

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
Réf :



جامعة: محمد خيضر بسكرة -
كلية: العلوم والتكنولوجيا
قسم: الهندسة المعمارية
المرجع:

Thèse présentée en vue de l'obtention

du diplôme de :

Doctorat en Architecture

Option : Habitat et ville durable

HABITAT URBAIN : CONFORT ET PRATIQUE DANS LES ESPACES PUBLICS EXTERIEURS. CAS DE LA VILLE D'ANNABA.

Présentée par :

Dafri Ibtissam

Soutenue publiquement le: 16/09/2021

Devant le jury composé de:

Pr. Zemmouri Nourdine	Professeur	Président	Université de Biskra
Pr. Alkama Djamel	Professeur	Rapporteur	Université de Guelma
Pr. Sriti Leila	Professeur	Examinatrice	Université de Biskra
Dr. Bouzaher Soumia	Maitre de conférences A	Examinatrice	Université de Biskra
Dr. Mahimoud Aissa	Maitre de conférences A	Examinateur	Université de Constantine 3
Dr. Hamouda Abida	Maitre de conférences A	Examinatrice	Université de Batna 1

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicace :

Je dédie ce modeste travail à mon père que dieu le bénisse dans son vaste paradis.

*A ma mère vénérée
Mon mari et mon fils*

*Mes chers frères et chère Mima
Ainsi qu'à toute la famille*

Remerciement :

*Merci Dieu le tout puissant, lumière des cieux et de la terre ;
Avant de dresser ces mots, je tiens à remercier l'immense Arsenal qui m'a vivement
poussé à vivre une telle aventure et un tel travail. J'adresse mes sincères gratitudee à
toute personne de près ou de loin, amie ou anonyme, qui a enrichi cette recherche afin
de trouver la lumière du jour ; Merci.*

*J'exprime ma grande reconnaissance à mon directeur du travail, mon encadreur le
Professeur Alkama Djamel qui m'a enseigné, orienté, et guidé à savoir le bon
itinéraire pour énumérer ce travail, et je n'oublierai jamais sa confiance en moi dans
le but de dévoiler toute ambiguïté de notre thématique.*

*Je remercie tous les enseignants du département d'architecture de Guelma et de Biskra ou
ailleurs*

Ma sympathie à mes amis intimes

*Merci à tous mes amis et collègues de l'université de Biskra, de Guelma
Enfin, j'adresse toute ma reconnaissance à mon père que dieu le bénisse dans son vaste
paradis, ma mère et mima qui sont la source de ma
joie en vie, à mon mari et mon fils, à mes deux frères, et mes cousins en particulier : Wided et
son mari qui m'ont encouragé et poussé à
s'aventurer au bord de la mer des études toutes ces années ; Merci infiniment.*

Résumé :

La notion du confort thermique constitue un prime intérêt dans la conception des espaces urbains, parce que les conditions de vie des usagers dans ces endroits ne sont pas favorables. Dans cette optique cette recherche vise à étudier les espaces publics extérieurs en fonction de leurs pratiques et conditions climatiques.

L'objectif de cette étude est d'intégrer le concept de la bioclimatique dans la conception et l'aménagement des espaces publics extérieurs, et d'améliorer ses conditions thermiques, afin d'assurer aux utilisateurs un niveau de confort thermique adéquat, pour faire ses pratiques. Donc le but principal de cette recherche est de savoir l'interaction entre le bilan thermique et son influence sur l'usage de l'espace public extérieur.

La méthode adoptée pour aboutir ces objectifs est composée d'une étude théorique, qui tend à définir tous les concepts de la thématique, et une autre expérimentale, qu'elle se base sur un travail de terrain, suivi par un travail à l'aide des logiciels. L'investigation sur terrain tend à mettre en évidence le comportement des usagers dans les aires d'étude, à travers leurs activités et pratiques, elle se complète par un questionnaire destiné aux usagers de l'espace public, l'analyse du questionnaire se fait à l'aide du logiciel de SPSS. Ainsi une campagne de mesures microclimatiques s'effectue sur les mêmes lieux de recherche pendant la période de surchauffe, elle se suit par la simulation à l'aide de l'Envi met.

L'observation en situation et le questionnaire sont destinés pour comprendre toutes les pratiques exercée dans les cas d'études, et la densité de fréquentation de ces espaces, ainsi, le questionnaire tend à évaluer la sensation du confort thermique chez les utilisateurs des espaces publics.

La campagne de mesure étudie la variabilité de l'environnement thermique dans le milieu urbain, à savoir les caractéristiques physiques composantes de l'espace, ainsi, elle étudie la différence entre l'environnement thermique dans un milieu urbain et une zone faible urbanisée. La mesure in situ fait le support pour l'outil informatique, dont le but est de procéder une simulation de différentes données climatiques, afin d'évaluer le confort thermique à l'aide du logiciel, et d'accomplir l'objectif principal de cette étude.

Finalement, les résultats obtenus affirment que les paramètres microclimatiques sont responsables de la sensibilité de l'environnement thermique, et ils influencent le confort thermique par la suite, qui a de sa part un impact sur le niveau d'intensité et la densité de fréquentation dans les espaces publics extérieurs.

Mots clé : Espace public extérieur, confort thermique extérieur, paramètres microclimatiques, intensité et densité de fréquentation, SPSS, Envi met / Bio met, ville d'Annaba.

Abstract:

The concept of thermal comfort is of prime interest in the design of urban spaces, because the living conditions of users in these places are not favorable. In this perspective, this research aims to study the public spaces according to their practices and climatic conditions.

The objective of this study is to integrate the concept of bioclimatic in the design and development of outdoor public spaces, and to improve its thermal conditions, in order to ensure users an adequate level of thermal comfort, to carry out their practices. Therefore, the main aim of this research is to find out the interaction between the thermal balance and its influence on the use of outdoor public space.

The method adopted to achieve these objectives is composed of a theoretical study, which tends to define all the concepts of the theme, and an experimental one, which is based on a fieldwork, followed by a work using software. The field investigation tends to highlight the behavior of users in the study areas, through their activities and practices, and is completed by a questionnaire aimed at users of public space; the analysis of the questionnaire is done using SPSS software. A microclimatic measurement campaign is carried out on the same research sites during the overheating period, followed by simulation using Envi met.

The situational observation and the questionnaire are intended to understand all the practices exercised in the study cases, and the density of frequentation of these spaces, thus, the questionnaire tends to evaluate the sensation of thermal comfort among the users of public spaces.

The measurement campaign studies the variability of the thermal environment in the urban environment, i.e. the physical characteristics that make up the space, thus, it studies the difference between the thermal environment in an urban environment and a low urbanized area. The in-situ measurement supports the computer tool, which aims to carry out a simulation of different climatic data, in order to evaluate the thermal comfort with the help of the software, and to accomplish the main objective of this study.

Finally, the results obtained affirm that the microclimatic parameters are responsible for the sensitivity of the thermal environment, and they influence the thermal comfort thereafter, which in turn has an impact on the level of intensity and density of frequentation in outdoor public spaces.

Key words: Outdoor public space, outdoor thermal comfort, microclimatic parameters, intensity and density of use, SPSS, Envi met / Bio met, city of Annaba.

ملخص:

تعتبر فكرة الراحة الحرارية ذات أهمية قصوى في تصميم المساحات الحضرية ، لأن الظروف المعيشية للمستخدمين في هذه الأماكن ليست مواتية. مع وضع ذلك في الاعتبار ، يهدف هذا البحث إلى دراسة تأثير الراحة الحرارية الخارجية على استخدام وكثافة الزيارات إلى الأماكن العامة.

الهدف من هذه الدراسة هو دمج مفهوم المناخ الحيوي في تصميم وتخطيط الأماكن العامة الخارجية ، وتحسين ظروفها الحرارية ، من أجل ضمان مستوى مناسب من الراحة الحرارية للمستخدمين. لذا فإن الهدف الرئيسي من هذا البحث هو معرفة التفاعل بين توازن الحرارة وتأثيره على استخدام الأماكن العامة في الهواء الطلق.

وتتكون الطريقة المتبعة لتحقيق هذه الأهداف من دراسة نظرية تميل إلى تعريف كافة المفاهيم الموضوعية ، وأخرى تجريبية تعتمد على العمل الميداني ، ومن ثم العمل باستخدام البرامج. يميل البحث الميداني إلى إبراز سلوك المستخدمين في مناطق الدراسة ، من خلال أنشطتهم وممارساتهم ، ويتم استكماله باستبيان مخصص لمستخدمي الفضاء العام ، ويتم تحليل الاستبيان باستخدام برنامج إحصائي. وبالتالي ، يتم تنفيذ حملة من القياسات المناخية على نفس مواقع البحث خلال فترة ارتفاع درجة الحرارة ، تليها محاكاة باستخدام برامج أخرى.

تهدف الملاحظة في الموقع والاستبيان إلى فهم جميع الممارسات التي تمارس في دراسات الحالة ، وكمية الزيارات الي هذه المساحات ، وبالتالي ، يميل الاستبيان إلى تقييم الإحساس بالراحة الحرارية بين مستخدمي الأماكن العامة.

يدرس مرافق القياس تباين الراحة الحرارية في البيئة الحضرية ، أي الخصائص الفيزيائية المكونة للفضاء ، وبالتالي ، فإنه يدرس الفرق بين البيئة الحرارية في منطقة حضرية ومنطقة شبه حضرية. القياس في الموقع هو دعم أداة الكمبيوتر ، والغرض منها إجراء محاكاة لبيانات مناخية مختلفة ، من أجل تقييم الراحة الحرارية باستخدام البرنامج ، وتحقيق الهدف الرئيسي لهذه الدراسة.

أخيراً ، تؤكد النتائج المتحصل عليها أن المعلومات المناخية هي المسؤولة عن حساسية البيئة الحرارية ، وتؤثر على الراحة الحرارية بعد ذلك ، والتي بدورها لها تأثير على مستوى وعدد المستخدمين في الأماكن العامة في الهواء الطلق.

الكلمات المفتاحية: مساحة عامة خارجية ، راحة حرارية خارجية ، معايير مناخية دقيقة ، شدة وكثافة الحضور ، غنابة

.SPSS, Envi met/ Bio met

Résumé:.....	I
Abstract.....	II
ملخص.....	III
Sommaire	IV
Liste des figures:	XIV
Liste des tableaux:	XVII
Liste des graphes:	XX

SOMMAIRE :

Introduction générale :

INTRODUCTION:	1
PROBLEMATIQUE :	2
HYPOTHESES :	3
OBJECTIFS :	4
STRUCTURE DE LA THESE :	4

Chapitre I : Habitat urbain et espace public ; Notions, concepts et pratiques :

INTRODUCTION :	6
1 DEFINITION DE L’HABITAT :	7
2 TYPOLOGIE DE L’HABITAT :	7
2.1 SELON LEURS SITUATIONS :	7
2.1.1 <i>Habitat urbain :</i>	8
2.1.2 <i>Habitat suburbain (Périurbain) :</i>	8
2.1.3 <i>Habitat rural :</i>	8
2.2 SELON LEURS ASPECTS PHYSIQUES:	8
2.2.1 <i>Habitat collectif :</i>	8
2.2.2 <i>Habitat individuel :</i>	8
2.2.3 <i>Habitat semi collectif (intermédiaire) :</i>	9
2.2.4 <i>Habitat traditionnel :</i>	9
2.2.5 <i>Habitat précaire :</i>	9
3 ELEMENT DE L’HABITAT URBAIN :	9
3.1 LES HABITATIONS :	9
3.2 LES SERVICES A PROXIMITE :	9
3.3 LES RESEAUX DE TRANSPORTS ET MOBILITE :	9
3.4 LES EQUIPEMENTS ADMINISTRATIFS, COMMERCIAUX, CULTURELS ET SPORTIFS :	10
3.5 L’ESPACE PUBLIC :	10
4 DEFINITION DE L’ESPACE PUBLIC :	10
5 HISTOIRE DE L’ESPACE PUBLIC :	11
5.1 LA COUR PENDANT LA CIVILISATION MESOPOTAMIENNE :	11

5.2	AGORA GREC :	12
5.3	LE FORUM ROMAIN :	12
5.4	LE MOYEN AGE :	13
5.5	LA RENAISSANCE :	13
5.6	LA PERIODE CLASSIQUE :	14
5.7	LA REVOLUTION INDUSTRIELLE :	14
5.8	LA PERIODE MODERNE :	14
5.9	L'ESPACE PUBLIC ET LA VILLE ARABO-ISLAMIQUE :	15
5.10	L'ETAT ACTUEL DES ESPACES PUBLICS :	15
6	TYPES DE L'ESPACE PUBLIC :	16
6.1	LA RUE :	16
6.2	L'AVENUE :	17
6.3	LE BOULEVARD :	17
6.4	LE PASSAGE :	17
6.5	L'IMPASSE :	17
6.6	LA PLACE :	17
6.7	LA COUR PUBLIQUE :	18
6.8	L'ESPLANADE :	18
6.9	LE MARCHE, PLACE MARCHANDE :	18
6.10	LA PROMENADE PUBLIQUE :	18
6.11	LE JARDIN PUBLIC :	18
6.12	LE PARC URBAIN :	18
6.13	LE SQUARE :	18
6.14	LE ROND-POINT, CARREFOUR, NŒUDS :	19
6.15	LE COURS :	19
7	USAGE ET ROLE DE L'ESPACE PUBLIC :	19
7.1	UN ELEMENT STRUCTURANT DE L'ESPACE URBAIN :	19
7.2	UN LIEU DE COHESION ET MIXITE SOCIALE :	19
7.3	UN ESPACE DE CORRESPONDANCE ET DE PARTAGE D'INFORMATION :	19
7.4	UN ESPACE DE JEUX, ACTIVITES SPORTIVES ET LOISIRS :	20
8	ENJEUX DES ESPACES PUBLICS :	20
8.1	ENJEU DE MOBILITE :	20
8.2	ENJEUX DES USAGES CIVILS, FESTIFS ET CULTURELS, COMMERCIAUX :	20
8.3	ENJEU DE SOCIABILITE :	20
8.4	ENJEUX D'IDENTITE :	21
9	ACTEURS DES ESPACES PUBLICS :	21
9.1	LES ACTEURS ECONOMIQUES :	21
9.2	LES ACTEURS POLITIQUES :	21
9.3	LES PROFESSIONNELS DE L'ESPACE (ARCHITECTES, URBANISTES, INGENIEURS) :	21
9.4	LES HABITANTS-USAGERS-CITOYENS (HUC) :	21
10	DYNAMIQUE DE L'ESPACE PUBLIC :	21
10.1	FORME :	22
10.2	FONCTION :	22
10.3	USAGE :	22
11	COMPOSANTS DE L'ESPACE PUBLIC EXTERIEUR :	22
11.1	LE SOL :	22
11.2	LE MOBILIER URBAIN :	23
11.3	LA VEGETATION :	23

12	L'ESPACE PUBLIC EN ARCHITECTURE ET EN URBANISME:	23
13	STRUCTURATION DE L'ESPACE PUBLIC :	24
	CONCLUSION :	25

Chapitre II : Climat et microclimat urbain :

INTRODUCTION :	26
1 DEFINITION :	27
2 ECHELLES DU CLIMAT :	27
2.1 ECHELLES CLIMATIQUES HORIZONTALES :	27
2.1.1 <i>Le climat global (échelle macro) :</i>	27
2.1.2 <i>Le climat régional (échelle méso) :</i>	28
2.1.3 <i>Le climat local:</i>	28
2.1.4 <i>Le microclimat :</i>	28
2.2 ECHELLES CLIMATIQUES VERTICALES :	29
2.2.1 <i>La couche limite atmosphérique CLA :</i>	29
2.2.2 <i>La couche limite urbaine CLU :</i>	29
2.2.3 <i>La canopée urbaine :</i>	30
3 CLASSIFICATIONS DES CLIMATS DANS LE MONDE :	31
4 ELEMENTS DU CLIMAT :	34
4.1 LA TEMPERATURE DE L' AIR :	34
4.2 L'HUMIDITE:	35
4.3 LES VENTS:	35
4.4 LE RAYONNEMENT SOLAIRE :	36
4.5 LES PRECIPITATIONS :	37
4.6 FORMATION DE ROSEE ET DE BROUILLARD:	38
5 MICROCLIMAT :	38
5.1 DEFINITION DE MICROCLIMAT (CLIMAT URBAIN) :	38
5.2 PHENOMENES MICROCLIMATIQUES EN MILIEU URBAIN :	38
5.2.1 <i>Nébulosité du ciel :</i>	38
5.2.2 <i>Effets aérodynamiques :</i>	38
6 ILOT DE CHALEUR URBAIN :	42
6.1 DEFINITION :	42
6.2 LES TYPES DE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN :	42
6.2.1 <i>Les îlots de chaleur à la surface du sol :</i>	42
6.2.2 <i>Les îlots de chaleur de la canopée urbaine :</i>	43
6.2.3 <i>Les îlots de chaleur de la couche limite urbaine :</i>	43
6.3 LES CAUSES DE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN :	44
6.3.1 <i>Émissions de gaz à effet de serre :</i>	44
6.3.2 <i>Perte du couvert végétal (forestier) dans les milieux urbains :</i>	44
6.3.3 <i>Imperméabilité des matériaux:</i>	44
6.3.4 <i>Propriétés thermiques des matériaux :</i>	45
6.3.5 <i>Morphologie urbaine et taille des villes :</i>	45
6.3.6 <i>Chaleur anthropique :</i>	46
6.4 LES IMPACTS DE L'ILOT DE CHALEUR URBAIN :	46
6.4.1 <i>Impact sur la santé :</i>	46
6.4.2 <i>Impact sur l'environnement :</i>	46
6.4.3 <i>Impact sur la consommation de l'énergie et de l'eau :</i>	46

6.5	LES MESURES DE LUTTES A L'ÎLOT DE CHALEUR URBAIN :.....	47
6.5.1	Les mesures de végétalisation et de gestion des eaux pluviales :.....	47
6.5.2	Les mesures de contrôle des sources chaleurs anthropiques :.....	48
6.5.3	Les mesures ciblant les infrastructures :.....	48
CONCLUSION :		49
 <u>Chapitre III : Confort thermique extérieur:</u>		
INTRODUCTION :		50
1	DEFINITION DU CONFORT.	51
2	PARAMETRES INFLUANT SUR CONFORT THERMIQUE.	52
2.1	PARAMETRES CLIMATIQUES :	52
2.1.1	La température de l'air (T_a) et température moyenne radiante (TMR).	52
2.1.2	L'humidité relative.	52
2.1.3	La vitesse de l'air.	53
2.1.4	Le rayonnement solaire :.....	53
2.2	PARAMETRES NON CLIMATIQUES :	54
2.2.1	Le métabolisme : Production de la chaleur métabolique :.....	54
2.2.2	L'habillement :.....	55
2.2.3	L'âge et le sexe :.....	56
2.2.4	La forme du corps, couleur de la peau et état de santé :.....	56
3	LA NOTION D'ADAPTATION :	57
3.1	ADAPTATION PHYSIQUE:	57
3.2	ADAPTATION PHYSIOLOGIQUE:	58
3.3	ADAPTATION PSYCHOLOGIQUE:	58
4	BILAN DES ECHANGES THERMIQUES.	58
4.1	DEPERDITION PAR CONDUCTION :.....	59
4.2	DEPERDITION PAR CONVECTION :.....	59
4.3	DEPERDITION PAR RADIATION :.....	59
4.4	DEPERDITION PAR EVAPORATION :	60
5	NORMES RELATIVES AU CONFORT THERMIQUE :	60
6	DIAGRAMMES DE CONFORT THERMIQUE :	60
6.1	DIAGRAMME DE L' AIR HUMIDE :	60
6.2	DIAGRAMME D'OLGYAY	61
6.3	DIAGRAMME DE GIVONI.....	61
6.4	DIAGRAMME DE SZOKOLAY :	63
6.5	TABLES DE MAHONEY :.....	63
7	EVALUATION ET ANALYSE DU CONFORT THERMIQUE.	63
7.1	INDICE RATIONNELS :	64
7.1.1	L'indice de vote moyen prévisible (predicted mean vote) PMV :.....	64
7.1.2	L'indice de la Température perçue (perceived temperature) :.....	64
7.1.3	L'indice de la Température standard effective en espaces extérieurs OUT-SET* :.....	64
7.1.4	L'indice de la Température physiologique équivalente (PET) :.....	65
7.1.5	L'indice universel du climat thermique (UTCI) :.....	65
7.2	INDICES SIMPLES OU EMPIRIQUES :	66
7.2.1	Vote de sensation effective «Actual Sensation Vote» (ASV) :.....	66
7.2.2	Température de perception équivalente TEP (Temperature of Equivalent Perception) :.....	66
7.2.3	Sensation thermique TS (thermal sensation) :.....	67

7.2.4	L'indice de ET (Effective temperature):.....	67
7.2.5	L'indice de chaleur « Heat Index » (HI) et « Temperature-Humidity Index » (THI) :.....	67
7.2.6	Humidex (HD) :.....	68
7.2.7	Indice de WBGT (Wet Bulb Globe Temperature Index) :.....	68
CONCLUSION :		72
 <u>Chapitre IV : Etat de l'art et positionnement épistémologique:</u>		
INTRODUCTION :		73
1 ETUDE DE VIRGINIE GROSEMOUGE SUR LA PROPOSITION D'INDICATEURS DE CONFORT THERMIQUE ET ESTIMATION DE LA TEMPERATURE MOYENNE RADIANTE EN MILIEU URBAIN TROPICAL.....		74
1.1	CAS D'ETUDE :	74
1.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	74
1.3	RESULTAT DE L'EXPERIENCE :.....	76
1.3.1	Statistiques générales de l'enquête et les conditions microclimatiques :.....	76
1.3.2	Analyse du confort thermique:	76
2 L'ETUDE DE Q.HUANG ET AL SUR L'ENVIRONNEMENT THERMIQUE EXTERIEUR DANS LA VILLE ECOLOGIQUE :.....		77
2.1	CAS D'ETUDE :	77
2.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	78
2.3	RESULTATS DE L'EXPERIENCE :.....	78
2.3.1	Analyse des valeurs de l'UTCI :.....	78
2.3.2	Température de l'air:.....	78
2.3.3	Température moyenne radiante :	79
3 ETUDE M. MATALLAH SUR LE CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR DANS LES QUARTIERS D'OASIS :		80
3.1	CAS D'ETUDE :	80
3.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	80
3.3	RESULTATS :	81
3.3.1	SVF, évaluation du niveau de confort thermique, et de stress thermique :	81
3.3.2	Evaluation des valeurs de PET :	81
3.3.3	Evaluation des valeurs de la température moyenne radiante :	81
3.3.4	Evaluation du PET et TMR en fonction de SVF :.....	81
4 L'ETUDE DE S. LOUAFI ET AL SUR L'EFFET DE LA COUVERTURE VEGETALE SUR LE CONFORT THERMIQUE ET VISUEL DES PIETONS EN ESPACE URBAIN :		84
4.1	CAS D'ETUDE :	84
4.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	84
4.3	RESULTATS :	84
4.3.1	Température de l'air :.....	85
4.3.2	Rayonnement solaire global :.....	85
4.3.3	Humidité relative et vitesse de l'air :	86
4.3.4	Luminance et SVF :	86
4.3.5	L'indice de confort PET :.....	86
4.3.6	Résultat du sondage :.....	87
5 ETUDE DE K. PANDAVOU ET AL SUR LA SENSATION THERMIQUE EXTERIEURE DES PIETONS DANS UN CLIMAT MEDITERRANEEN ET COMPARAISON AVEC UTCI :		88
5.1	CAS D'ETUDE :	88
5.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	88

5.3	RESULTATS :	88
5.3.1	<i>Données microclimatiques :</i>	88
5.3.2	<i>Données du questionnaire :</i>	89
5.3.3	<i>Sensation thermique et variables météorologiques :</i>	89
5.3.4	<i>Sensation thermique et caractéristiques personnels :</i>	89
5.3.5	<i>Sensation thermique et facteurs psychologiques :</i>	90
6	ETUDE DE M. EL NABAOUI ET AL SUR LA PERCEPTION THERMIQUE DES ESPACES URBAINS EXTERIEURS :	92
6.1	CAS D'ETUDE :	92
6.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	93
6.3	RESULTATS :	93
7	ETUDE DE A. TALHI ET AL SUR LA PREDICTION DU CONFORT THERMIQUE HUMAIN EXTERIEUR ADAPTEE POUR LES CONCEPTEURS D'ESPACES URBAINS: EXAMEN DE L'UTCI ET DE L'APCI DANS LE CADRE D'ALGER (ALGERIE) :	94
7.1	CAS D'ETUDE :	94
7.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	95
7.3	RESULTATS :	95
7.3.1	<i>L'UTCI :</i>	95
7.3.2	<i>APCI :</i>	96
8	ETUDE DE A. HANAFI SUR LA STRATEGIE D'AMELIORATION SUR LE CONFORT THERMIQUE D'UNE PLACE PUBLIQUE D'UNE VILLE SAHARIENNE « BISKRA/ALGERIE » :	97
8.1	CAS D'ETUDE :	97
8.2	METHODOLOGIE DE TRAVAIL :	98
8.3	RESULTATS :	98
	CONCLUSION :	101
 <u>Chapitre V : Présentation du contexte d'étude:</u>		
	INTRODUCTION :	102
1	CHOIX DE LA VILLE D'ANNABA:	103
2	SITUATION DE LA WILAYA D'ANNABA :	103
3	EVOLUTION URBAINE DE LA VILLE D'ANNABA :	104
3.1	ANNABA PENDANT L'EPOQUE ANTIQUE :	104
3.2	ANNABA PENDANT L'EPOQUE ARABO MUSULMANE :	104
3.3	ANNABA PENDANT L'EPOQUE COLONIALE :	106
3.3.1	<i>Période entre 1832 à 1868 :</i>	106
3.3.2	<i>Période entre 1864 et 1905 :</i>	107
3.3.3	<i>Période entre 1905 et 1962 :</i>	108
3.4	ANNABA APRES L'INDEPENDANCE:	109
4	CARACTERISTIQUE DE LA VILLE :	111
4.1	RELIEF ET TOPOGRAPHIE :	111
4.2	FLORE :	112
5	ANALYSE CLIMATIQUE DE LA VILLE D'ANNABA:	112
5.1	TEMPERATURE DE L'AIR °C PENDANT LES 10 ANS:	114
5.2	HUMIDITE RELATIVE.% PENDANT LES 10 ANS:	115
5.3	VITESSE DU VENT PENDANT LES 10 ANS:	116
5.4	INSOLATION PENDANT LES 10 ANS:	117

5.5	PRECIPITATION PENDANT LES 10 ANS:.....	117
5.6	EVAPORATION PENDANT LES 10 ANS:.....	118
5.7	INDICE D'ARIDITE :.....	119
5.8	DETERMINATION D'ISOTHERME DE LA VILLE D'ANNABA :	120
5.8.1	<i>Zone de surchauffe</i> :.....	120
5.8.2	<i>Zone de confort</i> :.....	120
5.8.3	<i>Zone de sous-chauffe</i> :.....	121
5.9	DIGRAMME SOLAIRE DE LA VILLE D'ANNABA :	121
6	PRESENTATION DES CAS D'ETUDE :.....	122
6.1	LE COURS DE LA REVOLUTION :.....	123
6.2	SQUARE EL HOURIA:	125
6.3	JARDIN BOUKHATOUTA HOUCINE:.....	127
	CONCLUSION :	130

Chapitre VI : Processus méthodologique:

	INTRODUCTION :	131
1	PREMIERE PARTIE : OBSERVATION EN SITUATION ET ENQUETE SOCIOLOGIQUE : ..	132
1.1	CHOIX DE TECHNIQUE DE RECHERCHE :.....	132
1.2	OBSERVATION EN SITUATION :	132
1.2.1	<i>L'intensité</i> :	133
1.3	QUESTIONNAIRE :.....	134
1.3.1	<i>Echantillonnage</i> :.....	135
1.3.2	<i>La taille d'échantillon</i> :.....	136
1.3.3	<i>Composants du questionnaire</i> :.....	137
1.3.4	<i>Outils des statistiques utilisés</i> :	138
2	DEUXIEME PARTIE ; COMPAGNE DE MESURE :	139
2.1	PARAMETRES CLIMATIQUE ETUDIES DANS L'EXPERIENCE :.....	139
2.1.1	<i>Température de l'air</i> :	139
2.1.2	<i>Température moyenne radiante</i> :	139
2.1.3	<i>Humidité relative</i> :	139
2.1.4	<i>Vitesse de l'air</i> :	139
2.2	DESCRIPTION DES INSTRUMENTS UTILISES :	140
2.2.1	<i>Thermo hygromètre HI 9564</i> :.....	140
2.2.2	<i>Thermo anémomètre TA 300</i> :.....	141
2.3	PROCESSUS ET PARCOURS DE L'EXPERIENCE :	142
2.3.1	<i>Cours de la révolution</i> :	143
2.3.2	<i>Square el Houria</i> :.....	144
2.3.3	<i>Jardin Boukhatouta Houcine</i> :	145
3	TROISIEME PARTIE : SIMULATION A L'AIDE DE L'ENVI MET :	146
3.1	DESCRIPTION DU LOGICIEL ENVI MET 4.4.5 / BIO MET :.....	146
3.1.1	<i>La mise en fonction du logiciel</i> :	147
3.2	CALCUL DES INDICES :.....	148
3.3	COMPARAISON ENTRE LES CONDITIONS THERMIQUES DANS LES TROIS AIRES D'ETUDES EN FONCTION DE LEURS PRATIQUES :.....	149
	CONCLUSION :	151

Chapitre VII : Investigation: Compagne de mesure in situ:

INTRODUCTION :	152
1 OBSERVATION EN SITUATION :	153
1.1 COURS DE LA REVOLUTION :	153
1.2 SQUARE EL HOURIA :	155
1.3 JARDIN BOUKHATOUTA HOUCINE :	156
2 ANALYSE ET INTERPRETATION DES DONNEES DE QUESTIONNAIRE:	158
2.1 L'ANALYSE UNIE VARIEE :	158
2.1.1 <i>Le sexe :</i>	158
2.1.2 <i>L'âge :</i>	159
2.1.3 <i>La fonction :</i>	160
2.1.4 <i>La motivation de la fréquentation :</i>	161
2.1.5 <i>Sensation du confort :</i>	162
2.1.6 <i>Sensation thermique :</i>	163
2.1.7 <i>Sensation du courant d'air :</i>	164
2.1.8 <i>Sensation de l'humidité relative :</i>	166
2.1.9 <i>Jour de la fréquentation :</i>	167
2.1.10 <i>Le moment de la fréquentation :</i>	168
2.1.11 <i>La durée de la fréquentation :</i>	169
2.1.12 <i>La pratique exercée:</i>	170
2.1.13 <i>L'accompagnement :</i>	171
2.2 L'ANALYSE BIVARIEE :	172
2.2.1 <i>Sensation du confort et durée de la fréquentation :</i>	172
2.2.2 <i>Motivation de la fréquentation et la pratique exercée :</i>	174
2.2.3 <i>Sensation thermique et moment de la visite :</i>	176
2.2.4 <i>Motivation de la fréquentation et jour de la visite :</i>	178
2.2.5 <i>Age et accompagnement :</i>	180
2.3 ANALYSE MULTIVARIEE :	181
2.3.1 <i>Age, fonction et moment de la fréquentation :</i>	182
2.3.2 <i>Accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée :</i>	185
2.3.3 <i>Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation du courant d'air, sensation de l'humidité relative :</i>	188
3 ANALYSE DES DONNEES REQUISES DE LA COMPAGNE DE MESURE MICROCLIMATIQUE:	191
3.1 ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES DONNEES MESUREES DANS CHAQUE POINT DE MESURE :	191
3.1.1 <i>Evolution de température de l'air au cours de la révolution :</i>	191
3.1.2 <i>Evolution de l'humidité relative au cours de la révolution :</i>	192
3.1.3 <i>Evolution de la vitesse de l'air au cours de la révolution :</i>	193
3.1.4 <i>Evolution de température de l'air au square el Houria :</i>	194
3.1.5 <i>Evolution de l'humidité relative au square el Houria :</i>	195
3.1.6 <i>Evolution de la vitesse de l'air au square el Houria :</i>	196
3.1.7 <i>Evolution de température de l'air au jardin Boukhatouta Houcine :</i>	197
3.1.8 <i>Evolution de l'humidité relative au jardin Boukhatouta Houcine :</i>	198
3.1.9 <i>Evolution de la vitesse de l'air au jardin Boukhatouta Houcine :</i>	199
3.2 ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES DONNEES CLIMATIQUES DE LA STATION METEO ET CELLES MESUREES :	200
3.2.1 <i>Comparaison entre la température de l'air mesurée au cours et celle de la station météo:</i>	201
3.2.2 <i>Comparaison entre l'humidité relative mesurée au cours et celle de la station météo:</i>	202
3.2.3 <i>Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au cours et celle de la station météo:</i>	203
3.2.4 <i>Comparaison entre la température de l'air mesurée au square et celle de la station météo:</i>	204

3.2.5	<i>Comparaison entre l'humidité relative mesurée au square et celle de la station météo:</i>	205
3.2.6	<i>Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au square et celle de la station météo:</i>	206
3.2.7	<i>Comparaison entre la température de l'air mesurée au jardin et celle de la station météo :</i>	207
3.2.8	<i>Comparaison entre l'humidité relative mesurée au jardin et celle de la station météo:</i>	208
3.2.9	<i>Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au jardin et celle de la station météo:</i>	209
CONCLUSION :		210
 <u>Chapitre VIII : Simulation: Calcul des paramètres et indices à l'aide de logiciels:</u>		
INTRODUCTION :		211
1 ETUDE COMPARATIVE ENTRE LES PARAMETRES MICROCLIMATIQUES SIMULES ET CEUX MESURES :		212
1.1	COMPARAISON ENTRE LA TEMPERATURE DE L'AIR MESUREE ET CELLE SIMULEE :	212
1.2	COMPARAISON ENTRE L'HUMIDITE RELATIVE MESUREE ET CELLE SIMULEE :	213
1.3	COMPARAISON ENTRE LA VITESSE DE L'AIR MESUREE ET CELLE SIMULEE :	215
2 CALCUL DE LA TEMPERATURE MOYENNE RADIANTE :		216
2.1	EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE RADIANTE AU COURS DE LA REVOLUTION :	217
2.2	EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE RADIANTE AU SQUARE EL HOURIA :	218
2.3	EVOLUTION DE LA TEMPERATURE MOYENNE RADIANTE AU JARDIN BOUKHATOUTA HOUCINE :	218
3 EVALUATION DU CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR PAR LES INDICES DU CONFORT UTCI ET PET :		219
3.1	L'INDICE THERMIQUE UNIVERSEL DU CLIMAT (UTCI) :	219
3.1.1	<i>Cours de la révolution :</i>	220
3.1.2	<i>Square el Houria :</i>	221
3.1.3	<i>Jardin Boukhatouta Houcine :</i>	222
3.2	INDICE DE TEMPERATURE EQUIVALENTE PHYSIOLOGIQUE (PET) :	222
3.2.1	<i>Cours de la révolution :</i>	223
3.2.2	<i>Square el Houria:</i>	224
3.2.3	<i>Jardin Boukhatouta Houcine:</i>	225
3.3	ETUDE COMPARATIVE DE L'ETAT DU CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR ENTRE LES TROIS AIRES D'ETUDE :	226
3.3.1	<i>UTCI (Indice universel du confort thermique):</i>	226
3.3.2	<i>PET (Température physiologique équivalente) :</i>	227
CONCLUSION :		229
CONCLUSION GENERALE :		230
BIBLIOGRAPHIE :		235
ANNEXES :		244
ANNEXE 01 :		244
ANNEXE 02 :		246
ANNEXE 03 :		247
ANNEXE 04 :		248
ANNEXE 05 :		251
ANNEXE 06 :		252
ANNEXE 07 :		253
ANNEXE 08 :		254

ANNEXE 09 :	255
ANNEXE 10 :	256

Liste des figures :

Chapitre I : Habitat urbain et espace public ; Notions, concepts et pratiques :

Figure N° I. 1 : Situation de la citadelle par rapport à la ville de Tell Taya (Iraq).....	11
Figure N° I. 2: Plan et restitution et perspective de l'agora hellénistique d'Assos.....	12
Figure N° I. 3: Vue de place centrale de Brême (le markt).	13
Figure N° I. 4: Plan de la place St- Pierre, à Rome.	14
Figure N° I. 5: Hiérarchisation des rues au centre-ville Damas.	15
Figure N° I. 6: Schéma réticulaire des dimensions sociale, spatiale et politique de l'espace public.....	22
Figure N° I. 7: Structuration et espaces publics.	24

Chapitre II : Climat et microclimat urbain :

Figure N° II. 1: Schéma des échelles du climat.....	28
Figure N° II. 2: Les couches limites urbaines.	30
Figure N° II. 3: Structure verticale de l'atmosphère.	31
Figure N° II. 4: Classification du climat dans le monde.	32
Figure N° II. 5: Carte climatique mondiale selon la classification de Liébard et Herde.	33
Figure N° II. 6: Carte climatique de Koppen.	34
Figure N° II. 7: Evolution de la température d'air au cours des mois à Berlin.	35
Figure N° II. 8: Variation de la vitesse de l'air selon l'altitude et la nature du sol.	36
Figure N° II. 9: à gauche, distance entre la terre et le soleil, à droite l'inclinaison de la terre pendant les différentes saisons.	36
Figure N° II. 10: Carte des précipitations moyennes annuelles.....	37
Figure N° II. 11: Forme de l'écoulement du vent dans les milieux urbains.....	39
Figure N° II. 12: Effets du bâti sur l'écoulement du vent.	40
Figure N° II. 13: Ecoulements aérauliques dans les rues.	41
Figure N° II. 14: Profil de l'îlot de chaleur urbain.	42
Figure N° II. 15: Schéma de l'îlot de chaleur urbain d'après une image satellite.	43
Figure N° II. 16: Hiérarchisation des éléments influant sur l'augmentation des îlots de chaleur.	45
Figure N° II. 17: Boucle d'amplification des îlots de chaleur urbains et système de climatisation.	47

Chapitre III : Confort thermique extérieur :

Figure N° III. 1: à gauche, Condition du confort pour un piéton au soleil, à droite, Condition du confort pour un piéton à l'ombre.	54
Figure N° III. 2: Production de la chaleur en fonction de l'activité.	55
Figure N° III. 3: Isolement thermique dû aux vêtements.	56
Figure N° III. 4: Facteurs influant le confort thermique de l'utilisateur.	57
Figure N° III. 5: Les échanges de la chaleur entre le corps et l'environnement.	60
Figure N° III. 6: Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air, d'après Olgyay.	61
Figure N° III. 7: Le diagramme de Givoni.	62

Chapitre IV : Etat de l'art et positionnement épistémologique :

Figure N° IV. 1: Localisation de La Réunion et de la Ville de Saint-Pierre, où se trouve le cas d'étude.	74
Figure N° IV. 2: Localisation des enquêtes dans l'éco quartier de la Ravine Blanche.	75
Figure N° IV. 3: Carte des sites sélectionnés dans le complexe oasis de Tolga.....	80
Figure N° IV. 4: Évaluation des niveaux de PET et de TMR dans les 12 points en juillet et août 2018.	82
Figure N° IV. 5: Variations entre les valeurs PET et TMR en fonction du SVF en juillet et août 2018.....	83
Figure N° IV. 6: Paramètres personnels par classe de vote de sensation thermique (TSV).	90
Figure N° IV. 7: Paramètres psychologiques par classe de vote de sensation thermique (TSV).	91
Figure N° IV. 8: Différents points de mesure dans la ville de Caire.	92

Figure N° IV. 9: Parcours microclimatique à travers les points de configurations dans le terrain d'étude.	95
Figure N° IV. 10: (a) et (b) Situation géographique de la ville de Biskra, (c) Carte de découpage administratif.	98

Chapitre V : Présentation du contexte d'étude :

Figure N° V. 1: Vue aérienne localisant la ville d'Annaba en Algérie.	103
Figure N° V. 2: La ville d'Annaba pendant la période des Turques.	105
Figure N° V. 3: La ville d'Annaba pendant la période entre 1833 à 1916.	107
Figure N° V. 4: La ville d'Annaba pendant la période 1916 jusqu'à 1962.	109
Figure N° V. 5: La ville d'Annaba pendant la période 1962 jusqu'à 2000.	110
Figure N° V. 6: La ville d'Annaba pendant la période 2000 jusqu'à 2014.	111
Figure N° V. 7: Classement des zones climatiques en Algérie, à gauche : en hiver, à droite : en été.	113
Figure N° V. 8: Carte bioclimatique de l'Algérie.	114
Figure N° V. 9: La rose des vents.	116
Figure N° V. 10: Schéma de la relation entre l'indice d'aridité et le climat.	119
Figure N° V. 11 : Isotherme de la ville d'Annaba.	120
Figure N° V. 12 : Diagramme solaire de la ville d'Annaba de Décembre à Juin.	121
Figure N° V. 13 : Diagramme solaire de la ville d'Annaba de Juin à Décembre.	122
Figure N° V. 14 : La situation des sites de l'investigation à Annaba.	122
Figure N° V. 15: Plan du cours de la révolution.	124
Figure N° V. 16: Partie Sud du cours de la révolution.	125
Figure N° V. 17: A gauche partie Nord, à droite partie centrale du cours de la révolution.	125
Figure N° V. 18: Plan du square el Houria.	126
Figure N° V. 19: Différents types de végétation au square el Houria.	127
Figure N° V. 20: Aire de jeux au square el Houria.	127
Figure N° V. 21: Plan du jardin Boukhatouta Houcine.	128
Figure N° V. 22: Différents types de végétation au jardin Boukhatouta Houcine.	128
Figure N° V. 23: Aire de jeux au jardin Boukhatouta Houcine.	128

Chapitre VI : Processus méthodologique :

Figure N° VI. 1: Techniques de recherche et instruments de collectes de données.	132
Figure N° VI. 2: Schéma explicatif des composantes du questionnaire.	137
Figure N° VI. 3: Thermo hygromètre, Hanna, HI 9564.	140
Figure N° VI. 4: Thermo anémomètre, TROTEC, TA 300.	141
Figure N° VI. 5: Stations de mesure au cours de la révolution.	144
Figure N° VI. 6: Stations de mesure au square el Houria.	145
Figure N° VI. 7: Stations de mesure au jardin Boukhatouta Houcine.	146
Figure N° VI. 8: Structure du model Envi met.	147
Figure N° VI. 9: Démarrage du logiciel Bio Met.	148
Figure N° VI. 10: Structure de la méthodologie de travail.	150

Chapitre VII : Investigation ; Compagne de mesure in situ :

Figure N° VII. 1: Types d'analyses suivies pour l'étude du questionnaire.	158
Figure N° VII. 2: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du cours de la révolution.	182
Figure N° VII. 3: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du square el Houria.	183
Figure N° VII. 4: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du jardin Boukhatouta Houcine.	184
Figure N° VII. 5: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du cours de la révolution.	185

Figure N° VII. 6: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du square el Houria.	186
Figure N° VII. 7: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du jardin Boukhatouta Houcine.	187
Figure N° VII. 8: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du cours de la révolution.	188
Figure N° VII. 9: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du square el Houria.	189
Figure N° VII. 10: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du jardin Boukhatouta Houcine.	190

Liste des tableaux :

Chapitre I : Habitat urbain et espace public ; Notions, concepts et pratiques :

Tableau N° I. 1: La rue à travers l'histoire.....	16
---	----

Chapitre II : Climat et microclimat :

Tableau N° II. 1: Différentes échelles spatiales.....	29
Tableau N° II. 2: Principaux éléments de classifications climatiques de Koppen.....	33

Chapitre III : Confort thermique extérieur :

Tableau N° III. 1: Les valeurs de l'humidité qui correspondent aux températures qui maintiennent le refroidissement.....	52
Tableau N° III. 2: Impact du vent sur la sensation thermique.....	53
Tableau N° III. 3: Métabolisme thermique et énergie mécanique.....	55
Tableau N° III. 4: Isolement thermique dû aux vêtements.....	56
Tableau N° III. 5: Corrélation entre SET, sensation, et état physiologique.....	65
Tableau N° III. 6: Echelle de perception thermique pour les indices rationnels.....	66
Tableau N° III. 7: Echelle de sensation thermique associée à l'indice PET.....	67
Tableau N° III. 8: Synthèse des caractéristiques des différents indices de confort urbain présentés.....	71

Chapitre IV : Etat de l'art et positionnement épistémologique :

Tableau N° IV. 1: Caractéristiques des sites d'étude.....	74
---	----

Chapitre V : Présentation du contexte d'étude :

Tableau N° V. 1: Répartition des espaces publics à Annaba.....	112
Tableau N° V. 2: Les valeurs de la température pendant la décennie (2005-2015).....	114
Tableau N° V. 3: Les valeurs de l'humidité pendant la décennie (2005-2015).....	115
Tableau N° V. 4: Les valeurs de la vitesse du vent pendant la décennie (2005-2015).....	116
Tableau N° V. 5: Les valeurs de l'insolation pendant la décennie (2005-2015).....	117
Tableau N° V. 6: Les valeurs de la précipitation pendant la décennie (2005-2015).....	117
Tableau N° V. 7: Les valeurs de l'évaporation pendant la décennie (2005-2015).....	118
Tableau N° V. 8: L'indice d'aridité de la ville d'Annaba pendant la décennie (2005-2015).....	119
Tableau N° V. 9: Caractéristiques générales des aires d'étude.....	129

Chapitre VI : Processus méthodologique :

