS : Rue

Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée Score de densité 1/3
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : Une seule fonction 2 : Deux fonctions (habitat, commerce) 3 : Trois fonction et plus Score de Mixité 2/3
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles Score de connectivité 3 /3
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur de l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m Score d'échelle humaine 3/6
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00 Score de vitesse humain : 3/3
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace totalement encadré Score d'encadrement : 3 / 3
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (33.86°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$ Score du confort physique thermique : 0 /3
Scor finale de marchabilité : 15 /24			

6. ZHUNS : place publique

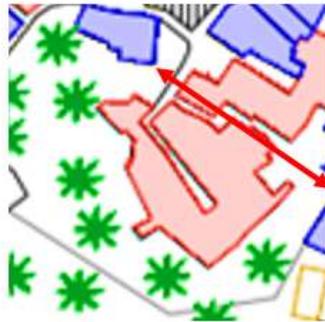
Dimension	Critères	Variables	Méthode
Physique	Densité de bâti	Interprétation de bâti (emprise au sol)	0 : Densité très faible 1 : Densité faible 2 : Densité moyenne 3 : Densité élevée Score de densité 1/3
	Mixité fonctionnel	Nombre de fonctions disponibles sur site	0 : Aucune fonction 1 : Une seule fonction (loisir) 2 : Deux fonctions 3 : Trois fonctions et plus Score de Mixité 1/3
	Connectivité de réseaux	Nombre de directions	0 : Une seule direction possible 1 : Deux choix de directions possible 2 : Trois choix de direction possible 3 : Plus de trois directions possibles Score de connectivité 3 / 3
Psychique	Echelle humaine	Hauteur des bâtiments / Largeur l'espace	0 : H/L hors l'intervalle entre 0,5-2,5 3 : $0,5 \leq H/W \leq 2,5$
		Arbre et végétation	0 : Absence d'arbre ou de végétation 1 : 1 ou 2 arbre ou végétation sur 100 m 2 : entre 5 et 10 arbres sur 100m 3 : plus de 10 arbres sur 100 m Score d'échelle humaine 0/6
	Vitesse humaine	Quantité d'ombrage qui a un effet sur la vitesse de la marche normal	0 : Espace totalement ensoleillé à 8:00 1 : Espace partiellement ombragé à 8 :00 3 : Espace totalement ombragé à 8:00 Score de vitesse humain : 0/3
	Encadrement	Le degré avec lequel les espaces sont visuellement définies par des murs ou des arbres.	0 : Espace non encadré 1 : Espace partiellement encadré 3 : Espace totalement encadré Score d'encadrement : 1/ 3
	Confort thermique	Evaluation de la valeur moyenne de l'indice du confort thermique PET Pendant le matin (43.5°C)	0 : PET hors la zone de confort 3 : $24^{\circ}\text{C} \leq \text{PET} \leq 32^{\circ}\text{C}$ Score du confort physique thermique : 0/3
Scor finale de marchabilité : 7 /24			

7. Connectivité des espaces étudiés :



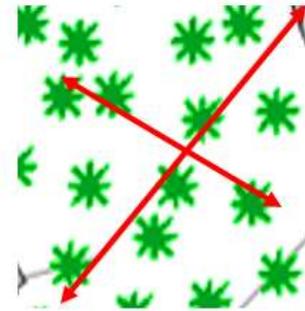
Rue (tissu traditionnel) :

Plus de trois choix de direction possible



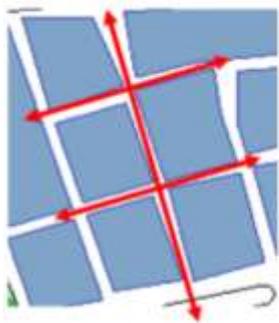
Ruelle (tissu traditionnel) :

Deux choix de directions possible



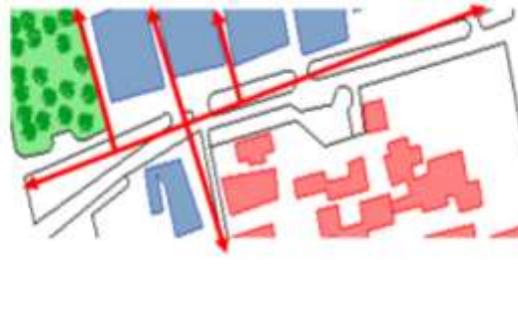
Rue entre deux jardins :

Plus de trois directions possibles



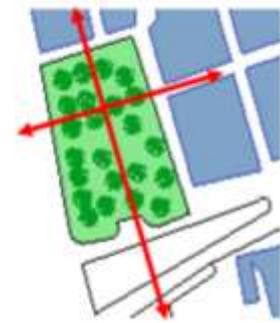
Rue (Auto-construit) :

Plus de trois directions possibles



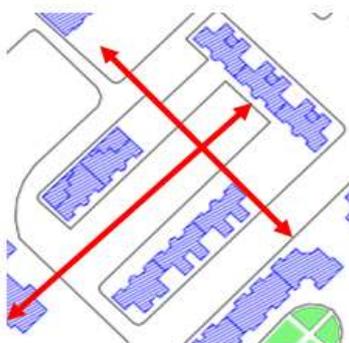
Boulevard :

Plus de trois directions possibles



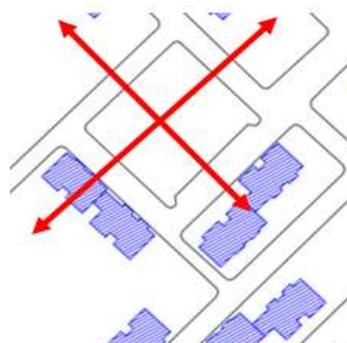
Jardin :

Plus de trois directions possibles



Rue entre deux blocs :