Tableau N° VI. 1: La taille des échantillons dans les espaces étudiés.....	137
Tableau N° VI. 2: Les échelles de mesure.....	138
Tableau N° VI. 3: Caractéristiques et spécifications du thermo hygromètre.....	141
Tableau N° VI. 4: Caractéristiques et spécifications du thermo anémomètre.....	142
Tableau N° VI. 5: Caractéristiques des stations de mesure au cours de la révolution.....	143
Tableau N° VI. 6: Caractéristiques des stations de mesure au square el Houria.....	144
Tableau N° VI. 7: Caractéristiques des stations de mesure au jardin Boukhatouta Houcine.....	145

Chapitre VII : Investigation ; Compagne de mesure in situ :

Tableau N° VII. 1: Intensité des activités par les différentes catégories dans le cours de la révolution.....	153
Tableau N° VII. 2: Intensité des activités par les différentes catégories dans le square el houria.....	155
Tableau N° VII. 3: Intensité des activités par les différentes catégories dans le jardin Boukhatouta Houcine... ..	156
Tableau N° VII. 4: Répartition du sexe aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta.	158

Tableau N° VII. 5: Usage par âge aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	159
Tableau N° VII. 6: Fonction aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	160
Tableau N° VII. 7: Motivation de la visite aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	161
Tableau N° VII. 8: Sensation du confort aux le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	162
Tableau N° VII. 9: Sensation thermique aux le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	163
Tableau N° VII. 10: Sensation du courant d'air aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	164
Tableau N° VII. 11: Sensation de l'humidité relative aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	166
Tableau N° VII. 12: Jour de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta. Houcine.	167
Tableau N° VII. 13: Moment de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	168
Tableau N° VII. 14: Durée de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	169
Tableau N° VII. 15: Pratique dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	170
Tableau N° VII. 16: Accompagnement dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	171
Tableau N° VII. 17: Relation entre la sensation du confort et la durée de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	172
Tableau N° VII. 18: Relation entre la motivation de la fréquentation et la pratique dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	174
Tableau N° VII. 19: Relation entre la sensation thermique et le moment de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	176
Tableau N° VII. 20: Relation entre la motivation et le jour de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	178
Tableau N° VII. 21: Relation entre l'âge et l'accompagnement dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	180
Tableau N° VII. 22: Evolution de la température de l'air mesurée dans 06 stations au cours de la révolution. .	191
Tableau N° VII. 23: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 06 stations au cours de la révolution.	192
Tableau N° VII. 24: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 06 stations au cours de la révolution.	193
Tableau N° VII. 25: Evolution de la température de l'air mesurée dans 04 stations à square el Houria.	194
Tableau N° VII. 26: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 04 stations à square el Houria.	195
Tableau N° VII. 27: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 04 stations à square el houria.	196
Tableau N° VII. 28: Evolution de la température de l'air mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.	197
Tableau N° VII. 29: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.	198
Tableau N° VII. 30: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.	199
Tableau N° VII. 31: Evolution de la température de l'air au cours de la révolution et celle de la station météo.	201
Tableau N° VII. 32: Evolution de l'humidité relative au cours de la révolution et celle de la station météo.	202
Tableau N° VII. 33: Evolution de la vitesse de l'air au cours de la révolution et celle de la station météo.	203
Tableau N° VII. 34: Evolution de la température de l'air au square el Houria et celle de la station météo.	204
Tableau N° VII. 35: Evolution de l'humidité relative à square el Houria et celle de la station météo.	205
Tableau N° VII. 36: Evolution de la vitesse de l'air au square el Houria et celle de la station météo.	206
Tableau N° VII. 37: Evolution de la température de l'air au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.	207
Tableau N° VII. 38: Evolution de l'humidité relative au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.	208

Tableau N° VII. 39: Evolution de la vitesse de l'air au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.	209
---	-----

Chapitre VIII : Simulation ; Calcul des paramètres et indices à l'aide de logiciels :

Tableau N° VIII. 1: Evolution de la température de l'air mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.....	212
Tableau N° VIII. 2: Evolution de l'humidité relative mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine. Source: Auteur, 2021.....	213
Tableau N° VIII. 3: Evolution de la vitesse de l'air mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.....	215
Tableau N° VIII. 4: Evolution de la température moyenne radiante au cours de la révolution.....	217
Tableau N° VIII. 5: Evolution de la température moyenne radiante au square el Houria.	218
Tableau N° VIII. 6: Evolution de la température moyenne radiante au jardin Boukhatouta Houcine.	218
Tableau N° VIII. 7: Evaluation de l'UTCI au cours de la révolution.....	220
Tableau N° VIII. 8: Evaluation de l'UTCI au square el Houria.	221
Tableau N° VIII. 9: Evaluation de l'UTCI au jardin Boukhatouta Houcine.	222
Tableau N° VIII. 10: Evaluation du PET au cours de la révolution.	223
Tableau N° VIII. 11: Evaluation du PET au square el Houria.	224
Tableau N° VIII. 12: Evaluation du PET au jardin Boukhatouta Houcine.....	225
Tableau N° VIII. 13: Répartition des valeurs d'UTCI aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.....	226
Tableau N° VIII. 14: Répartition des valeurs du PET aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.....	227

Liste des graphes :

Chapitre IV : Etat de l'art et positionnement épistémologique:

Graphe N° IV. 1: Répartition des votes de préférence pour les différentes variables.	77
Graphe N° IV. 2: Valeurs d'UTCI de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking, et (c) le jardin.	78
Graphe N° IV. 3: Valeurs de température de l'air de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking.	79
Graphe N° IV. 4: Valeurs de température moyenne radiante de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking.	79
Graphe N° IV. 5: Moyenne des températures de l'air aux stations de mesure pendant quelques jours d'été continus.	85
Graphe N° IV. 6: Relation entre la température de l'air et la quantité d'irradiation à 12h00.	85
Graphe N° IV. 7: Humidité relative aux stations de mesure pendant une journée d'été typique.	86
Graphe N° IV. 8: Valeurs du PET aux stations de mesure et niveaux de sensations thermiques.	87
Graphe N° IV. 9: Appréciation de l'espace liée à la sensation thermique à partir des résultats de l'enquête et de l'indice du confort PET avec et sans couvert arboré pendant une journée d'été typique.	87
Graphe N° IV. 10: Corrélations entre les valeurs de PET et la sensation thermique, à gauche : pendant l'été, à droite : pendant l'hiver.	93
Graphe N° IV. 11: Températures préférées.	94
Graphe N° IV. 12: Paramètres microclimatiques pour les 12 configurations urbaines pendant l'été.	96
Graphe N° IV. 13: Niveau de satisfaction perçu avec les paramètres microclimatiques pour les 12 configurations urbaines pendant l'été.	96
Graphe N° IV. 14: Corrélations entre APCI et UTCI.	97
Graphe N° IV. 15: (a) Graphe relatif à la température du sol, (b) Graphe relatif à la température moyenne radiante.	99
Graphe N° IV. 16: Graphe relatif à la température physiologique équivalente (PET).	99
Graphe N° IV. 17: Graphe relatif au vote moyen prévisible (PMV).	100

Chapitre V : Présentation du contexte d'étude :

Graphe N° V. 1: Les valeurs de la température pendant la décennie (2005-2015).	114
Graphe N° V. 2: Les valeurs de l'humidité pendant la décennie (2005-2015).	115
Graphe N° V. 3: Les valeurs de la vitesse du vent pendant la décennie (2005-2015).	116
Graphe N° V. 4: Les valeurs de l'insolation pendant la décennie (2005-2015).	117
Graphe N° V. 5: Les valeurs de la précipitation pendant la décennie (2005-2015).	118
Graphe N° V. 6: Les valeurs de l'évaporation pendant la décennie (2005-2015).	118
Graphe N° V. 7: L'indice d'aridité de la ville d'Annaba pendant la décennie (2005-2015).	119

Chapitre VII : Investigation ; Compagne de mesure in situ :

Graphe N° VII. 1: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le cours de la révolution. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.	154
Graphe N° VII. 2: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le square el houria. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.	156
Graphe N° VII. 3: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le jardin Boukhatouta Houcine. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.	157
Graphe N° VII. 4: (a) Répartition du sexe au le cours de la révolution. (b) au square el Houria. (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	159
Graphe N° VII. 5: (a) Usage par âge au cours de la révolution. (b) au square el Houria. (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	160
Graphe N° VII. 6: (a) Fonction au le cours de la révolution. (b) au square el Houria.	161
Graphe N° VII. 7: (a) Motivation de la visite au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	162
Graphe N° VII. 8: (a) Sensation du confort au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	163

Graphe N° VII. 9: (a) Sensation thermique aux cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	164
Graphe N° VII. 10: (a) Sensation du courant d'air au cours de la révolution. (b) au square el Houria (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	165
Graphe N° VII. 11: (a) Sensation de l'humidité au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	166
Graphe N° VII. 12: (a) Jour de la fréquentation au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	167
Graphe N° VII. 13: (a) Moment de la fréquentation au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	168
Graphe N° VII. 14: (a) Durée de la fréquentation dans le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.	169
Graphe N° VII. 15: (a) Pratique au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	170
Graphe N° VII. 16: (a) Accompagnement au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.....	171
Graphe N° VII. 17: (a) Corrélation entre la sensation du confort et la durée de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.	173
Graphe N° VII. 18: (a) Corrélation entre la motivation de la fréquentation et la pratique dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.	175
Graphe N° VII. 19: (a) Corrélation entre la sensation thermique et le moment de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.	177
Graphe N° VII. 20: (a) Corrélation entre la motivation et le jour de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.	179
Graphe N° VII. 21: (a) Corrélation entre l'âge et l'accompagnement dans (a) le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.	181
Graphe N° VII. 22: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.	191
Graphe N° VII. 23: Comparaison entre les humidités relatives mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.	192
Graphe N° VII. 24: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.	194
Graphe N° VII. 25: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 04 stations à square el Houria.	195
Graphe N° VII. 26: Comparaison entre les humidités relatives mesurées dans 04 stations à square el Houria.	196
Graphe N° VII. 27: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 04 stations à square el Houria.....	197
Graphe N° VII. 28: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.....	198
Graphe N° VII. 29: Comparaison entre humidité relatives mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.....	199
Graphe N° VII. 30: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.....	200
Graphe N° VII. 31: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.	201
Graphe N° VII. 32: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.	202
Graphe N° VII. 33: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.	203
Graphe N° VII. 34: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au square el Houria et celles de la station météo.	204
Graphe N° VII. 35: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au square el Houria et celles de la station météo.....	205
Graphe N° VII. 36: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au square el Houria et celles de la station météo.....	206

Graphe N° VII. 37: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.....	207
Graphe N° VII. 38: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.....	208
Graphe N° VII. 39: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.	209

Chapitre VIII : Simulation ; Calcul des paramètres et indices à l'aide de logiciels :

Graphe N° VIII. 1: Comparaison entre les températures de l'air simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.	212
Graphe N° VIII. 2: Comparaison entre les humidités relatives simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.	214
NB : Pour square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine, l'augmentation brusque de l'humidité relative prise sur terrain est due au système d'arrosage de l'espace végétal à 8h, (Voir chapitre précédent investigation). Ce qui offre un rafraichissement au terrain, et suivi par une baisse des températures juste le moment d'après. (Voir Graphe N° VIII. 3). L'envi met n'utilise pas ce facteur dans l'étude des paramètres microclimatiques.....	215
Graphe N° VIII. 4: Comparaison entre les vitesses de l'air simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.	215
Graphe N° VIII. 5: Evolution de la température moyenne radiante au cours de la révolution.	217
Graphe N° VIII. 6: Evolution de la température moyenne radiante au square el Houria.	218
Graphe N° VIII. 7: Evolution de la température moyenne radiante au jardin Boukhatouta Houcine.	219
Graphe N° VIII. 8: Valeur de l'UTCI au cours de la révolution.	220
Graphe N° VIII. 9: Valeur de l'UTCI au square el Houria.	221
Graphe N° VIII. 10: Valeur de l'UTCI au jardin Boukhatouta Houcine.....	222
Graphe N° VIII. 11: Valeur du PET au cours de la révolution.....	223
Graphe N° VIII. 12: Valeur du PET au square el Houria.	224
Graphe N° VIII. 13: Valeur du PET au jardin Boukhatouta Houcine.	225
Graphe N° VIII. 14: Comparaison entre les valeurs de l'UTCI aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.	226
Graphe N° VIII. 15: Comparaison entre les valeurs du PET aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.....	227

Introduction générale

Introduction:

Depuis l'antiquité, l'homme a essayé de se protéger des agressions extérieures, et des aléas du climat, dont il a utilisé des matériaux locaux pour construire des abris, ce qui a fait modifier l'environnement extérieur, afin de créer des conditions de vie plus au moins confortables. Et à travers l'histoire, l'homme a créé des groupements d'agglomérations en les appelant « villes ». Ces dernières sont souvent considérées comme une combinaison entre le bâti et le non bâti. L'espace public urbain est l'espace non construit dans la ville, autour de lui la ville s'agrandit, et elle s'organise, pour assurer une certaine continuité dans la trame urbaine. Dans ce sens, (Annick. G, 2002), décrit l'espace public comme un espace: « *qui a toujours joué le rôle névralgique dans la construction de la ville et dans la pensée architecturale, mais chaque époque où chaque courant lui a fait jouer un rôle dans le processus de conception des formes bâties* ».

Le climat est une notion associée aux villes, dont les Grecs antiques ont orienté leurs villes à l'Est pour les protéger du Nord, ils ont construit des portiques afin de procurer de l'ombre en été en laissant pénétrer le soleil hivernal par un angle plus réduit (Mazouz. S, 2000), néanmoins, les villes Romaines construites par Vitruve sont conçues en respectant le climat de la région, dont elles sont protégées des vents chauds venant de Sud, ces principes sont oubliés après la chute de l'empire Romain. Cependant, la ville traditionnelle a connu une conception adaptée aux différents types du climat, pour assurer un certain confort aux usagers, les maisons sont orientées vers le Sud pour optimiser le maximum du rayonnement solaire pendant l'hiver, les constructions sont lourdes et rapprochées, dont le but est d'offrir une ombre et un rafraîchissement à l'espace extérieur pendant l'été, les voies sont sinueuses et étroites afin d'éviter les vents chauds.

Relatif au climat, et depuis la fin du XIX^{ème} siècle, l'industrialisation et l'activité anthropique ont connu une évolution majeure et sans précédent, ce qui a modifié profondément l'équilibre climatique de la planète, ce bouleversement a procréé une pollution atmosphérique et une concentration des gaz à effet de serre (GES), qui ont provoqué une hausse de la température de la surface du globe terrestre d'environ 0,6 °C. (Bonney. C, 2013) Ensuite, les différentes recherches prévoient une hausse de la température du globe, de 2 à 6 °C à la fin du XXI^{ème} siècle. (Pachauri R.K et al, 2007).

Aujourd'hui, la croissance démographique provoque une urbanisation rapide, et avec le développement des activités humaines pour satisfaire leurs besoins, un changement climatique est aperçu au niveau des milieux urbains, cette modification est due à l'augmentation des températures dans les espaces urbains par rapport aux zones rurales, ce phénomène est connu sous le nom de « l'îlot de chaleur urbain ». Dans ce contexte, les populations vont devoir faire face à des conditions climatiques encore plus défavorables, notamment en termes de fortes chaleurs. La durabilité est souvent considérée comme un compromis entre les besoins des personnes et les exigences de l'environnement, dont le but de construire des zones urbaines plus vivables pour l'individu, il s'agit simplement de comprendre la dynamique de l'environnement local pour permettre des conceptions durables.

Concevoir des villes confortables et résilientes qui s'inscrivent dans une démarche de développement durable est donc un enjeu primordial, afin de répondre aux besoins des populations et de leur assurer une qualité de vie adéquate tout en luttant contre le réchauffement climatique. (Grosdemouge. V, 2000). La conception durable des villes dépend

Introduction générale

du confort de l'espace public urbain, qui est essentiel pour la qualification urbaine, la composition urbaine fait de celui-ci un composant fondamental de la ville, les rues et les places sont les lieux où s'expose l'architecture et où se déroule la vie quotidienne. L'espace public n'est pas seulement un espace convergeant ayant des éléments susceptibles d'attirer les citoyens, mais aussi un espace divergeant qui forme une certaine relation avec la structure urbaine environnante. (Bertrand, M.J et *al*, 1984).

Dans cette optique, afin d'avoir des villes durables et favorables à la vie quotidienne de l'être humain, il faut assurer un certain confort thermique dans les espaces publics extérieurs, parce que le confort thermique peut affecter la santé et le bien-être de l'individu. Selon anciennes recherches, une personne exposée aux conditions climatiques défavorables, pendant une période, elle demande un degré du confort plus que le confort habituel à l'intérieur, (Khandaker Shabbir. A, 2003), ce dernier peut s'affecter par l'état thermique de l'aire extérieur, de ce fait, l'étude du confort thermique dans l'espace public extérieur est primordial, ainsi la densité de fréquentation de cet espace dépend de la sensation du confort perçue par l'utilisateur. Cependant, sa conception maîtrisée doit prendre en considération les ambiances thermiques et les conditions microclimatiques en fonction des usagers, dont ces conditions sont l'interaction de plusieurs paramètres microclimatiques, à savoir la température de l'air, l'amplitude hygrométrique, la vitesse de l'air, et l'intensité du rayonnement solaire, ainsi les conditions physique de l'espace urbain peuvent influencer le confort thermique extérieur, du quelles, la densité de tissu urbain, sa forme, sa géométrie, les propriétés physiques des matériaux de construction (absorption ou réflexion du rayonnement solaire)...etc.

En Algérie, le confort thermique n'est pas pris en considération pour la conception des milieux urbains, précisément les espaces publics extérieurs, par conséquent les conditions de vie des utilisateurs de ces lieux ne sont pas favorables. Relatif à cette situation, notre recherche aborde l'influence du confort thermique sur la pratique et la fréquentation des aires publiques extérieures, afin de recommander des solutions qui peuvent améliorer le confort thermique et la qualité de vie des usagers.

Problématique :

Aujourd'hui, le dégagement de la chaleur issu des activités humaines a entraîné une augmentation locale de la température par rapport aux zones rurales, parce que les zones urbaines ont remplacé les surfaces rurales et boisées par des surfaces vigoureusement urbanisées, composées des bâtiments, voiries, parkings, et industrie ...etc. De ce fait, la densification urbaine, le développement des villes, les performances thermiques et les propriétés physiques des matériaux de construction (imperméabilité), ainsi que la perte d'espaces verts sont certains des facteurs qui entraînent le changement du microclimat, et le réchauffement climatique dans les milieux urbains. Ce phénomène « îlot de chaleur urbain » possède une prime importance de la population pour se battre, afin d'assurer une qualité de vie et un confort thermique.

Cependant, l'intégration de la dimension climatique et le confort thermique font l'intérêt capital des urbanistes, architectes et concepteurs, parce que le bien-être thermique définit le cadre de vie de l'individu, cet intérêt ne se limite pas du confort des espaces intérieurs, mais il se propage à l'environnement extérieur, à savoir l'espaces public, qui représente le paramètre de base pour la conception de la ville.

Introduction générale

D'après plusieurs recherches, la conception des espaces publics extérieurs peut engendrer des modifications sur les paramètres microclimatiques tels que la température de l'air, la température ambiante, l'humidité relative, la vitesse du vent, et la pression atmosphérique. Ces modifications sont souvent influencées par les composants de l'espace public, duquel : la morphologie urbaine, la végétation, l'aménagement extérieur, la présence et la situation de l'eau, le revêtement du sol, l'orientation et la largeur des rues...etc. Ensuite, ces variations peuvent se répercuter sur la santé et le confort thermique de l'utilisateur de l'espace extérieur, car la qualité et l'intensité de chaque activité sont affectées par le niveau d'inconfort thermique exercé par les individus, quand ils sont exposés aux conditions microclimatiques du lieu (Givoni. B et *al*, 2003). Dans cette optique, plusieurs recherches ont démontrés l'importance de l'étude du confort thermique dans les espaces publics extérieurs, dont les paramètres microclimatiques sont responsables des activités exercées sur site, et ils peuvent déterminer la pratique de l'usager jusqu'à un certain point de vue. (Ouamer A.F, 2007 ; Boussoulim A, 2002 ; Nikolipoulou. M et *al*, 2001).

Néanmoins, en Algérie, différentes études du confort thermique sont faites sur les espaces publics extérieurs, mais la plus part de ces recherches sont concentrées sur les zones arides et chaudes, duquel : (Mattalah. M et *al*, 2020 ; Boukhabla. M 2015 ; Hanafi. A et *al*, 2016 ; Sedira. S, 2020), par ailleurs, ces expériences sont très rares dans les zones méditerranéennes, à savoir (Tebbani. H et *al*, 2016 ; Talhi. A et *al*, 2020). C'est pour cette raison, notre recherche s'intéresse à démontrer l'impact du bilan thermique sur la pratique des espaces publics extérieur. Le choix s'est porté sur la ville d'Annaba (ville à l'Est Algérien), dont les conditions climatiques s'avèrent très importantes pour la conception de l'espace urbain, ainsi, la ville présente dans son ensemble un grand nombre d'espaces publics, qui font l'intérêt d'une étude sur leurs densités de fréquentation et leurs différentes activités qui les abritent. Ces espaces sont concrétisés pendant des époques différentes, ceux de l'époque coloniale jouent un rôle indispensable dans la composition de la ville, ils sont réalisés selon conceptions apparentes, ils se diffèrent aussi par l'emplacement, l'aménagement, le mobilier, la densité végétale, ce qui rend la sensation thermique, la pratique et la fréquentation de chaque espace est différente de l'autre. Toutefois, le cours de la révolution (cours Bertagna), square al houria (jardin Randon) et jardin Boukhatouta Houcine ont été choisis pour établir notre recherche.

Cependant des questions se posent, sur lesquelles on doit répondre :

- Est-ce que les espaces publics ont réussi d'assurer un certain confort thermique?
- Est- ce que les conditions microclimatiques de l'espace, ont un impact et un effet sur le confort thermique extérieur et ensuite sur la densité de la fréquentation ?
- Quel est l'apport de microclimat et le confort thermique sur la pratique des espaces publics extérieurs ?

Hypothèses :

Beaucoup de recherches sont faites sur le microclimat et le bilan thermique dans les espaces publics, qui supposent l'existence d'une relation avec les différentes pratiques exercées dans les aires urbains, ce qui peut constituer une voie importante pour l'analyse des paramètres et des conditions microclimatiques, ainsi que les activités abrités par l'espace public extérieur. Afin de répondre aux questions posées dans la problématique, nous avons émis les hypothèses suivantes :

Introduction générale

- Le degré de satisfaction du confort peut être aperçu à partir de la densité de la fréquentation et la pratique des espaces publics extérieurs.
- Il semble que les paramètres microclimatiques et le confort thermique de la ville d'Annaba influent sur la pratique des espaces publics extérieurs.

Objectifs :

La présente recherche vise à étudier les interactions entre l'usage, le microclimat et le confort thermique dans les espaces publics extérieurs, dont les objectifs sont les suivants :

- Revaloriser l'espace public, et améliorer les conditions thermiques extérieures, qui permettent aux architectes et aux urbanistes de mieux concevoir l'espace urbain.
- Identifier les éléments générateurs de l'attractivité de l'espace public, et les paramètres agissant sur sa conception.
- Intégrer la notion bioclimatique dans la conception des espaces urbains.
- Démontrer l'importance des conditions microclimatique, et leurs impacts sur la pratique et les activités dans l'aire publique extérieure, afin d'assurer un niveau de confort thermique acceptable.
- Comprendre la relation de l'individu avec son environnement extérieur, afin d'empoigner les différentes pratiques, la densité de la fréquentation de l'espace public par l'usager.

Structure de la thèse :

La recherche s'organise en deux parties qui se complètent, en commençant par une introduction générale, et en terminant par une conclusion générale :

Premièrement, c'est une synthèse des connaissances issues d'une analyse bibliographique, cette phase sera développée en plusieurs chapitres traitant des concepts propres au confort thermique et à notre objet d'étude.

- **Habitat urbain et espace public ; notions, concepts et pratiques :** Ce chapitre consiste à définir l'habitat urbain, et ses différentes typologies, afin de déterminer sa relation avec l'espace public, ainsi, ce chapitre tend à définir l'espace public extérieur, étudier son approche historique, avec ses différents types, rôles, dynamiques... etc. Néanmoins, Cette partie introduit les différentes activités qui se déroulent dans les espaces publics, ses dimensions, ses composants, sa structuration, ainsi elle comporte la définition de l'espace public extérieur en architecture et en urbanisme.
- **Climat et microclimat urbain :** Ce chapitre traite les éléments de climat, les échelles, les différentes classifications du climat, et par la suite le microclimat urbain et ses spécificités, afin de bien comprendre le phénomène de l'îlot de chaleur urbain, ses causes et les manières de luttés.
- **Confort thermique extérieur :** Ce chapitre a pour objectif de définir les substances de l'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs, et déterminer ses notions de base avec ses éléments, ainsi, il présente le bilan énergétique de l'individu, et les différents moyens d'échange de la chaleur.
- **Etat de l'art et positionnement épistémologique:** Il résume les recherches récentes dans le même axe de recherche, dont le but est de comprendre la méthodologie de

Introduction générale

chaque étude menée sur le confort et la pratique dans les espaces publics extérieurs, ainsi ce chapitre ouvre d'autres perspectives de recherche pour les prochaines études.

- **Présentation du contexte d'étude :** Cette partie est menée pour analyser la ville d'Annaba afin de comprendre le type du climat, dans laquelle, notre investigation est faite, l'évolution urbaine de la ville, et ses caractéristiques géographiques et morphologiques, ainsi il présente les aires d'études de notre recherche.
- **Processus méthodologique :** Ce chapitre tend à expliquer les méthodes, le matériel et les techniques utilisées pour notre travail de recherche, il définit ainsi le parcours de l'investigation.

Deuxièmement, c'est un travail sur terrain, suivi par un travail à l'aide de l'outil informatique, cette partie est composée en deux phases :

- **Investigation :** est définie par :
 - ***L'observation en situation :*** est le calcul du nombre des fréquents de chaque espace, en les classant selon leurs différentes activités. Elle est complétée par une enquête sous forme du questionnaire, ce dernier est proposé dans le cadre d'évaluer le confort thermique et l'usage des espaces publics extérieurs, dans la ville d'Annaba. Afin d'étudier les statistiques retenues par le sondage, et pour comprendre le comportement des usagers dans l'espace, le logiciel de SPSS sera utilisé pour faciliter l'analyse des données retenues.
 - ***La mesure in situ des paramètres microclimatiques :*** Elle consiste à la prise des mesures relatives aux différents paramètres climatiques, dans les trois espaces publics, en plusieurs stations, pendant la période de surchauffe, qui font le support de la prochaine étape.
- **Simulation :** Elle est basée sur un outil informatique (logiciel) permettant une quantification précise des impacts microclimatiques liés à des paramètres. Le premier logiciel utilisé est l'Envi met 4.4.5, qui permet d'étendre la marge de la recherche et de compléter la première phase.

Les données recueillies de l'investigation et la simulation, nous permettent d'interpréter les résultats. On essayera en fin de conclure notre travail et de tenter de définir l'effet du confort thermique sur la pratique des espaces publics extérieurs, et de confirmer ou affirmer notre hypothèse de recherche.

Introduction :

« *“Habiter” est un verbe qui impressionne, qui dit plus qu’il ne contient, qui se prend pour une corne d’abondance, s’ouvre telle la boîte de pandore, se charge de tous les désirs clandestins que le vaste monde adopte comme possibles* » (Paquot. T, 2005).

Depuis la seconde moitié du XXe siècle, l’habitat fait l’objet de recherches pluridisciplinaires : Psychologie de l’environnement, philosophie, anthropologie, sociologie, géographie, architecture, etc. Cet ensemble de différentes méthodes se concentre sur la relation établie entre l’individu et l’environnement bâti correspond au croisement des sciences humaines et de l’architecture. Cependant, la définition de l’habitat dépend de la tendance, du mouvement architectural et urbanistique, et de sa typologie, cette dernière peut se faire à travers de l’aspect physique d’habitation, ou de sa situation, dont on trouve l’habitat rural, suburbain et l’habitat urbain. L’habitat urbain fait l’intérêt de notre recherche, il se produit et se structure à travers les espaces publics urbains.

Les espaces publics sont des éléments fondamentaux du milieu urbain et de l’aspect architectural et esthétique de l’environnement bâti de l’habitat urbain. Ces espaces contribuent au développement des relations sociales, et sont même un élément de la cohésion sociale. Ce sont des espaces qui offrent un certain confort aux habitants qui se sentent souvent agressés en milieux urbains.

Ce chapitre consiste à définir et identifier les notions de bases et concepts relatifs à l’habitat urbain et l’espace public, son évolution à travers l’histoire, son rôle, et ses différents types, il traite aussi les différentes pratiques accueillantes l’espace public, et il met l’accent sur sa dynamique, ses dimensions, et ses acteurs, dont le but est de satisfaire les besoins des usagers, afin de faire une meilleure conception.

Les caractéristiques architecturales et urbanistiques, ainsi les composantes de l’espace public font partie de ce chapitre, ces composantes comme le mobilier urbain, le sol, l’éclairage publics facilitent à mieux comprendre l’aménagement et le traitement des sites urbains, par conséquent les espaces verts contenant dans les différents types des espaces publics peuvent participer et améliorer le microclimat dans les milieux urbains, le chapitre est une base de donnée pour faciliter la compréhension de notre thème de recherche.

1 Définition de l'habitat :

L'habitation est l'élément prédominant de l'habitat son aspect spécifique l'identifie, la notion d'habitation prend ses expressions diversifiées : habitation, villa, maison demeure, résidence, abri, foyer, appartement. (Zucchelli. A, 1984).

Le Corbusier considère l'habitation comme une machine à habiter, qui offre plusieurs options du confort tel que : bain, soleil, eau chaude, eau froide, température à volonté, conservation des mets, hygiène, ...etc. (Le Corbusier, 1923) Suite à sa définition d'une habitation comme « une machine à habiter », il a présenté un type d'aménagement rationnel et pratique, en associant à la fonction « habiter » d'autres pratique, qui sont : circuler, travailler, et se recréer. (Charte d'Athènes, 1933).

(Larousse, 2011) définit l'habitat d'une part comme: « *une partie de l'environnement définie par un ensemble de facteurs physiques et dans laquelle vivent un individu, une population, une espèce ou un groupe d'espèces* », et selon un autre point de vue, L'habitat est défini aussi comme un : « *Ensemble de faits géographiques relatifs à la résidence de l'homme (forme, emplacement, groupement des maisons, etc.) : L'habitat rural, urbain* ». (Larousse, 2011).

D'un point de vue fonctionnel, l'habitat est considéré comme : « *L'ensemble formé par le logement, ses prolongements extérieurs, les équipements et leurs prolongements extérieurs, les lieux de travail secondaires ou tertiaires* », et dans le cadre morphologique, l'habitat est entendu comme « *l'ensemble des systèmes en évolution qui créent le lieu de ces différentes activités.*» (Duplay. C et al, 1982).

Aussi, l'habitat est un groupement comprenant les habitations ainsi que les équipements. Boubeker. S, 1986), d'un autre point de vue, l'habitat est une organisation des espaces de vis des individus et des groupes ou cadre de vie des hommes en société. (Lévy. J et al, 2003).

« *L'habitat intègre ainsi les rapports et complexes du logement avec l'ensemble qui compose l'environnement dans lequel il s'insère et qui confère tout son sens à l'espace habité. En référence à l'habiter, l'habitat doit être analysé comme un espace potentiel, qui favorise ou non certaines pratiques, qui suscitent des réactions et suggère des significations selon les individus et les groupes qui l'habitent.*». (Weiller. D, 2000).

En fin, l'habitat est un concept différent de celui de l'habitation, il s'agit d'occuper les espaces de vie, et les lieux environnants, pas seulement physiquement, mais aussi émotionnellement et socialement, c'est-à-dire l'habitat constitue une dimension essentielle dans l'évolution de l'individu et des groupes sociaux.

2 Typologie de l'habitat :

L'habitat peut être classé selon deux grandes catégories, desquelles :

2.1 Selon leurs situations :

Dans cette catégorie, on peut distinguer trois types d'habitat :

2.1.1 Habitat urbain :

Un habitat urbain est situé en centre-ville ou dans une zone urbaine, il offre des conditions de vie adéquate, du fait de la proximité des services, de la diversité sociale, du potentiel d'appropriation spatiale, et des espaces extérieurs. Donc l'habitat urbain s'oppose à l'habitat rural.

2.1.2 Habitat suburbain (Périurbain) :

La suburbanisation est un processus d'extension des phénomènes de banlieue au détriment des espaces ruraux périurbains.

L'habitat urbain est situé à la périphérie des villes, et à la proximité immédiate d'une zone urbaine, il présente un cadre de vie banlieusard, il manque de quelques pratiques et activités sociales, tels que lieux de rencontre, les activités de proximité... etc.

2.1.3 Habitat rural :

L'habitat rural se distingue aisément par sa fonction agricole, il se situe dans la montagne. (Cavaillès. H, 1936). Ce type d'habitat se trouve dans les zones rurales, et il se développe dans un ordre dispersé en dehors des zones urbanisées, il se caractérise par l'absence des services et équipements, il s'agit généralement d'un ancien habitat de colonie. Dans les zones rurales, une bonne compréhension des principaux composants du site, ainsi que les caractéristiques de l'architecture locale, permet de bien choisir les matériaux, les couleurs et les types de la végétation.

2.2 Selon leurs aspects physiques:

Selon les caractéristiques physiques et morphologiques de l'habitat, on peut distinguer d'autres types d'habitat :

2.2.1 Habitat collectif :

Un logement collectif est tout immeuble d'habitation à plusieurs étages utilisé comme logement pour plusieurs familles indépendantes. Cet immeuble d'habitation peut prendre la forme d'une grande maison, d'une barre ou d'une tour, si sa structure est particulièrement haute, il est classé comme gratte-ciel. L'intérieur d'un immeuble est toujours divisé en plusieurs unités résidentielles, appelées appartements. (Encyclopédie de Larousse, 2011).

2.2.2 Habitat individuel :

L'habitation individuelle est une maison, une villa, un pavillon, destiné à être occupé par une famille. Dans ce cas, la largeur et la hauteur de la façade, l'espace non bâti de la parcelle (jardin ou espace vert, s'il existe), la surface intérieure et le nombre d'étages peuvent être différent. (Encyclopédie de Larousse, 2011).

2.2.3 Habitat semi collectif (intermédiaire) :

L'habitat semi-collectif, est apparu et développé dans les années 1970 comme un des modèles intermédiaires entre les barres de logements et le pavillonnaire. (Millaret. F, 2006). L'habitat semi collectif se base sur cinq caractéristiques par :

- Une hauteur maximale de 03 niveaux
- Un accès individuel à partir de la chaussée.
- Un espace extérieur privatif, comme jardin, terrasse.

2.2.4 Habitat traditionnel :

Habitat traditionnel est un habitat qui répond à des logiques de construction qui lui sont propres et dépend de différents facteurs comme le climat, l'activité dominante, l'organisation de la vie sociale, l'approvisionnement en matériaux locaux, le savoir-faire différent en fonction des époques. (Atlas des paysages, 2017).

2.2.5 Habitat précaire :

Habitat précaire est une construction sommaire avec des matériaux de fortune (tentes, roseaux, planches, tôles...), l'habitat précaire est défini par 02 formes qui sont :

- Habitat vétusté (Ancien bâti dégradé).
- Les bidonvilles (Illicite précaire).

3 Élément de l'habitat urbain :

La ville peut être une concentration de l'habitat, qui joue un rôle décisif dans le mode de répartition spatio-temporelle des hommes (Garden. M, 1975), la qualité de l'habitat urbain définit la qualité de vie de l'individu, qui renvoie au bien-être social. (El Kadi. G, 1997). Donc, l'espace urbain se construit à la base des besoins et pratiques de l'homme, parmi ses composants, on trouve :

3.1 Les habitations :

L'habitation ou le logement sont les lieux de la demeure de l'individu, leurs conceptions doivent être adaptées aux différents besoins de la population, à savoir : la culture, le climat, afin d'assurer un certain cadre de vie adéquat à la population.

3.2 Les services à proximité :

Les services de la santé et de l'éducation, et ceux qui touchent l'expression des besoins réguliers et inévitables de la vie sont des composants essentiels de l'habitat urbain, et ils doivent être à proximité des habitations pour assister à leurs activités et pratiques.

3.3 Les réseaux de transports et mobilité :

La mobilité est un élément indispensable dans la conception de l'habitat urbain, elle offre plusieurs modes de transport, avec un réseau reliant entre les différentes régions des milieux urbains, suburbains et ruraux, afin de faciliter leurs déplacements.

3.4 Les équipements administratifs, commerciaux, culturels et sportifs :

Les services administratifs, culturels, commerciaux et sportifs sont des exigences primaires de la population, ces équipements peuvent être des lieux de travail, et de bienfait. Les équipements commerciaux correspondent au statut économique et à la mixité fonctionnelle, tandis que, les équipements culturels et sportifs sont des endroits, où les individus peuvent se distraire, créer, et réfléchir correctement.

3.5 L'espace public :

Les espaces publics constituent l'élément phare de la ville, et celui de l'habitat urbain, ils forment l'infrastructure (rue, trottoir, piste...etc), et environnement extérieur hors les lieux d'habitation et les bâtiments de service. L'espace public urbain peut être un jardin, un cours, une place, ...etc, il constitue donc un élément structurant de l'espace urbain, un lieu de cohésion sociale, et un espace de communication et d'informations. De ce point de vue, notre étude sera menée sur l'espace public extérieur, afin de d'évaluer le confort thermique et de définir les différentes pratiques et l'intensité de fréquentation de cette espace.

4 Définition de l'espace public :

Selon le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, la notion d'espace public n'est pas toujours un sujet strictement défini. Nous pouvons considérer l'espace public comme une partie du domaine public, non construit et affecté à un usage public; par conséquent, l'espace public est formé par la distribution de la propriété et de l'usage. L'espace public s'oppose aux bâtiments publics d'un milieu public, mais il comprend aussi des espaces minéraux (rues, places, boulevards, passages...), des espaces verts (parcs, jardins publics, squares, cimetières...) ou des espaces végétaux. (Merlin. P et al, 2010).

Selon le dictionnaire espace urbain : « *On peut dire que le vide est creusé dans le plein du bâti car c'est d'un rapport de complémentarité, essentiellement entre espace privé bâti et espace libre public, qu'il s'agit de rapport plein / vide instaure des rythmes dans l'espace urbain, des baies, des îlots et des rues, des carrefours* ». (Gauthier. B, 2003).

En philosophie : Le concept d'espace public fait référence à l'espace métaphysique né dans la ville à l'époque des Lumières. Ce type d'espace public permet aux citoyens de se forger une opinion publique civique différente de l'opinion publique nationale. C'est un espace où la rationalité et le bon sens émergent à travers différentes formes de communication entre les citoyens dans les rues, les salons ou les cafés. (Toussiant. J.Y et al, 2001).

En sciences sociales et politiques : les lieux publics constituent une rencontre sociologique, un phénomène social d'échanges entre participants de différentes villes. Cette conception de l'espace public prend en compte la manière de vivre ensemble en milieu urbain et la mise en scène du « public ». Ce type d'espace public reflète le comportement social des citoyens contemporains. (Toussiant. J.Y et al, 2001).

En sciences techniques : (architecture, génie urbain, urbanisme), l'espace public constitue un enjeu d'aménagement urbain, « creux » et le « vide » dans la structure urbaine ont été construits. Et cela dans la « relation causale entre l'ordre spatial et l'ordre social ». (Toussiant. J.Y et al, 2001). Ici, le concept d'espace public présente une forme matérielle et mesurable, qui se caractérise par la relation directe entre les types d'utilisateurs, les formes spatiales et les

catégories d'objets disposés dans l'espace. Ces relations sont liées à l'utilité de ces espaces publics urbains en termes de fonction, d'esthétique et de société. (Zepf. M, 2004).

L'espace public est généralement une propriété publique, mais parfois aussi une propriété privée, mais il ne se limite pas au domaine public. L'espace public est généralement composé, aménagé et entretenu en fonction de son utilisation et de l'opinion publique.

Le concept de « public » fait référence à ce qui se passe en dehors de la domesticité. On peut dire que ce genre de « public » est entre les familles et les individus. A cet égard, l'espace public s'établit chez les citoyens lorsqu'ils quittent leur territoire et leur logement, il relie tous ces quartiers, toutes ces maisons. (Toussiant. J.Y et *al*, 2001).

5 Histoire de l'espace public :

5.1 La cour pendant la civilisation mésopotamienne :

Le tissu urbain de quelques villes mésopotamiennes (Turquie) se structure selon des grands axes des voiries qui délimitent le bâti dans le cadre d'un plan orthogonal, et d'autres villes (Iraq) s'organisent autour d'une citadelle ronde, selon un schéma global radioconcentrique assez peu rigoureux, et en dehors de la citadelle, occupée par deux grandes constructions monumentales, on distingue un certain nombre d'édifices vraisemblablement publics. (Dibo. S, 2012). Cependant, les espaces religieux contiennent aussi des cours publiques, qui représentent les espaces publics les plus fréquentés à l'époque.

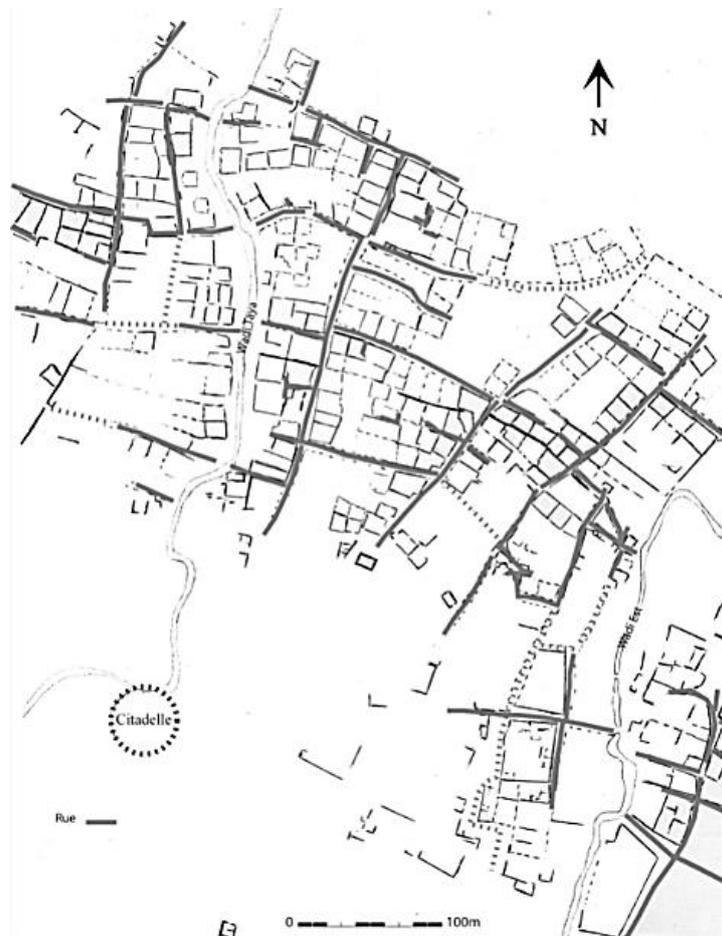


Figure N° I. 1 : Situation de la citadelle par rapport à la ville de Tell Taya (Iraq).
Source: Dibo. S, 2012.

5.2 Agora Grec :

L'agora est née de la reconstruction républicaine d'Athènes après le pillage de la ville royale par Sparte. Les ruines royales de l'Acropole ont été abandonnées par les autorités. Il devient un espace religieux et identitaire. A ses pieds, une nouvelle Athènes est reconstruite. L'agora est devenue un espace de débat où se rassemblent différentes tribus. Espace où se formalisent l'opinion publique et le gouvernement républicain, l'agora n'est pas seulement un espace physiquement sculpté au sol, mais aussi un espace immatériel de circulation des idées. (Toussiant. J.Y et *al*, 2001). L'agora est un mot grec signifiant assemblée des citoyens puis place publique.

L'agora était la principale place publique de la cité grecque antique, et était le lieu de rassemblement des habitants. Il était généralement équipé de portiques, de temples et de statues. Les fonctions et l'agencement du plan de l'agora ne cessent d'évoluer, et au fil du temps, le terme désigne principalement l'emplacement du marché. (Encyclopédie Larousse).

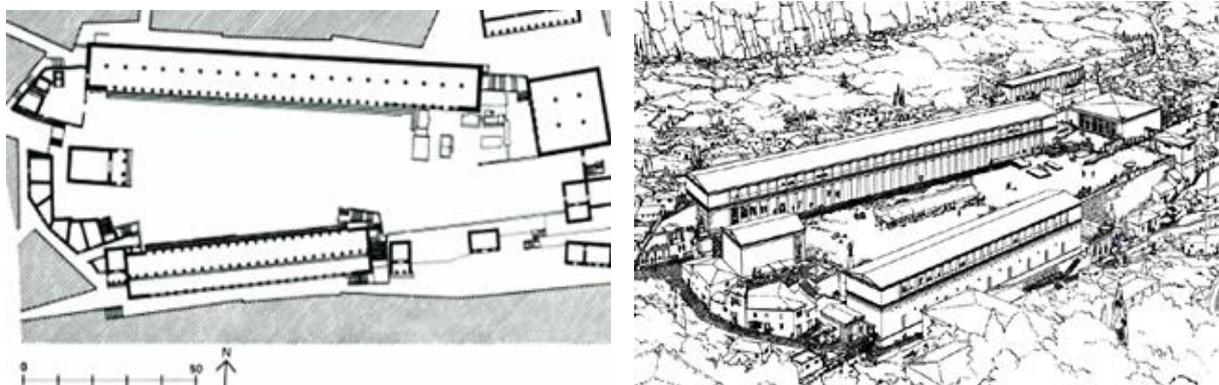


Figure N° I. 2: Plan et restitution et perspective de l'agora hellénistique d'Assos.