Plus de trois directions possibles



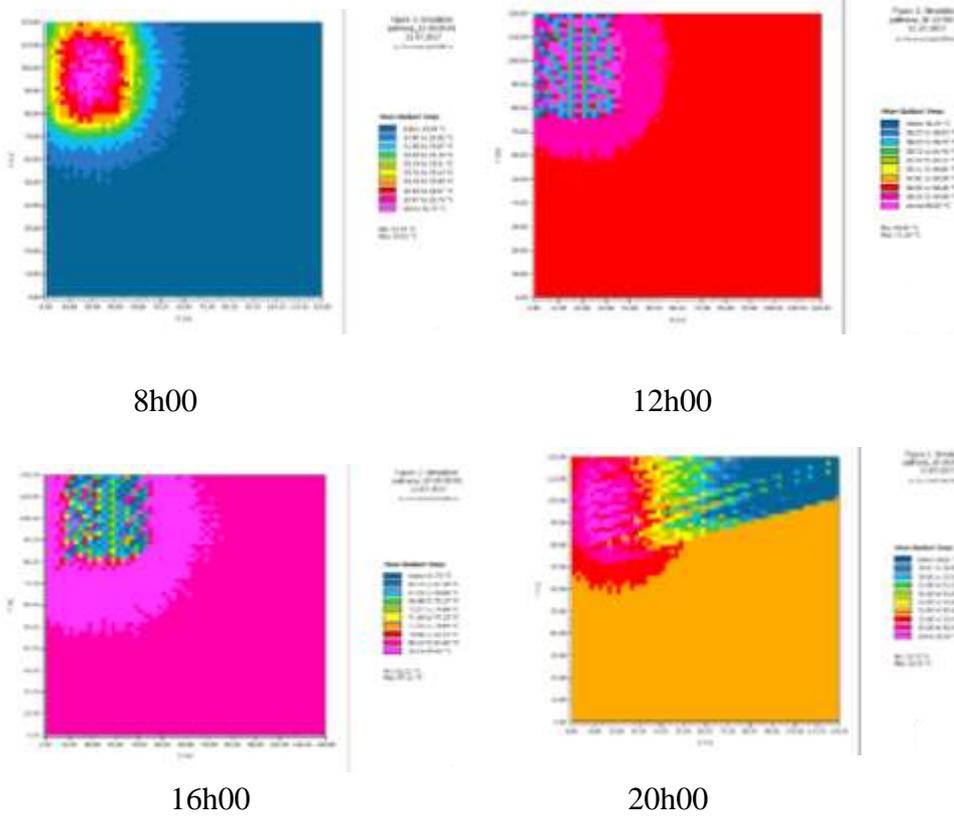
Place publique :

Plus de trois directions possibles

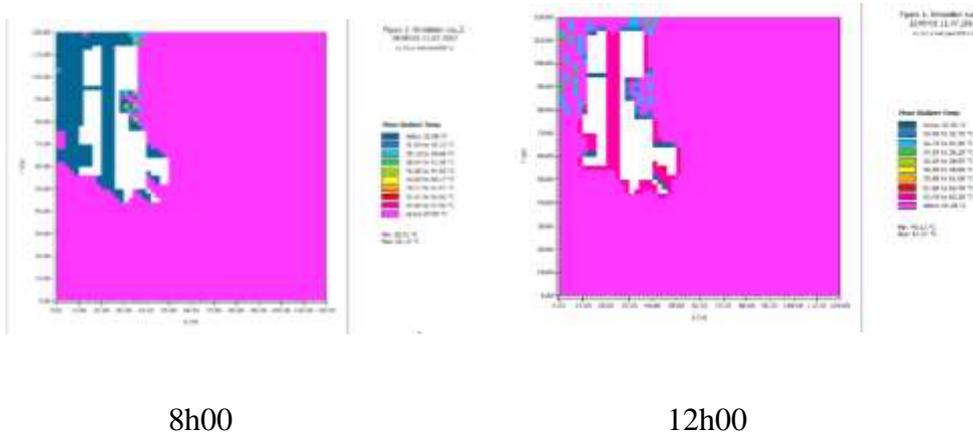
Annexe C : Résultats de simulation numérique

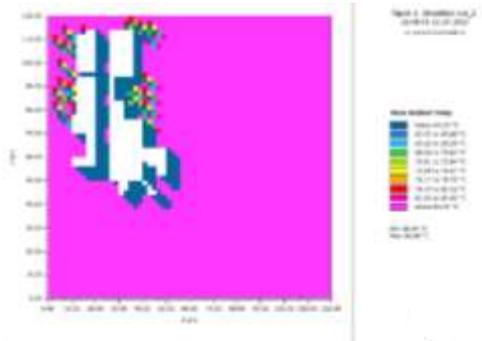
1. Résultats de la température moyenne radiante (°C)

1.1 Tissu traditionnel : Rue entre deux jardins

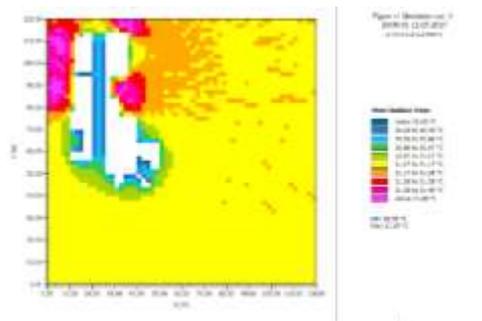


1.2 Tissu traditionnel : Rue



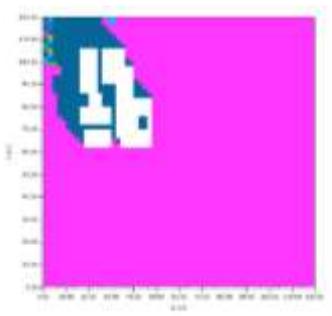


16h00

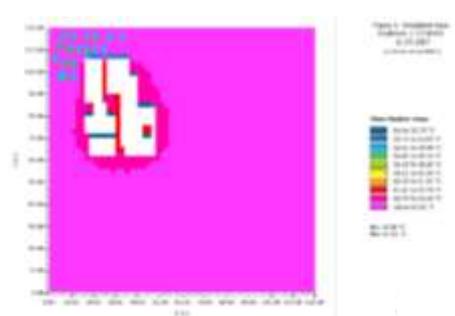


20h00

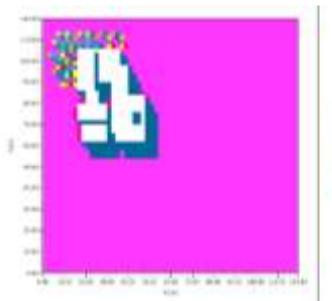
1.3 Tissu Traditionnel : Ruelle



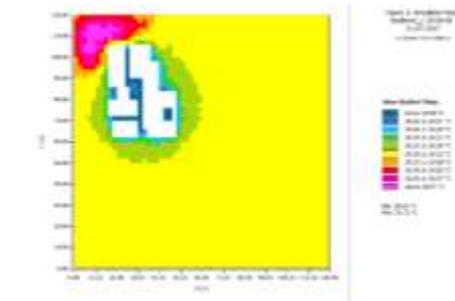
8h00



12h00

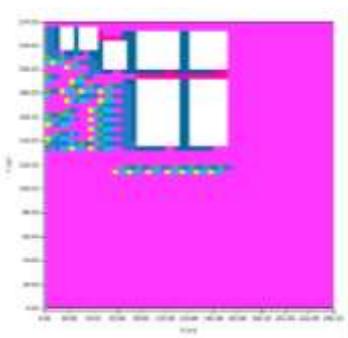


16h00

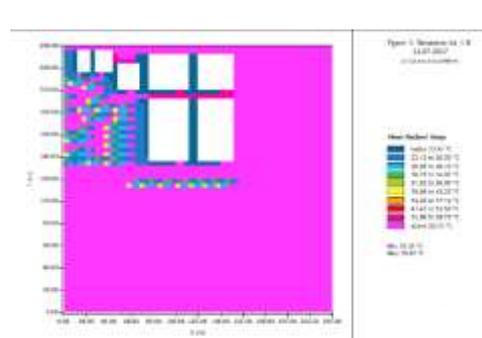


20h00

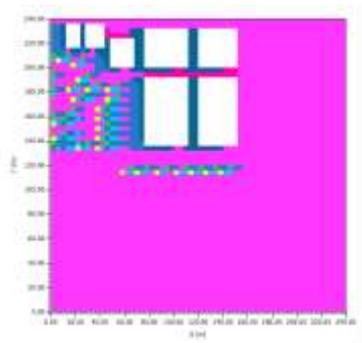
1.4 Tissu Auto construit : Rue, Boulevard et Jardin



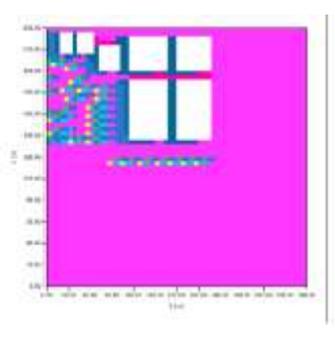
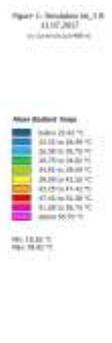
8h00



12h00



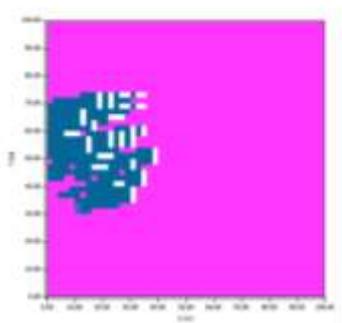
16h00



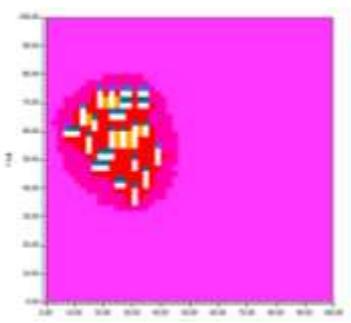
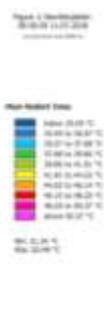
20h00



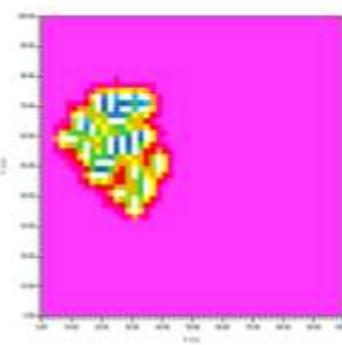
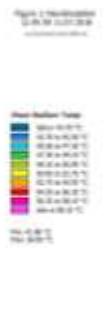
1.5 ZHUN : Place publique et Rue entre deux blocs



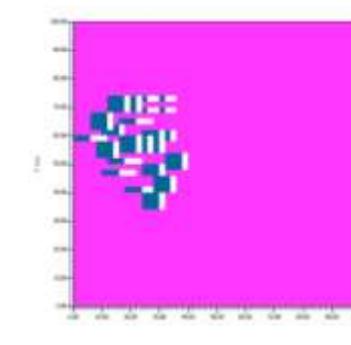
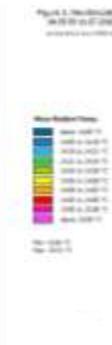
8h00