Source: Benevolo. L, 1995.

5.3 Le forum Romain :

Ensuite, dans la planification des villes romaines, l'intersection des deux axes : cadre orienté Nord-Sud, et decumanus orienté Est-Ouest (le trajet du soleil) forme un espace central, qui est le forum, autour de lui s'organise la ville et les bâtiments publics.

Initialement, le forum continuait à remplir une fonction similaire au bazar grec : les citoyens se réunissaient en plein air pour discuter des affaires publiques. Ils savaient que le sort de la république était étroitement lié à cet espace sacré, qui permettait aux gens d'influencer leur propre destin. (Encyclopédie Larousse).

L'Empire romain a changé le sens de l'agora. Au centre de la ville, les forums sont interdépendants et complémentaires, marquant à chaque fois la magnanimité de l'empereur. Rome transforme le forum et ses dérivés d'un espace civique en un espace dédié à la ville et aux loisirs urbains... Le forum devient progressivement un centre civique passif et fermé desservant le bâtiment principal du pouvoir. Il est utilisé et presque réservé aux fonctionnaires. La consommation de loisirs s'oriente vers de vastes équipements fonctionnels : cirque, théâtre, gymnase, thermes. (Toussiant J.Y et *al*, 2001).

5.4 Le moyen âge :

Les premiers espaces publics des cités médiévales sont progressivement apparus dans les espaces de transition et les décrochements frontaliers. Ces lieux ont un statut particulier. C'est la place de la cathédrale, mystérieusement mise en scène.

Le marché est sans aucun doute le premier espace à devenir un espace public. Ils échangeaient des objets... A partir des XIIe et XIIIe siècles, le marché en devint le centre. La prospérité économique est propice à l'urbanisation et à l'émergence de villes nouvelles ou militaires organisées autour des places de marché. Avec les bâtiments électriques, en particulier les bâtiments électriques municipaux comme limite, le marché constitue le centre actif de la ville. Il s'organise autour d'un hall au milieu ou comme un grand espace utilisable bordé d'arcades. Dans la nouvelle ville, la place du marché ou la place principale est située au centre du quadrillage des rues, donnant vie à l'ancien design de la ville grecque. (Toussiant J.Y et al, 2001).



Figure N° I. 3: Vue de place centrale de Brême (le markt).
Source: Benevolo. L, 1995.

5.5 La renaissance :

Avec la Renaissance, nous sommes arrivés à un espace complètement différent - il a été reconnecté avec l'espace antique, en particulier l'espace romain. Tout d'abord, du fait de l'augmentation du trafic, la piste s'élargit de plus en plus, on assiste à la prolifération des calèches, et des carrosses vont bientôt faire leur apparition. la large avenue est construite. D'autre part, l'environnement urbain a changé: une ville avec des programmes, un développement géométrique et un ordre autour d'un point central. La ville de la Renaissance reflète la croyance universelle en l'harmonie, reflète une nouvelle focalisation sur la perspective et donne la priorité aux proportions. (Bédarida. F, sans date).

Le renouveau intellectuel et artistique des XIVe et XVe siècles a apporté un nouveau concept architectural. Dômes, trapues monumentales et obélisques occupent les principaux tournants de la nouvelle structure de l'espace public. (Toussiant. J.Y et al, 2001).

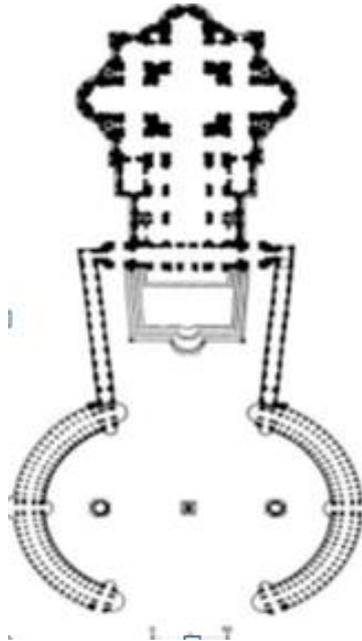


Figure N° I. 4: Plan de la place St- Pierre, à Rome.
Source: Benevolo. L, 1995.

5.6 La période classique :

Le premier jardin et parc urbain sont apparus en France au XVI^e siècle. Les parcs et jardins constituaient un nouveau lieu social où les groupes sociaux se réunissaient et expérimentaient le plaisir des réunions. Ces jardins ont été agrandis par la multiplication des mails plantés et de promenade dans les villes du XVIII^e siècle. A cette époque, il y avait un grand nombre de parcs dans toute l'Europe. Les parcs consistaient en de grandes étendues de terrain avec des arbres disposés en lignes droites et des formes simples. La Place Royale incarne l'urbanisme, le pouvoir militaire, son règne et l'affiliation des institutions municipales. Ces places sont devenues des lieux privilégiés qui incarnent le pouvoir de l'état et organisent des défilés militaires. (Toussiant. J.Y et *al*, 2001).

5.7 La révolution industrielle :

La révolution industrielle a causé plusieurs problèmes dans la ville, c'est pour cette raison, la planification urbaine de la ville se régie par plusieurs principes, parmi eux : l'aération du tissu urbain, afin de lutter contre la salubrité et les problèmes d'hygiène, l'élargissement des voies pour faciliter la circulation mécanique...etc.

Les œuvres de style Haussmannien n'ont aucune réponse en termes de valeur, de connexion et de structure sociale de l'espace public. L'apparence fréquente de l'espace public est passée du plaisir de rencontrer et de communication spontanée à l'observation à distance. (Toussiant J.Y et *al*, 2001).

5.8 La période moderne :

La Charte d'Athènes a introduit de nouveaux concepts qui ont été simplifiés en quatre fonctions : habiter, circuler, travailler et se recréer. Par le fait du zonage, la ville est devenue un ensemble de volumes architecturaux immergés dans des espaces et des vides manquant de cohérence et de continuité.

Les espaces publics sont polarisés autour des lieux publics et se caractérisent par des espaces clos de différentes formes et tailles que les citoyens peuvent utiliser. Dans les années 70, un vif intérêt pour l'aménagement de l'espace public, l'importance des voitures rend les rues dangereuses. La voiture contrôle et impose l'espace urbain traversé par les autoroutes et les voies urbaines. (Toussiant J.Y et al, 2001).

Aussi l'aménagement des espaces publics est d'une importance capitale pendant cette période: espaces verts, rues piétonnes, places, aménagement paysager urbain, mobilier urbain »... Le but est d'introduire ce concept était très clair, et le but était d'intervenir dans le logement et le public. Désormais, le concept d'espace public impliquera à la fois la qualité spatiale et la pratique sociale.

5.9 L'espace public et la ville arabo-islamique :

Dans les villes arabo musulmane, le souk (marché) présente le centre de la médina, autour de lui s'organise et s'agrandit la ville, et on trouve la mosquée, et les édifices publics, la situation du souk ne provient pas forcément dans le centre de la ville, il peut être à la périphérie, mais il représente toujours un lieu de rencontre, de cohésion sociale, et d'échange économique. La ville se structure selon un tracé irrégulier et arborescent, les voies sont hiérarchisé de la plus large à la plus petite, dont la rue relie entre la médina et les quartiers voisins, la ruelle joint entre la rue et l'intérieur du quartier, l'impasse est ajustée à la ruelle, afin de mener à une ou plusieurs maison.

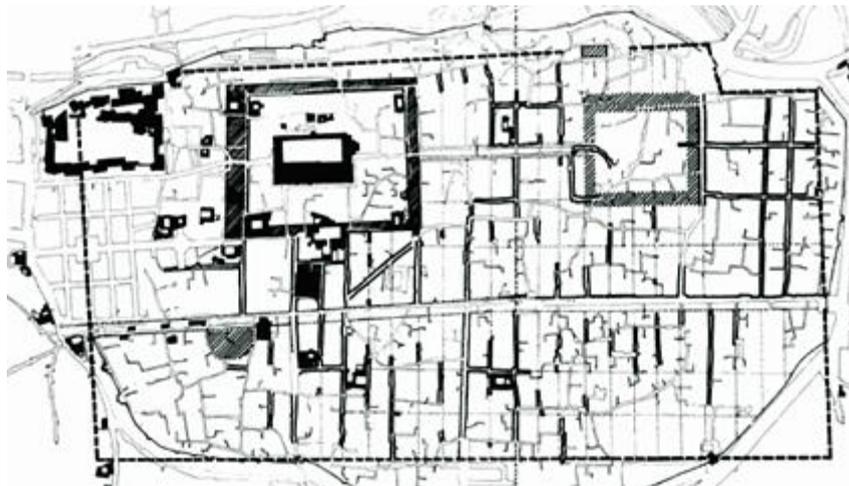


Figure N° I. 5: Hiérarchisation des rues au centre-ville Damas.

Source: Benevolo. L, 1995.

5.10 L'état actuel des espaces publics :

La plupart de nos espaces publics : jardins publics, parcs, squares, placettes sont hérités des siècles précédents. Maintenant, ces espaces ne se sont pas agrandis et développés, mais nous avons causé leur déclin et leur rétrécissement. Les bâtiments sont construits comme s'il s'agissait d'objets individuels, plutôt que d'éléments qui créent et définissent l'espace. Le bâtiment met en valeur et enrichit l'espace public, ce qui encourage les gens à se rencontrer et à se parler. Ils défient les passants et rendent la ville humaine. (Rochers. R, 2000).

6 Types de l'espace public :

« Par extension, de nombreux urbanistes considèrent au titre de l'espace public des lieux bâtis : gares, centres commerciaux, moyens de transports en commun et équipements collectifs ». (Merlin. P et al, 2000). L'espace public extérieur comporte plusieurs types minéraux et végétaux, à savoir :

6.1 La rue :

Selon le dictionnaire de français Larousse, la rue est un nom féminin, qui signifie une voie de circulation routière aménagée à l'intérieur d'une agglomération, habituellement bordée de maisons, d'immeubles, de propriétés closes.

Selon le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, la rue est « *élément essentiel de toute les cultures urbaines, depuis l'antiquité, elle y joue des rôles différents* ». (Merlin. P et al, 2000).

Epoque	Caractère dominant	Caractéristique principales
Médiévale	Une forme favorisant la communication et le contact	Prendre une forme sinueuse et irrégulière sans trottoirs. Les échoppes ou ateliers installés dans la rue en font un excellent espace public pour pratiquer la vie urbaine (communication et contact).
La renaissance	Nouvelles normes et exigences	L'art urbain crée des rues programmées qui répondent aux normes et exigences techniques (défense militaire et transports). Pour répondre aux nouvelles normes et exigences esthétiques, elles sont devenues plus larges, droites, régulières et délimitées par des bâtiments aux murs extérieurs alignés et uniformes.
2ème partie du XIX siècle	Hypertrophie de la fonction circulaire	Créer de nouvelles façons d'adapter les villes aux conditions d'industrialisation. L'apparence d'une rue résidentielle, malgré l'émergence de certains espaces pour remplacer la vie sociale (boulevards, jardins publics, promenades, etc.), les rues continuent d'accueillir certaines occupations.
XX siècle	Abolition de la rue corridor	L'invention de l'automobile a apporté de nouveaux problèmes dans les rues. Au cœur du débat sur l'urbanisme. Devenue un symbole d'anarchisme et de danger spirituel et social, la doctrine CIAM préconise la suppression des rues à couloir.

Tableau N° I. 1: La rue à travers l'histoire.

Source: Mebirouk. H, 2002.

6.2 L'avenue :

Selon le dictionnaire de français Larousse, l'avenue est un nom féminin, qui constitue une allée large, généralement rectiligne et plantée d'arbres, conduisant à une habitation, un bâtiment officiel, un lieu public.

Selon le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, « *L'avenue issue de l'art des parcs et jardins est une création de l'âge classique qui accueille la circulation des carrosses, les défilés militaires, les fêtes urbaines et se trouve connotée par l'apparat* ». (Merlin. P et al, 2000).

6.3 Le boulevard :

Selon le dictionnaire de français Larousse, le boulevard est un nom masculin, qui désigne une voie spacieuse établie dans les villes sur l'emplacement des anciens remparts, le boulevard se définit aussi comme une large voie de communication urbaine plantée d'arbres.

Le boulevard s'agit d'un espace où sont généralement plantés les arbres établis théoriquement de manière concentrique, autour du centre d'une agglomération. Il est généralement tangent au centre et sa largeur est grande (généralement de 24 à 50m). (Rémy. A, 2004).

6.4 Le passage :

Il vient du mot latin « passus » qui signifie l'action de traverser un espace. Selon le dictionnaire de français le Robert : « *En 1835, le passage prend une autre signification, il devient une petite rue interdite aux voitures généralement couverte (traversant souvent un immeuble) qui unit deux artères* ».

Selon le dictionnaire de français Larousse : le passage est une petite rue passant sous le premier étage de la maison, sur une partie au moins de son parcours. Galerie pour piéton, en général bordée de boutiques.

6.5 L'impasse :

C'est une voie avec un seul issue, souvent utilisée dans les lotissements résidentiels à partir de milieu de XXème siècle, dans le but de séparer le trafic local et piéton de trafic de transit. (Gauthier. B, 2003).

6.6 La place :

Selon le dictionnaire Larousse, la place est un nom féminin, qui s'agit d'un espace public découvert, entouré de constructions, dans une agglomération.

La place publique est un espace public, non bâti, desservi par des voies, entouré généralement par des bâtiments, affecté aux piétons ou/et aux véhicules.

La place est le premier espace urbain inventé par l'homme. Il est produit en regroupant les maisons autour de l'espace libre. Cette configuration permet au public de contrôler au maximum l'espace intérieur, et constitue également un bon dispositif de défense extérieure, car elle minimise la surface frontale à protéger. Cette forme de regroupement autour des cours a généralement un contenu symbolique et est choisie comme type architectural dans de nombreux lieux de culte (bazars, forums, cloîtres, cours de mosquées. (Krier. R, 1980).

6.7 La cour publique :

Selon le dictionnaire de français Larousse : La cour est un terme qui dérive du mot latin classique « cohors, ortis », c'est un espace découvert, entouré de murs et/ou de bâtiments, faisant partie d'une habitation, d'un édifice administratif, scolaire, etc., qui souvent s'ordonne autour d'elle.

6.8 L'esplanade :

Selon le dictionnaire français Larousse : L'esplanade vient du mot italien « spianata », de spianare, aplanir, du latin « explanare, de planus, plane », qui signifie Terrain plat, uni et découvert, séparant une citadelle des premières maisons de la ville, pour dégager les vues et les champs de tir de la défense. L'esplanade se définit aussi comme un vaste espace libre en avant d'un édifice.

6.9 Le marché, place marchande :

Selon le dictionnaire de français de Larousse : Le marché est un terme provient du latin « mercatus », de mercari, c-à-d « acheter », de merx, mercis, marchandise, c'est un lieu public couvert ou en plein air, où l'on vend un type de marchandises.

6.10 La promenade publique :

Il s'agit d'un espace public où des végétations sont parfois plantées, et où la circulation des véhicules est restreinte, ce qui peut impliquer des dispositions spécifiques pour organiser des promenades et des réunions scolaires pour profiter et se détendre. (Gauthier. B, 2003).

6.11 Le jardin public :

Selon le dictionnaire de français Larousse : le jardin est un nom masculin français « gart ou jart », c'est un espace aménagé pour la promenade ou le repos, dans un souci esthétique, et portant des pelouses, des parterres, des bosquets, des plans d'eau. Aussi, le jardin s'agit d'un terrain, souvent clos, où l'on cultive des légumes, des fleurs, des arbres et arbustes fruitiers et d'ornement ou un mélange de ces plantes.

Selon le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, le concept du jardin public n'est apparu qu'au XIXe siècle, c'était un lieu de promenade et de divertissement. Le jardin public est "le terrain où l'on cultive des plantes ou des installations utiles". Il se compose d'espaces verts urbains, majoritairement en clôtures végétalisées, protégés de la circulation générale, en accès libre, conçus comme des équipements publics et gérés. (Merlin. P et *al*, 2000).

6.12 Le parc urbain :

C'est un espace vert public essentiellement planté, mais de grandes dimensions. (Merlin. P et *al*, 2000). C'est un jardin public largement planté d'arbres et généralement de grandes dimensions. (Gauthier. B, 2003).

6.13 Le square :

Selon le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, le square est un jardin public formé au centre d'une place bordée de façades, contournée par les circulations. (Merlin. P et *al*, 2000).

Le square est un mot anglais signifie le carré, selon le dictionnaire de Français Larousse, c'est un petit jardin public, généralement clôturé, ou une cour entourée d'immeubles d'habitation. Son apparition est à Paris, milieu du XIX^e siècle.

6.14 Le rond-point, carrefour, nœuds :

Les nœuds sont des points, des emplacements stratégiques de la ville, qui peuvent être pénétrés par l'observateur, et le point fort pour lui d'aller et venir. Il peut s'agir essentiellement d'intersections, d'endroits où l'on change de système de transport, d'intersections ou de confluences de voies, de passages d'une structure à une autre. Certains nœuds concentrés sont le foyer et le résumé d'une région, leur influence rayonne dans la région, et ils se détachent comme des symboles : on peut les appeler le centre. (Lynch. K, 1998).

6.15 Le cours :

Selon le Dictionnaire de l'espace urbain, le cours est une section d'avenue ou de boulevard, plantée d'arbres, ce qui est pratique pour la marche.

Il est apparu au milieu du XVII^e siècle lors de l'expansion de la ville d'Aix-en-Provence (cours Mirabeau), où il formait une promenade publique en forme de boulevard. Plus tard, Marseille Marseille (Cours Belzunce) a eu la même histoire, mais la composition de la ville qu'il insère était directement inspirée du Corso romain et de la Piazza del Norte. Il devient l'artère principale de la ville. (Gautier.B, 2003).

7 Usage et rôle de l'espace public :

Les espaces publics ont plusieurs rôles soit au niveau urbain, social ou bien dans la l'information des gens, ils sont :

7.1 Un élément structurant de l'espace urbain :

L'espace public urbain garantit la connexion entre les différents espaces de la ville, et en même temps garantit la continuité de la ville, et se manifeste comme un réseau spatial continu. Il permet aux citoyens de s'orienter et de s'identifier dans la ville.

7.2 Un lieu de cohésion et mixité sociale :

Le désir de contact social est l'une des principales raisons d'entrer dans l'espace urbain. L'espace urbain favorise les relations sociales spontanées et libres, planifiées ou accidentelles, et échange d'informations, il permet aux usagers de renouveler leurs efforts et de réduire leur stress par le biais d'activités sportives, d'équipements sportifs, d'aires de jeux adultes et enfants. Ces activités attirent un grand nombre de personnes et favorisent la création de relations.

7.3 Un espace de correspondance et de partage d'information :

L'espace public peut offrir une mixité fonctionnelle et économique, en utilisant les cafés, les kiosques, les terrasses...etc, comme source d'attraction pour améliorer les compétences sociales de la communauté et améliorer la qualité de vie urbaine tout au long de l'année.

Dans les médinas arabes traditionnelles, les espaces publics sont utilisés comme espaces d'échange d'information, et une personne nommée « el barrah » est chargée d'informer les gens de tout événement marquant dans la ville.

7.4 Un espace de jeux, activités sportives et loisirs :

Un espace public peut se manifester comme une aire de jeu, qui désigne ces pratiques comme des activités sportives urbaines. Elles ne s'adressent pas principalement à des catégories d'âge ou de genre spécifiques, mais il consiste à un espace intergénérationnel.

8 Enjeux des espaces publics :

L'espace public joue un rôle dans les agglomérations ou les métropoles, nous distinguons quatre enjeux interdépendants afin de lutter contre les risques de l'agglomération:

8.1 Enjeu de mobilité :

Cet enjeu signifie que tous les citoyens peuvent entrer dans toutes les zones urbaines. La mobilité est l'une des caractéristiques les plus importantes des citoyens contemporains. Cela signifie l'accessibilité de toutes les zones urbaines, ainsi que l'utilisation de nombreux véhicules, qui dépendent de l'espace public. (Bassand. M et *al*, 2001).

En mixant différents modes de transports propres à chaque territoire d'agglomération, piétons, voitures, usage des transports en commun, vélos, etc., la mobilité est assurée au mieux.

8.2 Enjeux des usages civils, festifs et culturels, commerciaux :

En plus de la mobilité, il existe d'autres usages de base qui affectent la dynamique des espaces publics, commerces de proximité, magasins mobiles et marchés contribuent à créer une ambiance et une animation spécifiques. Certains sont très réguliers : les usages répertoriés dans divers bâtiments : commerces, banques, usines, gares, etc. Ils se reflètent souvent dans les lieux publics. Ils entraînent des circulations et impriment des dynamiques très spécifiques dans l'espace public dans lequel ils se situent.

Les usages de l'inscription dans divers domaines : logements, commerces, banques, usines, gares, etc., se reflètent régulièrement dans les espaces publics. Ils traitent de dynamiques très spécifiques dans l'espace public. D'autres utilisations sont temporaires, elles seront appréciées selon la saison ou le temps de l'espace et de la ville. (Bassand. M et *al*, 2001).

8.3 Enjeu de sociabilité :

Cela signifie que tous les citoyens peuvent rencontrer tous les autres citoyens de diverses manières. L'espace public s'articule autour des différents groupes sociaux qui composent la ville, il s'agit de créer des relations fluides et spontanées, de solidarité et de cohésion sociale. Ces solidarités et cohésion sociale constituent cette unité sous de multiples formes, qui se combinent pour produire une structure sociale considérable. Ce genre de socialité peut prendre de petites formes : côtoiements, frôlements, regards furtifs ou appuyés, clins d'œil... ; ces petits comportements sociaux commencent à être discutés, et peuvent être le début d'une relation ou d'un groupe durable. (Bassand. M et *al*, 2001).

Les compétences sociales sont des relations sociales fluides et spontanées et des dynamiques de groupe (relations avec les autres). Les espaces publics sont très importants car ce sont des lieux d'unité, de groupe, de cohésion communautaire.

8.4 Enjeux d'identité :

L'identité d'une ville, d'une zone urbaine et d'une zone d'agglomération apparaît comme une évidence incontournable de la réalité urbaine et sociale. C'est une image qui caractérise une zone d'agglomération ou un bâtiment. La forme urbaine ou architecturale de l'espace public de l'agglomération est de trouver des solutions aux enjeux de mobilité, d'usage public et de sociabilité. Tous ces éléments peuvent fonder une identité, distinguer un ensemble de paysages urbains les uns des autres et les rendre attractifs selon que les citoyens ont la même identité. La cohésion de la communauté est grande ou petite, ce qui affectera le fonctionnement normal du collectif. (Bassand. M et *al*, 2001).

9 Acteurs des espaces publics :

L'espace public est construit, décoré, réaménagé et utilisé par des acteurs. Ainsi, nous distinguons quatre types d'acteurs étroitement indépendants :

9.1 Les acteurs économiques :

Ce sont principalement des entreprises et des propriétaires fonciers riverains des lieux publics. Ils furent les premiers investigateurs de sa motivation. (Bassand. M et *al*, 2001).

9.2 Les acteurs politiques :

Ils peuvent appartenir à des agences municipales, étatiques ou fédérales. Ils accompagnent ou contestent la décision du premier. Par exemple, une association professionnelle souhaite construire un parking souterrain sous une place de la ville, les acteurs politiques doivent être autorisés. Par conséquent, le projet est devenu public, débattre et négocier et prendre des décisions politiques sont les rôles de ces acteurs. (Bassand. M et *al*, 2001).

9.3 Les professionnels de l'espace (architectes, urbanistes, ingénieurs) :

Ils accompagnent les deux premiers. Contrairement à ce que certains pensent, ils ne sont pas les porte-parole des acteurs politiques et économiques, leur rôle est la conception et la connaissance de la ville et de l'environnement urbain, ce qui leur confère une autonomie et un pouvoir vraiment importants. (Bassand. M et *al*, 2001).

9.4 Les habitants-usagers-citoyens (HUC) :

Ce sont des acteurs très compliqués. Leurs attitudes et leurs pratiques varient selon qu'ils sont masculins ou féminins, jeunes ou vieux, issus de la catégorie sociale populaire ou élitiste, de gauche ou de droite ; leurs attitudes varient aussi selon leur conception de la citoyenneté, qu'ils soient habitués ou visiteurs. (Bassand.M et *al*, 2001). Ces acteurs sont ceux qui occupent et utilisent l'espace public, ils peuvent participer à sa conception, à son réaménagement, et son verdissement...etc.

10 Dynamique de l'espace public :

Trois approches nécessaires pour une meilleure analyse et compréhension des espaces publics, qui sont :

10.1 Forme :

La forme de l'espace public désigne sa morphologie, ses dimensions, sa taille, ainsi tous les paramètres spatiaux à différentes échelles territoriales. Cette forme est changeante et dépendante selon le plan international, historique et social.

10.2 Fonction :

La fonction est le rôle essentiel désigné de l'espace public, elle consiste aux apparents facteurs qui ont un impact la création et l'aménagement de l'espace public, dès la planification (autorités responsables), la conception (architectes, urbanistes, et paysagers) jusqu'à la réalisation de cet espace.

10.3 Usage :

La notion d'usage renvoie à l'ensemble des pratiques sociales qui se produisent dans un espace donné, (Zepf. M, 2009), et l'usage conduit à une forme d'appropriation plus ou moins évidente et durable d'occupation de l'espace par des individus ou des groupes.

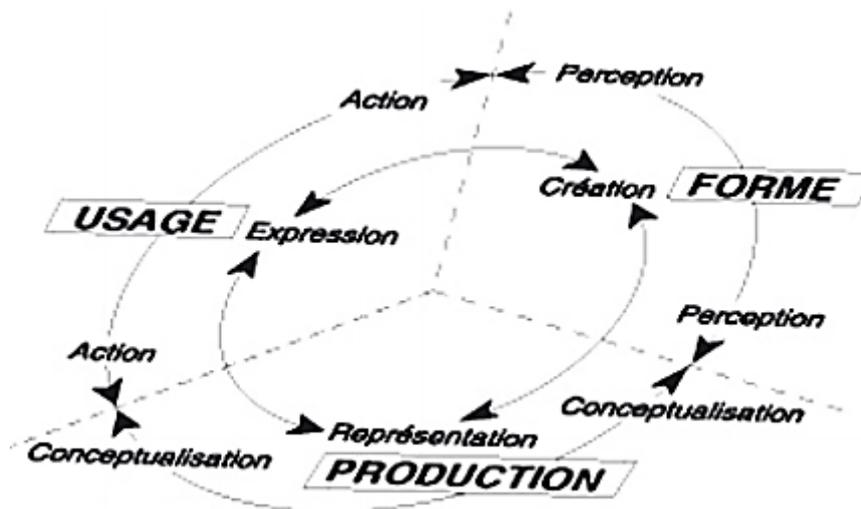


Figure N° I. 6: Schéma réticulaire des dimensions sociale, spatiale et politique de l'espace public.
Source : Zepf. M, 2009.

11 Composants de l'espace public extérieur :

Les espaces publics peuvent facilement devenir une juxtaposition d'éléments fonctionnels ou décoratifs, et ils sont incompatibles avec leurs emplacements. L'éclairage sur site, la signalétique, les réseaux émergents, les bornes anti-stationnement, les cabines téléphoniques, les abribus, la publicité... sont très fréquents. L'abondance du mobilier urbain, les panneaux et les affiches excessifs entraînent une dégradation de l'environnement. Le paysage urbain, la perte de lisibilité spatiale et l'intégration dans le tissu urbain. (Pinon, P. 1991). Parmi les éléments composants de l'espace public, on trouve :

11.1 Le sol :

Le sol est l'élément principal constituant l'espace public, il peut être constitué de : pavés, dalles, plaques d'égout ou de regards, avaloirs, végétation. Il permet de réaliser une conception et un aménagement de l'espace, il est essentiellement conçu pour y marcher, y rouler...etc.

11.2 Le mobilier urbain :

Le mobilier urbain est une expression utilisée pour spécifier des objets légers et mobiles, mais non mobile, il complète le confort des résidents et le confort extérieur. Tels que : bancs, poubelles, lampadaires, abribus, panneaux d'affichage...etc. En plus de sa fonction pratique, il contribue également à l'urbanité et à la beauté de la ville. (Merlin. P et *al*, 1988).

Les composants urbains ne sont pas des équipements conçus pour être installé dans une zone administrative donnée, mais l'outil L'aménagement de l'espace collectif, le montage avec d'autres équipements permet de mettre en position un espace collectif. (De Sablet. M, 1988).

Plusieurs types du mobilier urbain constituent l'espace public, ils peuvent être classés selon leurs fonction :

- Le mobilier de repos tel que les bancs publics.
- Le mobilier d'éclairage, tel que les poteaux d'électricités, les lampadaires...etc
- Le mobilier de décor.
- Le mobilier d'hygiène et de propreté à savoir les toilettes publics, les poubelles.
- Le mobilier de transport et publicité, tel que les abribus et les panneaux publicitaires...etc

11.3 La végétation :

L'aménagement des espaces verts n'est pas seulement pour combler les interstices entre les bâtiments, mais il doit être vu comme Texture complète et continue sur tout le site. On aperçoit au loin une rangée d'arbres Marquez un axe principal, tout comme un grand nombre d'arbres définissent un espace principal. (Lynch. K, 1971).

La végétation peut avoir plusieurs fonctions, elle peut être décoratif, psychologique et écologique, par ce qu'elle un rôle capital dans la régulation thermique et l'amélioration du microclimat.

12 L'espace public en architecture et en urbanisme:

L'espace public urbain comprend également des espaces minéraux : rues, places, boulevards, passages couverts, espaces verts : parcs, jardins publics, squares, espaces végétalisés : galeries marchandes, cours, et combinaisons de formes diverses. Ils plantent généralement des arbres. Ils apportent un soutien matériel aux activités civiques et culturelles. Ils donnent aux gens l'occasion de se réunir et de partager leurs expériences. (Montero. A et *al*, 2001).

La forme urbanistique de l'espace public urbain peut être définie par un réseau de rues, de ruelles, de boulevards, de places et d'autoroutes qui s'entrecroisent dans la ville. Le réseau d'espaces publics comprend également des espaces verts, il y a aussi des rues et d'autres voies de passage qui sont généralement des espaces constructibles libres et sont régis par le droit public. (Bassand.M et *al*, 2001).

Ce sont des espaces ouverts qui attirent et se détendent, et sont des endroits où les gens peuvent s'asseoir, manger et observer le paysage environnant. L'espace public est le miroir des valeurs sociales, traditionnelles, matérielles et économiques. Sans ces espaces, le concept de vie communautaire disparaît, les résidents s'isolent et avec lui l'esprit d'entraide et de solidarité s'encourage. (Montero. A et *al*, 2001).

L'espace public a aussi ses caractéristiques propres, que ce soit en termes d'urbanisme, comme la localisation dans le quadrillage, l'organisation et l'aménagement du territoire, etc. Ou au niveau architectural de l'environnement bâti, il peut susciter les émotions des utilisateurs de l'espace par sa taille et son style. (Bassand.M et al, 2001).

13 Structuration de l'espace public :

La figure suivante présente l'interaction de l'espace public et les pratiques, usages, acteurs, société et lien social :

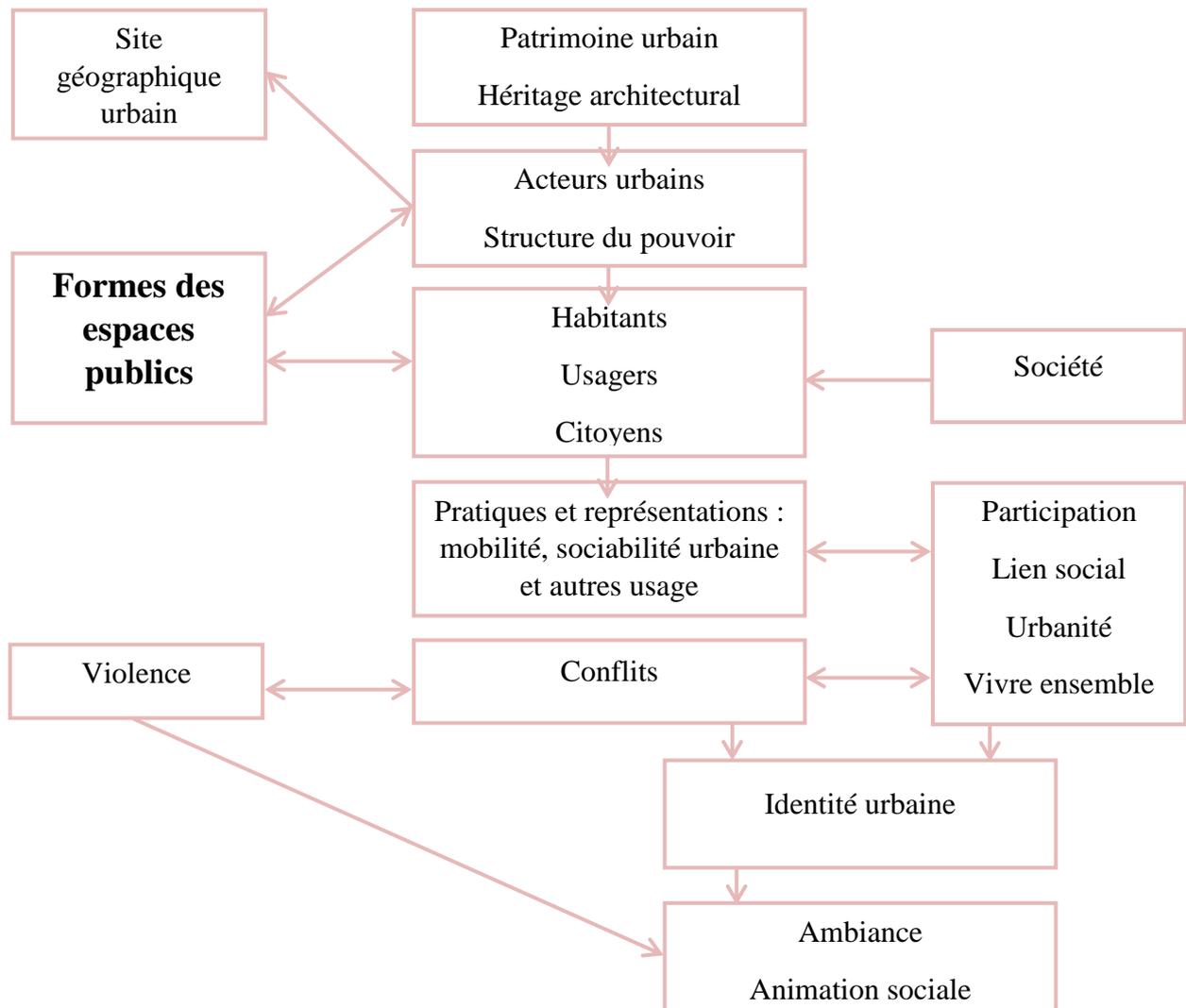


Figure N° I. 7: Structuration et espaces publics.

Source: Bassand. M et al, 2001.

Conclusion :

Le concept d'habitat est très large, chaque définition prend une dimension différente de l'autre selon l'apport de chaque discipline et son objectif, à savoir la dimension philosophique, géographique, sociologique, architecturale. La combinaison de cet ensemble de disciplines met en évidence le sens le plus large de la vie comme expérience du monde, dépassant ainsi les définitions fonctionnelles qui lui sont habituellement attribuées (abri et réponse aux besoins biologiques).

Dans ce chapitre, on a mis l'accent sur les différentes notions appropriées à l'habitat en général, les différentes typologies de l'habitat, et l'habitat urbain par la suite, ainsi la relation entre l'espace public et la fabrique de l'habitat urbain. Cependant, des définitions sont apportées au concept de l'espace public, chaque notion appartient à un domaine, des sociologues, des urbanistes ainsi des chercheurs l'ont défini chacun par sa propre vision et utilisation de l'espace.

L'aperçu historique de l'espace public nous a permis de cerner les différents changements, qui a fait apparaître plusieurs types de ces espaces, ainsi leurs rôles, composants, et utilisations sont en évolution à travers l'histoire, et à travers la région, en commençant par la cour de la Mésopotamie, l'agora Grec et le forum Romain, qui sont les plus distingués pendant l'antiquité, autour desquels s'organisent les villes Sumériens, Grecs et Romaines respectivement, et en arrivant jusqu'aux différents types à nos jours comme la rue, le jardin, le square, le cour.... etc.

En outre, ce chapitre a traité aussi les différents acteurs qui participent à la conception de l'espace public, toutefois, ses composants ont fait les caractéristiques de ces espaces, par leurs diversités, évolution dans le temps, et leurs rôles intéressés pour aménager l'espace public, qui est influencé par le microclimat urbain, et ses éléments comme la régulation thermique en présence de l'eau et de la végétation, l'importance d'avoir les endroits protégés du soleil dans ces espaces...ect.

Introduction :

« L'architecture est déterminée par une série de facteurs dont un seul ne varie jamais, le climat. On s'est toujours protégé du soleil de la même façon soit en construisant des murs épais soit en se mettant à l'ombre » Belmont. J.

Alors, le climat s'avère d'une très grande influence sur la vie quotidienne de l'homme, et par la suite, sur son habitation, sur ses conceptions, et sur son milieu extérieur, parfois, il faut s'abriter des effets indésirables des conditions climatiques, et profiter de ses bénéfiques au même temps, donc le climat constitue l'élément indispensable dans la conception et l'aménagement des espaces et milieux réservés à l'homme.

Le présent chapitre aborde les différentes notions du climat, ainsi sa classification et ses diverses échelles dans le monde entier, il consiste à établir les différents éléments constituant le climat.

Ce chapitre présente aussi les apparents phénomènes, tandis que la température n'est pas l'unique facteur qui influence le climat, le taux de l'humidité et les brouillards, le régime de précipitation et des vents sont aussi des facteurs capitaux pour la constitution du climat, la modification de leurs régime le modifie globalement.

En outre, cette partie réunit les différentes notions liées au microclimat urbain, ses caractéristiques, et les phénomènes microclimatique influant le milieu urbain, comme les effets thermiques, hydrologiques et aérodynamiques, par la suite, il présente la définition du phénomène responsable du changement climatique dans le milieu urbain, celui de l'îlot de chaleur urbain, qui se caractérise par l'élévation des température dans un milieu urbain ou dans une ville, par rapport à la température enregistrée dans une zone rurale ou dans une montagne, parce que les caractéristiques et les propriétés physiques des matériaux de construction, la chaleur anthropique et la pollution de l'air sont les causes indispensables de la hausse des températures. Cependant, ce phénomène peut affecter l'environnement et la santé de l'individu, et il accélère la consommation énergétique dans les bâtiments et le milieu urbain en général, des solutions et mesure comme : le verdissement, les sols imperméables...etc seront élaborées aussi dans ce chapitre afin de lutter contre l'îlot de chaleur urbain.

1 Définition :

Le concept de climat est très ancien et depuis longtemps, les Grecs ont découvert que les conditions atmosphériques, la flore et la faune évoluent d'un endroit à l'autre, ils ont interprété cette évolution comme une dépendance de l'inclinaison des rayons du soleil.

Selon Larousse, « *le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné* ». et d'après (Givoni. B, 1978), Le climat est le résultat d'une combinaison de plusieurs de facteurs climatiques, dont les principaux facteurs sont: le rayonnement solaire, le rayonnement à ondes longues du ciel, la température, l'humidité, la pression atmosphérique, le vent et les précipitations.

Le climat peut être défini comme une caractéristique constante d'une région ou d'un milieu (Mascaro. L, 1996). Pour définir le climat précisément, il est nécessaire d'intégrer la notion du temps dans l'état physique de l'atmosphère, et comme le temps est l'état instantané de l'atmosphère, le climat est l'intégration de toutes les conditions atmosphériques dans le temps (Koenigsberger. O.H et al, 1980).

L'Organisation météorologique mondiale (OMM) définit le climat comme : « *la synthèse des conditions météorologiques dans une région donnée, caractérisée par les statistiques à long terme des variables de l'état de l'atmosphère* ». Les changements saisonniers comme le passage de l'hiver au printemps, à l'été et à l'automne dans les zones tempérées et de l'humidité à la sécheresse dans les régions tropicales font aussi partie du climat.

2 Echelles du climat :

2.1 Echelles climatiques horizontales :

Il est important de faire la différenciation entre les différentes zones géographiques, car, ce qui se passe n'est pas nécessairement identique, ces zones peuvent avoir des apparentes répercussions (Vinet. J, 2000, d'après Oke 1987). L'atmosphère est un ensemble de couches minces gazeuses recouvrant le globe terrestre, d'une épaisseur comprise entre 100 et 1000 kilomètres (Guyot. G 1997). Par conséquent, les quatre types d'échelles peuvent être classés de manière simplifiée climat :

2.1.1 Le climat global (échelle macro) :

Cette échelle se trouve de quelques milliers de kilomètres par rapport à la terre, dont les propriétés astronomiques de la terre sont responsables des principaux changements du climat, en fonction de la latitude et de la saison, et des pondérations liés à la distribution Océans et continents (Vinet. J, 2000). À cette échelle, il n'y a pas de différence de prévisions météorologiques d'une région à l'autre, ou d'une partie de la ville à une autre, c'est à niveau plus global, il existe des différences géographiques. A cette échelle, la mesure météorologique est utilisée particulièrement pour les codes et les réglementations des constructions, qui servent également à prendre des décisions importantes sur la planification régionale (Boussoualim. A , 2002).

2.1.2 Le climat régional (échelle méso) :

Cette échelle se situe à quelques centaines de kilomètres, le flux d'air affecte le climat au niveau du relief, de la zone océanique adjacente et de l'emplacement de la zone par rapport à la région. (Vinet. J, 2000). Donc, la couche limite de cette zone est suffisamment éloignée du sol pour que les mouvements de l'air ne soient pas affectés par les caractéristiques locales de la surface du sol, et elle est convenablement près du sol, de sorte que l'influence de la rotation de la terre peut être ignorée. Dans cette couche, tous les écoulements verticaux sont en fait considérés comme constants (Boussoualim. A, 2002).

2.1.3 Le climat local:

L'échelle locale est à une distance des dizaines de kilomètres par rapport au sol, elle correspond au climat régional, qui est dû à la présence des vallées, collines ou montagnes proche de la mer. C'est l'échelle des changements des vents, crêtes de pluie et effets thermiques diurnes. (Vinet. J, 2000). Cette échelle du climat reste en rapport étroit avec les particularités environnementales d'un espace peu étendu.

2.1.4 Le microclimat :

L'échelle microclimatique est limitée à quelques centaines de mètres. Les gens peuvent intervenir pour atténuer les impacts climatiques : haies, brise-vent, urbanisme adapté aux vents dominants, au soleil et à l'eau. (Vinet. J, 2000).

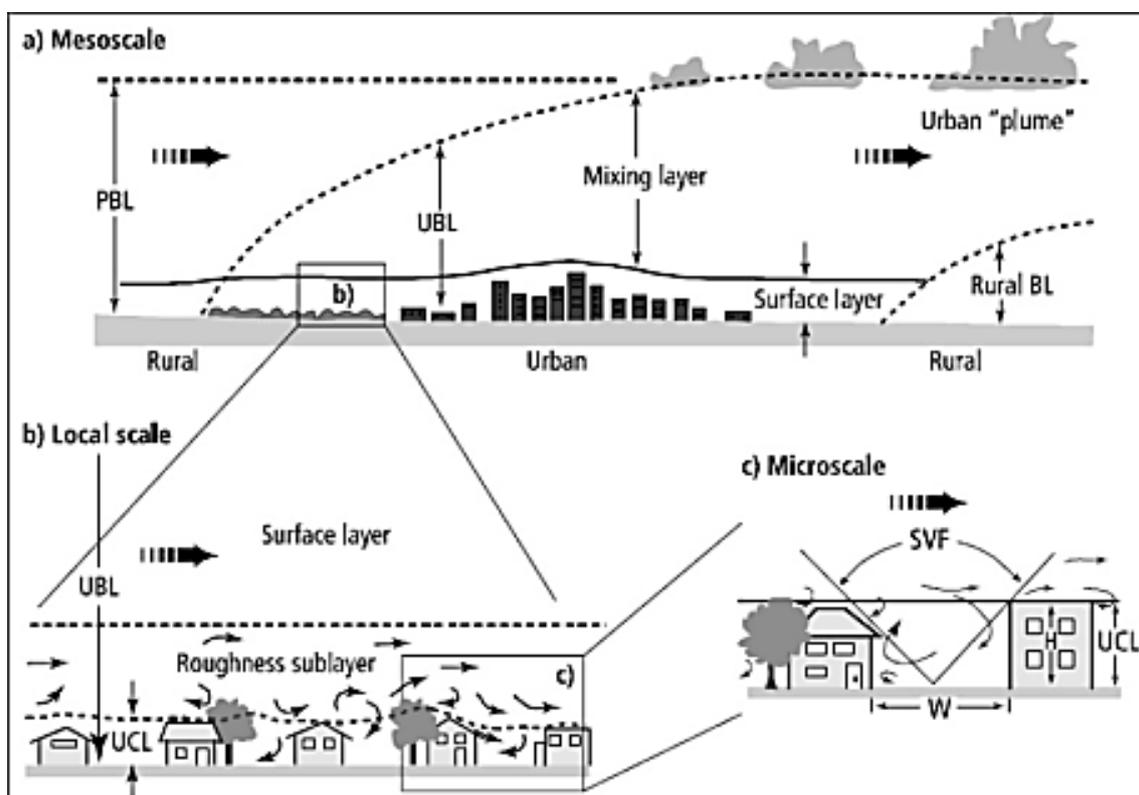


Figure N° II. 1: Schéma des échelles du climat.