12h00



16h00

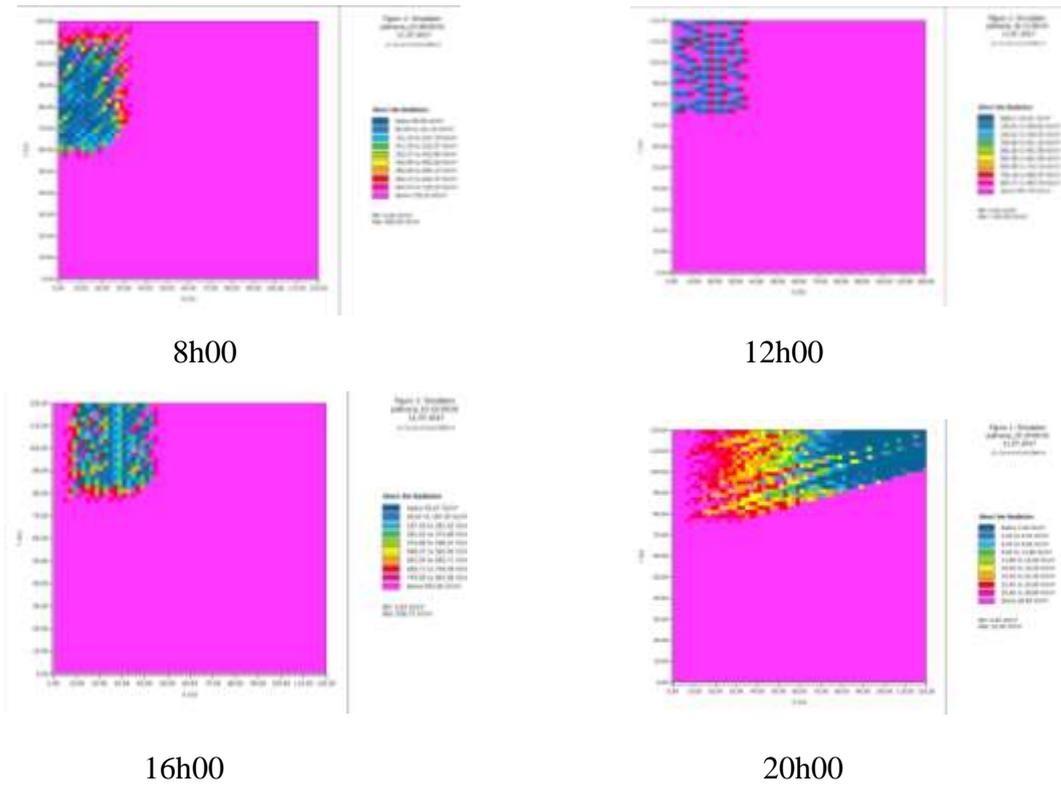


20h00

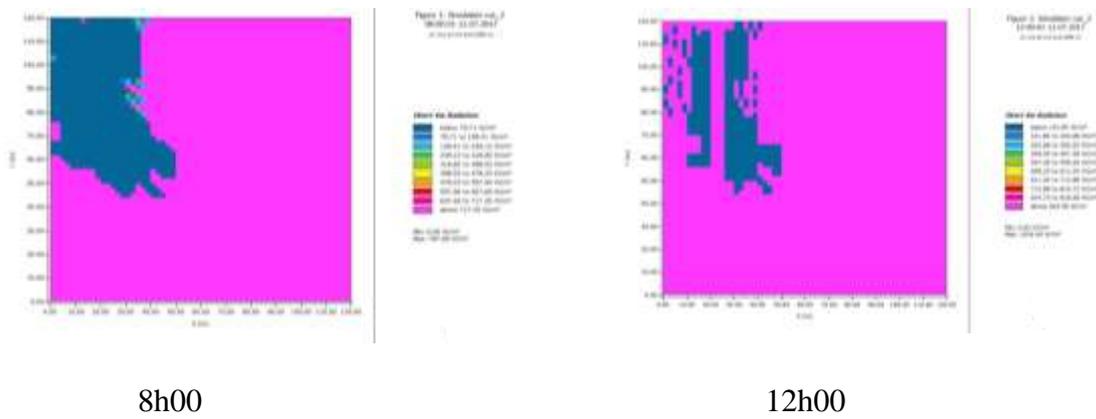


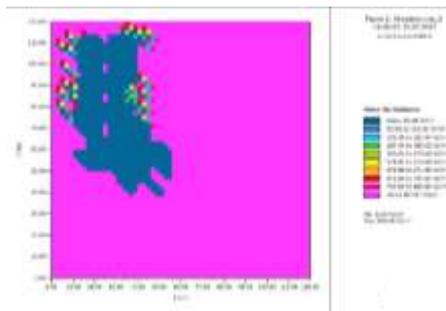
2. Résultats de flux de rayonnement solaire direct (W/m²)