Source: Mestayer. P et al, 1995.

La couche limite rugueuse est très proche du sol et son écoulement, elle dépend directement des variables locales, telles que l'état de la surface (lisse ou Rugueux), la présence d'un couvert végétal et sa densité. La sous-couche de limite urbaine comprend des constructions et aménagement urbain. Il s'agit d'une couche de mélange très turbulente. (Boussoualim. A, 2002). Par conséquent, Les caractéristiques spécifiques l'environnement à cette échelle (bâtiments, masse végétale et obstacles) sont responsables pour le changement de l'écoulement d'air, de l'ensoleillement, de la température et de l'humidité. (Bouyer. J, 2009).

Le tableau suivant présente les différentes échelles du climat, en fonction de leurs distances par rapport au sol, et les paramètres climatiques qui les affectent :

Echelle	Limite approximative	Phénomènes climatiques
Echelle macro	> 100 Km	Jet Stream, ouragans
Echelle méso	10 Km – 200Km	Vents locaux, orage, grand nuage de cumulus
Echelle locale	100m – 50 Km	Tornades, petit nuage de cumulus
Echelle micro (microclimat)	1 m- 1 Km	Vents et sable, turbulence à petite échelle

Tableau N° II. 1: Différentes échelles spatiales.
Source : Sedira. S, 2020.

2.2 Echelles climatiques verticales :

Chaque échelle spatiale implique une interaction spécifique entre atmosphère et climat (Guyot. G, 1997). A vrai dire, les distributions émises sur les trois échelles principales sont :

2.2.1 La couche limite atmosphérique CLA :

Cette couche s'étend sur des dizaines de mètres au-dessus du bâtiment et est divisée en deux sous-couches fluides: la sous-couche inertielle et la sous-couche de rugosité. La première caractéristique est l'uniformité de la turbulence verticale, et elle dépend principalement de la vitesse du frottement et de la hauteur du bâtiment. Néanmoins, la couche de rugosité, elle est située près de la surface et son épaisseur varie entre 1,5 et 3,5 fois la hauteur des bâtiments environnants. (Sedira. S, 2020).

2.2.2 La couche limite urbaine CLU :

La couche limite du CLU urbain se situe au-dessus de la canopée urbaine, elle fait partie de la CLA, et son épaisseur varie considérablement, car elle dépend de la rugosité du terrain, tandis que dans les zones rurales, sa valeur est nulle. Cette couche est caractérisée par le transfert d'énergie entre la surface et l'atmosphère. La modification qui s'opère à ce niveau a une échelle locale, qui correspond au niveau d'une agglomération ou d'un groupe de bâtiments. Le changement climatique qui en résulte est généralement le même pour tous les points de la zone d'étude, et ils varient selon le type de ville. (Sedira. S, 2020).

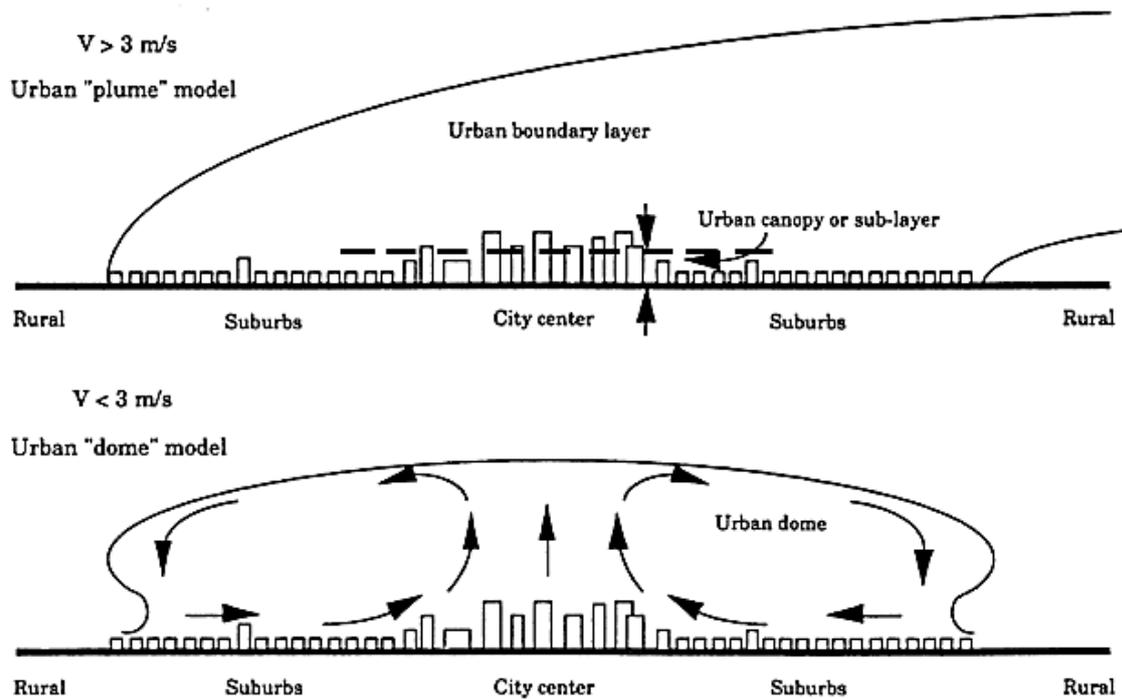


Figure N° II. 2: Les couches limites urbaines.
Source : Bouyer, 2009.

2.2.3 La canopée urbaine :

La canopée urbaine est une couche correspondante à la hauteur moyenne des bâtiments, qui obstrue la circulation de l'air dans l'environnement urbain. Cette échelle se considère comme une référence à la structure urbaine qui intègre le sol urbain (rues, espaces verts), la structure architecturale (bâtiments, blocs ou zones) et les espaces ouverts (cours ou espaces publics), dont les mouvements turbulents sont dus à l'interaction entre les paramètres du microclimat et la structure urbaine, ce qui rend la canopée urbaine souvent en perturbation. (Sedira. S, 2020).

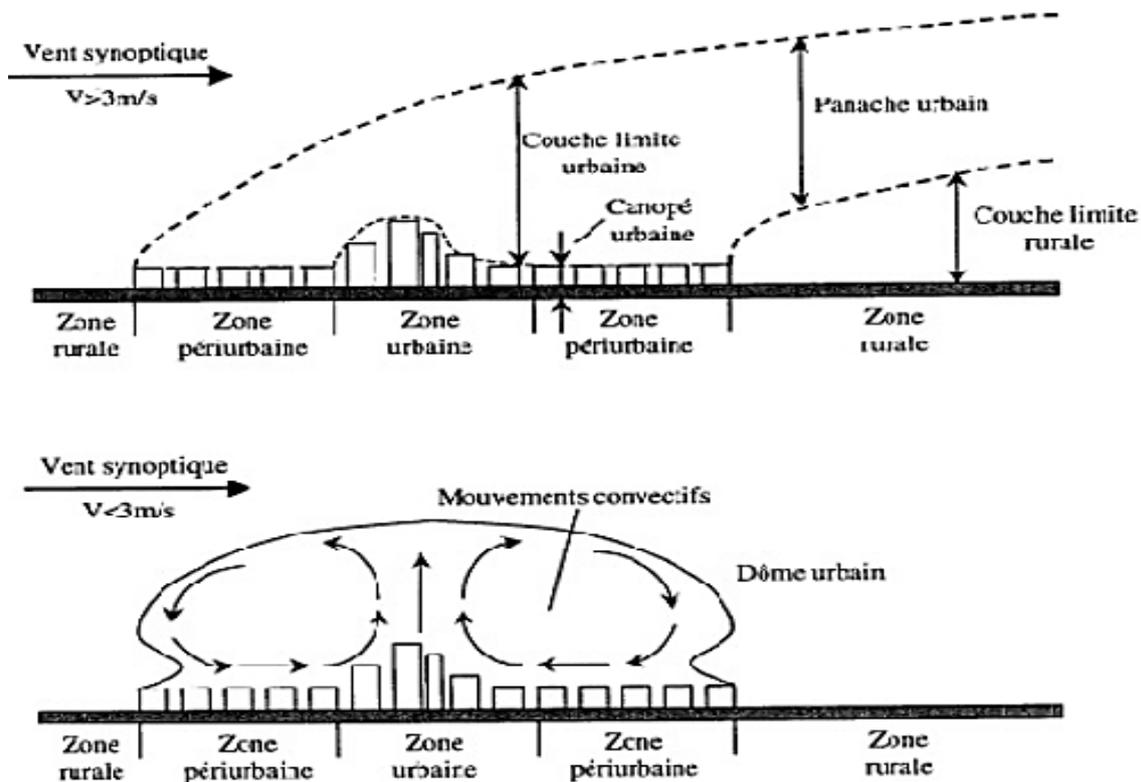


Figure N° II. 3: Structure verticale de l'atmosphère.

Source : P. Mestayer et al, 1995.

3 Classifications des climats dans le monde :

La classification mondiale du climat est basée sur certains paramètres tels que la température, les précipitations, l'humidité et la végétation. La température et les précipitations sont les plus utilisées. Sur la base de ces deux paramètres, Plusieurs classifications sont faites sous forme des cartes climatiques dans le monde : (Khadraoui M.A, 2019).

La variation géographique du climat exige une classification climatique qui donne une description concise des divers types climatique en exprimant les facteurs déterminant le climat (Thornthwaite C.W et al , sans date).

Cinq grands types du climat sont classés selon la température et l'humidité :

- **Climat froid:** Le climat est froid dans deux types de régions :
Les régions polaires : c'est-à-dire L'Antarctique (le pôle Sud), et l'Arctique (le pôle Nord), parce qu'il s'agit des régions les plus éloignées de l'équateur. Ces régions sont caractérisées par des températures froides toute l'année, sans chaleur estivale (10°C au maximum) et avec des hivers glacials (souvent -60°C).
Les montagnes : Dans lesquelles l'altitude élevée fait baisser la température. Très en hauteur, on y trouve la « neige éternelle » qui ne fond jamais, hiver comme été.
- **Climat tempéré:** Le climat tempéré se trouve généralement au bord des océans, entre les tropiques et les cercles polaires. Les températures y sont douces en hiver et chaudes en été. Ces conditions sont agréables pour l'homme et rendent les terres fertiles.

- **Climat continental:** Le climat continental est présent dans l'hémisphère nord, entre les tropiques et les cercles polaires, et à l'intérieur des terres. Les hivers y sont rigoureux (très froid) et les étés très chauds.
- **Climat tropical:** Le climat tropical est situé entre les tropiques, près de l'équateur. Il est caractérisé par des températures très chaudes qui ne descendent jamais sous 18°C. Dans certaines régions les pluies sont abondantes toute l'année. La végétation y est très développée et forme des jungles. Dans d'autres régions, plus sèches, la végétation est moins présente.
- **Climat désertique:** Le climat désertique est présent sur les tropiques. Ces régions sont caractérisées par la sécheresse, car y il a peu de pluie et d'humidité. La végétation y est donc très faible.

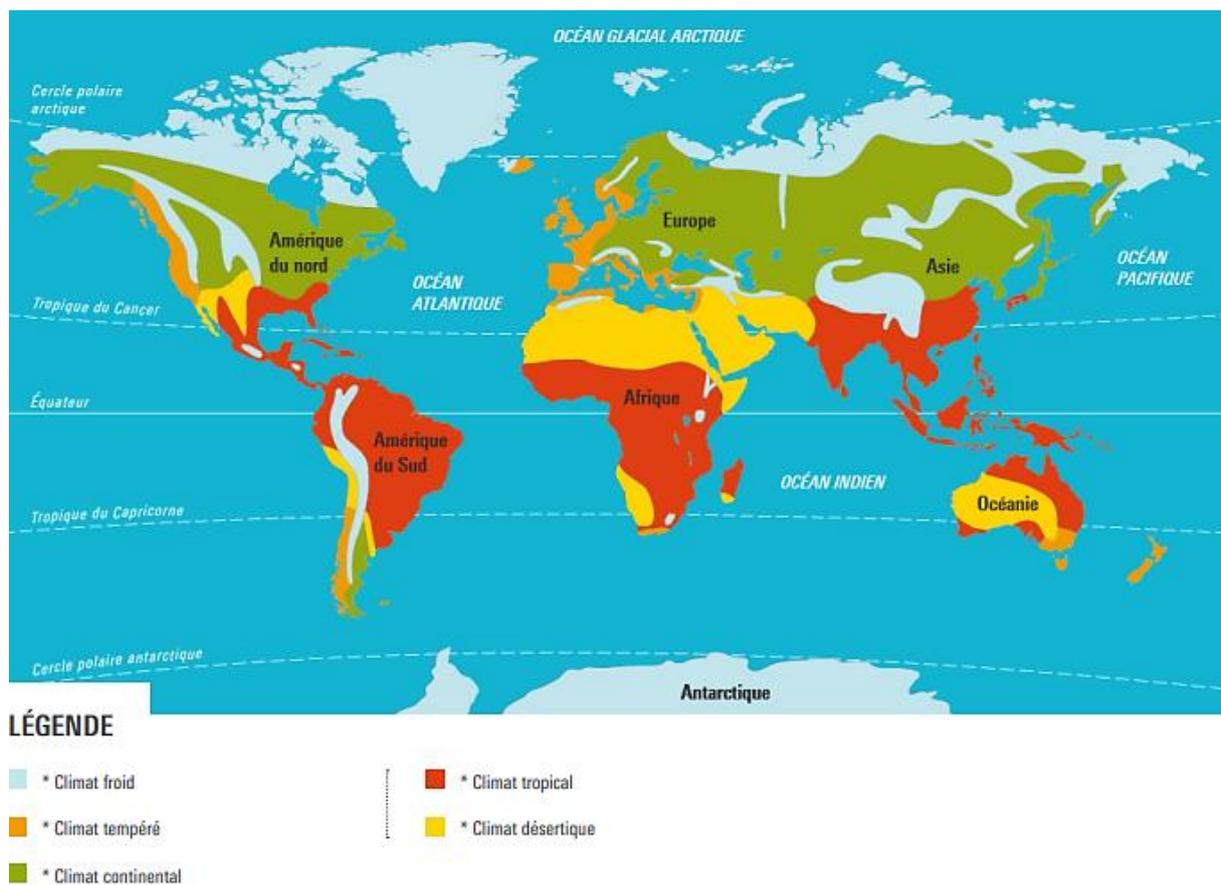


Figure N° II. 4: Classification du climat dans le monde.

Source : www.carte-du-monde.net.

Cependant, (Liébard. A et *al*, 2005) ont déclaré qu'en fonction de la température et de l'humidité, il existe cinq types de climat:

- **Climat tropical:** Caractérisé par des valeurs de température assez élevées et une humidité élevée.
- **Climat sec:** Caractérisé par une température très élevée et une humidité très faible.
- **Climat tempéré (chaud et froid):** Caractérisé par une température moyenne et une humidité très élevée.
- **Climat froid:** Caractérisé par une température extrêmement basse et une humidité extrêmement élevée. (Khadraoui M.A, 2019).

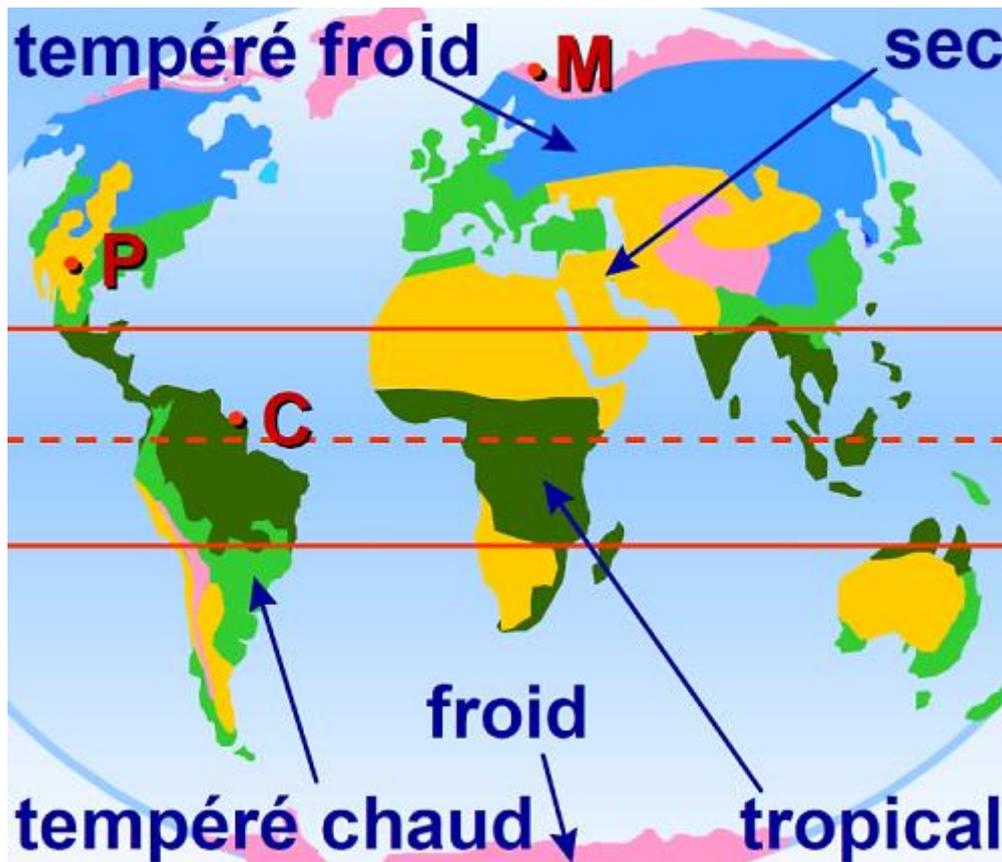


Figure N° II. 5: Carte climatique mondiale selon la classification de Liébard et Herde.
Source : Liébard et Herde, 2005.

La classification climatique de Wladimir Peter Köppen a été établie en 1900 et révisée en 1918. En 1936, c'était l'une des plus utilisées. Le classement climatique mondial de Köppen prend en compte la température et les précipitations, ainsi que les changements saisonniers des précipitations. Köppen a trouvé avec succès 5 principaux types de climat (climat tropical, climat aride, Zone tempérée chaude, climat de zone tempérée froid et climat froid), et déterminer le sous-climat.

Dans la même optique, plusieurs chercheurs ont confirmé que la carte de classification climatique la plus couramment utilisée est Köppen. Pour sa part, cette classification est considérée comme une référence dans le domaine de la climatologie. Il connaît déjà certaines mises à jour basées sur le site officiel de Köppen, comme les travaux de (Khadraoui M.A, 2019). Le tableau et la figure ci-dessous montrent la carte de classification climatique établie à Köppen, en fonction de la température et les précipitations :

Zone thermique	Température moyenne	Précipitation		
		Toute l'année en été et en hiver		
Chaude	$T_m \geq 18^\circ\text{C}$	Af	Aw	As
Tempérée	$-3^\circ\text{C} < T_m < 18^\circ\text{C}$	Cf	Cw	Cs
Continentale	$-3^\circ\text{C} > T_m > 10^\circ\text{C}$	Df	Dw	Ds
Froide	$0^\circ\text{C} < T_m < 10^\circ\text{C}$	← ET et EM →		
Glaciaire	$T_m < 0^\circ\text{C}$	← EF →		

Tableau N° II. 2: Principaux éléments de classifications climatiques de Köppen.
Source: Hufty, A, 2001.

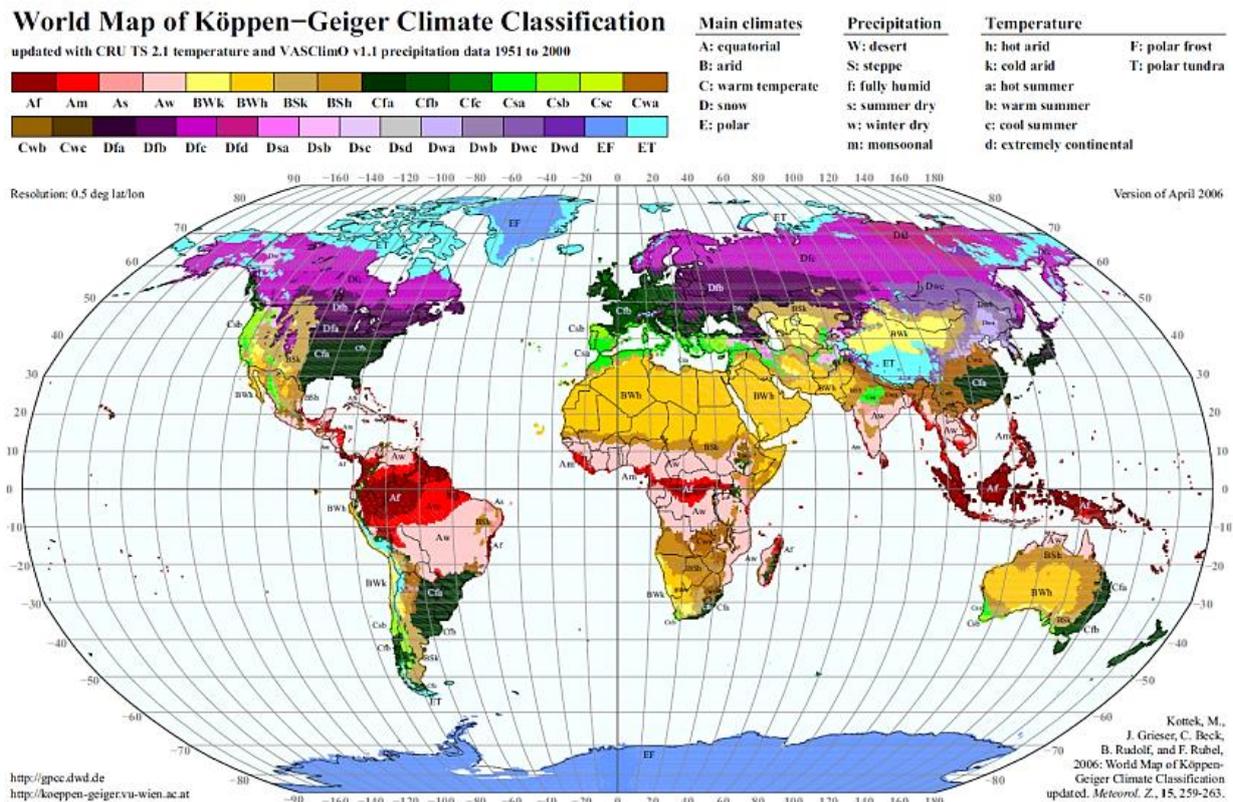


Figure N° II. 6: Carte climatique de Koppen.
Source : Kottke et al, 2006.

4 Eléments du climat :

Le climat est composé de plusieurs éléments variant d'un endroit à un autre, D'après l'organisation météorologique mondiale (OMM, 2011), les éléments les plus utilisés dans le climat sont :

4.1 La température de l'air :

Le principal facteur qui détermine la température de l'air est le taux d'échauffement et du refroidissement de la surface de la terre. L'air du rayonnement solaire est transparent, et cela n'affecte qu'indirectement la température. (Givoni B, 1978).

La couche d'air est en contact direct avec le sol chaud, qui est chauffée par conduction, le transfert de cette chaleur se fait principalement par convection et par turbulence de l'air. Le flux d'air apporte un écoulement de l'air qui est en contact avec la surface chauffée, et il se chauffe par la suite. En hiver, et pendant la nuit, la surface de la terre est généralement plus froide, l'échange thermique est Inversé, l'air est en contact avec le sol, et il est refroidi.

Les stations aériennes et météorologiques mesurent la température de l'air à la hauteur de l'abri tous les jours 1.50m, L'état du réchauffement climatique aujourd'hui est en augmentation avec la hausse de la température, les mois de l'année se caractérisent par une fraîcheur à court terme en hiver et un été long et chaud, ce qui menace l'équilibre de l'écosystème. (Matallah. M, 2015).

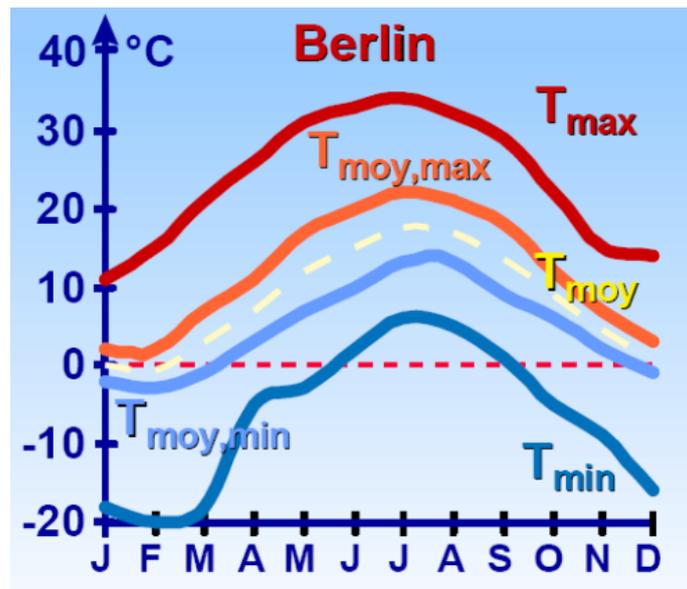


Figure N° II. 7: Evolution de la température d'air au cours des mois à Berlin.
Source: Liebard. A et al, 2005.

4.2 L'humidité:

L'humidité relative HR est le rapport exprimé en pourcentage entre la vapeur d'eau (la quantité d'eau contenue dans l'air) à une température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette même température. Elle dépend des précipitations, de la végétation et du type de sol, du régime des vents et de l'ensoleillement qui peuvent favoriser son assèchement. (Liebard. A et al, 2005).

- Humidité absolue: représente poids de vapeur d'eau contenue dans un mètre cube d'air, exprimé en g/m³.
- Humidité spécifique: poids de vapeur d'eau en grammes par kg d'air sec. (Givoni, B 1978).
- Humidité relative: correspond à une quantité de vapeur d'eau dans l'air à la température ambiante par rapport à la capacité maximale (niveau de saturation) qu'il peut contenir à cette même température .L'humidité relative s'exprimé en pourcentage. (Reiter. S, 2007).

4.3 Les vents:

Le vent est le mouvement de l'air dans le plan horizontal, produit par la différence de la pression dans l'air entre les masses d'air, de la zone anticyclonique (haute pression) à la zone à basse pression (dépression). Le vent est défini par la vitesse (km / h, m / s et en nœuds), et une direction. Il existe plusieurs paramètres qui affectent le vent et sa vitesse, cette dernière augmente avec la hauteur. Les conditions du vent sont fortement influencées par la topographie locale (vallées, pentes, etc.).

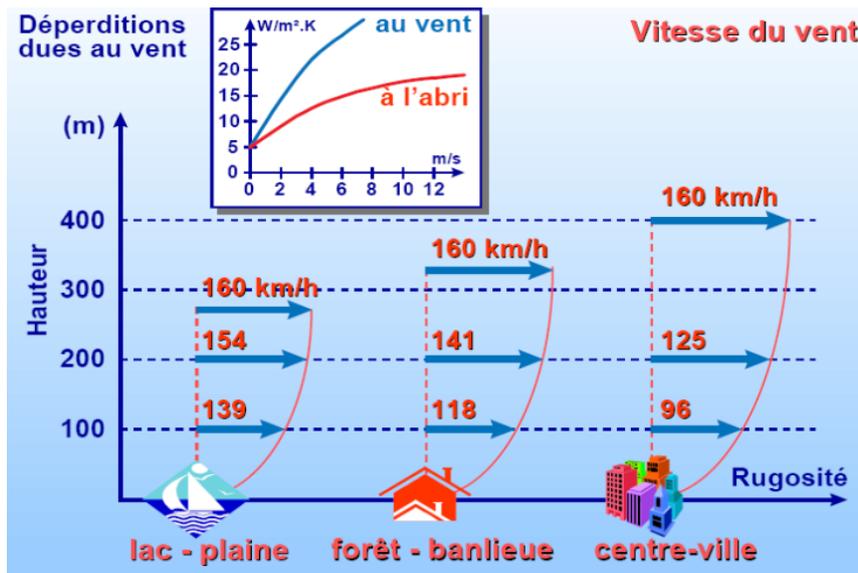


Figure N° II. 8: Variation de la vitesse de l'air selon l'altitude et la nature du sol.
 Source: Liebard. A et al, 2005.

4.4 Le rayonnement solaire :

Selon (Givoni. B 1978), Le soleil, émit les rayonnements sous forme de radiation électromagnétique, exprimée en Wh/m².

La trajectoire du soleil au cours de l'année est un point très important dans la conception architecturale, en particulier la direction et l'ouverture du bâtiment, en considérant une série de facteurs qui favorisent l'influence du flux solaire, duquel: le temps, la latitude et la qualité du ciel. Le rayonnement électromagnétique émis par le soleil change peu en dehors de l'atmosphère. (Liebard. A et al, 2005).

En raison des changements de la distance et de l'inclinaison, l'énergie reçue par la terre du soleil changera tout au long de l'année. Cette variation saisonnière est faible: le rayonnement incident moyen en dehors de l'atmosphère est d'environ 1370 W / m², ce que l'on appelle la constante solaire. (Vinet. J, 2000).

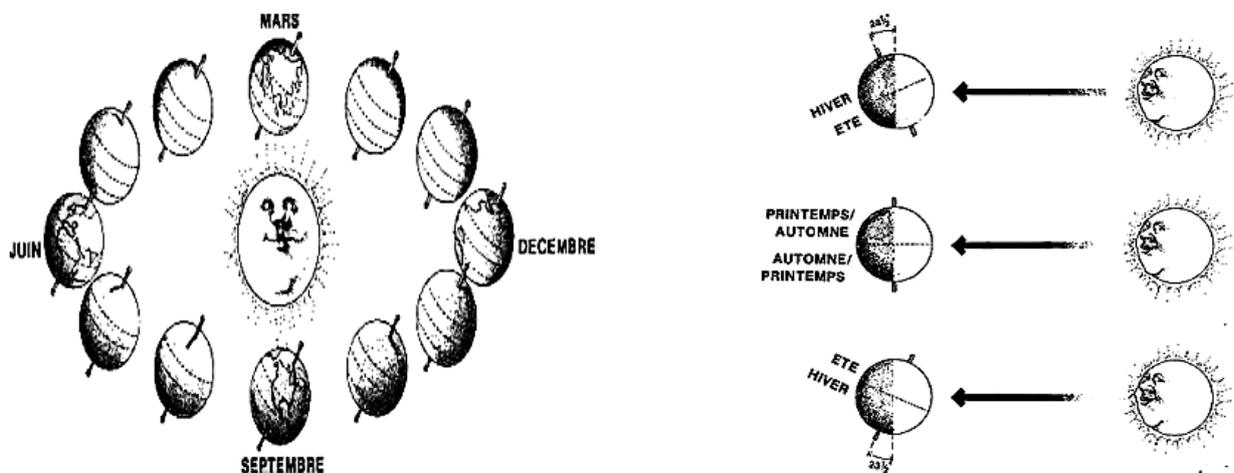


Figure N° II. 9: à gauche, distance entre la terre et le soleil, à droite l'inclinaison de la terre pendant les différentes saisons.

Source: Vinet. J, d'après Mazria, 1981.

Lorsque le rayonnement traverse l'atmosphère, une partie du rayonnement solaire est absorbée, une autre partie est diffusée, et enfin le reste est réfléchi. Par conséquent, sur le plan du sol, seuls les rayonnements directs atténués du soleil et la partie diffusée du dôme du ciel sont considérés. (Vinet J., 2000). Après la traversée de l'atmosphère, le rayonnement solaire est soit:

- **Le rayonnement direct** : Il provient directement du Soleil.
- **Le rayonnement diffus** : Il est diffusé par les particules de l'atmosphère vers toutes les directions.
- **Le rayonnement absorbé** : Il est absorbé par l'atmosphère et les nuages.
- **Le rayonnement réfléchi** : Il est réfléchi par le milieu extérieur (la terre ou la mer) en fonction de l'albédo local.

4.5 Les précipitations :

Les précipitations recouvrent de multiples réalités: la pluie, la grêle, la neige, qui sont le même processus du cycle de l'eau. La terre est d'environ 1,4 milliards de kilomètres d'eau, mais plus de 97% d'entre eux se trouvent dans l'océan, une petite partie de la teneur en neige, en glace ou en eau sur le continent est très faible (2,59%). Enfin, seule une petite partie (0,014%) est accessible à l'organisation Vivante. (Liebard. A et al, 2005).

Les précipitations proviennent de l'évaporation de l'eau. La vaporisation désigne la conversion de l'eau en vapeur puis en liquide dans l'atmosphère: la condensation désigne la conversion de la vapeur d'eau en un état liquide. Lorsque l'atmosphère ne supporte plus les gouttelettes d'eau, les gouttelettes d'eau tombent sous forme de pluie : c'est le cycle de l'eau, c'est-à-dire que l'eau vient de l'océan.

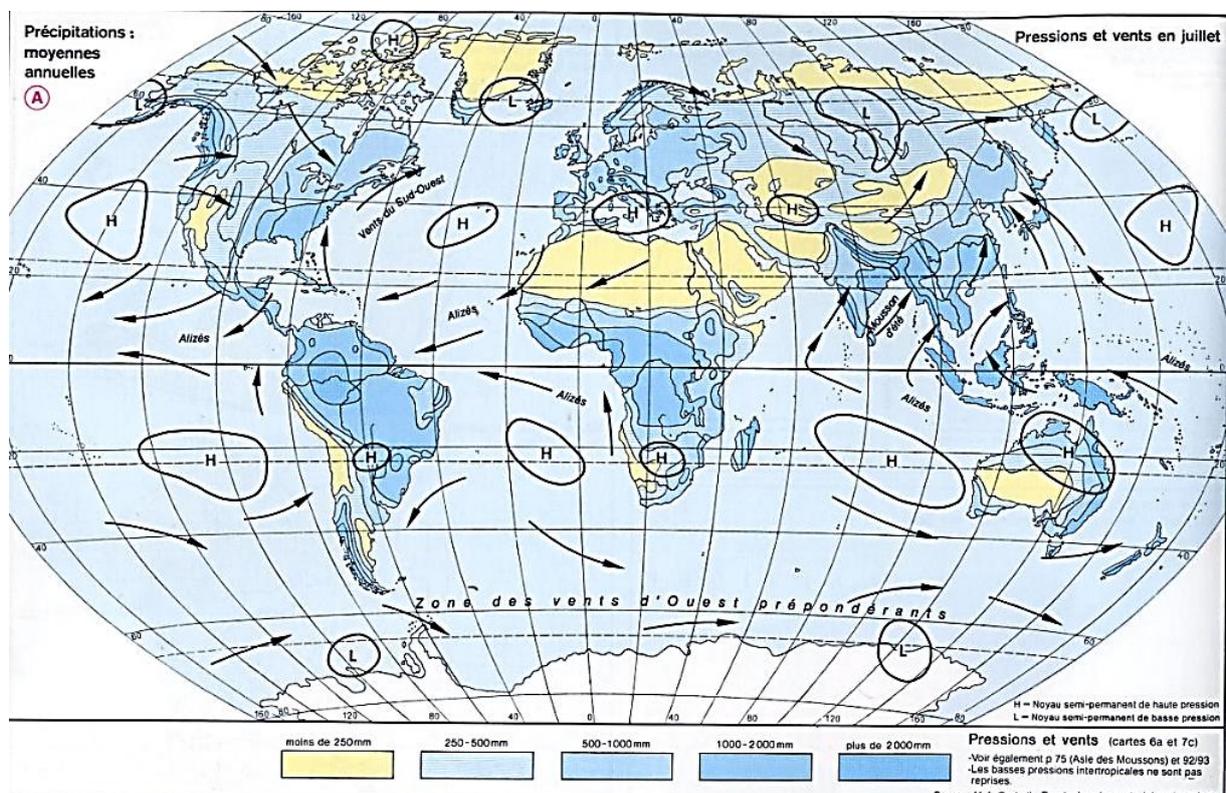


Figure N° II. 10: Carte des précipitations moyennes annuelles.
Source: Garbell M.A.

4.6 Formation de rosée et de brouillard:

Le refroidissement par contact avec des surfaces plus froides est limité à la couche d'air inférieure. Lorsqu'il se condense, il formera de la rosée sur la surface froide. Lorsque l'air qui n'est pas en contact direct avec une surface froide est refroidi en dessous de son point de rosée, un brouillard se forme. Ce refroidissement de la couche d'air inférieure peut également être provoqué par le mélange de la couche d'air froid, et d'un rayonnement à longue longueur d'onde provenant des molécules de la vapeur à un sol plus froid. (Givoni. B, 1978).

Les conditions qui provoquent la formation de brouillard sont:

- Un ciel clair est propice au rayonnement à ondes longues dans l'espace, par conséquent, le sol et la couche d'air inférieure peuvent être refroidis.
- L'inversion de la température près du sol empêche l'échange d'air vertical entre les couches supérieure et inférieure.
- L'absence du vent, ce qui empêche également le chauffage de la couche d'air inférieure par échange vertical

5 Microclimat :

5.1 Définition de microclimat (climat urbain) :

Selon Larousse, le microclimat est un « *Ensemble des conditions climatiques d'un espace homogène très restreint et isolé de son environnement général* ». Le microclimat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très petite.

5.2 Phénomènes microclimatiques en milieu urbain :

Suite aux paramètres et éléments climatiques (déjà cités), comme la température de l'air, l'humidité, et les précipitations, d'autres phénomènes peuvent affecter et influencer le microclimat :

5.2.1 Nébulosité du ciel :

En climatologie, la nébulosité est définie comme la quantité de nuages par rapport à la surface d'une partie du ciel. En d'autres termes, elle indique le degré de couverture du ciel (0 = ciel clair, 8 = ciel nuageux). Cette information est les caractéristiques objectives fournies par la station météorologique, qui sont quantitatives plutôt que qualitatives. La nébulosité, la brume, le brouillard et la poussière peuvent réduire l'insolation.

Dans un ciel clair, le rayonnement solaire domine, et la température suit la distribution des rayons solaires. Dans un ciel couvert, l'éclairement énergétique est déterminé par les multiples réflexions de la surface. (Boussoulim. A, 2002).

5.2.2 Effets aérodynamiques :

Le vent est généralement réduit à un flux bidimensionnel horizontal. Il est généralement associé à d'autres paramètres, tels que la pluie et la température, il fluctue en raison de ses caractéristiques instables et turbulentes. (Boussoulim. A, 2002). A l'échelle urbaine, le comportement du vent autour des bâtiments est très complexe, l'interaction entre les bâtiments et le vent engendre des distributions des vents très variées au niveau du sol.

(Gandemer. J et *al*, 1976). Lorsque le vent frappe un bâtiment, trois principales zones d'interférence apparaissent :

- A l'avant: En raison de l'écoulement descendant du côté au vent, un vortex turbulent est généré.
- A l'arrière : La zone de turbulence s'étend jusqu'à la cavité de basse pression en raison de la séparation du flux d'air au bord du bâtiment.
- Au plus loin : le sillage du bâtiment caractérisé par une turbulence élevée et des vitesses horizontales inférieures à celles de l'écoulement non perturbé. (Oke T.R, 1988).

Dans plusieurs recherches menées au laboratoire et sur site, nombreux effets des bâtiments sur les flux d'air ont été déterminés: effet venturi, effet de canal, effet d'empilement, effet de coin, effet net, ...etc. (Gandemer. J et *al*, 1976). Le flux d'air change constamment, en fonction de la forme, de la hauteur et de la disposition des bâtiments (Boussoulim. A, 2002). Néanmoins, d'autres recherches trouvent que, les principes de circulation de l'air sont bien connus pour la configuration géométrique, quatre effets de l'écoulement de l'air peuvent être trouvés dans les zones urbaines, duquel : effet de canalisation, venturi, contournement, et wise (Vinet. J, 2000).

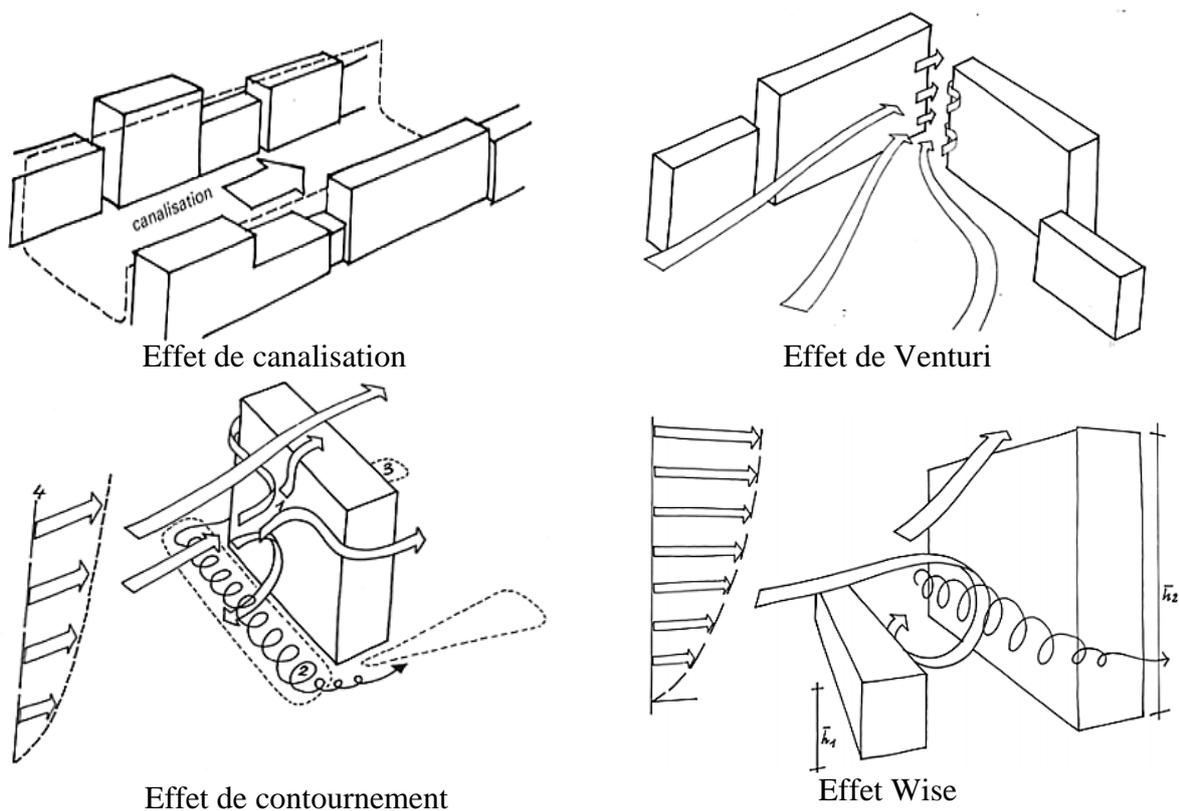


Figure N° II. 11: Forme de l'écoulement du vent dans les milieux urbains.

Source : Vinet. J, 2000.

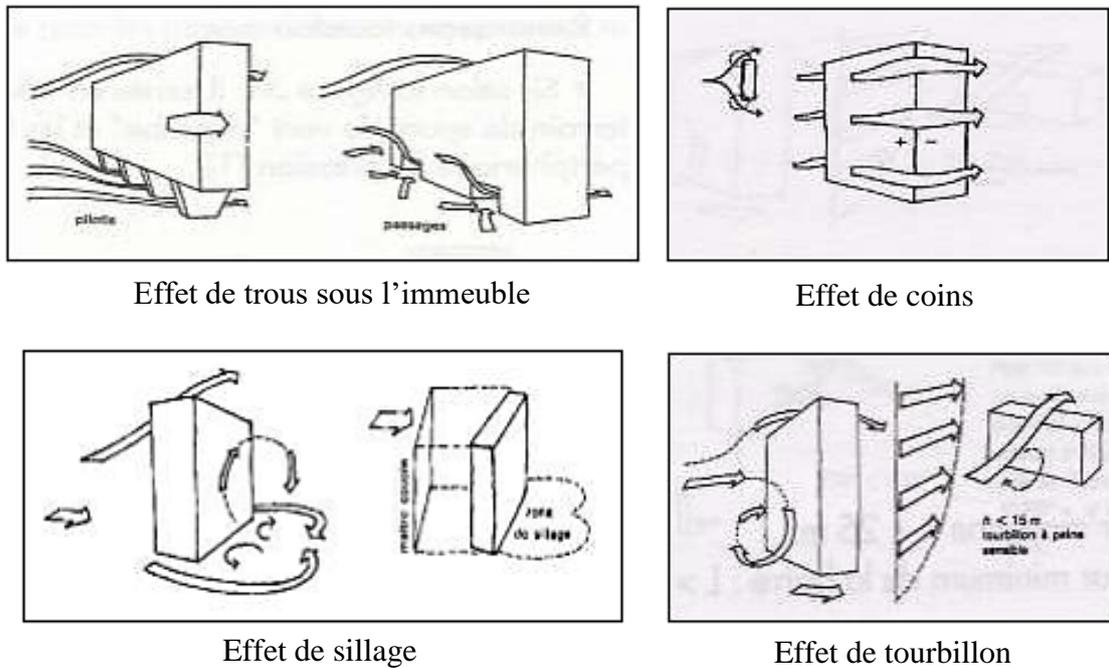


Figure N° II. 12: Effets du bâti sur l'écoulement du vent.