2.1 Tissu traditionnel : Rue entre deux jardins

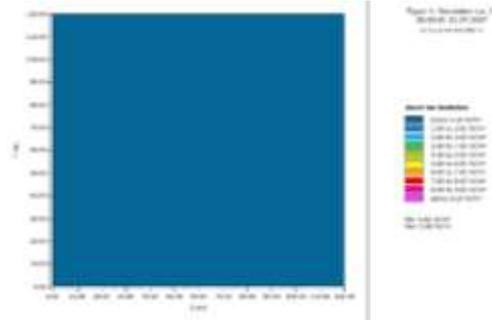


2.2 Tissu traditionnel : Rue



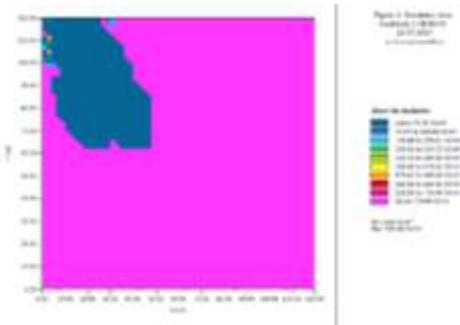


16h00

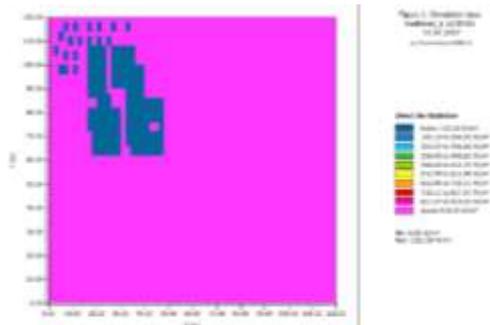


20h00

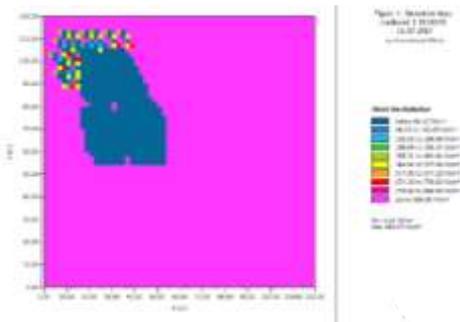
2.3 Tissu traditionnel : Ruelle



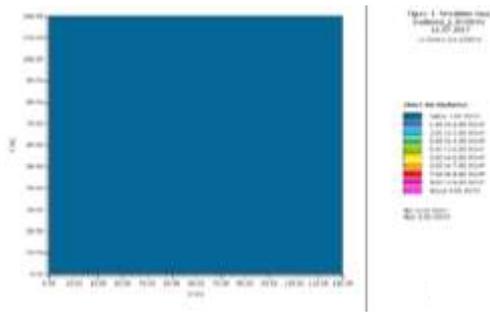
8h00



12h00

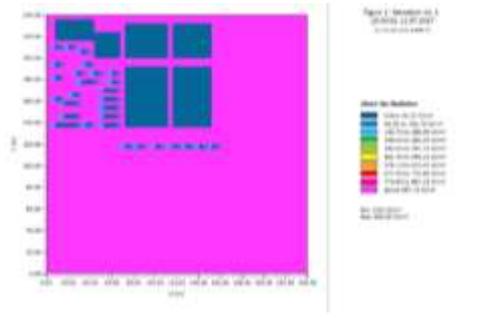
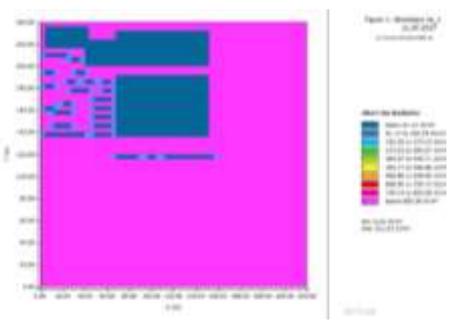


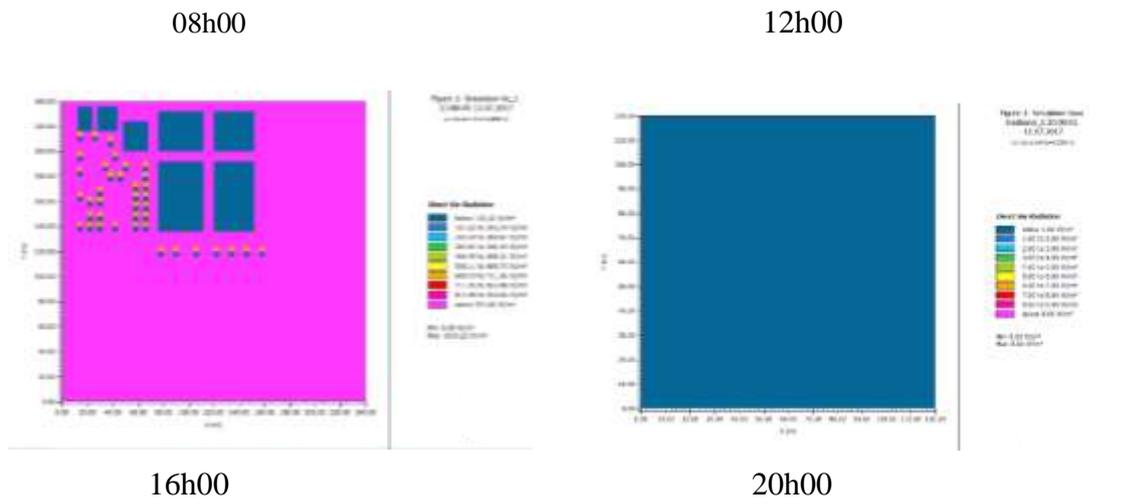
16h00



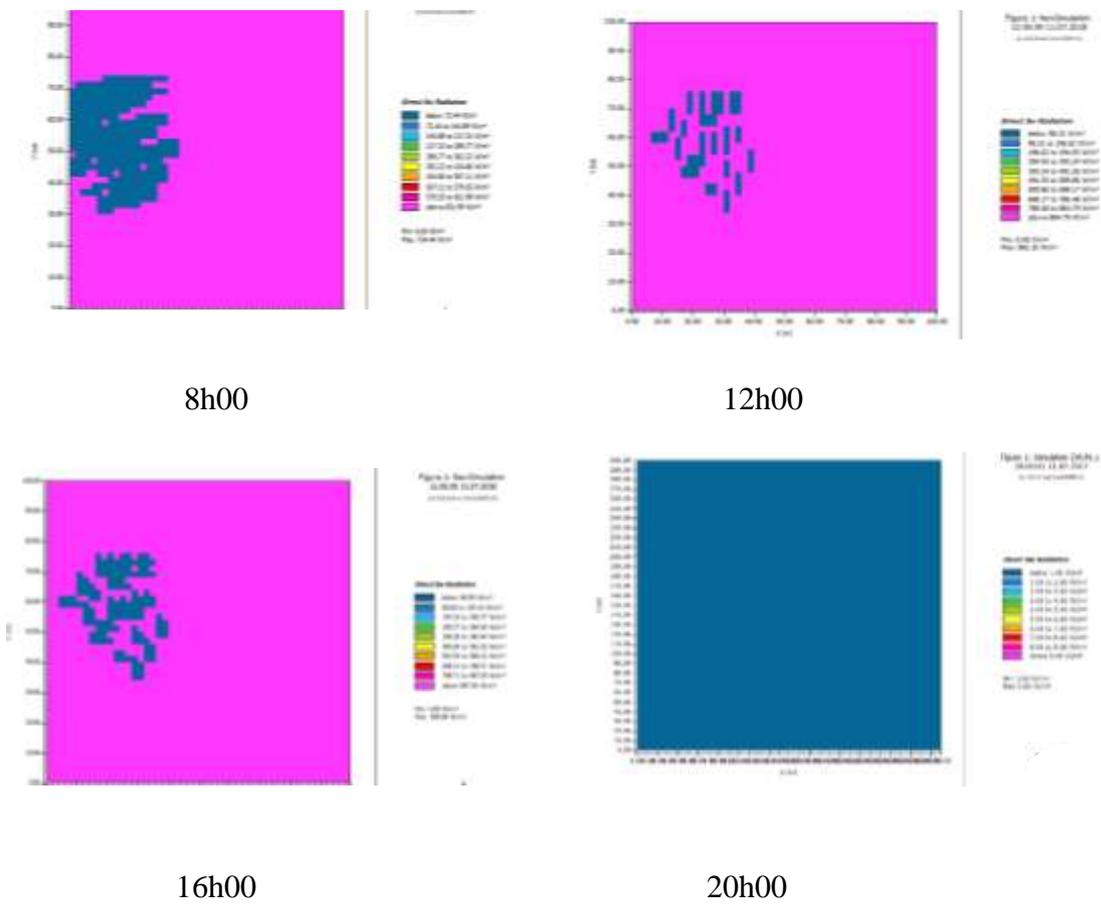
20h00

2.4 Auto construit : Rue, Boulevard et Jardin





2.5 ZHUN : Place publique et Rue entre deux blocs



Annexe D : les équations utilisées dans le calcul de flux de rayonnement solaire et la température moyenne radiante par Envi-met 04 :

L'ensoleillement est l'un des paramètres les plus influents sur le microclimat extérieur, surtout en période estivale dans les régions à climat chauds et sec. Le rayonnement direct c'est la quantité d'énergie solaire atteignant directement sur la totalité des surfaces urbaines depuis le soleil. Les fonctions du logiciel Envi met 4 nous permettent d'obtenir le flux d'énergie solaire direct incident sur les surfaces exprimé en (W/m²), à l'intérieur du modèle tridimensionnel, les flux radiatifs sont modifiés par les plantes et les bâtiments.

Le coefficient de réduction de flux $\sigma_{sw,dir}(z)$ décrit l'influence de la végétation sur le rayonnement direct et diffus à ondes courtes, $R_{sw,dir}(z)$ est Le rayonnement direct à courtes ondes en tout point z (Bruse, 1995).

$$\sigma_{sw,dir}(z) = \exp(-F \cdot LAI(z)) \quad \dots(\text{Eq.1})$$

$$R_{sw,dir}(z) = \sigma_{sw,dir}(z) R_{0,sw,dir} \quad \dots (\text{Eq.2})$$

Ou' :

LAI : l'indice de surface foliaire vertical

$R_{0,sw,dir}$: flux radiatifs à ondes courtes au sommet du modèle

Les fonctions des outils numériques permettent aussi de quantifier la valeur de la température moyenne radiante, Thorsson et al. (2007) ont indiqué une différence relativement faible entre la valeur de TMR obtenu à travers l'application de la méthode du thermomètre globe et la méthode de simulation, Cependant, Katzschner et Thorsson (2009) ont signalé une différence de 1°C entre la TMR simulée à l'aide du logiciel ENVI-met et le TMRT observée à partir de mesures des surfaces verticales et horizontales et une différence de 3°C en comparaison avec celle obtenu de thermomètre globe.

Afin de calculer la TMR, la modélisation numérique par ENV-imet 04 est basée sur un modèle dynamique de fluide de calcul tridimensionnel et un modèle de bilan énergétique (Bruse, 1999, 2012). Selon Huttner (2012) cité par (Mahgoubé, 2016) , la température

moyenne de rayonnement (TMR) est calculée pour un corps de forme cylindrique selon l'équation suivante :

$$\mathbf{TMR} = (1/\sigma (Q_{lw,in} + ak/\varepsilon (Q_{sw-diff,in} + Q_{sw-dir,in}))^{0.25} \quad \dots \text{ (Eq.3)}$$

Lorsque le coefficient d'émission du corps humain (ε) est fixé à 0,97 et (ak), le coefficient d'absorption du corps humain pour le rayonnement à ondes courtes est fixé à 0,7. (σ) est la constante de Stefan Boltzmann, $Q_{sw-diff}$, et $Q_{sw-dir, in}$ sont respectivement le rayonnement diffus et direct des ondes courtes entrantes. À mesure que l'influence du rayonnement du sol diminue avec l'augmentation de la hauteur ; ENVI-met suppose que le rayonnement à ondes longues entrant $Q_{lw,in}$ provient à 50% de l'hémisphère supérieure (ciel, bâtiments et végétation) et à 50% du sol, sur la base de l'équation suivante :

$$\mathbf{Q}_{Iw,in} = 0,5 (Vf_{veg} \varepsilon_{veg} \sigma T_{veg}^4 + Vf_{bldg} \varepsilon_{bldg} \sigma T_{bldg}^4 + Vf_{bldg} Q_{iw,sky} + Vf_{bldg} (1 - \sigma_{bldg}) Q_{Iw,sky}) + 0,5 . (\sigma \varepsilon_{sole} T_{sole}^4) \quad \dots \text{ (Eq.4)}$$

Les facteurs de vue (vf) donnent le pourcentage de végétation / bâtiments / ciel qui peut être vu depuis le point de grille spécifique. L'approche physiquement consiste à calculer les flux de rayonnement à ondes longues sur la base de l'émissivité moyenne ($\bar{\varepsilon}$) et température de toutes les plantes / surfaces des bâtiments (Huttner, 2012). Le rayonnement à ondes longues (Q_{lw} , ciel) est calculé en fonction de la température de l'air, de l'humidité de l'air et de certains paramètres empiriques (Oke, 1978). Pour les rayonnements à ondes longues provenant du sol, seules l'émissivité et la température de surface de la cellule de la grille sont prises en considération. Le rayonnement diffus à ondes courtes radiation ($Q_{sw-diff,in}$) est calculé à travers l'application de l'équation suivante :

$$\mathbf{Q}_{sw-diff,in} = 0,5 . (vf_{bldg} rf_{bldg} Q_{sw-dir,ciel} + vf_{sky} Q_{sw-diff,sky}) . 0,5 . (rf_{sole} Q_{sw,sole}) \quad \dots \text{ (Eq.5)}$$

(rf) : est la reflectivité , ($Q_{sw,sole}$) : est le rayonnement global des ondes courtes à la surface du sol de la cellule de grille, le rayonnement direct à ondes courtes $Q_{sw-dir,in}$ est défini comme le rayonnement direct à ondes courtes dans la cellule est calculé selon l'équation suivante :

$$\mathbf{Q}_{sw-dir,in} = pf \times Q_{sw-dir} \quad \dots \text{ (Eq.6)}$$

Le facteur de projection pf dépend de l'azimut du soleil (Φ) et calculé comme suivant :

$$\mathbf{Pf} = 0,42 \cdot \cos(\Phi) + \sin(\Phi) \quad \dots \text{ (Eq.7)}$$

Annexe E : Les étapes pour calculer la densité par Arc GIS :

ArcGis (logiciel d'information géographique) est un logiciel développé par la société américaine *Esri (Environmental Systems Research Institute)*, ce logiciel est composé de différentes plateformes, qui permettent de présenter, partager et de traiter l'information géographique, dans cette recherche, ArGis utilisé afin de calculer les niveaux de densité urbaine et végétale pour chaque tissu et échantillon étudiés. Les figures suivantes présentent les différentes étapes à suivre afin de quantifier la valeur de la densité.