Source : Gandemer. J et al, 1976.

Les différentes formes d'écoulement du vent dans la ville sont représentées ci-dessous :

- **Effet de coin :** il s'agit de l'effet d'écoulement au coin de la structure. Cette accélération peut atteindre 40% à 100%, mais elle peut être évitée en plantant arbres ou en fournissant des ceintures de protection dans les coins.
- **Effet de sillage :** il s'agit du phénomène de circulation de flux vortex en aval immeuble. Il combine l'effet de coin, mais son importance est inversement proportionnelle à la densité du bâti.
- **Effet de trous (passage) sous immeuble :** Il s'agit d'un phénomène d'écoulement associé aux bâtiments sur pilotis ou aux bâtiments traversant directement un grand porche. Le vent étant perpendiculaire à l'axe du trou, l'impact sera limité, la présence de végétation peut réduire voire annuler cet effet, l'accélération à ces points peut atteindre 20% à 50%.
- **Effet de rouleau tourbillonnaire (tourbillon amont):** C'est le phénomène urbain remarquable. Ce n'est que l'impact provoqué par l'influence directe du vent sur la façade, qui provoquera de fortes perturbations en amont du bâtiment. La force dépendra de la distance du bâtiment précédent, de la vitesse du vent, de la présence de la végétation et de la présence de tout auvent de protection. C'est également là que la forme, la hauteur, le style et les matériaux de façade jouent un rôle important.
- **Effet de barre :** il s'agit d'un phénomène dans lequel une déviation se produit dans la rotation du vent, et elle atteint l'arbre de la structure de la barre avec un angle de 45 °. L'effet peut être limité en disposant le toit et les bords du bâtiment.
- **Effet de venturi :** c'est l'effet d'entonnoir de certains immeubles. Par conséquent, si une ou plusieurs rues ignorent ses coins, et que la direction du vent favorise son engouffrement dans ces rues, la gravité de ce phénomène peut même faucher les

piétons. La présence d'un volume arrondi dans la zone d'accélération peut aggraver la situation. La plantation des arbres est toujours la meilleure solution.

- **Effet de désaxement (liaison entre zones de pressions différentes):** Le bâtiment a été régulièrement installé, mais il n'est pas aligné sur l'axe. Lorsque le décrochement est grand, une pression différentielle sera générée, dont l'amplitude est proportionnelle au petit volume de séparation.
- **Effet de canalisation :** Ce phénomène est très fréquent sur les longs boulevards rectilignes. En fonction de la longueur de l'arbre et de sa forme linéaire, la force du vent peut augmenter jusqu'à 30%.
- **Effet de maille :** C'est la construction en cellule qui est ici mise en cause. Le seul problème est qu'il peut être bon ou mauvais, et comme le vent est dynamique, il n'est pas facile d'analyser cette situation.
- **Effet de pyramide :** C'est un phénomène qui provient du groupement des constructions à décrochement et à caractère pyramidal. Les anomalies apparaissent essentiellement au niveau des balcons de crêtes, ce qui épargne au moins le sol. (Matallah. M, 2015).

Afin d'analyser différents types de rues, un indicateur est généralement utilisé, à savoir le rapport hauteur / largeur, qui correspond au rapport entre la hauteur moyenne du bâtiment et la largeur de la rue, à savoir H / W . Si les bâtiments sont bien espacés ($H / W > 0,05$), les flux d'air n'interagiront pas. À une distance plus petite, le sillage sera perturbé. Lorsque la hauteur, l'espacement et la densité de la combinaison de rangées sont combinés, l'état du flux de rugosité isolé se transforme en un flux d'interférence de sillage. Ce dernier est caractérisé par l'écoulement secondaire dans l'espace du canyon. A un rapport hauteur / largeur et une densité plus élevés, un vortex stable se formera dans le canyon, et un état balayé apparaîtra là où l'enveloppe d'écoulement n'entre plus dans le canyon. (Vinet. J, 2000).

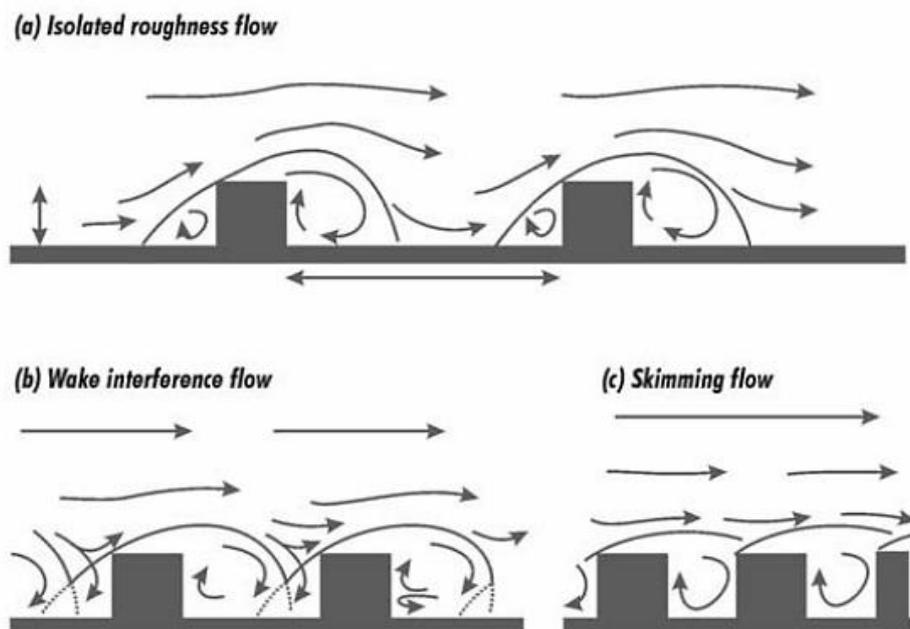


Figure N° II. 13: Ecoulements aérauliques dans les rues.

Source : Oke T.R, 1987.

6 Ilot de chaleur urbain :

6.1 Définition :

Les éléments constitutifs des villes sont très différents de ceux des zones rurales: la végétation et l'humidité de surface sont généralement moindres, et les surfaces et formes urbaines sont variés et diversifiées. L'îlot de chaleur urbain (UCI) est le résultat thermique de ces différences. (Sakhy. A, 2011). Cela peut être défini comme la différence de température entre le centre-ville et la campagne environnante. (Oke T.R, 1987).

L'îlot de chaleur urbain, est également connu sous le nom d'îlot thermique urbain, fait référence à une zone métropolitaine où la température est nettement plus élevée que les zones rurales environnantes. (Anquez. P et al, 2011).

Le terme « îlot de chaleur urbain » fait référence à l'écart de la température observée entre les zones urbaines et celles environnantes. Les observations montrent que la température dans le centre de la ville peut être jusqu'à 12°C supérieure à celle des zones voisines. (Voogt J.A, 2002).



Figure N° II. 14: Profil de l'îlot de chaleur urbain.

Source: www.notre-planete.info.

6.2 Les types de l'îlot de chaleur urbain :

Trois types d'îlots de chaleur urbains sont distingués comme :

6.2.1 Les îlots de chaleur à la surface du sol :

En raison du rayonnement infrarouge émis et réfléchi par la surface, l'emplacement de la ville le plus chaud sur la surface peut être détecté par le capteur, qui détecte le rayonnement infrarouge émis et réfléchi par la surface. Selon les caractéristiques morphologiques et physiques des matériaux qui composent la ville, la température de surface de l'environnement urbain est plus élevée que les autres zones de la ville.

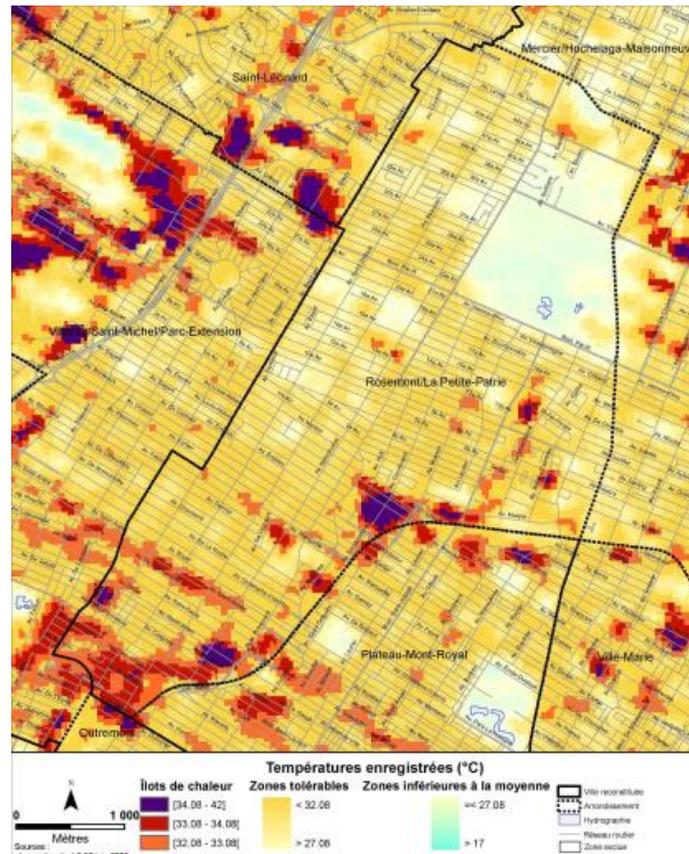


Figure N° II. 15: Schéma de l'îlot de chaleur urbain d'après une image satellite.
Source : Baudouin et al, 2008.

6.2.2 Les îlots de chaleur de la canopée urbaine :

L'îlot de chaleur de la canopée urbaine est la couche d'air entre le sol et la cime des arbres ou les toits des bâtiments, où se situent la plupart des activités humaines. Les canopées urbaines sont sans aucun doute les plus compliquées pour les raisons suivantes :

- Les différents matériaux de construction qui composent les différentes surfaces ont des propriétés thermiques très différentes.
- La présence de sources de chaleur artificielles (anthropiques). (Bouyer. J, 2009).

6.2.3 Les îlots de chaleur de la couche limite urbaine :

Ils sont situés au-dessus de la canopée. La canopée urbaine et l'îlot de chaleur des limites urbaines font référence à la température. (Oke T.K, 1987). L'apparence du CLU diffère entre les deux configurations :

- Sous l'influence de vents faibles ou de conditions anticycloniques en hiver, le dôme urbain créé par l'effet thermique ascendant conduit à une circulation d'air fermée (vent urbain).
- Sous l'action de vents forts, il décrit un panache de plus de 10 kilomètres dans la partie haute de la ville à travers lequel les polluants de la ville peuvent être transportés.

L'intensité de l'îlot de chaleur varie quotidiennement et selon les saisons en fonction du différents paramètres météorologiques et artificiels. De manière générale, l'intensité des îlots de chaleur de la canopée urbaine est plus importante la nuit que le jour. (Oke T.K, 1987).

6.3 Les causes de l'îlot de chaleur urbain :

Les caractéristiques structurelles et morphologiques du tissu urbain lui permettent de capter et d'emmagasiner la chaleur procréée par le rayonnement solaire. Plusieurs facteurs et paramètres sont responsables de l'augmentation ou la diminution de ces capacités de stockage et/ou de la dispersion de la chaleur, à savoir :

6.3.1 Émissions de gaz à effet de serre :

Selon le (GIEC, 2001) : « *la poursuite des émissions de GES au rythme actuel ou à un rythme plus élevé devrait accentuer le réchauffement et modifier profondément le système climatique au XXIe siècle. Il est très probable que ces changements seront plus importants que ceux observés pendant le XXe siècle* »

Le dégagement de la chaleur dans les zones urbaines est un facteur important dans la formation des îlots de chaleur. L'apport de la chaleur anthropique le plus important est causé par l'activité des automobiles, la climatisation et l'industrialisation. Beaucoup de ces sources de chaleur émettent également des gaz à effet de serre, parce que ces gaz piègent et stocke l'énergie solaire dans l'atmosphère et participent donc au réchauffement de la planète, ils contribuent également à la formation d'îlot thermique urbain. Le transport, les activités industrielles et le chauffage à base de combustibles fossiles sont les capitales causes d'émission de ces gaz. (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

6.3.2 Perte du couvert végétal (forestier) dans les milieux urbains :

La densification progressive des villes et le processus de l'urbanisation au cours des dernières décennies sont les causes principales de la perte du couvert forestier. La perte de la végétation signifie la perte de la fraîcheur dans l'environnement urbain. En raison de ce phénomène, la végétation joue un rôle essentiel dans la prévention de la chaleur, qui est dû à l'évapotranspiration et les ombres portées sur les sols et les bâtiments. Dans le processus naturel de la vapeur d'eau, l'air environnant se refroidit en libérant une partie de chaleur pour évaporer. La végétation contribue également à améliorer la gestion des eaux pluviales et à améliorer la qualité de l'air urbain. (Giguère. M, 2009).

6.3.3 Imperméabilité des matériaux:

L'urbanisation accrue au cours des dernières décennies a également apporté des changements sur le type du revêtement du sol. Le sol naturel est remplacé par des matériaux imperméables à l'eau, tels que l'asphalte et les matériaux utilisés dans la construction, ces matériaux n'assurent pas la fonction de filtrage et d'absorption d'eau, ils modifient le processus naturel de la pluie. Cependant, le taux d'infiltration du sol urbain n'est que de 15%, tandis que, 55% des eaux de ruissellement, et environ 50% des eaux de pluie sont infiltrées dans le milieu naturel (le sol naturel), et 10% s'écoule dans le ruisseau. (Giguère. M, 2009). De plus, le revêtement imperméable aide à contaminer le cours d'eau des manières suivantes :

- Les eaux de ruissellement transportent des polluants chimiques tels que des hydrocarbures et Insecticide.
- Débordement des égouts causé par de fortes pluies.
- Érosion des berges causée par le ruissellement à grande vitesse.

6.3.4 Propriétés thermiques des matériaux :

Le microclimat et les conditions de confort thermique sont affectés par plusieurs paramètres, par exemple : les revêtements imperméables et les matériaux de construction, car ils absorbent beaucoup de chaleur pendant la journée, ils la propagent dans l'atmosphère pendant la nuit, provoquant l'effet d'îlot de chaleur urbain. Ces substances à faible albédo peuvent atteindre une température de 80 °C en été. (Liébard. A et al, 2005). Entre autres, le choix des matériaux se fait en fonction des différentes exigences techniques, exigences de sécurité et durabilité, ainsi les coûts, généralement, les considérations environnementales sont ignorées. (Giguère. M, 2009).

6.3.5 Morphologie urbaine et taille des villes :

Les grands bâtiments et les rues étroites peuvent interférer avec une bonne ventilation du milieu urbain, formant ainsi un canyon dans lequel la chaleur générée par le rayonnement solaire et les activités humaines est collectée et piégée (Giguère. M, 2009). Cependant, la réduction du facteur de vue du ciel limite la perte nette de rayonnement des bâtiments et des rues (Pigeon. G et al, 2008). De plus, la morphologie urbaine peut également affecter la circulation automobile, favorisant ainsi l'apport de la chaleur et la pollution atmosphérique générée par ce mode de transport représenté par les véhicules à moteur. (Oke T.K, 1988).

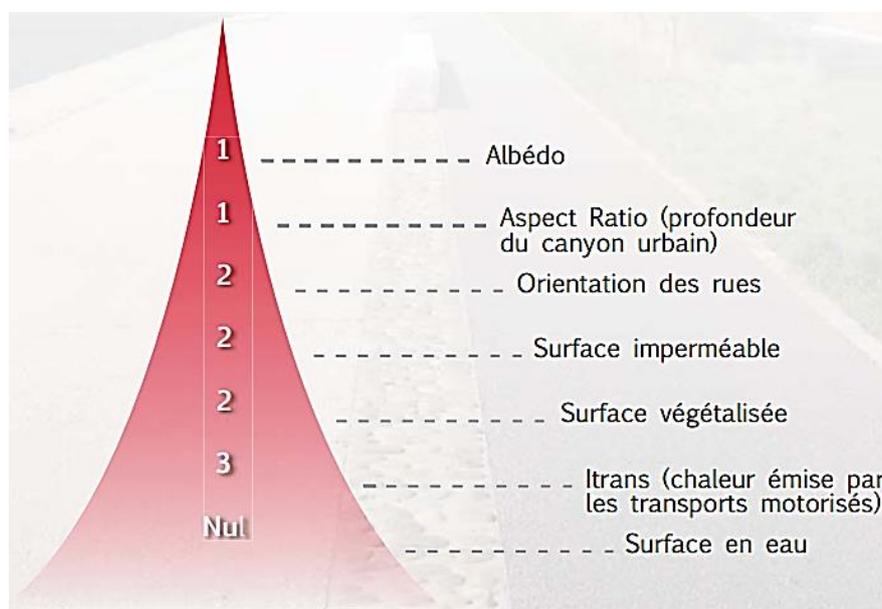


Figure N° II. 16: Hiérarchisation des éléments influant sur l'augmentation des îlots de chaleur.
Source : Soares. I et al, 2010.

6.3.6 Chaleur anthropique :

La production de la chaleur anthropique telle que la chaleur émise par les automobiles, la climatisation et les activités industrielles est un autre facteur conduisant au développement d'îlots de chaleur, en particulier dans les zones urbaines denses où les activités se déroulent. (Giguère. M, 2009).

6.4 Les impacts de l'îlot de chaleur urbain :

Les îlots de chaleur sont sources de préoccupations, car ils génèrent des impacts négatifs sur l'environnement et la santé des populations, et surtout pendant la période estivale: (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

6.4.1 Impact sur la santé :

Le phénomène des îlots de chaleur aggrave la fréquence, la durée et l'intensité des vagues de chaleur accablantes (Trottier. A, 2008), qui présentent un risque majeur de santé publique, car elles affectent la morbidité et la mortalité des populations exposées par le stress thermique chez les individus (GIEC, 2001).

La chaleur accablante générée par les îlots de chaleur urbains peut causer l'inconfort, la faiblesse, les troubles de la conscience, les crampes, la syncope, le coup de chaleur et même aggravent les maladies chroniques existantes telles que le diabète, l'insuffisance respiratoire, les maladies cardiovasculaires, cérébro vasculaires, nerveuses et rénales, et même la mort. (Besancenot. J, 2002).

De plus, la hausse des températures a aggravé la pollution de l'air et accroît l'impact négatif du smog sur la santé humaine, ce qui a un impact négatif sur la santé personnelle.

6.4.2 Impact sur l'environnement :

- **Détérioration de la qualité de l'air extérieur:** Les îlots de chaleur urbains entraînent la formation de smog. En effet, la composition du smog est de particules fines et ozone troposphérique formés lors de la réaction entre les rayons du soleil, de la chaleur et des polluants (oxydes d'azote (NOx) et composés organiques volatils) (COV)). (Akbari. H et al, 2001).
- **Détérioration de la qualité de l'air intérieur :** L'augmentation de la chaleur affecte la qualité de l'air intérieur car elle favorise la reproduction des acariens, moisissures et bactéries. De plus, il existe des substances toxiques, qui sont libérées lors de fortes chaleurs, tel que : les formaldéhydes qui sont contenues dans les meubles et les matériaux de construction. (Salomon. T et al, 2003).

6.4.3 Impact sur la consommation de l'énergie et de l'eau :

- **Hausse de la demande en énergie :** Les îlots de chaleur urbains entraînent une augmentation de la consommation d'énergie. En hiver, un îlot de chaleur peut être bénéfique, mais en été, il affecte le confort de l'individu. il en résulte une forte demande de la climatisation, suivi par le surcroît de la demande énergétique. (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

En cas d'augmentation de température de 2°C due à l'îlot de chaleur, la consommation d'énergie peut grimper 5 %. Les besoins de rafraîchissement de l'air intérieur et de réfrigération peuvent générer une hausse de la demande en énergie ayant comme conséquence l'émission de gaz à effet de serre selon la source d'énergie employée (Voogt J.A, 2002).

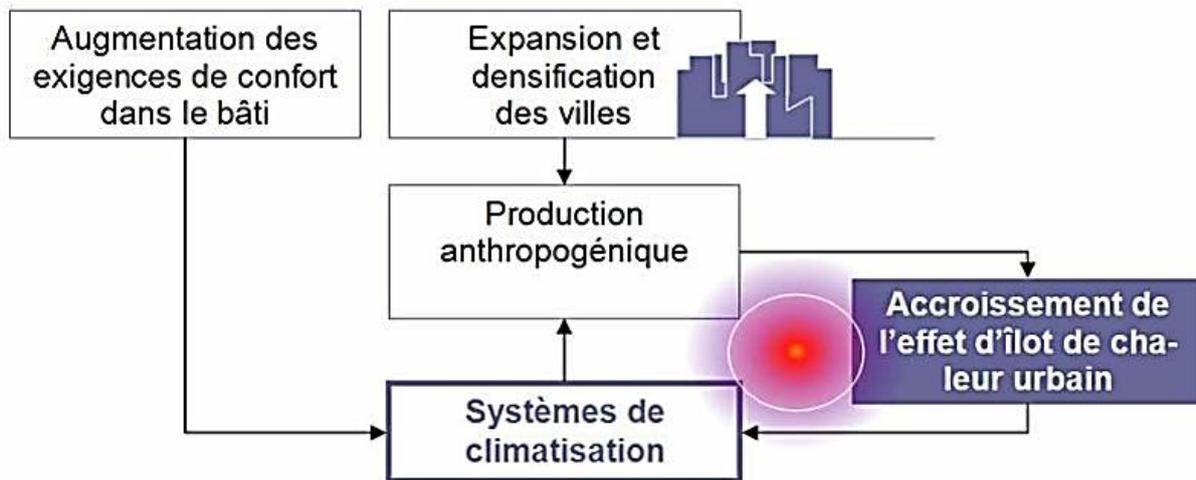


Figure N° II. 17: Boucle d'amplification des îlots de chaleur urbains et système de climatisation.
Source : Bozonnet. J, 2006.

- **Hausse de la demande en eau potable :** Les îlots de chaleur urbains entraînent également une augmentation de la consommation d'eau potable. En effet, l'arrosage des zones végétales à l'aire urbaine comme les piscines et fontaines ou les zones urbaines pour faire face aux effets de la hausse des températures conduit à une consommation accrue d'eau potable. (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

6.5 Les mesures de lutttes à l'îlot de chaleur urbain :

Dans le but de réduire le phénomène des îlots de chaleur urbains, certaines mesures d'urbanisme se sont avérées agissantes et efficaces, ces propositions peuvent être répertoriées selon trois types de mesures :

6.5.1 Les mesures de végétalisation et de gestion des eaux pluviales :

L'augmentation de la couverture végétale urbaine par le verdissement et la protection des espaces naturels sont des facteurs décisifs dans la lutte contre les îlots de chaleur. L'avantage des mesures de verdissement est qu'elles peuvent être mises en œuvre dans de nombreux domaines, comme le long des grands axes routiers, des terrains publics (terrains communaux, parcs, campus, etc.) et privés (cours, des zones résidentielles, des bâtiments commerciaux, des parkings, etc.). De plus, le verdissement des toits et murs est un excellent moyen pour faire face aux îlots de chaleur. (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

Ensuite, la restauration de la végétation peut mieux gérer les eaux de pluie. La gestion des eaux pluviales est un outil de contrôle important, à cause de la forte relation entre le taux d'humidité du sol et la formation d'îlots de chaleur. Cependant, l'augmentation de la perméabilité du sol permet à l'eau de pénétrer dans le sol, ce qui équivaut à réduire le ruissellement qui provoque le réchauffement de l'eau. De plus, si une zone de végétation ne

peut pas être formée, il est préférable d'utiliser un revêtement perméable, car l'eau qui pénètre mieux dans le sol peut, qui fournir une capacité de refroidissement équivalente à celle de la végétation. (Giguère. M, 2009 ; Anquez. P et al, 2011).

6.5.2 Les mesures de contrôle des sources chaleurs anthropiques :

Ce développement aura un impact majeur sur le trafic urbain. En fait, il existe plusieurs stratégies et méthodes qui ont le potentiel pour réduire la demande de transport et, plus important encore, une seule voiture est requise dans tous les cas. Au niveau du bâtiment, diverses stratégies (telles que l'efficacité énergétique et les bâtiments bioclimatiques) peuvent réduire considérablement le besoin de climatisation. Privilégier le covoiturage, les transports en commun et les transports actifs (marche, vélo) pour limiter les émissions de gaz à effet de serre et ainsi réduire les îlots de chaleur urbains.

6.5.3 Les mesures ciblant les infrastructures :

Enfin, l'une des stratégies les plus simples et les moins chères pour réduire les îlots de chaleur urbains consiste à augmenter l'albédo de surface. Cela peut être fait en utilisant des matériaux plus légers ou même en peignant certaines surfaces en blanc. Ces solutions doivent également prendre en compte les éventuels effets d'éblouissement associés.

Plusieurs techniques sont applicables à tous les revêtements de surface. Par conséquent, ils peuvent être utilisés non seulement pour les parkings, les allées, les surfaces verticales, mais également pour les toits. Les toits blancs ou les toits réfléchissants existent depuis de nombreuses années.

Conclusion :

L'objectif de ce chapitre a été d'assurer une bonne compréhension du climat et des paramètres climatiques, afin de connaître leurs impacts sur le microclimat urbain, ce que fait, le climat est un facteur indispensable qui doit être intégré dans la conception architecturale et urbanistique.

Les facteurs influant sur le climat, de la planète jusqu'à l'échelle locale sont montrés dans ce chapitre, par la suite plusieurs critères sont utilisés par les chercheurs pour classer le climat, dont les plus importants sont la température et l'humidité. De plus, d'après une hiérarchisation des phénomènes atmosphériques, une étude climatique permet de classer les échelles de la plus grande à la plus moindre, du climat général jusqu'au microclimat.

Les modifications du climat sont anciennes à cause de changement climatiques, qui dû au développement des activités humaine, par conséquent l'accroissement de l'effet de serre, qui engendre une progression des températures à la surface du globe terrestre, et un risque de graves changements climatiques sur la planète.

Dans ce contexte, le microclimat est un concept d'une grande complexité, car plusieurs facteurs peuvent l'influencer à différentes échelles, qui comportent divers phénomènes, comme l'îlot de chaleur urbain, qui est considéré comme l'un des impacts le plus importants du réchauffement climatique, et qui provoque un stress thermique aux individus, un surcroît des problèmes de santé, et prolifération des maladies, ainsi une augmentation de la consommation d'énergie par climatisation nécessite, qui est dû à l'augmentation des températures, plusieurs mesures doivent être prise en considération, lors de la conception architecturale et urbanistique, afin de lutter contre l'îlot de chaleur urbain.

Introduction :

« Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort. Cela implique de conserver la température des tissus constituant le corps à l'intérieur d'un domaine étroit, les conditions dans lesquelles on obtient cet équilibre, et l'état du corps lorsqu'il atteint l'équilibre avec l'environnement, dépendent de la conjugaison de nombreux facteurs ». B. Givoni.

Dans les milieux urbains, la notion du confort est indispensable pour la conception et l'analyse de la ville, parce que ce facteur peut affecter la santé et le bien être des individus, c'est pour ça, la notion du confort est subjective, car elle dépend des perceptions relatives à l'être humain.

Cependant, le confort est un concept général et assez déterminé, plusieurs facteurs peuvent l'influencer, que ce soit naturels ou artificiels, climatiques ou non climatique, physiques, physiologiques ou psychiques, tous ces éléments peuvent participer à la définition et la compréhension du confort.

Suite au climat et microclimat urbain, le présent chapitre tend à définir la notion du confort thermique extérieur, pour comprendre les paramètres influant sur ce phénomène, afin de faciliter aux architectes et urbanistes de mieux concevoir dans les milieux urbains extérieurs.

Néanmoins, le chapitre consiste à présenter les différents mécanismes physiologiques de la régulation thermique du corps humain, et le bilan thermique humain, ainsi que les différents processus des échanges de chaleur.

Dans cette optique, plusieurs chercheurs ont proposé des méthodes d'évaluation du confort thermique, en commençant par les diagrammes climatiques, et en arrivant aux indices thermiques les plus récents, ainsi le chapitre a pour objectif d'étudier la consistance de ces méthodes, et leur fiabilité dans la mesure du confort thermique extérieur.

1 Définition du confort.

Pour (Givoni.B 1978) « *La définition du confort thermique est très complexe en raison de l'interaction de plusieurs variables environnementales et personnelles. Le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort* » ... cet équilibre est l'état du corps lorsqu'il sera neutraliste avec son environnement, dépendant de la conjugaison de nombreux facteurs. Ces facteurs peuvent être d'ordre personnel (l'activité physique, le niveau d'habillement, etc.) ou de l'environnement immédiat (Ouamer A.F, 2007).

Le confort est une notion globale, il intègre différents concepts et éléments définissant plusieurs paramètres climatiques, esthétiques, et psychologiques à savoir : la chaleur le froid, la lumière, le bruit, le paysage, l'eau, la verdure, le prestige.... etc. Le confort est également la sensation subjective qui n'existe pas en lui-même, son appréciation ne peut être ressentie sauf sous les conditions d'inconfort, elle est différente d'un individu à un autre, et d'une société à une autre (M'sellem. H et al, 2009).

Les normes du confort ont essayé de mettre des définitions pour faciliter la compréhension du confort thermique, duquel :

« *Le confort thermique est atteint lorsque l'individu exprime une satisfaction au sujet de son environnement* ». (ASHRAE, 1993). « *il y a situation de confort thermique si deux conditions sont satisfaites : Le bilan thermique de l'individu est équilibré sans que ses mécanismes autorégulateurs ne soient pas trop sollicités* ». (La norme ISO 7730)

Une ambiance confortable est un état, dans lequel, la température du corps de l'être humain est constante, sans mettre en jeu de manière sensible, et ensuite pénible ses mécanismes instinctifs thermorégulateurs pour lutter contre le chaud et le froid (Depecker. P et al, 1989).

Le confort thermique est une motivation de l'être humain pour chercher son bien-être, afin de créer certaines conditions climatiques, à en maintenir certaines d'entre elles, et à les juger en termes d'adhérence ou de non appréciation (Galeou. M et al, 1989).

Le confort thermique est défini aussi, comme : « *un état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement* » (Liébard. A et al, 1996). Il est la condition d'esprit qui exprime la satisfaction quant à l'ambiance thermique (Liébard. A et al, 2005).

Le confort thermique n'est pas strictement un état de la neutralité thermique, l'alternance des paramètres qui le composent peut supposer un état du confort. Aussi, les conditions de confort thermique sont maintenues pendant un certain temps, elles peuvent devenir des conditions indifférentes puis inconfortables (Musy. M, 2014).

Le confort thermique dépend d'abord de chaque personne, notamment de ses vêtements et de son activité métabolique. Cela lui permet de s'adapter à son environnement. L'environnement intérieur doit s'adapter aux besoins des occupants, il doit donc s'adapter à leurs habillements et activités, c'est pour cette raison, il est nécessaire de s'assurer que la température de l'air et des surfaces environnantes est satisfaisante. L'indicateur principal du confort thermique est la température opérative, la température de l'air et celle de la surface autour de l'occupant. Ainsi,

la vitesse de l'air et ses turbulences et changements de température dans l'espace auront également un impact sur le confort thermique. (Roulet C.A, 2012).

2 Paramètres influant sur confort thermique.

2.1 Paramètres climatiques :

2.1.1 La température de l'air (T_a) et température moyenne radiante (TMR).

La température de l'air est un indicateur du niveau d'énergie de l'air, et le niveau d'énergie de l'air lui-même provient de l'équilibre de tout échange de chaleur qui existe à l'endroit et à l'heure où la température est mesurée (Hufty. A, 2001).

La température de l'air ambiant et la température moyenne du rayonnement d'un environnement uniforme affectent l'échange thermique du corps par convection et rayonnement. Le taux de l'échange de la chaleur dépend du débit d'air et de l'habillement. (Givoni. B, 1978). La température moyenne radiante est définie comme la température moyenne de la surface environnante, qui comprend les effets du rayonnement solaire incident. (Potvin, 1997). Elle a un impact significatif sur la sensation du confort thermique en milieu urbain.

Plusieurs recherches ont prouvé que 1 °C de la température de l'air peut être compensé par 0,5 à 0,8 °C de la température moyenne de rayonnement. Les conditions les plus confortables peuvent être trouvées lorsque la TMR est 2 °C plus haut que le T_a , et lorsque la TMR est inférieur de 2 °C à T_a , la situation est acceptable (si la répartition des températures est toujours uniforme) (Szoklay. S.V, 1979).

2.1.2 L'humidité relative.

L'humidité relative est définie comme : « *le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue dans l'air à la température ambiante et la quantité maximale qu'il peut contenir à cette température* » (Liébard. A et al, 2005).

Une étude menée au centre-ville de Montréal visait à étudier la perception et la préférence des paramètres du microclimat, qui définissent les conditions de confort thermique des utilisateurs de l'espace public. Les résultats de cette étude ont confirmé que lorsque la température atteint une valeur très élevée, l'humidité relative affectera la perception du confort thermique, tandis qu'une valeur d'humidité relative inférieure (inférieure à 38%) n'affectera pas la perception du confort thermique (Ouamer A.F, 2007). Le tableau suivant présente les différentes valeurs de l'humidité relative en fonction de l'équilibre thermique par le refroidissement évaporatif, lorsqu'il s'agit de grandes températures (Szoklay. S.V, 1979).

Humidité relative	Température
100%	31°C
50%	38°C
18%	45°C
0%	52°C

Tableau N° III. 1: Les valeurs de l'humidité qui correspondent aux températures qui maintiennent le refroidissement.

Source: Szoklay S.V, 1979.

L'humidité relative doit être comprise dans l'intervalle de 30 à 70%, pour avoir dans une situation confortable :

- Si l'humidité relative est inférieure à 30%: L'air est trop sec, cela peut dessécher la peau et les muqueuses, entraînant une gêne et des risques pour la santé.
- Si l'humidité relative dépasse 70%, l'air est trop humide : Le sujet a montré un sentiment d'étouffement, la sueur ne s'évaporera pas de la surface de la peau et s'écoulera, une humidité excessive favorise la croissance des bactéries, des moisissures, des champignons et des acariens.

2.1.3 La vitesse de l'air.

Le débit d'air est un paramètre très important du confort. Il affecte le corps humain de deux manières différentes. Premièrement, il détermine le transfert de chaleur par convection du corps humain, puis il affecte la capacité d'évaporation de l'air, affectant ainsi la production de sueur. (Givoni.B, 1978).

Pour plus de confort, la valeur maximale de la vitesse du vent doit être de 0,2 m / s, toute vitesse du vent supérieure à cette valeur peut provoquer un tourbillon du papier, néanmoins, le refroidissement local inutile du corps humain causé par le flux d'air est appelé un courant d'air, par conséquent, le courant d'air n'est pas une valeur absolue (Herzog. T et al, 2007).

Il n'y a aucune indication pour fixer la vitesse minimale du vent requise pour assurer le confort thermique. En été, et avec les températures élevées, le tableau montre que la vitesse du vent peut également être plus élevée, ce qui a un effet rafraîchissant

Le présent tableau montre les différentes perceptions thermiques relatives aux apparentes vitesses de l'air : (Szoklay. S.V, 1979).

Vitesse du vent	Impact sur la sensation thermique
Jusqu'à 0.25 m/s	On ne sent pas le mouvement
0.25 m/s - 0.5 m/s	Plaisance
0.5 m/s – 1.0 m/s	Se rendre compte du mouvement
1.0 m/s – 1.5 m/s	Accélération
Au-dessus de 1.5 m/s	Accélération nuisible

Tableau N° III. 2: Impact du vent sur la sensation thermique.

Source: Szoklay. S.V, 1979.

2.1.4 Le rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire est également un paramètre qui affecte le confort thermique des espaces extérieurs. Il a des effets thermiques et biologiques sur les humains. Biologiquement parlant, le corps humain est affecté par les rayons ultraviolets (U.V) dans le spectre, tandis que les effets thermiques sont causés par la lumière visible et les rayons infrarouges. (Givoni, B, 1978).

En présence du rayonnement solaire, seule l'énergie éolienne réduit la charge thermique solaire à un rapport acceptable. Les travaux de (Penwarden A.D, 1974) montrent qu'une personne passe d'une zone dégagée à l'air calme (vitesse du vent de 0,5 m / s) à une zone où l'ombre souffle dans le vent avec une vitesse du vent de 5 m / s, elle doit ressentir une

réduction de la charge thermique équivalente, et une régression de la température de l'air de 13 °C

En absence du rayonnement solaire direct, le paramètre climatique influant le confort thermique extérieur est la température de l'air, dans une première position, tandis que, l'humidité et le rayonnement infrarouge sont des influant en seconde lieu. (Penicaud. H, 1978).

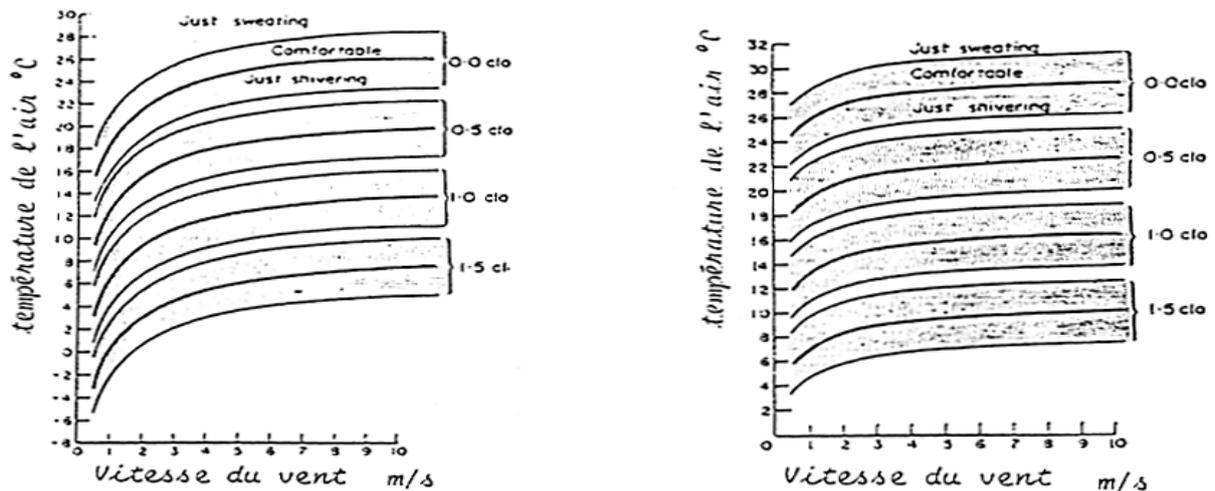


Figure N° III. 1: à gauche, Condition du confort pour un piéton au soleil, à droite, Condition du confort pour un piéton à l'ombre.

Source: Christian Sacré, 1983, d'après Penwarden A.D.

2.2 Paramètres non climatiques :

2.2.1 Le métabolisme : Production de la chaleur métabolique :

La production de la chaleur métabolique est proportionnelle à l'activité physique. Cette dernière requiert une grande quantité d'O₂ et produit une grande quantité de chaleur qui doit être transférée à la peau grâce à la circulation sanguine puis dissipée vers l'environnement.

Le niveau d'activité se mesure en "met" (abréviation de métabolisme) et est égal à 58,2 W/m de surface corporelle. Une unité équivaut au métabolisme d'une personne inactive. Une personne adulte possède une surface corporelle moyenne de 1,8 m pour les hommes et 1,6 pour les femmes.

La chaleur de l'activité métabolique est dégagée en partie comme chaleur sensible, qui intervient dans l'augmentation de la température ambiante, et le reste en chaleur latente (De Farex. A.S, 2006).

Une personne génère une certaine quantité de chaleur en fonction de son activité, appelée Production métabolique. Le métabolisme peut être décomposé en une partie chaleur pure (Mth) et une partie "mécanique" (W): $M = Mth + W$ (59) Le rendement mécanique ($\eta_w = W / M$) ne dépasse pas 0,2. Les valeurs métaboliques des différentes activités pour les sujets standards (70 kg et surface) sont listées dans le tableau suivant (Ecart type du corps : 1,8 mètre carré) : (Depecker. P et al, 1989).

Activité	M(W)	M _{th} (W)	W (W)
Sommeil	75	75	0
Assis, au repos	105-110	105-110	0
Sécrétariat	125	125	0
Dance slow	125	125	0
Assis, écriture	125	125	0
Debout, relax	125-130	125-130	0
Travail de laboratoire	170	170	0
Enseignement	170	170	0
Activité dans la maison	180	180	0
Debout, travail léger des bras	180	160	20
Vente	210	200	10
Marche (1.6 Km/h) pente 5%	250	230	20
Travail sur machine-outil	290	260	30
Gymnastique	360	330	30
Marche rapide	420	375	45
Travail de pelletage	460	390	70
Danse Rock	460	460	0
Tennis	480	450	30
Creusement de tranchées	630	510	120
Marche forcée (6.4 Km/h pente 5%)	640	580	60
Squash	750	700	50
Basket ball	790	750	40

Tableau N° III. 3: Métabolisme thermique et énergie mécanique.

Source: Depecker. P et al, 1989.

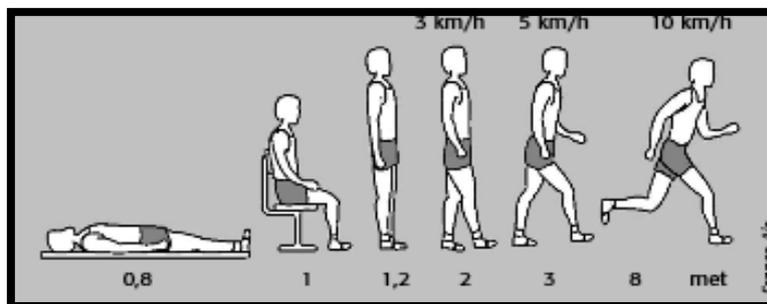


Figure N° III. 2: Production de la chaleur en fonction de l'activité.

Source: De Farex. A.S, 2006.

2.2.2 L'habillement :

A une température de l'air inférieure à 35 ° C, l'effet est toujours de réduire la perte de chaleur «sèche» du corps humain, produisant ainsi un effet de réchauffement. Lorsque la température est supérieure à 35 ° C, l'influence des vêtements est plus compliquée. D'une part, ils réduisent le gain de chaleur «sèche» dans l'environnement, mais d'autre part, ils augmentent l'humidité et réduisent la vitesse de contact de l'air avec la peau, ce qui provoque l'évaporation de la sueur et un refroidissement moindre. (Givoni. B, 1978).

La capacité d'isolation thermique des vêtements est un facteur important dans l'équation du bilan thermique. Le degré d'isolation est mesuré à l'aide d'une unité de mesure appelée «clo» (abréviation de clos (vêtements)), qui équivaut à une résistance thermique de 0,155 m K / W.

Les valeurs caractéristiques de la résistance thermique des différents vêtements et de multiples ensembles des vêtements sont fournies ci-dessous. (De Farex. A.S, 2006.)

Habillage	Isolement thermique	
	(clo)	(m ² k/w)
Aucun	0	0
Shorts	0.1	0.015
Habits légers d'été	0.5	0.08
Habits légers de travail	0.7	0.11
Habits d'hiver pour l'intérieur	1	0.155

Tableau N° III. 4: Isolement thermique dû aux vêtements.
Source: De Farex. A.S, 2006.

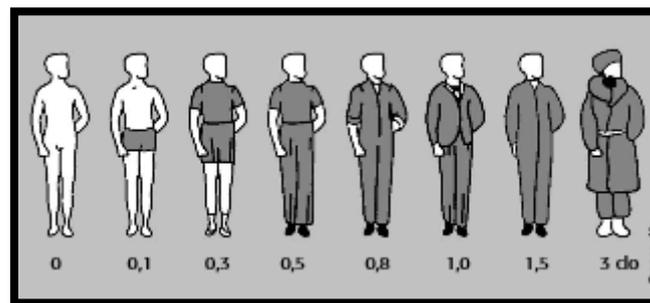


Figure N° III. 3: Isolement thermique dû aux vêtements.
Source: De Farex. A.S, 2006.

2.2.3 L'âge et le sexe :

Le métabolisme d'une personne âgée est plus long que celui d'une personne jeune, les femmes préfèrent toujours une température supérieure de 1°C par rapport à celle des hommes.

2.2.4 La forme du corps, couleur de la peau et état de santé :

Le volume et la surface jouent un rôle dans la dissipation de la chaleur, la graisse au-dessus de la peau est un bon isolant et les personnes obèses ont besoin d'une température plus basse pour émettre la même quantité de chaleur. Pendant la maladie, le métabolisme est accéléré et la possibilité de maintenir des calories est très faible.

La peau claire reflète trois fois plus du rayonnement solaire que la peau foncée, bien que la peau foncée puisse bloquer la pénétration des rayons ultraviolets en raison de la mélanine. Le teint n'affecte pas directement le confort thermique, mais il peut empêcher l'exposition au soleil (koneisberger O.H et al, 1980).