Etape N° 1 : consiste à créer deux couches de la carte de l'ancien noyau de Sidi Okba, la première présente le périmètre d'étude, la deuxième présente le bâti.

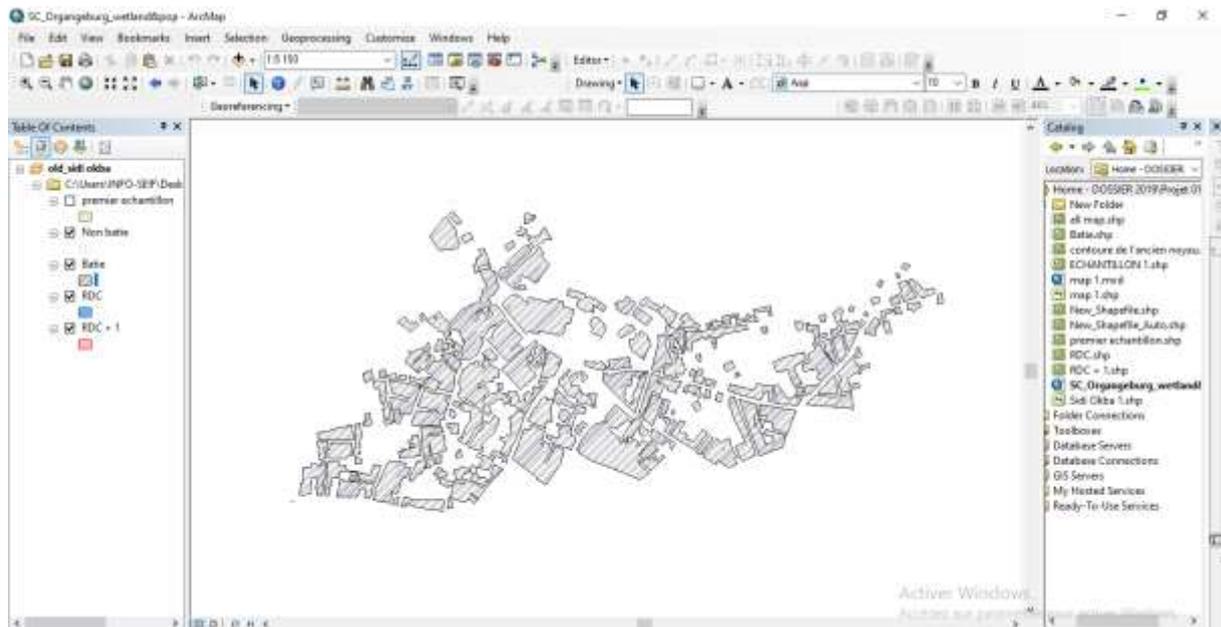


Figure (D.1) : les deux couches de la carte de l'ancien noyau de Sidi Okba

Etape N° 2 : la table des matières du côté gauche de la fenêtre de la carte affiche la liste des couches de bloc de données, chaque couche permet d'afficher les informations géométriques d'une zone sélectionnée, comme indiqué sur la figure (D.2), cette étape consiste à créer un tableau qui rassemble les informations géométriques de chaque zone.

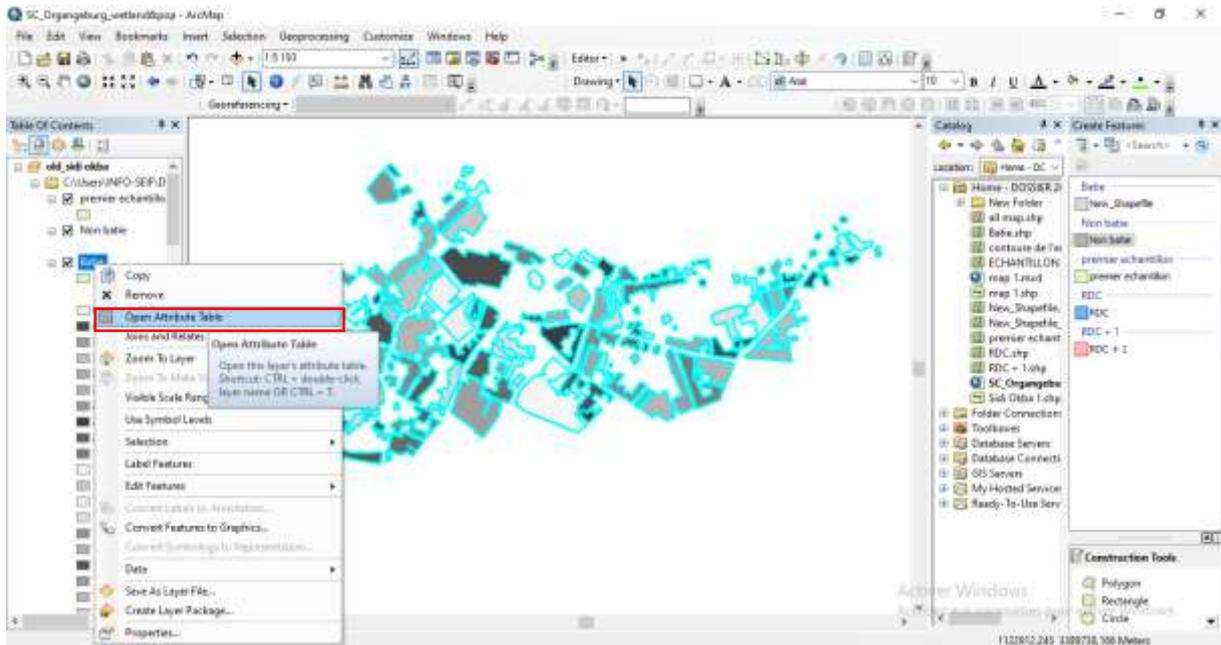


Figure (D.2) : création d'un tableau qui contient les informations géométriques

Etape N°3 : dans cette étape, il est important de créer une nouvelle colonne sur le tableau, cette colonne doit être rassemblée l'information géométrique de la zone sélectionnée, en choisissant « *calculate géométrie* » et indiqué la nature de l'information géométrique (surface dans notre cas) ainsi que l'unité de calcul (m^2) (figure D.3) , une fois les surfaces calculées, ArcGis permet de faire une analyse statistique qui permet de ressortir la somme des surfaces bâties, ainsi que la surface totale du périmètre d'étude (figure D.4).