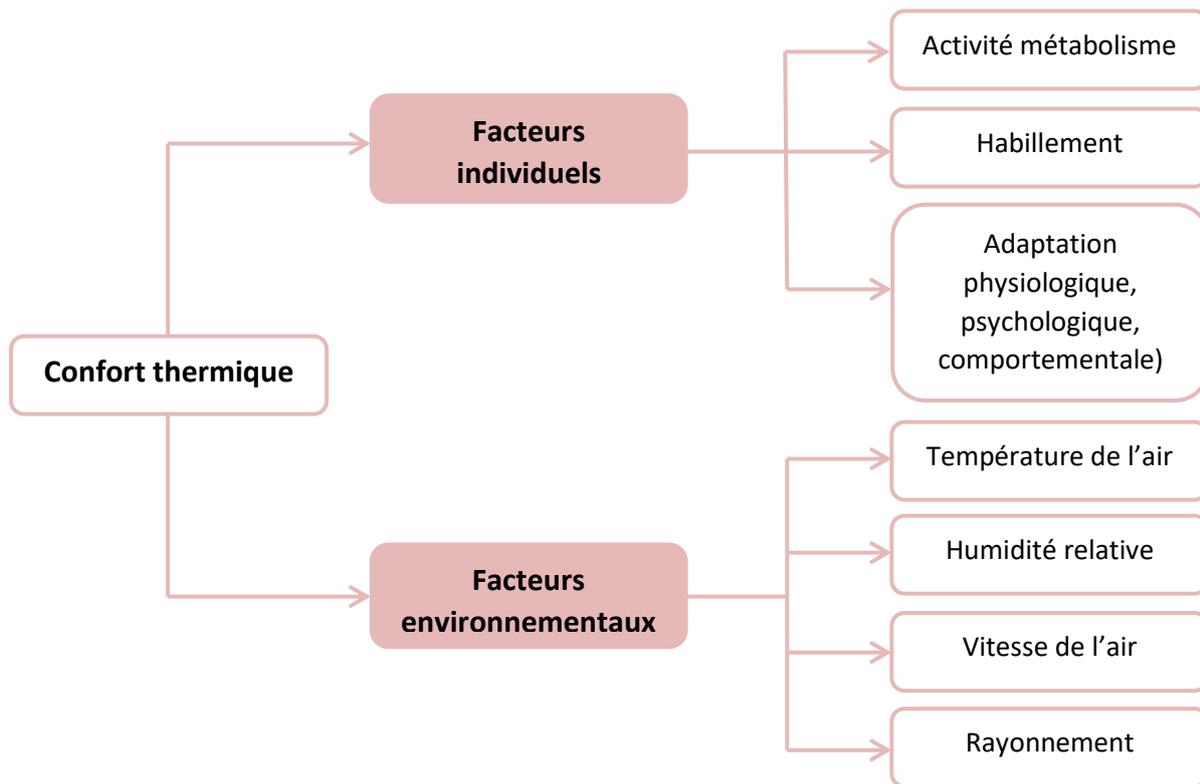


Figure N° III. 4: Facteurs influant le confort thermique de l'utilisateur.
Source: Grosdemouge. V, réadapté par auteur, 2020.

3 La notion d'adaptation :

Le confort thermique extérieur n'est pas seulement affecté par les réponses physiologiques à des paramètres microclimatiques très variables, mais aussi par l'adaptation psychologique et culturelle. Les variables psychologiques peuvent représenter jusqu'à 50% du niveau de confort global. L'adaptation est définie comme une diminution progressive de la réponse du corps à une exposition répétée à des stimuli. Dans le cas du confort thermique, cela peut inclure tous les processus d'amélioration que les individus mettent en œuvre pour s'adapter à leurs conditions environnementales.

« La notion d'adaptation ou d'adaptabilité est quant à elle de plus en plus explorée. L'adaptation peut être définie comme une diminution progressive de la réponse d'un organisme à une exposition répétée à un stimulus. Une personne exposée à des ambiances extérieures très chaudes sur une longue période sera moins affectée par la chaleur qu'une personne vivant en milieu tempéré » (Grosdemouge. V, 2020).

L'adaptation peut être divisée en trois catégories différentes: physique, physique et psychologique.

3.1 Adaptation physique:

L'adaptation physique comprend tous les changements qu'une personne fait pour s'adapter à l'environnement, ou changer l'environnement en fonction de ses besoins en changeant le niveau de ses vêtements, sa position ou encore la chaleur métabolique générée en mangeant, en mangeant ou même en ouvrant des fenêtres. . , Parasols, etc.

L'adaptation comportementale fait référence à la capacité d'un individu à s'adapter à l'environnement. Changer de vêtements, s'hydrater, changer d'activités dans l'espace, la posture ou la position (au soleil, à l'ombre, à l'abri du vent ou l'exposition au vent) et la durée de l'exposition constituent tous des aspects adaptatifs comportementaux. (Nikolopoulou. M et al, 2001 ; Nikolopoulou. M et al, 2003 ; Lin T.P, 2009 ; Johansson. E et al, 2011 ;Grosdemouge. V, 2020).

3.2 Adaptation physiologique:

Aussi appelé adaptation physiologique. Elle implique des changements dans les réponses physiologiques provoqués par une exposition répétée à des stimuli, en particulier dans des environnements extrêmes. Ces changements se produisent en raison de l'élargissement à long terme des glandes sudoripares pour s'adapter à la chaleur, ce qui augmente le flux de sueur tout en réduisant la perte de sel. Afin de s'adapter au froid, l'hypertrophie thyroïdienne peut augmenter sa sécrétion hormonale, augmentant ainsi le métabolisme cellulaire, augmentant ainsi le métabolisme basal.

L'adaptation physiologique voire l'adaptation correspond à la régulation de la température du corps pour le rendre plus frais ou plus chaud. L'adaptation thermique se produit généralement entre une et deux semaines d'exposition et se caractérise par une augmentation du taux de transpiration, une baisse de la température corporelle et une diminution du pouls. (McIntyre. D.A, 1980).

3.3 Adaptation psychologique:

Les facteurs psychologiques affectent la perception thermique de l'espace et les changements qui s'y produisent, à savoir: nature, culture, attentes, passé thermique, temps d'exposition, etc.

L'environnement peut être la principale raison des différences et des écarts observés entre les prédictions du calcul du confort thermique et les sensations subjectives du confort (Nikolopoulou. M et al, 2003, Emmanuel. M, 2016). L'adaptation psychologique peut être particulièrement liée aux conditions thermiques de l'environnement naturel, attentes et exigences pour l'environnement, les personnes, leur expérience dans le contexte du climat, du temps d'exposition ou toujours sous stimuli externes. (Nikolopoulou. M et al, 2001, Chen. L et al, 2012, Coccolo. S et al, 2016).

4 Bilan des échanges thermiques.

Lorsque les humains se sentent bien, ils ont les plus grandes capacités physiques et intellectuelles. Dans ce cas, l'équilibre thermique du corps est dans un état équilibré et la température corporelle est d'environ 37 ° C. Cet équilibre du confort thermique dépend de nombreux facteurs, qui peuvent être divisés en conditions physiques, physiologiques et intermédiaires (Kind Barkaukas. F et al, 2006). L'équilibre thermique de l'homme peut être exprimé par l'équation : (Givoni. B, 1978).

$$\Sigma \text{ gains} - \Sigma \text{ pertes} = 0 \text{ Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0.$$

Σ gains :

Met : métabolisme (basal & musculaire) *Cnd* : conduction (contact avec objet chaud) *Cnv* : convection (si l'air est plus chaud que la peau) *Rad* : radiation (du soleil, du ciel, des objets chauds)

Σ pertes :

Cnd : conduction (contact avec objet froid) *Cnv* : convection (si l'air est plus frais que la peau) *Rad* : radiation (vers soleil et surfaces froides) *Evp* : évaporation (de moiteur et sueur).
Si la somme de ces paramètres est > 0 : c'est-à-dire que :

- Circulation du sang accélérée.
- Plus de chaleur est transportée à la surface du corps.
- Température de la peau élevée.

Par conséquent : toutes les formes de pertes de chaleur sont accélérées. Si la somme de ces paramètres est < 0 : c'est-à-dire que :

- Circulation du sang réduite.
- Le corps a besoin d'énergie.
- Température de la peau réduite.

L'échange d'énergie avec l'atmosphère se produit principalement à la surface de la peau et est transmis du noyau central du corps à l'enveloppe externe du corps. La chaleur est également transférée du centre du corps humain à l'environnement par la respiration. L'échange entre le corps humain et l'atmosphère est également régulé par la barrière d'humidité fournie par la couche d'isolation intermédiaire et les vêtements proches de la peau (Musy. M, 2004).

Différentes manières de transfert d'énergie entre le corps et son environnement sont prises pour le bilan énergétique du corps humain :

4.1 Déperdition par conduction :

Cet échange est un contact cutané avec des objets : Si l'objet est froid ou absorbe facilement la chaleur (métal, pierre), on sent que le matériau est froid, au contraire, s'il est chaud ou isolant thermique, on se sentira chaud (Roulet C.A, 2012).

4.2 Déperdition par convection :

Cet échange se fait entre la peau et l'air ambiant (ou l'eau). S'il y a du vent ou si nous nous déplaçons par rapport à l'air, cet échange augmentera. Le vent relatif améliore la sensation de froid (si l'air est très chaud, il fait très chaud) (Roulet C.A, 2012).

4.3 Déperdition par radiation :

Ce transfert s'agit d'un échange entre la peau et la surface environnante. Si ces surfaces sont froides, elles nous donneront une sensation de fraîcheur (plafond froid). Ils nous réchauffent dans la situation inverse (le soleil, la surface du radiateur, le radiateur) (Roulet C.A, 2012).

4.4 Déperdition par évaporation :

Même si l'air ou la surface environnante est plus chaud que la peau, il peut émettre de la chaleur. Cependant, l'air ne doit pas être trop humide, car il est alors impossible de s'évaporer. C'est ce qui rend le climat tropical insupportable. Si le point de rosée de l'air dépasse la température de la peau, c'est la vapeur qui se condense ici et chauffe la peau. Cela se produit surtout dans les saunas ou les bains turcs (Roulet C.A, 2012).

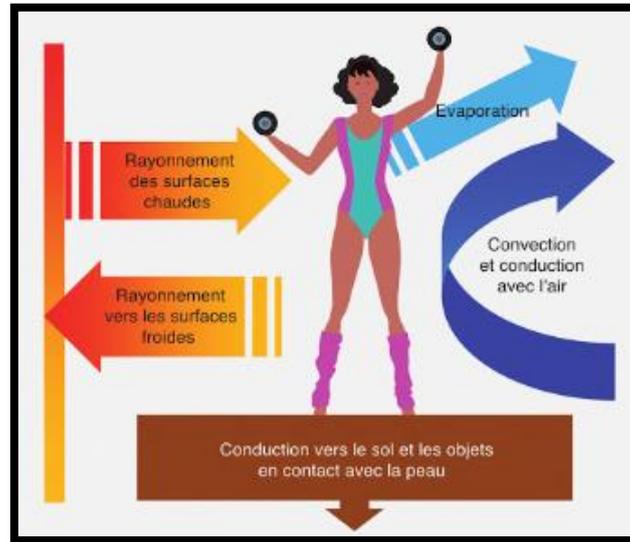


Figure N° III. 5: Les échanges de la chaleur entre le corps et l'environnement.
Source: Roulet C.A, 2012.

5 Normes relatives au confort thermique :

Il n'existe pas de normes ou de standards officiels pour l'étude du confort thermique en milieu urbain. Les principales normes traitant de la notion de confort thermique ont été développées pour l'étude du confort thermique en intérieur et sont énoncées ci-après :

- Norme EN ISO 7730 (ISO 7730, 2005).
- Norme CR 1752 (PD CR 1752, 1999).
- Norme ASHRAE standard 55 (ASHRAE 55, 2017).

Les différentes études en milieu urbain s'inspirent de ces normes en ce qui concerne l'instrumentation à mettre en place, l'élaboration des questionnaires et les méthodologies d'évaluation. Elles tentent par la suite d'adapter certains aspects en environnement extérieur. (Grosdemouge. V, 2020).

6 Diagrammes de confort thermique :

Compte tenu de la complexité des paramètres impliqués dans le confort et de la plage d'erreur due à l'utilisation des données statistiques, la carte de confort permet de visualiser différents zones :

6.1 Diagramme de l'air humide :

Ceci est un abaque qui peut être utilisé pour évaluer graphiquement la quantité liée à l'air ambiant.

6.2 Diagramme d'Olgvay

Dans l'ordre chronologique, les frères Olgvay ont été les premiers à approfondir le concept du confort thermique et à tenter d'établir une relation avec l'environnement intérieur du bâtiment. Cette méthode suppose que le confort thermique ne peut être estimé à partir d'un seul paramètre de la température de l'air, mais implique plusieurs facteurs tels que l'humidité et la vitesse de l'air (Diaz. M.L, sans date).

Selon Givoni.B : « Cette méthode est basée sur un « diagramme bioclimatique » mettant en évidence la zone du confort humain en relation avec la température d'air ambiant et l'humidité, la température radiante moyenne, la vitesse du vent, le rayonnement solaire et la perte de chaleur évaporatoire » (Givoni.B, 1978).

La structure générale du diagramme d'Olgvay est basée sur trois zones :

- **La zone du confort** : au centre.
- **La zone du froid** : qui nécessite le chauffage passif (rayonnement solaire) ou actif pour rétablir le confort.
- **La zone du chaud** : se situe au-dessus de la ligne d'occultation où il est nécessaire d'introduire : l'occultation solaire, la vitesse de l'air, ou le refroidissement par évaporation.

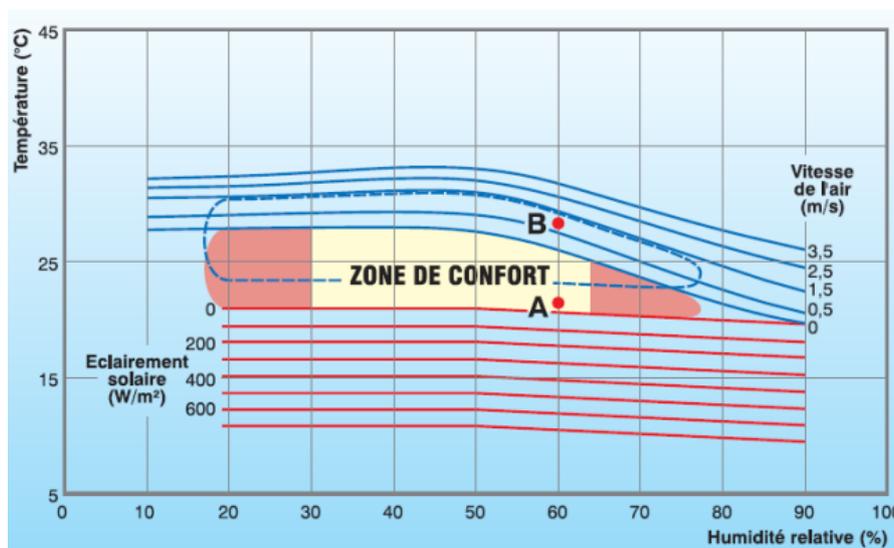


Figure N° III. 6: Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air, d'après Olgvay.
Source: Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2006.

6.3 Diagramme de Givoni

« En se basant sur des études concernant le métabolisme et des diverses voies d'échanges thermiques entre le corps et l'environnement » (Givoni. B, 1978).

Le diagramme est divisé en deux parties pour montrer les limites de l'environnement confortable: le confort lui-même, entouré de la zone « conditions supportables » (Diaz. M.L, sans date). Ce diagramme psychométrique utilise quatre paramètres: température sèche, température humide, humidité absolue et humidité relative pour évaluer les besoins individuels. En fait, les zones d'influence sont les suivantes:

- « C » : **zone de confort en air calme** : elle est indépendante des caractéristiques des constructions.
- « V » : **zone d'influence de la vitesse d'air** : Elle représente l'effet de la vitesse de l'air sur l'évaporation cutanée par échange de chaleur par convection, afin d'éviter la condensation sur les murs du bâtiment. Cette zone ne représente que les caractéristiques de la capacité de ventilation du bâtiment, en particulier lorsque la vitesse du vent peut être atteinte en utilisant un ventilateur (Matallah. M, 2015).
- « I et I' » : **double zone d'influence des inerties** : Du point de vue de «l'inertie de masse», cette zone implique les caractéristiques du bâtiment, et elle se divise en deux sous-zones: l'une côté de la basse température, et l'autre côté de la haute température. Ceci conduit à la possibilité d'une réduction des changements de la température interne pendant les périodes chaudes ou froides, de sorte que le point représentatif de l'environnement reste à "C" ou "V" (Matallah. M, 2015).
- « VN » : **zone d'influence d'une ventilation nocturne importante liée à une forte inertie par absorption** : ceci est particulièrement important lorsque le cycle jour / nuit forme un contraste. Cette zone dépend des caractéristiques inertielles de la structure et de ses possibilités de ventilation (Matallah. M, 2015).
- « RE » : **zone d'influence d'un refroidissement par évaporation** : Il se réfère uniquement à l'état hygrométrique de l'air avec une capacité d'absorption de la vapeur d'eau élevée (Matallah. M, 2015).
- « AS » : **zone d'influence de captage solaire passif** : Elle correspond la basse température. elle s'agit de la possibilité de capter l'énergie à travers la vitre du bâtiment (Matallah. M, 2015).
- « H, DH, AC » : **zone d'obtention artificielle du confort thermique** : Il affecte les types du climat suivants: "DH" chaud et humide: c'est la zone de la déshumidification pour le confort, et le "AC" chaud et humide: c'est la zone froide; "H" froid: c'est le chauffage pour une utilisation optimale afin d'atteindre la zone du confort (Matallah. M, 2015).

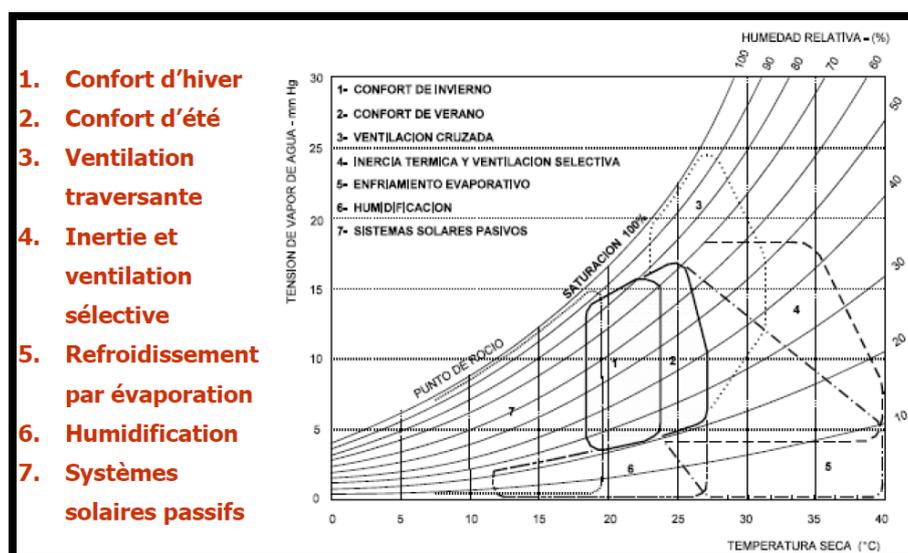


Figure N° III. 7: Le diagramme de Givoni.

Source: Diaz. M.L, dans date.

Ce modèle est utilisé pour déterminer le confort thermique, il intègre l'évapotranspiration. Le diagramme de Givoni est destinée aux personnes sédentaires et portant des vêtements adaptés à l'été, dont le diagramme air humide définit le confort correspondant aux différentes plages de vitesse du vent (jusqu'à 1,5 m/s, vitesse au-delà de laquelle un risque de nuisance existe) (Guide Bio-tech, 2014).

La plage 0 m/s correspond aux modèles de confort classiques (valables jusqu'à 0,20 m/s). La plage 0,5 m/s peut être atteinte avec des dispositions de ventilation naturelle. Les vitesses supérieures ne peuvent être atteintes que grâce à des dispositifs mécaniques (brasseurs d'air), dans le cadre des plages de vitesse confortables décrites plus haut (Guide Bio-tech, 2014).

6.4 Diagramme de Szokolay :

Le travail effectué par Szokolay s'appuie sur l'expérience antérieure d'Olgay et Givoni. La température neutre et la température effective standard de l'ASHRAE sont conçues pour définir la zone du confort spécifique de chaque saison en fonction du premier point du climat local. En effet, si le lieu étudié ne se trouve pas dans la zone du confort, cette approche peut envisager des stratégies de conception passive du bâtiment telles que : l'inertie thermique, l'utilisation des systèmes de refroidissement par évaporation et la ventilation nocturne.

6.5 Tables de Mahoney :

La méthode de C. Mahoney est basée sur des nombreux facteurs climatiques et la durée de leur influence, tels que la température, l'humidité relative, les précipitations, la fréquence des vents et le concept de confort du jour et de la nuit. Par conséquent, ce processus comprend l'établissement d'un diagnostic détaillé en définissant des seuils du confort du jour et de la nuit, et l'utilisation de ce seuil pour donner des instructions et des suggestions architecturales liées à: l'orientation et la disposition du bâtiment, les caractéristiques des éléments architecturaux et l'espace extérieur (Matallah. M, 2015).

7 Evaluation et analyse du confort thermique.

L'évaluation du confort extérieur a permis le développement de plusieurs méthodes, qui peuvent être classées comme suit:

- Méthodes empiriques adaptées à des climats très particuliers, tels que: Indice de température du vent froid (WCT winf chil temperature) et indice d'inconfort.
- Méthodes statistiques basées sur la corrélation entre les paramètres climatiques mesurés et les entretiens pour évaluer la perception thermique effective.
- Méthode thermo physiologiques basées sur l'analyse de l'équation du bilan énergétique peut être traduite par les modèles suivants: modèle de Burt, modèle de Fanger, Kilima Michel, formule de confort, MENEX (modèle d'échange de chaleur environnemental humain), MEMI (énergie personnelle de Munich modèle d'équilibre) (Grosdemouge. V, 2020).

Dans le même temps, certains indices ont été développés, tels que PMV (vote moyen prévisible, conçu à l'origine pour les intérieurs), PET (température physiologique équivalente), SET * (température effective standard), PT * (température perçue) et Comfa (Tebbani. H et al, 2016).

7.1 Indice rationnels :

La majorité des indices « rationnels » sont exprimés comme « *une température d'air équivalente d'un environnement de référence pour lequel la réponse physiologique d'un individu de référence est la même que dans les conditions extérieures* », donnée en °C (Blazejczyk. K et al, 2012).

7.1.1 L'indice de vote moyen prévisible (predicted mean vote) PMV :

Fanger a développé des indices de PMV (Predicted mean vote) et de PPD (Predicted Insatisfaction Percentage), un indice de vote moyen prévisible et un pourcentage attendu sont insatisfaits pour évaluer l'environnement thermique:

Le PMV donne la sensation thermique moyenne des individus dans un environnement thermique donné, telle qu'elle ressortirait d'une étude statistique.

PPD est la relation entre PMV et le pourcentage de personnes insatisfaites dans un environnement thermique donné (Diaz. M.L, sans date). L'indice PMV prédit la valeur du vote moyenne d'un grand groupe de personnes sur la base des niveaux de sensation thermique à 7 points suivants :

- +3 très chaud.
- +2 chaud.
- +1 légèrement chaud.
- 0 ni chaud, ni froid.
- -1 légèrement froid.
- -2 froid.
- -3 très froid.

7.1.2 L'indice de la Température perçue (perceived temperature) :

L'indice PT est l'adaptation du PMV aux conditions climatiques extérieures sur la base du modèle "KlimaMichel". Le modèle «Klima-Michel» est un modèle du bilan thermique développé par Gagge et al en 1986, qui comprend un modèle amélioré pour calculer le flux de chaleur latente. Cette modification permet d'augmenter significativement la sensibilité de l'indice à l'humidité dans les climats chauds. Néanmoins, il s'agit toujours d'un modèle à l'état stationnaire. Le modèle est basé sur un individu de référence typique: un homme de 35 ans pesant 75 kg et mesurant 1,75 m. L'indice PT est défini comme la température de l'air d'un environnement de référence isotherme, dans lequel la perception de la chaleur (chaude et froide) est la même que dans les conditions actuelles (Grosdemouge. V, 2020).

7.1.3 L'indice de la Température standard effective en espaces extérieurs OUT-SET* :

Le SET est un indice rationnel qui prend en compte les quatre variables environnementales affectant le confort thermique, de même que l'activité et l'habillement. SET* est une amélioration de l'indice « Effective Temperature » (ET*). SET * définit l'état du confort thermique en fonction de la température de la peau et de la transpiration cutanée. Il représente une humidité relative de 50%, une vitesse du vent est inférieure à 1,5 m / s, la température de

l'air est égale à la température moyenne radiante et le niveau d'isolation des vêtements standard correspond au niveau d'activité, qui se pratique dans des conditions réelles. (Grosdemouge. V, 2020).

SET (°C)	Sensation	Etat physique d'un individu sédentaire
>37.5	Très chaud, inconfortable	Défaillance de la régulation
34.5-37.5	Chaud, très inacceptable	Sueur abondante
30.0-34.5	Chaud, inconfortable, inacceptable	Sueur
25.6-30.0	Légèrement chaud, légèrement inacceptable	Sueur faible
22.2-25.6	Confortable et acceptable	Neutralité
17.5-22.2	Légèrement frais, légèrement inacceptable	Vasoconstriction
14.5-17.5	Frais et inacceptable	Refroidissement long du corps
10.0-14.5	Froid et très inacceptable	Frisson

Tableau N° III. 5: Corrélation entre SET, sensation, et état physiologique.

Source : Vinet J, 2000 d'après Mc Intyre (1980).

7.1.4 L'indice de la Température physiologique équivalente (PET) :

L'indice de PET est l'un des indices les plus utilisés pour évaluer le confort dans les espaces extérieurs (notamment les tissus urbains). Il est particulièrement souvent utilisé dans les études portant sur les climats chauds et humides. L'indice de PET considère quatre paramètres environnementaux (T_a , TMR, V_a et HR) qui affectent le confort thermique. Bien que l'indice soit basé sur le niveau d'activité et le degré d'habillement en conditions intérieures, lorsque le niveau d'activité reste modéré, l'indicateur PET est toujours adapté pour prédire les conditions de confort thermique en milieu chaud et humide (Emmanuel. M, 2016).

7.1.5 L'indice universel du climat thermique (UTCI) :

L'UTCI (Universal Thermal Climate Index) a été développé par une équipe interdisciplinaire internationale, c'est un indicateur extérieur universel qui peut être utilisé pour tout type de climat, toute saison de l'année et tout type d'application (Grosdemouge. V, 2020).

Pour une combinaison donnée d'humidité de l'air, de vitesse du vent et de température moyenne radiante, cet indice corrigera la température de l'air pour estimer la température ressentie et, selon le modèle établi, cette température produira une réponse physiologique dynamique. L'environnement de référence (UTCI est égal à la température de l'air) est défini par une humidité relative de 50%, une vitesse du vent de 0,5 m / s à 10 m et une température de rayonnement équivalente à la température de l'air. Il prend en compte son habillement et son métabolisme. De plus, contrairement aux autres indices de chaleur décrits ici, ces indices de chaleur utilisent la vitesse du vent à hauteur de poitrine, tandis qu'UTCI utilise les données de la vitesse du vent obtenues à 10 m (Grosdemouge. V, 2020). Par conséquent, la formule suivante doit être utilisée pour calculer la vitesse du vent obtenue à 10m, (Bröde. P et al, 2011):

$$V_{a,10m} = V_{a,x} \times \frac{\log\left(\frac{10}{0,01}\right)}{\log\left(\frac{x}{0,01}\right)}$$

Perception thermique	PET (°C)	PT (°C)	SET (°C)	UTCI (°C)
Froid glacial	-	-	-	< -40
Extrêmement froid	≤ 4	≤ -39	-	-40 à -27
Très froid	4 à 8	- 39 à - 26	10.0 à 14.5	-27 à -13
Froid	8 à 13	-26 à -13	14.5 à 17.5	-13 à 0
Légèrement froid	13 à 18	-13 à 0	17.5 à 22.2	0 à 9
Neutre	18 à 23	0 à 20	22.2 à 25.6	9 à 26
Légèrement chaud	23 à 29	20 à 26	25.6 à 30.0	-
Chaud	29 à 35	26 à 32	30.0 à 34.5	26 à 32
Très chaud	35 à 41	32 à 38	34.5 à 37.5	32 à 38
Extrêmement chaud	> 41	≥ 38	> 37.5	38 à 46
Chaleur étouffante	-	-	-	> 46

Tableau N° III. 6: Echelle de perception thermique pour les indices rationnels.
Source: Emmanuel. M, 2016.

7.2 Indices simples ou empiriques :

L'indice «simple» permet de définir le confort thermique humain à partir de la recherche empirique. Dans la recherche statistique, des liens entre différentes variables sont établis.

7.2.1 Vote de sensation effective «Actual Sensation Vote» (ASV) :

Dans le cadre du projet européen RUROS en 2009, les conditions de confort thermique extérieur ont été évaluées à travers des activités de mesure sur le terrain dans 14 endroits différents en Europe (Nikolopoulou.M et al, 2006, Coccolo. S et al, 2016). La sensation de chaleur exprimée par un individu est évaluée sur une échelle de cinq niveaux allant de «très froid» à «très chaud». Ensuite, cela est défini comme un vote sensoriel valide. L'équation du modèle ASV combiné à travers l'Europe est la suivante:

$$ASV = 0,049 T_a + 0,001 R_{glo} - 0,051 V_a + 0,014 HR - 2,079$$

(coefficient de corrélation $R = 0,78$)

7.2.2 Température de perception équivalente TEP (Temperature of Equivalent Perception) :

Pour le climat subtropical caractérisé par des étés chauds et humides, Monteiro (2013) a proposé un indice de confort empirique basé sur des études de terrain de différentes conditions microclimatiques et des questionnaires menés en hiver et en été pendant deux années consécutives. Ces études sont basées sur des données sur les conditions microclimatiques, des facteurs personnels (activité et usure) et des réponses subjectives à des questions sur la sensation et le confort thermique. Ensuite, il a proposé un indice appelé «Equivalent Perceived Temperature» (TEP), qui repose sur le principe de la température

équivalente, exprimée en °C, plus facile à expliquer. Équation du modèle TEP est développée par Monteiro en 2013 :

$$TEP = -3,777 + 0,4828 T_a + 0,5172 T_{mrt} + 0,0802 HR + 2,322 V_a$$

Sensation thermique	TEP (°C)
Très chaud	> 42.5
Chaud	34.9 à 42.4
Assez chaud	27.3 à 34.8
Neutre	19.6 à 27.2
Assez froid	12.0 à 19.5
Froid	4.4 à 11.9
Très froid	< 4.3

Tableau N° III. 7: Echelle de sensation thermique associée à l'indice PET.
Source: Monteiro, 2013.

7.2.3 Sensation thermique TS (thermal sensation) :

Cheng et al ont utilisé une enquête des villes subtropicales en 2012 pour étudier le confort thermique de la ville. Le principe est d'interroger un nombre limité d'individus, mais de mener des entretiens sur une longue période et dans des environnements thermiques différents. Le but est d'analyser l'impact des changements des facteurs environnementaux (température d'air, vitesse d'air, rayonnement) sur le confort. La mesure est effectuée sur le campus universitaire en hiver et en été, le programme expérimental comprend la mise en place de quatre environnements extérieurs différents: le premier consiste à placer les individus au soleil, le second à les protéger du vent avec un coupe-vent vertical et le troisième à combiner les deux premières situations, la dernière est exposition directe, (rayonnement et vent). En tenant compte des conditions hivernales et estivales de HR (Grosdemouge. V, 2020), les équations du modèle TS développées sont les suivantes:

$$TS = 0,1185 T_a - 0,6019 V_a + 0,0025 R_{glo} + 0,1155 r - 4,77$$

(Coefficient de corrélation R = 0,91)

7.2.4 L'indice de ET (Effective temperature):

L'indice ET (température effective) est une équation linéaire liée à la température de l'air, à la vitesse de l'air et à l'humidité relative. L'indice ET a été introduit par Houghton et Yaglou, 1923 pour déterminer l'effet de la température et de l'humidité sur le confort. Missenard, 1933 a par la suite développé la formule mathématique de la « température résultante » (Grosdemouge. V, 2020).

7.2.5 L'indice de chaleur « Heat Index » (HI) et « Temperature-Humidity Index » (THI) :

L'indice de chaleur HI est un indice utilisé par « National Oceanic and Atmospheric Administration » (NOAA) qui combine la température de l'air et l'humidité relative pour déterminer leur influence sur le confort. Lorsque la température et l'humidité sont combinées, le résultat est appelé la température corporelle ressentie. HI est basé sur la capacité du corps humain à refroidir la peau en produisant de la sueur. En effet, l'une des principales fonctions

de la transpiration est d'éliminer la chaleur excessive générée par le corps humain, afin que la température interne du corps humain soit maintenue à un niveau proche des 37 ° C physiologiques (Grosdemouge. V, 2020).

7.2.6 Humidex (HD) :

L'indice Humidex (HD) est un indice utilisé par les météorologues canadiens pour mesurer les effets combinés de la chaleur et de l'humidité. En principe, l'humidex est similaire à l'indice de chaleur HI précédent, qui tente de quantifier l'effet de l'humidité sur la température perçue. Cependant, ils sont différents les uns des autres dans un aspect, en fait, contrairement à HI, Humidex utilise le point de rosée et l'humidité (vapeur d'eau) dans l'air au lieu de l'humidité relative (Grosdemouge. V, 2020).

7.2.7 Indice de WBGT (Wet Bulb Globe Temperature Index) :

L'indice de la température au thermomètre à bulbe humide WBGT est un indice empirique de la contrainte thermique, utilisé pour estimer l'influence combinée de la température de l'air, de l'humidité et du rayonnement solaire sur les individus. Il s'agit d'un indice plus complet que l'indice précédent et a été reconnu par les normes internationales (ASHRAE, 2001) (ISO 7243, 2017). C'est l'un des indices les plus utilisés au monde et a de nombreuses applications dans la recherche d'impact sur la santé, dans les milieux intérieurs et extérieurs. (Emmanuel. M, 2016).

Indice	Type d'indice (unité)	Principe/ model	Echelle thermique	Climat/ milieu d'adaptation	Données climatiques	Calcul/ calibration	Echelle d'évaluation
Indices rationnels							
PMV	Vote de sensation thermique (sans dimension)	Equation du bilan thermique du corps humain	Pas d'échelle	Tous type de climat/ milieu intérieur	Ta, HR, Va, TMR/ L, I _{cl}	- Mesure des paramètres climatiques et calcul des indices. - Aucune calibration requise.	Bâtiment
PT	Température équivalente (°C)	Equation du bilan thermique du corps humain/ model Klima-Michel	Sensation thermique	Tous types de climat/ milieu extérieur	Ta, HR, Va, TMR, aucune donnée personnelle	- Mesure des paramètres climatiques et calcul des indices. - Aucune calibration requise.	Toute échelle
SET*	Température équivalente (°C)	Equation du bilan thermique du corps humain/ model à deux noeuds	Sensation thermique	Climat tempéré à chaud / milieu intérieur et extérieur	Ta, HR, Va, TMR/ L, I _{cl}	- Mesure des paramètres climatiques et calcul des indices. - Aucune calibration requise.	Toute échelle
OUT-SET*	Température équivalente (°C)	Equation du bilan thermique du corps humain/	Sensation thermique	Climat tempéré à chaud / milieu extérieur	Ta, HR, Va, TMR/ L, I _{cl}	- Mesure des paramètres climatiques et calcul des indices. - Aucune calibration requise.	Toute échelle
PET	Température équivalente (°C)	modèle MEMI (Munich Energy balance Model for Individuals) / Model à deux noeuds	Sensation thermique	Tous type de climat / milieu intérieur et extérieur	Ta, HR, Va, TMR/ M, I _{cl} , Age, sexe, taille, poids, position	- Calibration de l'indice recommandé avec mesure des paramètres climatiques et questionnaires pour les paramètres personnels et le vote de sensation thermique. - Calcul de l'indice grâce à un code.	Toute échelle

UTCI	Température équivalente (°C)	Modeles FPC (Fiala's multi-node human physiology and thermal comfort model), couplé avec un modèle de l'habillement	Sensation thermique	Tous type de climat / milieu extérieur	Ta, HR, Va, TMR/ aucune données personnelles	- Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une procédure simplifiée développée par (Brode et al, 2011). - Aucune calibration n'est requise mais certains auteurs recommandent de calibrer l'échelle d'origine.	Toute échelle
Indices simples ou empiriques							
ASV	Vote de sensation thermique (sans dimension)	Equation linéaire établie entre les variables climatiques mesurées et les réponses aux votes de sensation thermique	Pas d'échelles associées	Climat continental, océanique, Méditerranéen (Europe) / milieu extérieur	Ta, HR, Va, Rglo/ Aucune donnée personnelle	- Calibration en climat tropical nécessaire avec étude du terrain combinant questionnaires et mesures des paramètres climatiques. - Traitement statistique pour déterminer les nouveaux coefficients.	Moyenne échelle (Rue, quartier, ville)
TEP	Température équivalente (°C)	Equation linéaire établie après régressions multiples en se basant sur des mesures climatiques et des questionnaires	Sensation thermique	Climat subtropical (Brésil) / Milieu extérieur	Ta, HR, Va, TMR / Aucune donnée personnelle	- Calibration requise dans un autre contexte avec étude du terrain combinant questionnaires et mesures des paramètres climatiques. - Traitement statistique pour déterminer les nouveaux coefficients.	Moyenne échelle (Rue, quartier, ville)
TS	Vote de sensation thermique (sans dimension)	Equation linéaire établie entre les variables climatiques mesurées et les réponses aux	Pas d'échelles associées	Climat subtropical (Hong Kong) / Milieu extérieur	Ta, HR, Va, Rglo/ Aucune donnée personnelle	- Calibration requise dans un autre contexte avec étude du terrain combinant questionnaires et mesures des paramètres climatiques. - Traitement statistique pour	Moyenne échelle (Rue, quartier, ville)

		votes de sensation thermique				déterminer les nouveaux coefficients.	
ET	Température équivalente (°C)	Analyse de régression multiple sur mesures prises en laboratoires	Sensation thermique	Tout type de climat / Milieu intérieur et extérieur	Ta, HR, Va / Aucune donnée personnelle	Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une formule	Toute échelle
HI	Température équivalente (°C)	Analyse de régression multiple en termes de température et d'humidité	Stress thermique	Climat chaud / Milieu extérieur	Ta, HR / Aucune donnée personnelle	Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une formule	Grande échelle (ville, région)
THI	Température équivalente (°C)	Analyse de régression multiple en termes de température et d'humidité	Stress thermique	Climat chaud / Milieu extérieur	Ta, HR / Aucune donnée personnelle	Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une formule	Grande échelle (ville, région)
Humidex	Nombre (sans dimension)	modèle empirique	Stress thermique	Climat chaud / Milieu extérieur	Ta, HR / Aucune donnée personnelle	Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une formule	Grande échelle (ville, région)
WBGT	Température équivalente (°C)	modèle empirique	Stress thermique	Climat chaud / milieu intérieur et extérieur	Tw, Tg, Ta / Aucune donnée personnelle	Mesure des paramètres climatiques et calcul de l'indice grâce à une formule	Moyenne échelle (du bâtiment au quartier)

Tableau N° III. 8: Synthèse des caractéristiques des différents indices de confort urbain présentés.

Source : Grosdemouge. V, 2020, réadapté par auteur.

Conclusion :

Ce chapitre nous a présenté les différentes définitions du confort, la notion du confort est subjective, elle est influencée par des critères physiologiques et sociologiques de chaque individu, ainsi l'environnement et les éléments du confort peuvent se répercuter sur la santé et la productivité de l'homme.

Plusieurs paramètres influencent le confort thermique extérieurs, ce chapitre a montré l'effet des paramètres climatiques (la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse de l'air et le rayonnement solaire) et les paramètres non climatiques (l'âge, le sexe, l'habillement, et le métabolisme) sur le confort thermique extérieur, en rajoutant la notion d'adaptation, qui est un facteur très importants et influant sur le confort.

L'étude du confort thermique extérieur illustrée dans ce chapitre nous a permis de traduire les échanges thermiques qui se produisent entre l'homme et son environnement, qui se font par trois modes : conduction, convection, et rayonnement, ainsi le bilan thermique permet de comprendre les modes et les mécanismes de production de la chaleur.

En fin, pour l'évaluation du confort thermique extérieur, plusieurs recherche ont été établies dans cet axe, par conséquent plusieurs méthode permet d'étudier le confort thermique avant et après la conception des espaces extérieurs, comme le diagramme de Olgyay, celui de Givoni, ...etc, parallèlement des indices thermiques sont utilisés pour évaluer le confort thermique comme le PMV, PET, UTCI...etc, ces indices sont différents l'un à l'autre, il y a quelques-uns qui peuvent évaluer l'environnement thermiques dans un climat donnée, il y a d'autres qui utilisent des échelles universelles, ils sont applicables pour tous type de climat, de ce fait, le calcul de ces indice se fait à la base de plusieurs données et paramètres climatiques, ce qui prouve la différence entre ces indices.

Introduction :

Cette partie s'inscrit dans la thématique de la recherche qui concerne la mise en relation des paramètres microclimatiques, confort thermique et des pratiques dans les espaces publics extérieurs.

Dans le but d'avoir un environnement thermique sain et confortables, plusieurs recherches ont essayé d'évaluer le confort thermique extérieur, afin d'avoir des conceptions et des espaces pratiques et fréquentés, ainsi, pour mettre en envergure tous les aspects manquants et les points négatifs qui agissent directement ou indirectement sur le confort thermique dans l'espace extérieur.

Ce chapitre tend à présenter les récentes expériences menées à notre axe de recherche, à travers le monde, et aux différents types de climat, parce que le confort thermique ne se résume pas dans un seul type de climat, mais il est l'intérêt des urbanistes et concepteurs dans toutes les régions, afin de concrétiser des espaces publics confortables.

Dans cette optique, les expériences étudiées dans ce chapitre sont faites en Algérie, dans d'autres pays dans le monde, dans des régions arides, méditerranéennes, et tropicales...etc. Néanmoins, plusieurs méthodes, techniques, et logiciels ont été utilisées dans ces différentes recherches, tandis que l'objectif est unique, qui est l'étude du confort thermique et la pratique dans les milieux urbains. A travers cette série d'outils et méthode de travail, on peut définir et acquérir la meilleure approche pour notre partie expérimentale.

1 Etude de Virginie Grosdemouge sur la proposition d'indicateurs de confort thermique et estimation de la température moyenne radiante en milieu urbain tropical.

1.1 Cas d'étude :

L'étude menée par V. Grosdemouge vise à évaluer le confort thermique dans un éco quartier, qui se situe à l'île de la Réunion (un département d'outre-mer Français), cette dernière se trouve dans la zone tropicale. Le cas d'étude est situé dans le quartier de la Ravine Blanche, dans la Ville de Saint-Pierre, au Sud de l'île, au niveau de la zone littorale.



Figure N° IV. 1: Localisation de La Réunion et de la Ville de Saint-Pierre, où se trouve le cas d'étude.
Source : Gosdemouge. V, 2020.

1.2 Méthodologie de travail :

L'étude est fondée à la base des mesures des conditions microclimatiques, ainsi, des questionnaires d'enquête ont été réalisés simultanément, principalement en été entre 2017 et 2019. Les enquêtes sont menées à différents moments de la journée (matin, après-midi, soirée), à partir de 5 sites différents, qui ont été choisis le long d'un axe principal du quartier, traversant le parc urbain et perpendiculaire à la mer, cet axe est l'un des plus fréquentés en termes de circulation douce (piéton, vélo). Le questionnaire a été diffusé sur 370 personnes pour les interroger sur le site de Ravine Blanche.

Le site	Caractéristique	Végétation
A et B	Trottoirs assez large, forte circulation mécanique, pistes cyclables en béton désactivé, bâtiments (10-20m de hauteur), canal d'eau.	Alignement des Résiniers, végétation de 3 m de hauteur.
C	Un lieu de passage et de rencontre, en béton désactivé, trottoirs.	Faible végétation.
D et E	Situés dans le parc urbain, cheminements piétons et pistes cyclables.	Espace très végétalisé, beaucoup d'arbre aligné.

Tableau N° IV. 1: Caractéristiques des sites d'étude.
Source: Auteur, d'après Gosdemouge. V, 2020.



Figure N° IV. 2: Localisation des enquêtes dans l'éco quartier de la Ravine Blanche.
Source : Grosdemouge. V, 2020.

Premièrement, plusieurs échelles thermiques ont été établies dans le questionnaire, afin d'étudier le confort thermique subjectif et quantitatif, en basant sur la sensation thermique, sensation de l'humidité et du vent, ainsi les préférences du rayonnement solaire et l'ombre, et la sensation du confort. Dans une seconde partie de l'étude, les questions portent sur les paramètres psychologiques pouvant affecter le confort thermique, telles que la raison et la fréquence de leur visite, la perception de l'environnement les entourant en termes de végétalisation, d'ombrage ou encore de bruit, l'utilisation des équipements présents et adaptés ou non à leur besoin, leur affection et/ou attachement pour le lieu et l'agrément de la journée pour être en extérieur. Enfin, la dernière partie recueille des informations sur les paramètres identifiés comme étant d'ordre personnel et physiologique comme le sexe, l'âge, la taille, le poids, le niveau d'activité 30 minutes avant le questionnaire, la position pendant le questionnaire (assis ou debout), les vêtements portés et leur couleur, la catégorie professionnelle, le temps vécu à La Réunion et dans le quartier si concerné, la ville de résidence, l'environnement de travail (intérieur et/ou extérieur, climatisé ou non).

Les mesures microclimatiques (T_a , HR , V_a) ont été réalisées à proximité des personnes questionnées, grâce à une station microclimatique mobile spécialement conçue pour l'étude, à une hauteur comprise entre 1,1m et 1,3m du sol, correspondant à la hauteur moyenne du centre de gravité du corps humain. Les indices choisis pour faire l'évaluation du confort thermique extérieur sont l'UTCI et le PET (après le calcul de TMR), ces derniers sont calculés par Rayman et Bioklima.