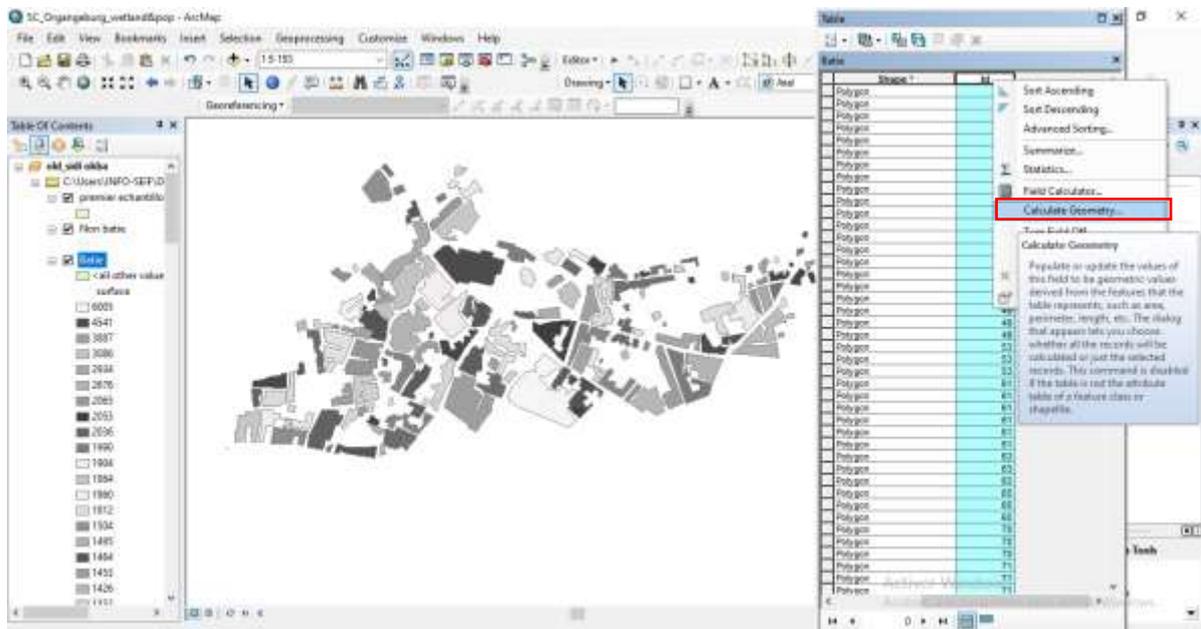


Figure (D.3) : Création d'une nouvelle colonne

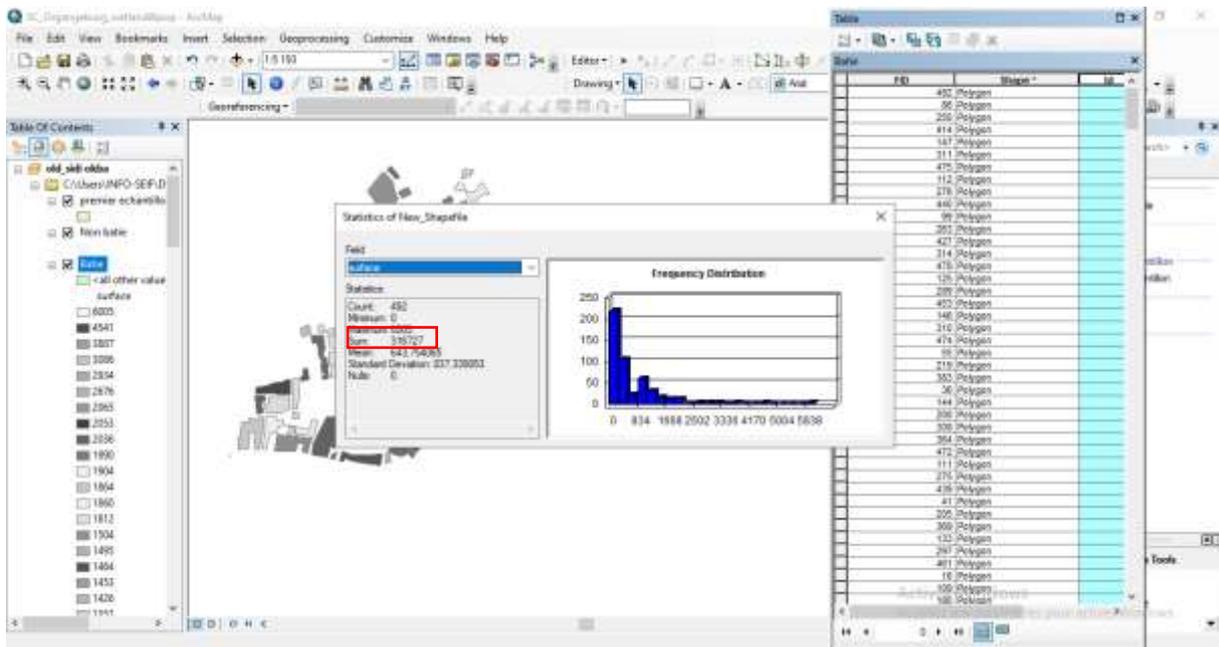


Figure (D.4) : Les résultats de calcul des surfaces des zones sélectionnées