1.3 Résultat de l'expérience :

1.3.1 Statistiques générales de l'enquête et les conditions microclimatiques :

L'échantillon étudié est assez diversifié en termes de sexe, d'âge et de catégorie professionnelle. En termes de température d'air sec mesurée sur site, les trois journées les plus chaudes sont bien celles de Janvier et Mars (été) avec des moyennes supérieures à 29,5°C. Les journées du juin et Octobre (intersaison) présentaient les températures les plus basses. Cependant, les valeurs de TMR sont supérieures à la température moyenne d'air sec. Les écarts observés entre ces valeurs sont d'autant plus importants pour les journées où les enquêtes se sont déroulées avec une exposition plein soleil, avec des maxima dépassant les 70°C. Le taux d'humidité est généralement supérieur à 70%, excepté pour les journées du Novembre et Octobre (intersaison). La vitesse d'air est en moyenne supérieure à 1m/s, excepté sur les journées du janvier et Mars, qui sont aussi les plus chaudes. La journée du Février présente le taux d'humidité relative le plus élevé proche de 100% et une vitesse d'air élevée avec des vitesses maximales supérieures à 5m/s.

1.3.2 Analyse du confort thermique:

- Sensation thermique (variables microclimatiques):

Les votes les plus fréquents sont les votes « neutre et légèrement chaud » en intersaison et en été. Le vote « neutre » est plus souvent exprimé en intersaison qu'en été. Les votes « assez chaud » à « très chaud » sont cependant plus importants en été. En ce qui concerne l'humidité, que ce soit en été ou durant l'intersaison, les votes « neutre » et « trop humide » sont plus souvent exprimés. Durant l'intersaison, l'humidité relative est ressentie comme « neutre », soit deux fois plus de votes que pour la sensation « trop humide » alors qu'en été, l'humidité relative est quasiment autant ressentie comme « neutre » que « trop humide ». La vitesse est notamment perçue comme assez faible et très faible durant l'intersaison.

Pour une exposition plein soleil la majorité des votes est exprimée dans la partie positive de l'échelle de sensation. Pour l'ombre, durant l'intersaison, les votes « très faibles » sont plus fréquents, alors qu'en été, les votes sont plus répartis, avec une majorité de votes neutres. Enfin, lors d'une exposition partielle, les votes « neutres » et « très faibles » sont les plus fréquents durant l'intersaison. Durant l'été, les gens perçoivent le rayonnement solaire comme un peu fort à très fort.

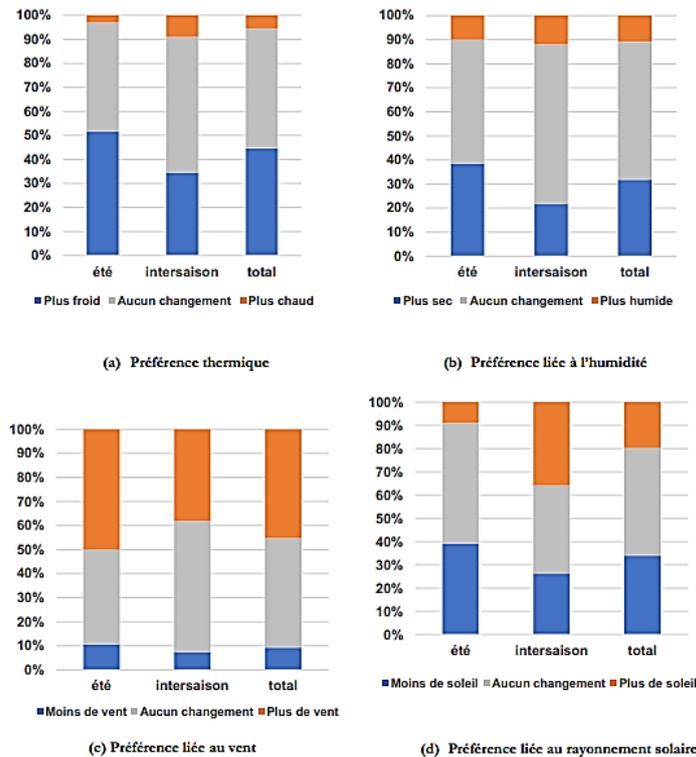
- Acceptabilité thermique :

La relation entre la sensation thermique et la perception du confort confirment que les conditions extérieures lors des jours d'enquête n'étaient pas défavorables au point d'avoir de nombreuses personnes en situation ressentie comme très inconfortable, et vice versa. La relation entre le vote de la sensation thermique et le vote d'acceptabilité thermique sur l'ensemble des enquêtes réalisées affirment que plus le vote de sensation thermique est élevé et plus les personnes considèrent l'environnement thermique comme inacceptable.

- Préférences liées aux variables microclimatiques :

En termes de préférence thermique, la moitié des individus préférerait avoir plus froid en été. Une grande partie d'entre eux préférerait ne ressentir aucun changement en termes de ressenti

thermique. Pour la préférence liée à l'humidité, une moitié des personnes interrogées préféreraient avoir un air plus sec en été et en intersaison, et une autre moitié des individus ne souhaitent aucun changement. En ce qui concerne le vent, la moitié des personnes préféreraient ressentir plus de mouvements d'air, notamment en été. Enfin, la préférence en lien avec le rayonnement solaire est exprimée différemment en fonction de la saison étudiée, à savoir : ceux qui préféreraient moins de soleil en été, et d'autres qui préféreraient ressentir plus de soleil durant l'intersaison.



Graphique N° IV. 1: Répartition des votes de préférence pour les différentes variables.

Source: Grosdemouge, V, 2020.

2 L'étude de Q.Huang et al sur l'environnement thermique extérieur dans la ville écologique :

L'expérience a étudié la ville écologique et sa relation avec l'homme et son milieu urbain, dont le but est d'établir un environnement thermique extérieur confortable, elle concentre sur l'étude de l'influence des trois facteurs clés (verdissage, matériaux de surface, plan d'eau) sur le microclimat dans un environnement bâti.

2.1 Cas d'étude :

Cette étude est réalisée pendant la saison estivale dans la ville de Xi'an (un quartier typique dans le nord-ouest de la Chine). La zone d'étude est située sur le campus de Qujiang de l'Université Xi'an Jiaotong. Le campus a un bel environnement et des arbres sont plantés des deux côtés de la route. Au nord du campus, il y a une piscine et une place pour que les gens puissent se détendre et se divertir, au sud il se trouve les parkings du campus. La place, les parkings et le jardin étaient sélectionnés séparément pour faire l'enquête.

2.2 Méthodologie de travail :

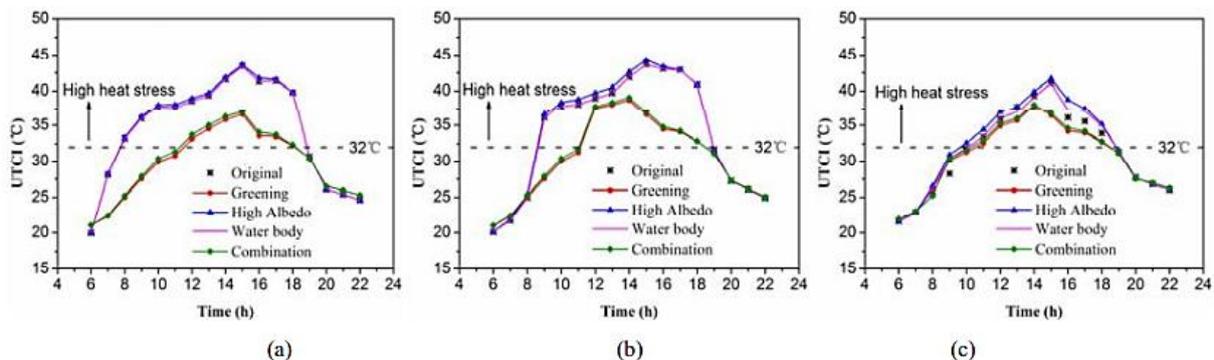
Une campagne de mesure fournie par des stations météorologiques du campus est utilisée pour faire la simulation, pendant une journée d'été par temps clair dans la forte canicule du 13 juillet 2014, La simulation est faite par le logiciel de l'Envi met 4.0, et suivi par un calcul de l'indice UTCI (fourni par le Bio met) pour l'évaluation quantitative et qualitative du confort thermique extérieur. Tous les résultats de la simulation se réfèrent à une hauteur de 1,4 m au-dessus du sol. La simulation numérique est faite pour 5 scénarios :

- Le premier est l'état existant de l'aire d'étude.
- Le deuxième est la plantation d'arbre de Platane dans la place et les parkings.
- Le troisième est l'utilisation des matériaux de chaussée pour augmenter la réflectivité (Albédo élevé).
- Le quatrième est la création de deux plans d'eau à la place des parkings.
- Le cinquième est la combinaison de trois scénarios proposés pour l'amélioration du confort thermique extérieur (Scénario 2, 3 et 4).

2.3 Résultats de l'expérience :

2.3.1 Analyse des valeurs de l'UTCI :

Le scénario avec les matériaux à albédo élevé se sont avérés similaires à ceux d'origine pour la zone d'étude du square, parkings ainsi que le jardin, le scénario vert réduisait considérablement le pic de UTCI (amélioration du confort thermique extérieur) et la durée du stress thermique, cette dernière était beaucoup plus court que le scénario original.. Pour la combinaison des trois facteurs, l'ajout de plans d'eau supplémentaires et l'utilisation de matériaux à albédo sont peu efficace sur l'amélioration du confort thermique extérieur, le cas combiné était encore prouvé pour réduire à la fois le pic UTCI et la durée du stress thermique. Cela impliquait que la végétation était le facteur dominant et devrait être suffisamment soigné lors de l'amélioration du microclimat ou de la conception de bâtiments.



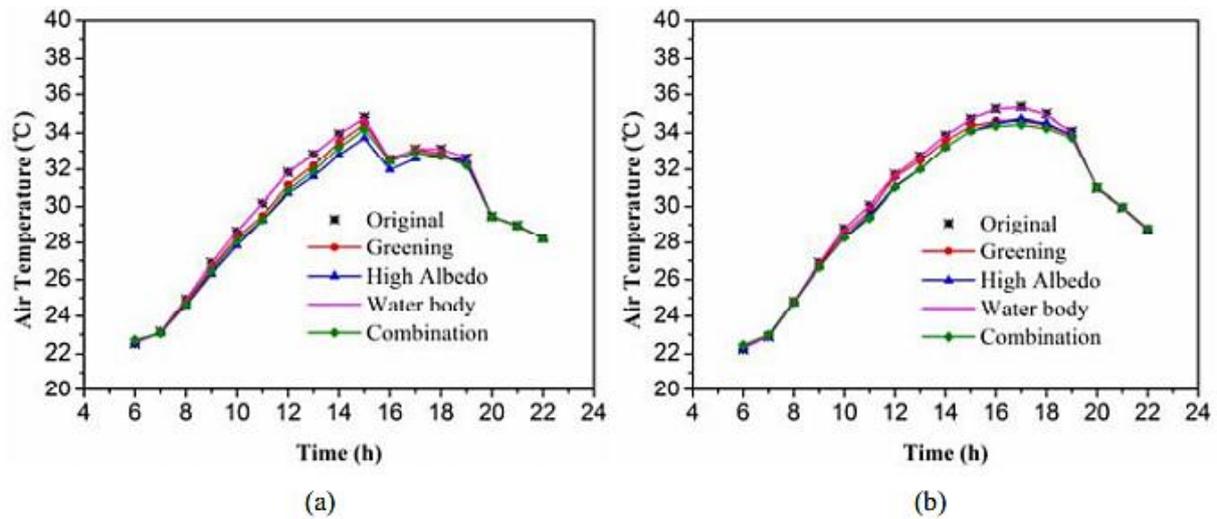
Graphique N° IV. 2: Valeurs d'UTCI de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking, et (c) le jardin.

Source: Huang. Q et al, 2016.

2.3.2 Température de l'air:

En général, Il y avait peu de différence de température de l'air pour différents scénarios. Cependant, le scénario avec des matériaux à albédo élevé ou celui de la végétation ont été observés pour avoir une température plus faible que les trois autres cas, en raison de leur effet de refroidissement sur l'environnement. Compte tenu d'UTCI des cinq scénarios,

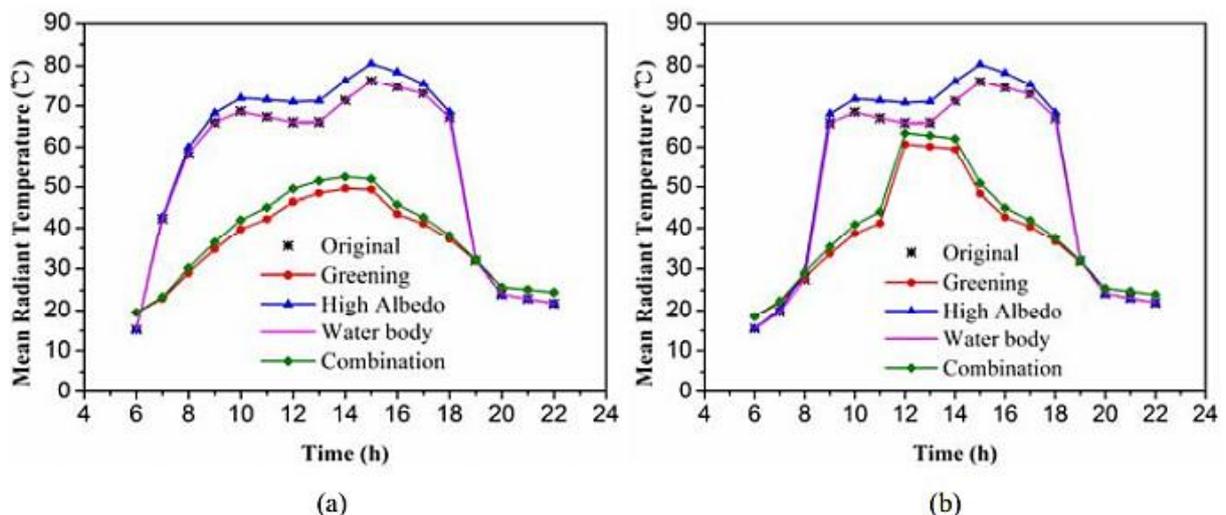
l'exploitation de matériaux à albédo élevé peut réduire la température de l'air, son UTCI était encore élevée, de ce fait, la durée de stress thermique était beaucoup plus longue.



Graphe N° IV. 3: Valeurs de température de l'air de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking.
 Source: Huang. Q et al, 2016.

2.3.3 Température moyenne radiante :

Dans un autre point de vue, la température radiante moyenne pour le 3ème scénario était la plus élevée parmi tous les des scénarios étudiés. Les matériaux à albédo élevé ont grandement amélioré l'environnement rayonnement, détériorant considérablement le confort thermique extérieur. En ce qui concerne le scénario vert, l'UTCI et la température radiante moyenne se sont avérées être les plus basses des quatre autres modèle. Indice de confort thermique extérieur (UTCI) est fiable pour mesurer la qualité du microclimat, il a donné une évaluation suffisante dans les directives pour créer un environnement écologique raisonnable ville.



Graphe N° IV. 4: Valeurs de température moyenne radiante de cinq scénarios, (a) le square, (b) le parking.
 Source: Huang. Q et al, 2016.

3 Etude M. Matallah sur Le confort thermique extérieur dans les quartiers d'oasis :

Cette étude vise à évaluer le confort thermique dans l'oasis, et tester la validité du concept d'effet oasis, dont le but est d'examiner les moyens d'amélioration de la conception des espaces extérieurs et de soulager le stress thermique dans les oasis.

3.1 Cas d'étude :

Le contexte de cette étude est un complexe de colonies d'oasis dans la province de Biskra, situé dans le Au sud de l'Algérie. La zone d'étude est la ville de Tolga positionnée dans un rayon de six Complexe oasis.

Cinq sites sont sélectionnés pour mener une campagne de mesures afin d'évaluer confort thermique et étudiez l'effet oasis sur le climat urbain.

- Ancien Tolga (1, 2, 3).
- Ancien Lichana (4, 5, 6)
- Nouveau centre-ville de Tolga (7, 8, 9).
- Ancien Farfar (10, 11).
- une palmeraie (12 point de référence).

La sélection des cinq sites est basée sur quatre critères principaux:

- le niveau de végétation et le tissu de peuplement des oasis.
- l'âge du tissu de peuplement des oasis.
- la taille de la colonie bâtie.
- la relation entre la colonie bâtie et la palmeraie.

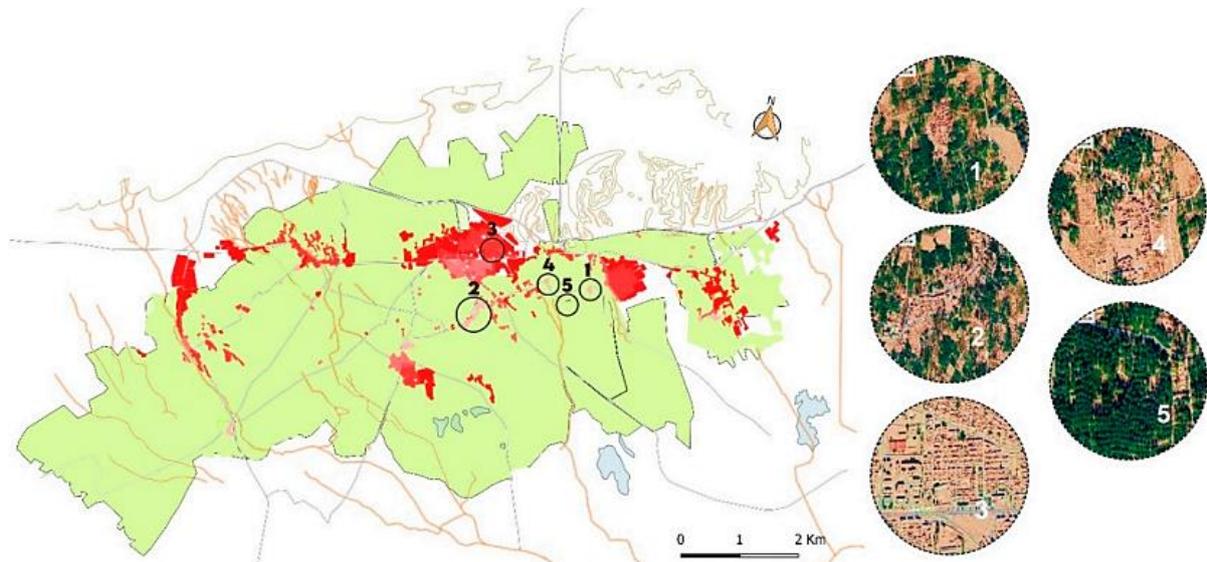


Figure N° IV. 3: Carte des sites sélectionnés dans le complexe oasis de Tolga.
Source : Matallah. M *et al*, 2020.

3.2 Méthodologie de travail :

Trois méthodes ont été utilisées comprenant une revue de la littérature, une campagne de mesures microclimatiques sur le terrain, et la modélisation. Les paramètres mesurés lors de

l'étude sont: température de l'air (T_a), humidité relative (HR), air vitesse (V_a) et température de surface (T_s). La campagne de mesure est faite pendant des journées extrêmement chaudes de l'année, à 05h00, 09h00, 13h00, 17h00 et 21h00. La modélisation est faite par RayMan, afin de calculer le PET, TMR, et SVF.

3.3 Résultats :

3.3.1 SVF, évaluation du niveau de confort thermique, et de stress thermique :

Les résultats montrent une augmentation des valeurs de PET pendant la journée et après le lever du soleil jusqu'au coucher du soleil, dans tous les points de mesure. L'évaluation du PET montre une zone de surchauffe au-dessus de 42 ° C aux heures de clarté (de 9h00 à 17h00), provoquant un stress thermique extrême. Des valeurs minimales représentant la zone neutre ont été obtenues dans la Palmeraie à 5 heures du matin en août.

3.3.2 Evaluation des valeurs de PET :

L'évaluation du PET en juillet et août montre que les moyennes de juillet sont supérieures à celles d'août pendant la journée dans tous les points de mesure. Cette diminution en août est principalement due à la vitesse du vent, qui influence le niveau du stress thermique.

3.3.3 Evaluation des valeurs de la température moyenne radiante :

Les valeurs de TMR sont très sensibles à l'heure solaire, leurs valeurs étaient trop proches de la température de l'air (T_a) à 5 h 00 et 21 h 00. Autrement, les valeurs TMR augmentent pendant la journée (9h00 matin, 13h00, 17h00). La valeur la plus élevée de TMR en juillet a été observée à l'ancien Lichana, et celle requise en août est retenue dans le nouveau centre-ville de Tolga à 13h00. Les valeurs les plus basses de TMR sont obtenues à 5 h du matin en juillet à l'ancien Tolga, et en Aout à l'intérieur de palmeraie.

3.3.4 Evaluation du PET et TMR en fonction de SVF :

Cette évaluation représente deux périodes thermiques distinguées de la journée. La première période a été observée pendant l'heure du lever et du coucher de soleil (5 h 00 et 21 h 00), dont les valeurs de PET et TMR étaient trop proches en juillet et Aout, toutefois, la deuxième période était en plein jour (9 h 00, 13h00, 17h00), où une différence significative entre les valeurs PET et TMR a été aperçue, relativement à l'élévation de la température de l'air.

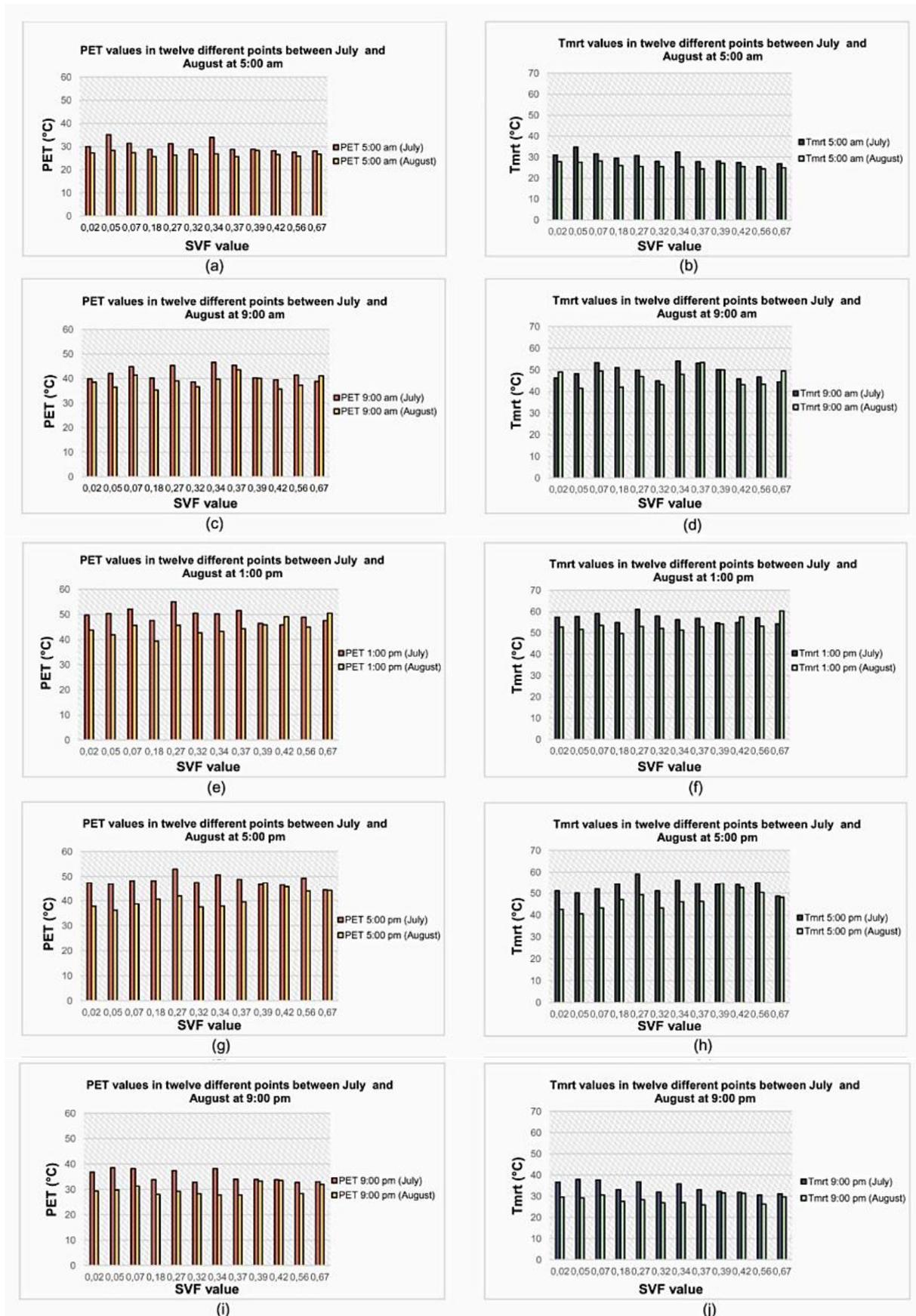


Figure N° IV. 4: Évaluation des niveaux de PET et de TMR dans les 12 points en juillet et août 2018.
 Source : Matallah. M *et al*, 2020.

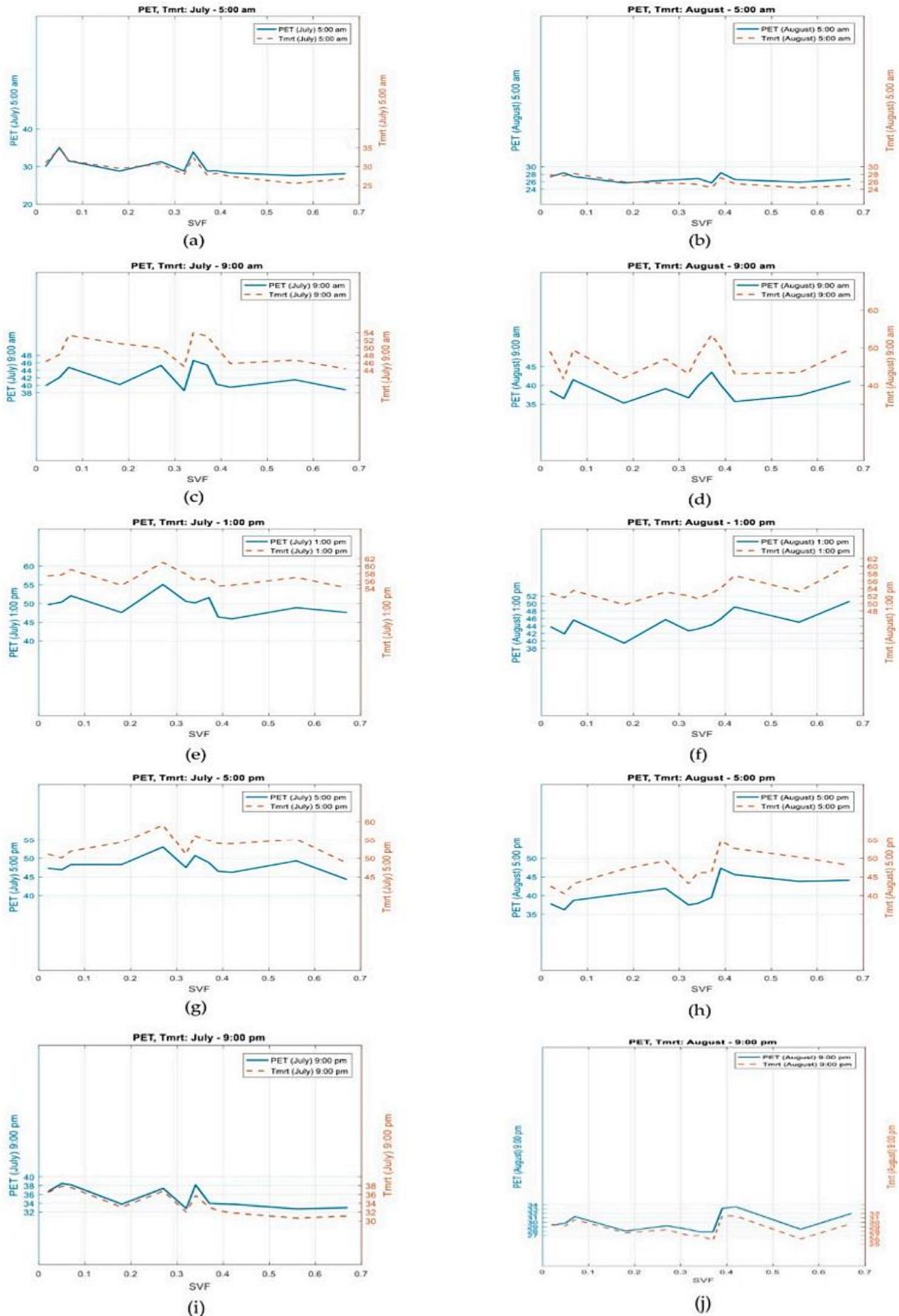


Figure N° IV. 5: Variations entre les valeurs PET et TMR en fonction du SVF en juillet et août 2018.
 Source : Matallah. M et al, 2020.

4 L'étude de S. Louafi et al sur l'effet de la couverture végétale sur le confort thermique et visuel des piétons en espace urbain :

Cette recherche vise à mettre en évidence la variation des paramètres climatiques induits par la végétation dans l'espace urbain extérieur, ainsi à étudier le confort thermique et visuel pendant les périodes de surchauffe dans les environnements urbains chauds et secs, et la focalisation sur les effets de la couverture d'arbres pour l'utilisation des espaces récréatifs.

4.1 Cas d'étude :

Une enquête a été menée à Constantine (Algérie), elle est caractérisée par un climat chaud et sec. Le site d'investigation est situé dans le centre-ville, cinq stations ont été choisies par leurs différents environnements végétaux, dont l'objectif est de comparer les performances des zones ombragées par cinq types d'arbres différents, y compris une zone dégagée sans végétation, le square (aire d'investigation) contient une fontaine d'eau, la variation du pourcentage de la couverture végétale dans le square est comme le suivant:

- Station 1 = 85%.
- Station 2 = 65%.
- Station 3 = 45%.
- Station 4 = 20%.
- Station 5 = 0%.

4.2 Méthodologie de travail :

La méthodologie est basée sur une combinaison de mesures in situ et d'enquêtes de confort thermique et visuel. Mesures de la température de l'air, l'humidité de l'air, la vitesse du vent, le rayonnement solaire global, la luminance et le facteur de vue du ciel combinés à des enquêtes de confort ont été faites dans cinq zones différentes d'une place du centre-ville de Constantine en Algérie (climat chaud et sec).

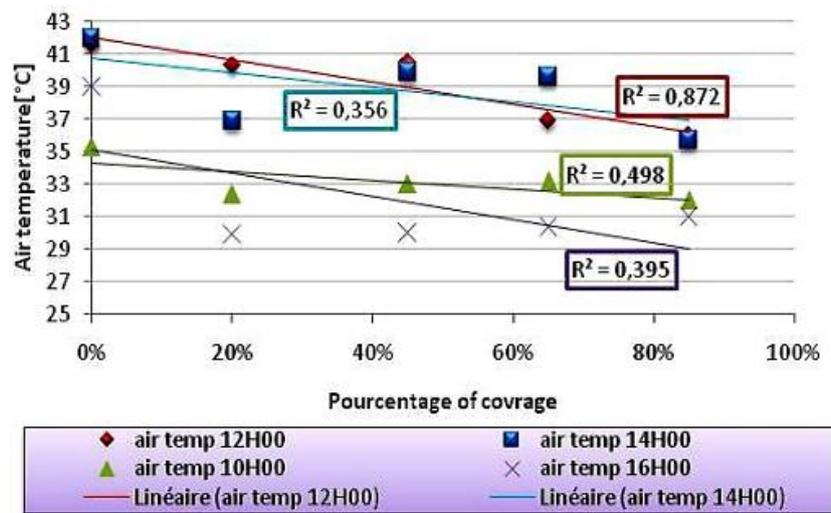
Mesures et sondages ont été réalisés en été au mois de juillet 2014, qui représente la période la plus chaude. Les mesures ont été réalisées simultanément pendant trois semaines, toutes les 2h de 6h jusqu'à 20h, à une hauteur de 1.5m. Pour déterminer le degré de ciel ouvert (SVF), des photographies « fisheye » ont été prises dans chaque station.

Des enquêtes du confort sur terrain (2200 entretiens) ont été menées tout au long de la période de trois semaines en été 2014. L'un des objectifs de ces enquêtes était d'obtenir une meilleure compréhension de la réponse du confort thermique humain à l'extérieur et de proposer un modèle du confort adaptatif pour espaces ombragés par la végétation dans les climats d'été chauds et secs.

4.3 Résultats :

En général, les résultats indiquent que le pourcentage de couverture arborée dans un espace est une métrique très importante, pour évaluer le confort extérieur dans un climat chaud et sec, et qu'elle influence principalement l'utilisation d'aires de loisirs en plein air. Une couverture végétale dense optimise l'environnement microclimatique, pour les piétons thermiques et confort visuel dans les espaces urbains.

4.3.1 Température de l'air :

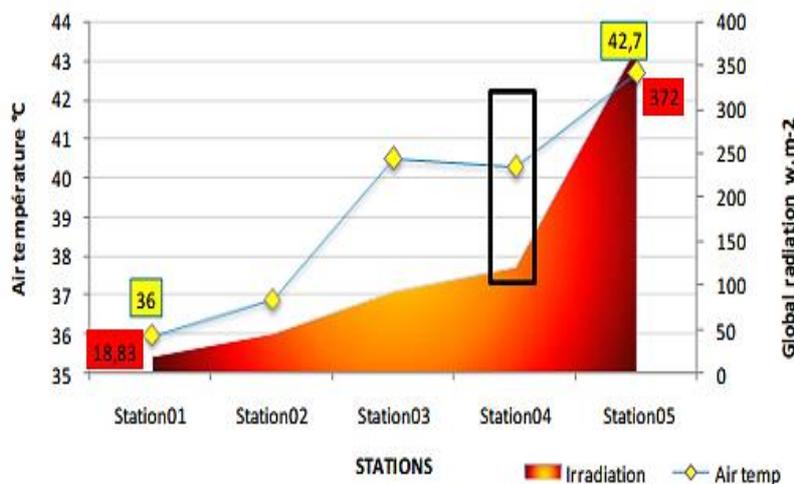


Graph N° IV. 5: Moyenne des températures de l'air aux stations de mesure pendant quelques jours d'été continus.

Source: Louafi. S et al, 2014.

Les résultats montrent que l'espace isolé sans arbres est plus chaud que les zones végétales, ils confirment également qu'un couvert végétal plus dense peut diminuer la température de l'air, qui est réduite pendant le moment de surchauffe de la journée, en outre la présence d'une fontaine d'eau à proximité d'arbres massifs, et la végétation procurent une évapotranspiration, qui participe à l'abaissement de la température de l'air.

4.3.2 Rayonnement solaire global :



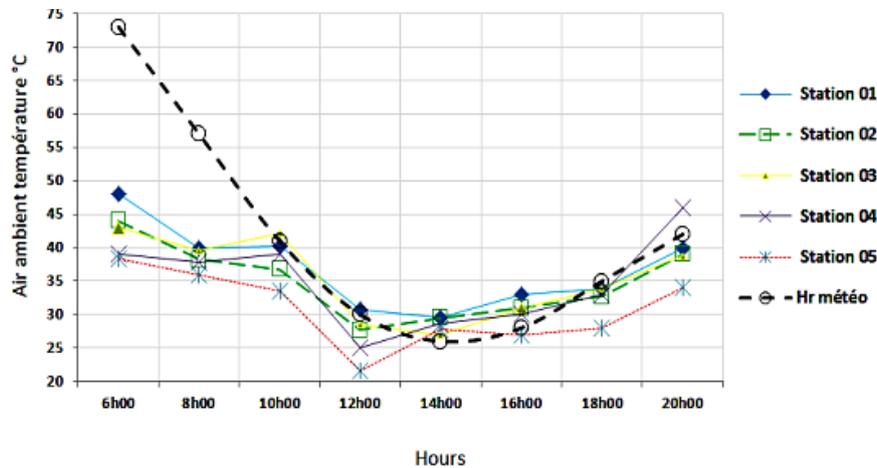
Graph N° IV. 6: Relation entre la température de l'air et la quantité d'irradiation à 12h00.

Source: Louafi. S et al, 2014.

Une couverture végétale dense minimise le rayonnement solaire direct, et augmente la quantité d'ombre. Indépendamment de la température de l'air, la quantité de rayonnement solaire reçue contribue à l'équilibre thermique humain, les humains se sentent plus chauds au soleil qu'à l'ombre. Ainsi, un pourcentage élevé de la couverture végétale peut créer des

conditions thermiques plus confortables, en raison de ses effets sur le rayonnement solaire global.

4.3.3 Humidité relative et vitesse de l'air :



Graphe N° IV. 7: Humidité relative aux stations de mesure pendant une journée d'été typique.

Source: Louafi. S et al, 2014.

D'après les résultats, une corrélation positive entre l'humidité relative et le degré de la couverture végétale, lorsque le pourcentage de la couverture arborée est plus élevé, l'humidité relative est plus élevée, ensuite, la présence de l'eau offre aussi un grand potentiel pour l'humidification des espaces urbains extérieurs.

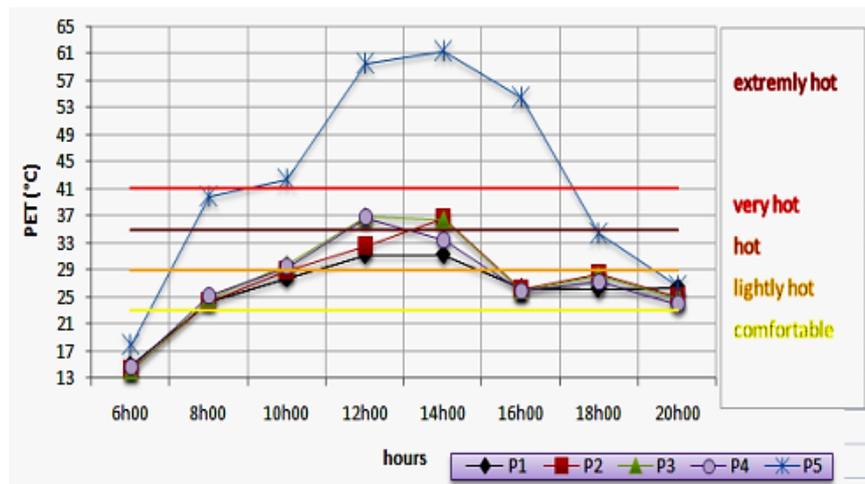
Concernant la vitesse de l'air, il n'y a pas une grande différence entre les vitesses du vent dans les cinq stations, qui ne permet pas de comprendre l'effet du couvert végétal sur la vitesse de l'air dans les espaces publics urbains.

4.3.4 Luminance et SVF :

L'enquête montre que l'espace ouvert présente une SVF plus élevée, et des valeurs de luminance supérieures à celles des espaces ombrés, en raison du rayonnement solaire réfléchi par les surfaces du sol (béton) et murs blancs. Ce résultat confirme une forte relation entre SVF et le risque d'éblouissement, ainsi il témoigne l'effet de la végétation sur l'atténuation du rayonnement solaire, et la protection contre l'éblouissement ressentie par les individus trouvés sous la canopée des arbres.

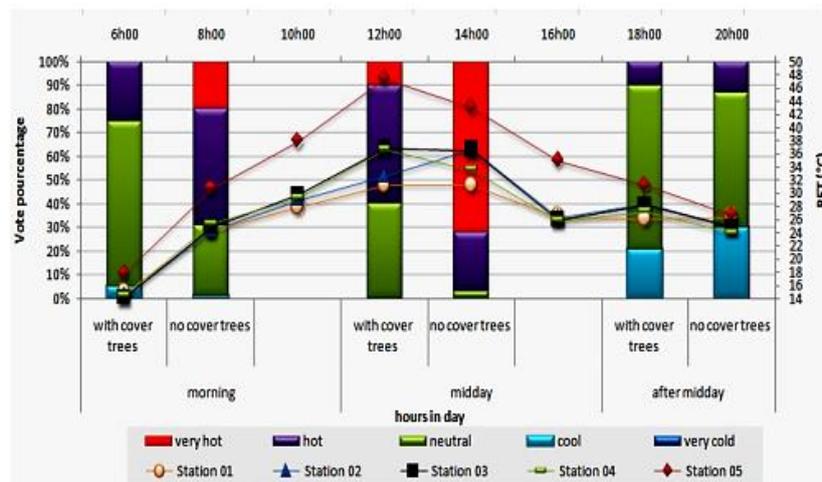
4.3.5 L'indice de confort PET :

Les résultats indiquent qu'il existe une corrélation entre les valeurs de PET et le pourcentage de la couverture végétale, les valeurs les plus élevées sont enregistrées à la station 5, qui représente l'espace ouvert, et correspond à une sensation extrêmement chaude, par ailleurs, les valeurs les plus faibles de PET sont enregistrées à la station 1, qui est une zone avec une couverture arborée la plus dense, et qui correspond à une station légèrement chaude.



Graphe N° IV. 8: Valeurs du PET aux stations de mesure et niveaux de sensations thermiques.
 Source: Louafi. S et al, 2014.

4.3.6 Résultat du sondage :



Graphe N° IV. 9: Appréciation de l'espace liée à la sensation thermique à partir des résultats de l'enquête et de l'indice du confort PET avec et sans couvert arboré pendant une journée d'été typique.
 Source: Louafi. S et al, 2014.

Les résultats du questionnaire ont indiqué qu'une majorité des utilisateurs situés sous l'ombre de la couverture végétale ressentait une sensation thermique neutre le matin, alors que la moitié des personnes situées en espace ouvert, avec plein rayonnement solaire ont ressenti une sensation de chaleur en même temps.

Le microclimat est considéré comme agréable grâce à l'ombre et à la douce lumière du jour de l'espace. Pourtant, dans une station où il n'y a pas de couvert arboré, les sentiments de l'inconfort, la chaleur et l'éblouissement sont marqués. Dans la zone ouverte, le microclimat est généralement perçu comme désagréable, ce qui a une relation avec la forte intensité du rayonnement solaire direct et la chaleur dégagée par le sol et les façades.

L'enquête montre aussi que le rayonnement solaire global est le premier élément climatique, permettant d'évaluer le degré du confort thermique et visuel extérieur. Les zones végétalisées sont utilisées plus fréquemment et sont perçues comme plus confortables que les zones ouvertes sans arbres.

5 Etude de K. Pandavou et al sur la sensation thermique extérieure des piétons dans un climat méditerranéen et comparaison avec UTCI :

Le but de cette recherche était d'étudier la sensation thermique dans un large éventail des conditions météorologiques.

5.1 Cas d'étude :

Le terrain choisi pour faire l'étude se situe à Athènes (Grèce), qui se caractérise par un climat méditerranéen, avec des hivers doux et humides, des étés relativement chauds et secs et généralement de longues périodes d'ensoleillement pendant la majeure partie de l'année. Trois sites d'investigation ont été choisis pour concrétiser l'enquête : la côte de Flisvos, la place Syntagma, La rue Ermu.

5.2 Méthodologie de Travail :

Une enquête sur terrain par questionnaire a été menée simultanément avec des mesures météorologiques, en juillet, octobre et février, qui sont les mois les plus représentatifs des trois saisons, en se concentrant sur la sensation thermique individuelle et sa relation avec l'environnement dans les climats méditerranéens. De plus, l'acceptabilité thermique au moyen de votes de sensation thermique a été évaluée sur la base de l'indice universel du climat thermique (UTCI).

Les mesures microclimatique ont été faites à une hauteur de 1.1 m, ce qui correspond à la hauteur moyenne du centre de gravité de l'homme.

Pour l'enquête, la question de base était l'évaluation de la sensation thermique dans laquelle les répondants devaient indiquer leur sensation thermique, Le reste des questions peut être divisé en deux catégories principales. Questions relatives aux :

- Caractéristiques personnelles des individus telles que le sexe, l'âge, les vêtements, l'activité, la position par rapport au soleil, le temps d'exposition, les antécédents médicaux, le tabagisme et l'état de santé.
- Attentes thermiques des répondants et d'autres facteurs psychologiques tels que la préférence liée à la sensation thermique (température de l'air changeante, humidité, vent, irradiation), but de la visite, confort général, compagnonnage, lieu de résidence, saison, heure de la journée. des paramètres personnels et psychologiques avaient été estimés.

5.3 Résultats :

5.3.1 Données microclimatiques :

Le vent est resté généralement faible sauf pendant quelques instants où l'anémomètre a enregistré quelques rafales. En été et en automne, le ciel était généralement clair et ensoleillé. L'analyse par site et par saison a montré que les conditions météorologiques dans les trois sites étaient similaires. La température de l'air minimale a été enregistrée sur la place Syntagma en hiver, et la température maximale sur la côte de Flisvos en été.

5.3.2 Données du questionnaire :

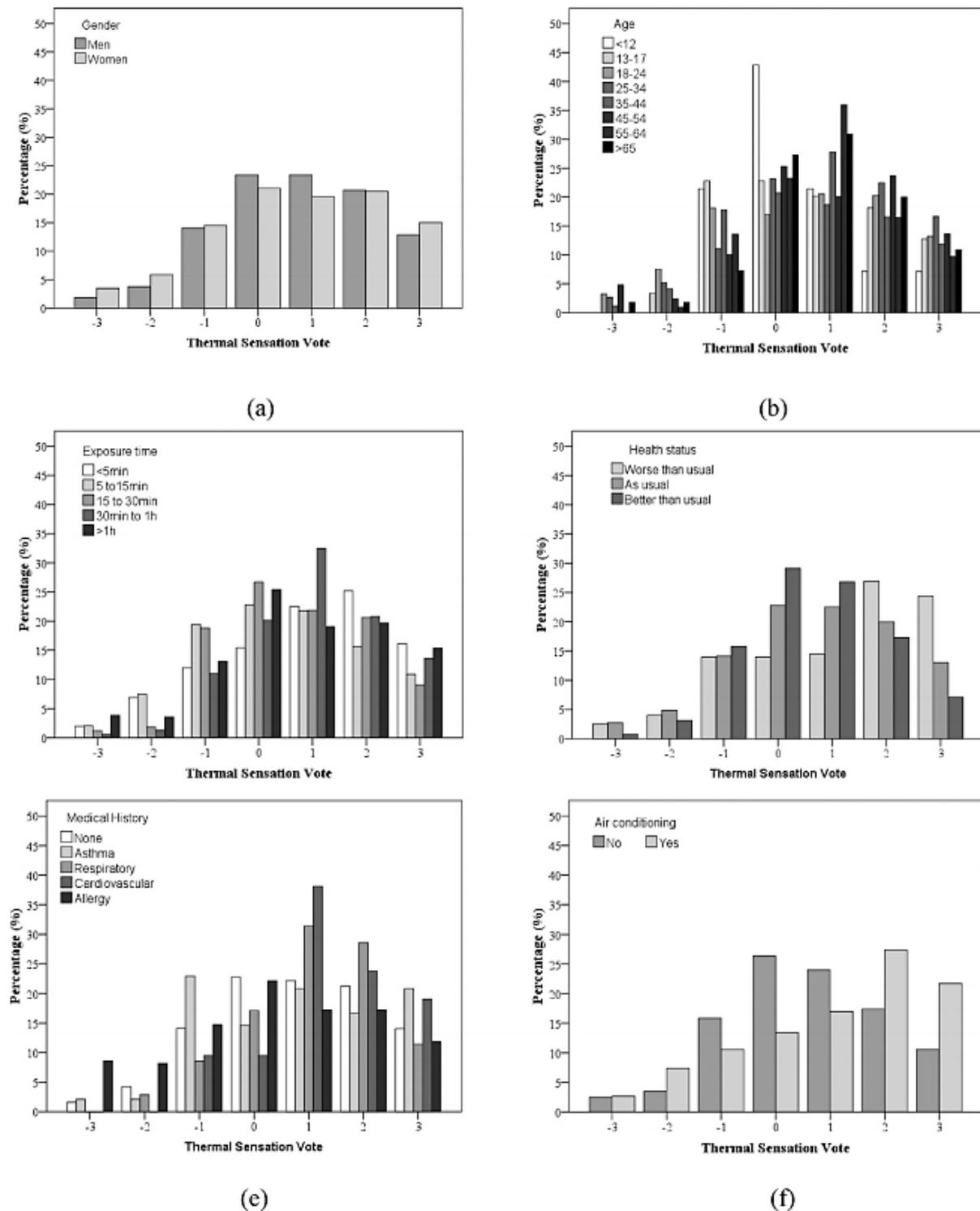
Concernant le confort thermique, la plupart des personnes interrogées ont déclaré un confort général «neutre» à «très confortable». Un pourcentage plus élevé de réponses positives («neutres» à «très confortables») a été observé au printemps et plus faible en été. Les résultats indiquent que les répondants étaient de préférence à des températures plus élevées et au beau temps même lorsque leur sensation thermique n'était pas neutre, ce qui implique une tolérance accrue aux conditions environnementales chaudes.

5.3.3 Sensation thermique et variables météorologiques :

L'analyse a révélé une différence statistiquement significative entre les classes de vote de sensation thermique et tous les paramètres météorologiques. De petites différences de moyennes ont été trouvées entre les catégories extrêmes, indiquant des distances inégales entre les classes de sensation thermique. L'analyse par saison a indiqué que le Tair dans lequel les répondants se sentaient «neutres». La température de confort variait selon la saison en raison de l'attente et de l'adaptation, en soulignant l'importance du rayonnement sur la sensation thermique. Une variation plus grande des moyennes d'humidité relative a été observée entre l'automne et l'été.

5.3.4 Sensation thermique et caractéristiques personnels :

En général, La préférence des gens pour des conditions thermiques plus chaudes a été identifiée. Les femmes et les individus qui se trouvaient seuls sur le site d'entrevue avaient tendance à être plus sensibles aux variations météorologiques. La sensation thermique était définie par des facteurs météorologiques, personnels et psychologiques. La température de l'air et la vitesse du vent ont été les facteurs météorologiques les plus importants facteurs affectant la sensation thermique tandis que l'irradiation s'est avérée être un facteur déterminant dans l'amélioration de la sensation thermique dans les environnements froids. Les facteurs personnels pronostiques étaient l'isolation et l'ombrage des vêtements.



**Figure N° IV. 6: Paramètres personnels par classe de vote de sensation thermique (TSV).
Source : Pantavou. K et al, 2013.**

5.3.5 Sensation thermique et facteurs psychologiques :

Les facteurs psychologiques objectifs dominants étaient la saison et le but de la visite. Les valeurs estimées de l'indice universel de climat thermique (UTCI) prédisaient assez bien les votes de sensation thermique dans le cas des classes de stress thermique de l'échelle d'évaluation UTCI. L'évaluation de la sensation thermique est cruciale pour mettre en place

des systèmes d'alerte sanitaire efficaces et concevoir des espaces publics urbains qui améliorent les conditions de vie de la population.

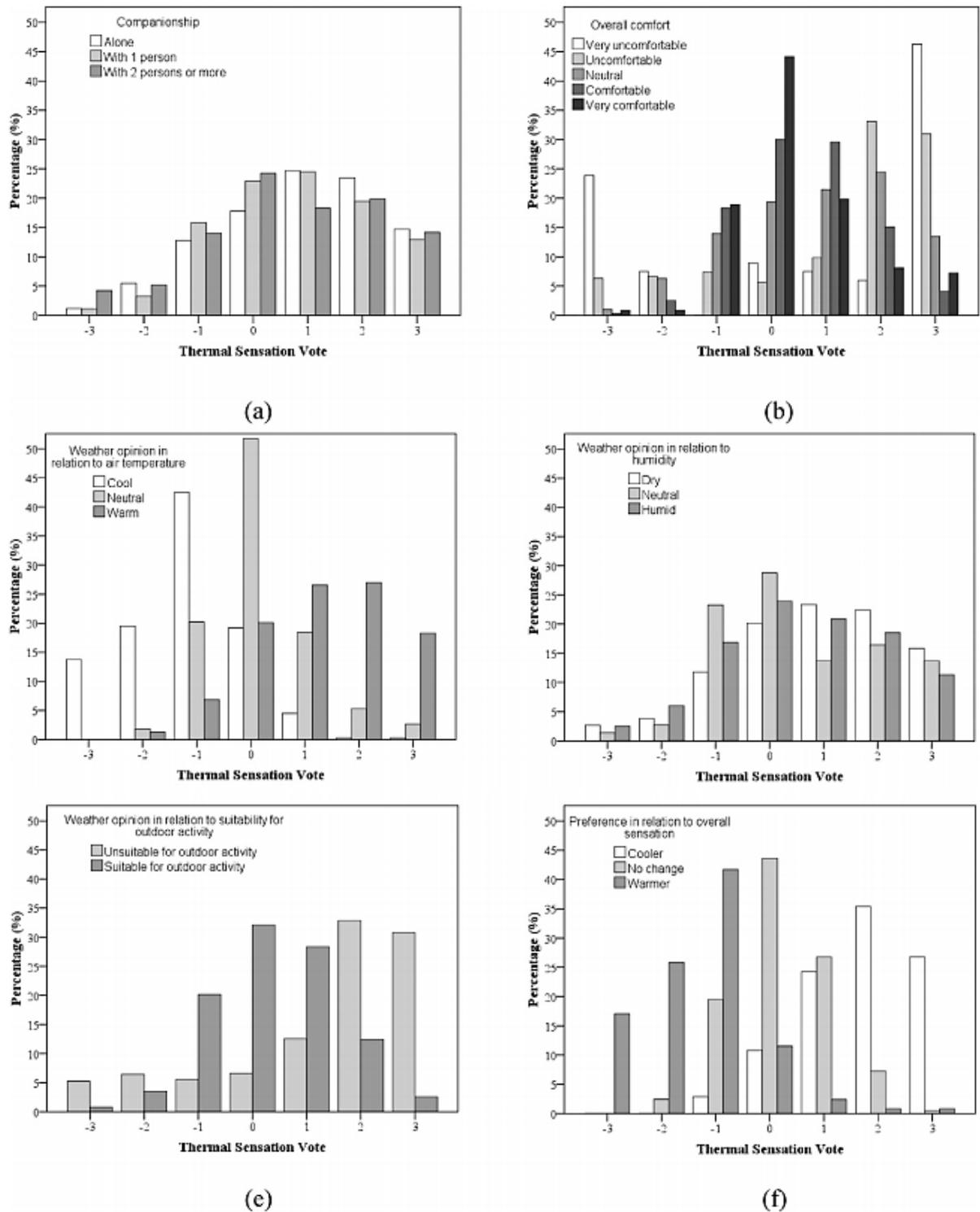


Figure N° IV. 7: Paramètres psychologiques par classe de vote de sensation thermique (TSV).
Source : Pantavou. K et al, 2013.

6 Etude de M. El Nabaoui et al sur la perception thermique des espaces urbains extérieurs :

Cette étude examine le confort thermique des utilisateurs dans une rue urbaine dans un climat chaud et aride du Caire, en Égypte. Les principaux objectifs de cette étude sont les suivants:

- Évaluer la perception et la préférence des piétons en matière du confort thermique dans les espaces urbains extérieurs du Caire.
- Calibrer les limites de l'échelle de sensation thermique humaine sous le climat chaud et aride par rapport à d'autres zones climatiques.
- Étudier l'impact de l'adaptation et des comportements thermiques sur la sensation thermique humaine dans les espaces extérieurs.

6.1 Cas d'étude :

L'étude du terrain a été menée au Caire, en Égypte, qui a un climat chaud et aride, il se caractérise par de grandes variations de température diurnes et des pluies clairsemées, ce choix est porté sur cette ville, car les zones piétonnes favorisent des durées d'utilisation plus longues et permettent donc d'examiner le confort thermique des piétons dans les rues urbaines.

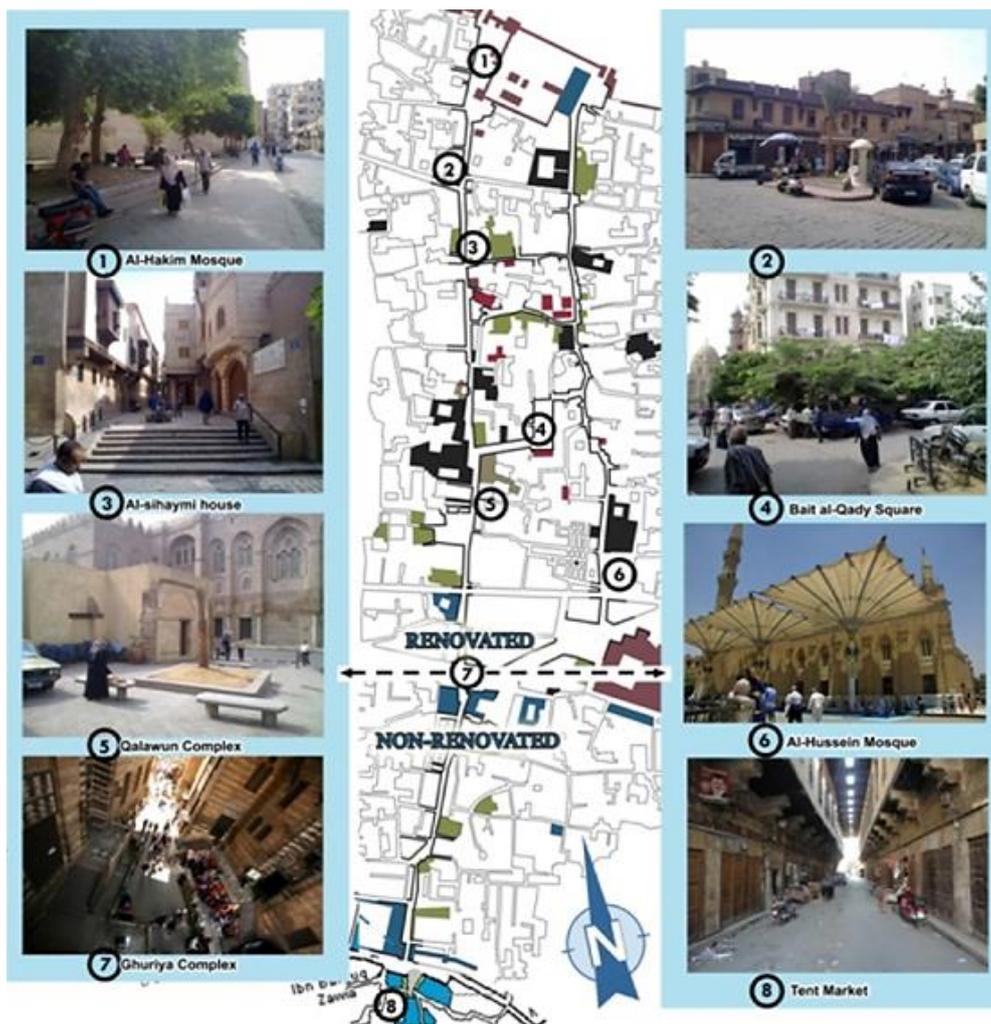


Figure N° IV. 8: Différents points de mesure dans la ville de Caire.
Source : Elnabawi M et al, 2016.

6.2 Méthodologie de travail :

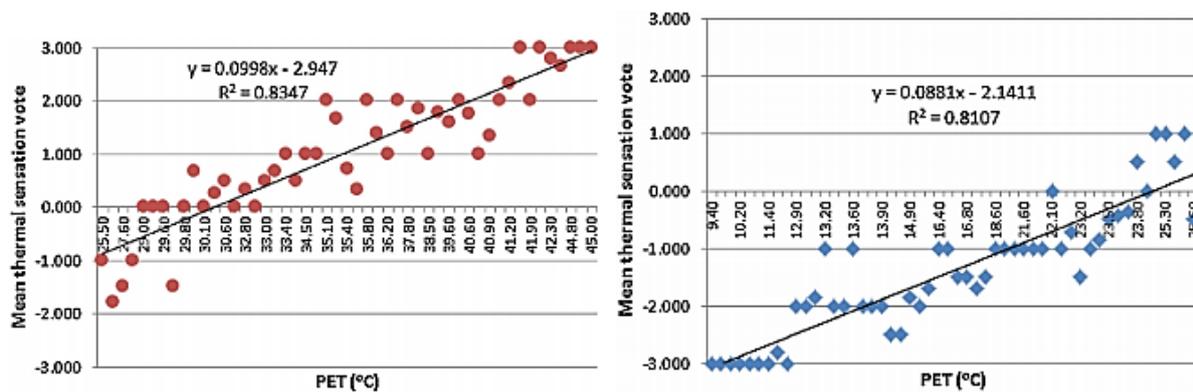
L'enquête a été menée dans deux conditions climatiques différentes; en été et en hiver à l'aide d'enquêtes subjectives sur la perception de l'environnement thermique, en appliquant les votes de sensation thermique en sept points. L'enquête est complétée par une semaine de mesures sur le terrain au cours des deux saisons en été entre Juin et Juillet 2012, et en hiver en Décembre 2012, pour examiner les principaux paramètres climatiques (Ta, HR, Va et rayonnement solaire) affectant le confort thermique en termes de facteurs psychologiques et personnels.

- La première section du questionnaire a recueilli des informations démographiques (par exemple, l'âge et le sexe), et afin de calculer le taux métabolique et le niveau vestimentaire, sur le niveau d'activité.
- La deuxième section portait sur l'histoire thermique à court terme, et la durée du temps passé à l'extérieur.

L'acceptabilité thermique au moyen de votes de sensation thermique a été évaluée sur la base d'une température physiologiquement équivalente (PET), le calcul de PET est fait à l'aide de RayMan.

6.3 Résultats :

Les résultats analytiques indiquent que les plages de confort thermique se situaient entre 23 et 32 °C PET, tandis que les températures préférées étaient 29 °C PET en été, et 24,5 °C PET en hiver. Ces valeurs étaient supérieures à celles des climats tempérés et à l'échelle européenne, confirmant l'existence de l'adaptation thermique et indiquant que l'environnement physique et l'adaptation psychologique sont considérés comme complémentaires plutôt que contradictoires, et la prise en compte de cette dualité pourrait accroître l'utilisation des grands espaces de la ville.



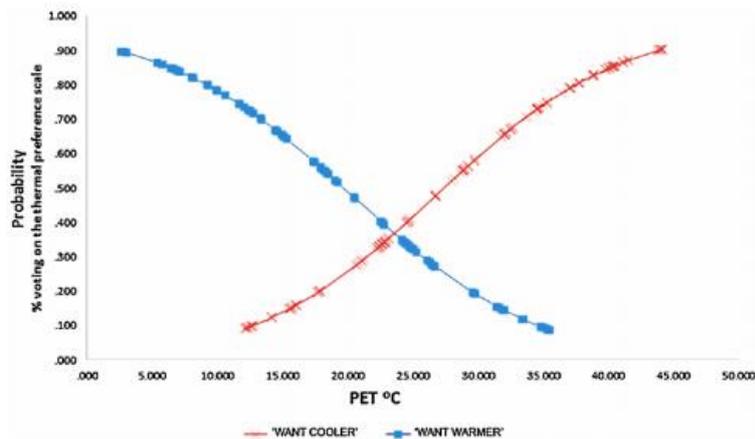
Graphe N° IV. 10: Corrélation entre les valeurs de PET et la sensation thermique, à gauche : pendant l'été, à droite : pendant l'hiver.

Source: Elnabawi M et al, 2016.

Le PET calculé sur la base de mesures microclimatiques était corrélé à la sensation thermique perçue. La plage de confort thermique était de 23 à 32 °C PET, soit 1 à 2 °C de plus que les études précédentes menées dans le parc urbain du Caire, où la plage était de 21 à 30 °C.

L'analyse du confort thermique pour les facteurs psychologiques et comportementaux montre des preuves de la volonté d'entreprendre des comportements adaptatifs.

La durée d'exposition et la capacité d'exercer un contrôle ont affecté les perceptions de l'environnement thermique où la température de neutralité estivale (29,5 °C PET) était de 5 °C PET plus élevée qu'en hiver (24,5 °C PET). Cela suggère que les gens acceptent des températures plus élevées en été qu'en hiver en raison de leur expérience qui leur rappelle que la température en été est plus élevée qu'en hiver, de sorte que leur tolérance à des températures plus élevées est améliorée.



Graphique N° IV. 11: Températures préférées.

Source: EL Nabaoui M et al , 2016.

Les préférences des répondants pour une température de l'air basse et des niveaux inférieurs d'exposition au rayonnement solaire direct pendant la saison estivale sont plus fortes que pendant la saison hivernale.

L'analyse a suggéré que toutes les variables météorologiques, psychologiques et comportementales examinées étaient significativement corrélées au vote de sensation thermique. En termes d'implications pour la planification, l'environnement physique, l'adaptation psychologique et une compréhension approfondie du contexte culturel sont considérés comme complémentaires plutôt que contradictoires, et la prise en compte de cette dualité pourrait accroître l'utilisation des espaces ouverts de la ville.

7 Etude de A. Talhi et al sur la prédiction du confort thermique humain extérieur adaptée pour les concepteurs d'espaces urbains: examen de l'UTCI et de l'APCI dans le cadre d'Alger (Algérie) :

L'objectif de cet article est de déterminer la capacité de l'UTCI (Universal Thermal Climate Index) à évaluer le confort micro météorologique d'été dans le contexte climatique et socioculturel d'Alger

7.1 Cas d'étude :

La ville d'Alger fait l'objet de cette étude, qui est située au nord de l'Algérie. La carte du monde de la classification climatique de Köppen – Geiger (Kottek et al. 2006; Wong et al. 2012) montre qu'Alger a un climat tempéré chaud, avec des étés chauds et secs. Le parcours d'étude est fait dans le secteur protégé d'Alger, qui contient différentes formes urbaines : un ancien tissu urbain, mixte, colonial, postcolonial.

7.2 Méthodologie de travail :

La technique de «marche micro météorologique» est utilisée, afin de collecter les données objectives (mesures) et subjectives requises pour 8 à 36 personnes, elle combine des approches objectives et subjectives menées simultanément. Le même échantillon de citoyens a répondu à un questionnaire sur leurs perceptions et leur satisfaction en termes de paramètres microclimatiques perçus (Température de l'air, Vitesse de l'air, humidité relative, Ensoleillement, Ombre) en suivant un parcours urbain composé de 12 configurations. (P1... P12). L'indice d'UTCI est comparé à un indice subjectif, APCI (indice de confort perçu moyen), basé sur un questionnaire du confort préalablement établie par la population étudiée. La campagne de mesure s'est déroulée en hiver 2018, et fin de juillet début Aout 2018 en été, à une hauteur de 1.1m. L'UTCI a été calculé avec Ladybug / Grasshopper.

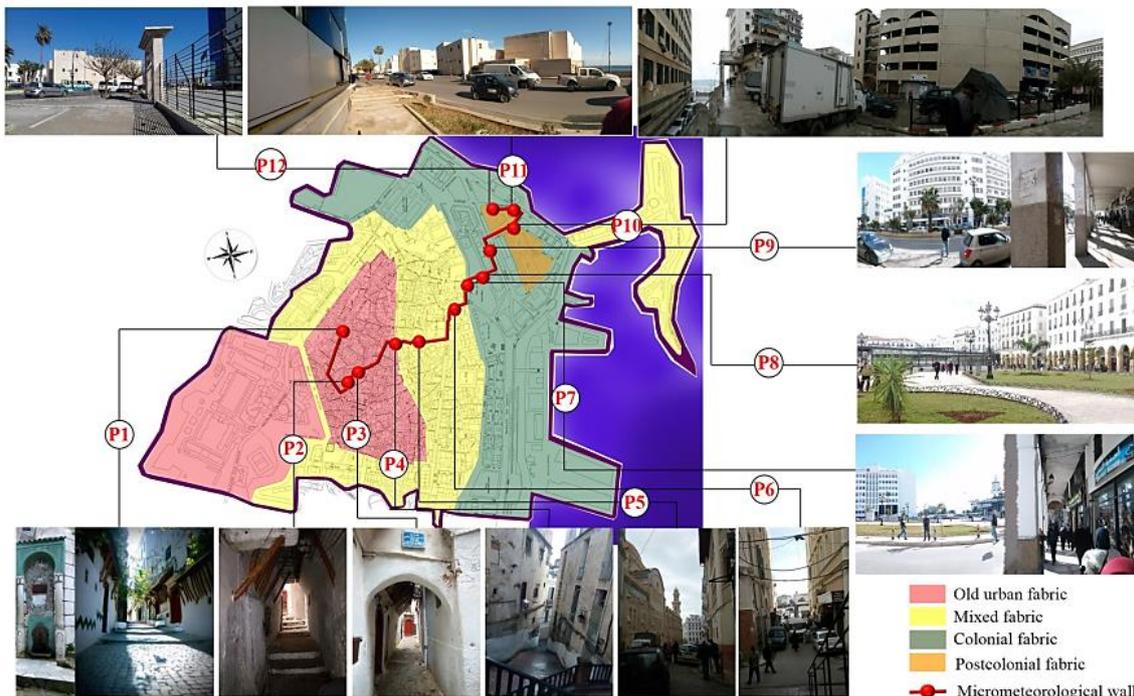


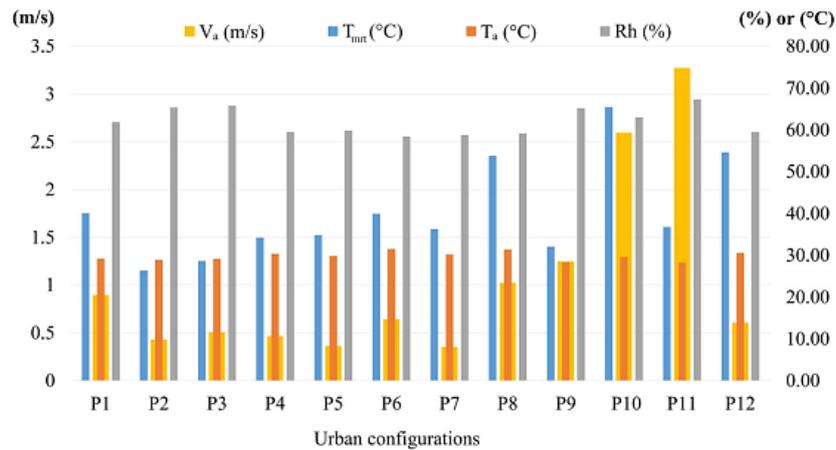
Figure N° IV. 9: Parcours microclimatique à travers les points de configurations dans le terrain d'étude.
Source: Talhi. A et al, 2020.

7.3 Résultats :

7.3.1 L'UTCI:

Les points de configurations couverts ou non couverts offrent des zones d'ombre et des vents faibles à modérés. Alors que la TMR moyenne et la Ta moyenne dans ces zones sont inférieurs à celles des autres configurations, le taux d'humidité est plus élevé. Le point de configuration ouvrant directement sur la mer a la valeur UTCI la plus basse, et a ainsi la vitesse du vent la plus élevée et le taux d'humidité le plus élevé, avec TMR et Ta bas. Des espaces de configurations où les rayons du soleil ne pénètrent pas du tout, ou très peu sont donc totalement ou partiellement ombragées. La température moyenne radiante est un peu plus élevée que la température de l'air dans ces configurations urbaines, le taux d'humidité est légèrement plus élevé en le point où se trouve une fontaine publique et d'autre part, le fait que ce point soit exposé au vent dominant venant de la mer. D'autres configurations urbaines sont caractérisées par des valeurs UTCI maximales allant de 35 à 38 ° C. Ces espaces ont des

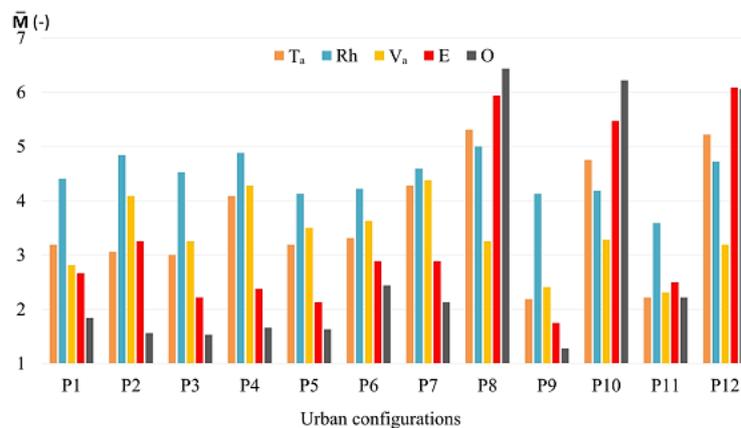
moyennes de TMR élevées par rapport à tous les autres points, allant de 40 à 65 ° C, en raison de l'ensoleillement continu tout au long de la journée.



Graph N° IV. 12: Paramètres microclimatiques pour les 12 configurations urbaines pendant l'été.
Source: Talhi. A et al, 2020.

7.3.2 APCI:

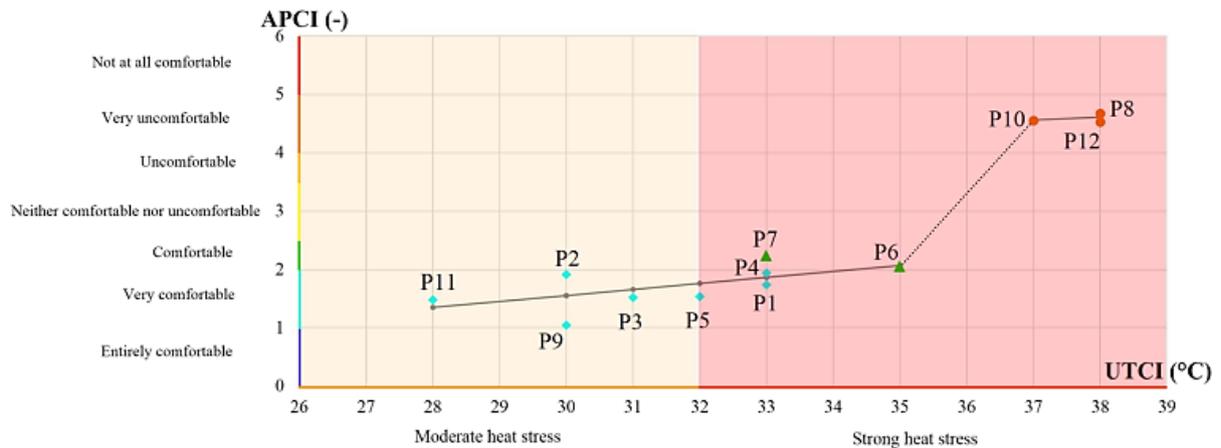
Les résultats montrent que l'ombre est donc le paramètre le plus important pour le confort thermique à Alger, les configurations urbaines jugées par une sensation «Très confortable » ont les valeurs APCI les plus faibles. Cela est principalement dû à leurs caractéristiques architecturales et à la qualité des vues offertes dans chacun de ces lieux. Les participants ont apprécié les conditions microclimatiques dans ces configurations urbaines; cependant, le taux d'humidité a été jugé «insatisfaisant» pour toutes ces zones. Les odeurs et / ou l'inconfort visuel ont une influence négative sur le confort thermique perçu. De même, un lieu encombré représente une zone d'étouffement pour les utilisateurs, et donc un lieu d'insatisfaction thermique, malgré certaines caractéristiques microclimatiques acceptables. A l'inverse, les espaces couverts sont vus comme des abris générant une sensation de confort, et l'existence de végétation ou d'un élément rafraîchissant (fontaine, jet d'eau ou vue sur la mer) accentuent la sensation de confort thermique dans ces espaces.



Graph N° IV. 13: Niveau de satisfaction perçu avec les paramètres microclimatiques pour les 12 configurations urbaines pendant l'été.
Source: Talhi. A et al, 2020.

En résumé La corrélation entre l'UTCI et l'APCI subjective montre que l'UTCI est capable de prédire et d'évaluer correctement le niveau du confort thermique humain extérieur ressenti

dans le climat sud-méditerranéen. Cependant, l'échelle d'évaluation du stress thermique en UTCI n'est pas appropriée dans le contexte étudié, contrairement à celle proposée par l'APCI, qui prend en compte les différences socioculturelles, ainsi que les différents aspects environnementaux et urbains perçus qui peuvent influencer la perception du confort thermique extérieur. Cependant, Les résultats de cette recherche confirment donc que pour évaluer le confort thermique au niveau urbain, il est essentiel de prendre en compte les aspects environnementaux, psychologiques et socioculturels, comme l'ont démontré d'autres auteurs. Enfin, les concepteurs peuvent évaluer leurs propositions à l'aide d'outils de modélisation architecturale et urbaine numériques qui incluent le calcul de l'UTCI, en ajustant l'échelle d'évaluation du stress thermique pour qu'elle corresponde au contexte socioculturel du projet.



Graphique N° IV. 14: Corrélation entre APCI et UTCI.

Source: Talhi. A et al, 2020.

8 Etude de A. Hanafi sur la stratégie d'amélioration sur le confort thermique d'une place publique d'une ville saharienne « Biskra/Algérie » :

L'objectif de cette expérience est d'étudier et d'analyser le rôle joué par la végétation (le végétal urbain) dans l'espace extérieur urbain, vu que c'est une composante fondamentale de ce dernier, dont elle minimise et intercepte les rayons solaires, un facteur très important du confort thermique à l'extérieur, afin de :

- Trouver la stratégie adéquate et faisable, pour introduire la végétation dans l'espace public comme élément améliorant le confort thermique dans les espaces extérieurs, duquel elle peut atténuer le rayonnement solaire et diminuer l'ouverture au ciel.
- Déterminer le type du végétal urbain qui répond aux objectifs de la recherche et en s'adaptant à la région saharienne, 'climat chaud, zone aride'.
- Chercher une conception optimale de la végétation.
- Vérification du confort thermique par les indices du confort thermique et d'autres paramètres

8.1 Cas d'étude :

Le site d'étude se situe à Biskra « ville Algérienne », dont le climat de Biskra est caractérisé par un été très chaud et sec, et un hiver très froid avec des précipitations rares, l'aire d'étude s'agit d'une place publique (Ben Badis), qui a une forme trapézoïdale. Cette place est

composée d'une aire destinée comme espace vert, et le reste carrelée. La place Ben Badis est limitée dans tous les sens par des voies de circulation mécaniques.

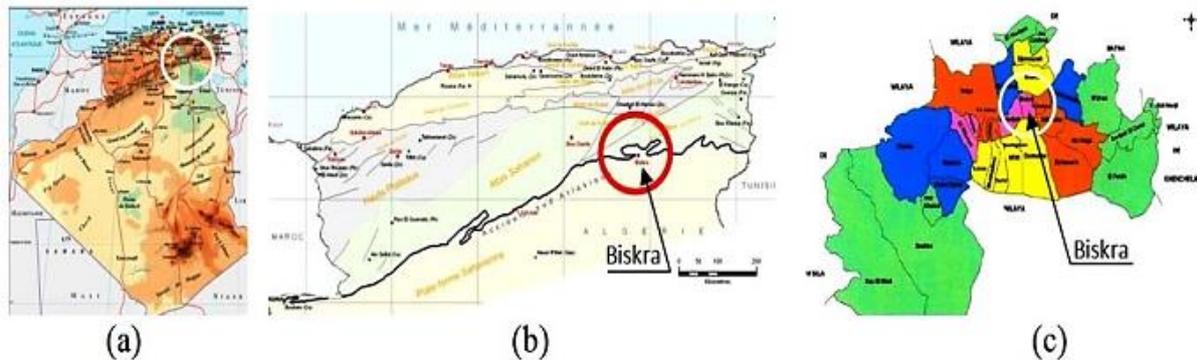


Figure N° IV. 10: (a) et (b) Situation géographique de la ville de Biskra, (c) Carte de découpage administratif.

Source : Hanafi. A et al, 2017.

8.2 Méthodologie de travail :

La technique suivie dans ce travail est une combinaison entre les mesures des facteurs climatiques nécessaires 'in situ' et la simulation par le biais d'un logiciel. Le jour choisi pour la campagne de mesures, est le 15/07/2014. Son choix est porté sur la base de la zone de surchauffe de la ville de Biskra, la sélection du jour est faite à la base d'un ciel dégagé (sans nuages).

L'investigation 'in situ' a touché la dimension climatique, la température ambiante, l'humidité, l'ensoleillement, le rayonnement solaire, etc... et l'insertion du végétal urbain (par simulation) comme un masque contre les rayons solaires, la simulation est faite par le logiciel Ray Man. Trois scénarios ont obtenus à partir de la simulation :

- La première situation de la place, avant l'insertion des arbres, (état réel).
- La seconde situation, après l'insertion des arbres, la proposition du concepteur. Basée sur l'idée d'embellir la place par des alignements d'arbres.
- La troisième situation de la place, après l'insertion des arbres est la proposition optimale, pour améliorer le confort thermique de la place publique.

8.3 Résultats :

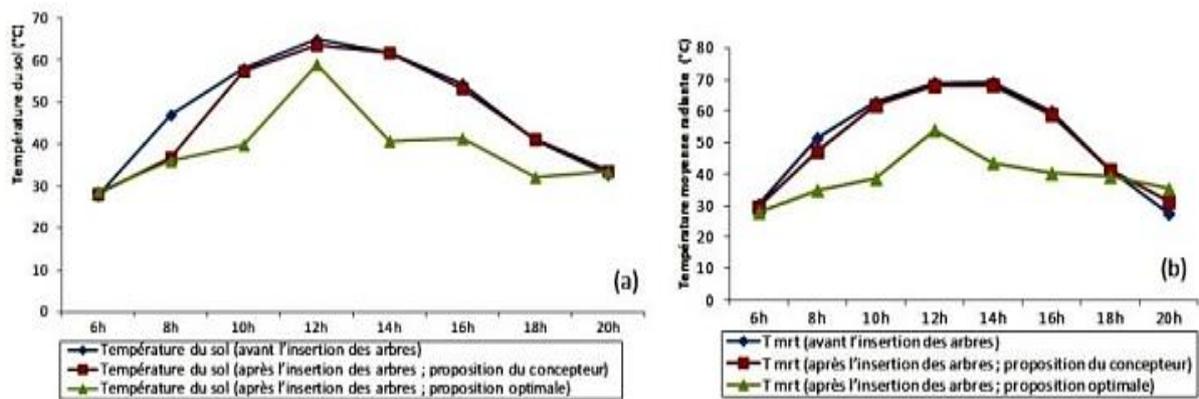
Les résultats obtenus confirment le rôle primordial du végétal urbain dans la création de l'ombre, qui a amélioré le confort thermique des places publiques et ensuite la qualité de la vie urbaine.

Le SVF est réduit dans la deuxième et la troisième situation par l'insertion de la végétation et par la manière dont elle était disposée (couverture verte). Cela a atténué à son tour le rayonnement direct et global. Concernant la température du sol :

- Dans la première situation, la température atteint son apogée à midi, et elle diminue le soir, puisque l'espace est exposé au soleil.
- Pour la seconde situation, pas de changement, où presque les mêmes températures sont enregistrées.

- Par contre, dans la troisième situation, la différence était palpable, grâce à la présence de la couverture verte (végétation). L'écart arrive à 20 °C à 10.00h et 14.00h. Il est à noter qu'à midi, la différence est minimale, puisque le soleil est à l'azimut.

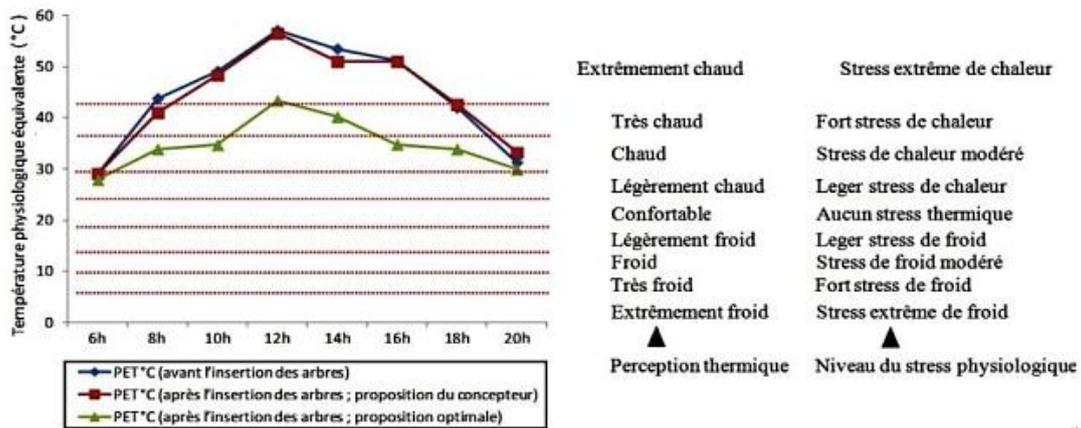
Concernant la température moyenne radiante dans la troisième situation (après l'insertion des arbres, proposition optimale), elle est inférieure par rapport à celle des deux autres situations (avant l'insertion des arbres et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur).



Graphe N° IV. 15: (a) Graphe relatif à la température du sol, (b) Graphe relatif à la température moyenne radiante.

Source: Hanafi. A et al, 2016.

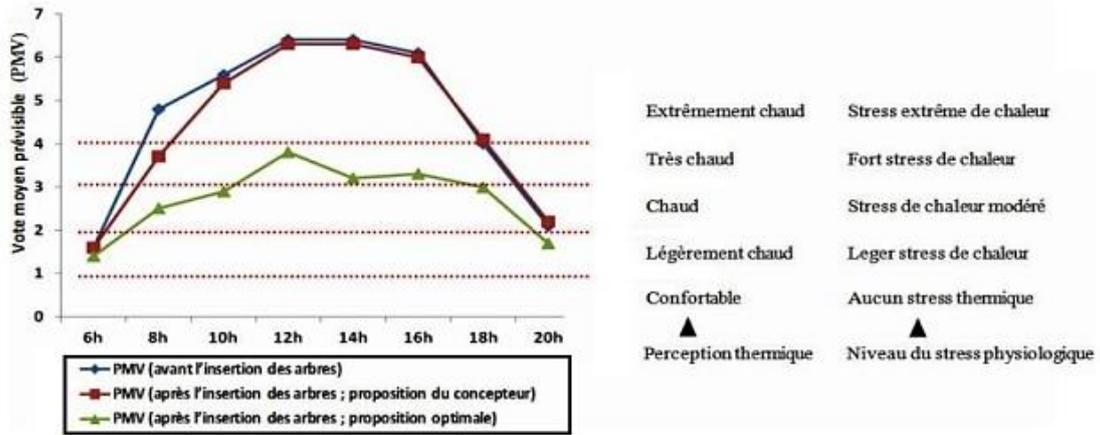
Pour le PET, les résultats obtenus pour le troisième scénario montrent une atténuation significative comparée aux résultats obtenus aux autres situations.



Graphe N° IV. 16: Graphe relatif à la température physiologique équivalente (PET).

Source: Hanafi. A et al, 2016.

Le PMV obtenu pour la troisième situation montre une réduction significative comparée à celles obtenues aux autres situations (avant l'insertion des arbres et après l'insertion des arbres, proposition du concepteur).



Graphe N° IV. 17: Graphe relatif au vote moyen prévisible (PMV).
 Source: Hanafi. A et al, 2016.

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré pour la collecte des études récentes, qui sont menée à notre thématique de recherche, dont le but est l'évaluation du bilan thermique, en tenant comptes différents paramètres climatiques, et en suivant diverses méthodes et techniques de recherche.

Certaines expériences se sont principalement concentrées sur l'investigation in situ, par ailleurs, d'autres ont utilisé l'outil informatique pour faire la simulation numérique. De plus, il y a des chercheurs qui ont évalué le confort thermique extérieur à l'aide des indices seulement, mais d'autres ont renforcé leurs résultats par des enquêtes avec les usagers de l'espace urbain, afin de confirmer la subjectivité du confort thermique.

La végétation, l'ombre, le rayonnement solaire, la présence de l'eau...etc sont responsables des modifications des paramètres microclimatiques. En effet, le changement de la sensation du confort est relatif à ces paramètres microclimatiques (température moyenne radiante, température de l'air, humidité relative et vitesse de l'air), et d'autres paramètres non climatiques (le sexe, l'habillement ...etc).

Néanmoins, certaines expériences ont prouvé que les indices de confort utilisé ne sont pas toujours fiables pour l'évaluation du confort thermique extérieur, parce que le classement des différentes zones thermiques selon les indices n'est pas confondu avec la sensation thermique des usagers (d'après les enquêtes).

En conclusion, ces études nous ont appris les différentes approches et méthodes utilisées pour l'évaluation du bilan thermique, afin d'établir une méthodologie pour vérifier nos hypothèses de recherches.

Introduction :

« *La ville est un territoire et population, cadre matériel et unité de vie collective, configurations d'objets physiques et nœuds de relation entre sujets sociaux* » Grafmeyer. Y, 1995.

Après avoir recensé les notions climatiques qui semblent les plus importants, le présent chapitre aborde le contexte climatique de la ville d'Annaba, qui apparaît méditerranéen, il se caractérise par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide.

Plusieurs facteurs cosmiques et géographiques influencent le climat de la ville d'Annaba, dans ce contexte, cette partie d'étude relève une présentation du relief et la couverture végétale, ce qui est suivi par une collecte des données météorologiques, (station météorologique de l'aéroport Rabah Bitat –Annaba-) pendant une dizaine d'année (2005-2015), afin d'avoir le diagramme solaire et l'histogramme définissant les différentes zones thermiques en fonction des 12 mois de l'année.

La ville d'Annaba est passée par diverses époques importantes de l'antiquité jusqu'à nos jours, ces périodes ont laissé leurs traces dans la ville, que ce soit relatifs à la structure viaire ou les immeubles et les édifices. La période coloniale est la plus marquante dans la ville d'Annaba, grâce à son tracé géométrique, ses gigantesques bâtiments, et ses différents styles architecturaux.

Dans cette optique, un choix de trois sites d'investigation situant au centre-ville d'Annaba se fait à la base de leurs différentes caractéristiques, le récent chapitre tend à présenter ces échantillons, et la justification de leurs choix.

L'analyse englobe les différentes figures et plans en expliquant la forme de chaque espace, ses composantes, l'emplacement de l'espace par rapport au centre-ville et par rapport à la mer, ainsi les différentes dimensions et limites urbaine, l'analyse nous donne un aperçu historique sur les aires d'étude, avec leurs styles architecturaux, elle tend à mettre la lumière sur les différents tissus urbains constituant la ville d'Annaba, où se trouvent notre sites d'investigation.

1 Choix de la ville d'Annaba:

Le choix de la ville d'Annaba n'est pas arbitraire, mais il est mené pour identifier la relation du confort thermique et les espaces publics extérieurs, la plus part des recherches en Algérie sont concentrées sur l'étude du confort thermique dans les zones arides et chaudes, par ailleurs ces études sont très rares dans les zones à caractère méditerranéen, tandis que, les conditions climatiques de la ville s'avèrent très importantes pour la conception de l'espace urbain, ainsi, la ville présente dans son ensemble un grand nombre des espaces publics, qui font l'intérêt d'une étude sur leurs densité de fréquentation et leurs différentes activités qui les abritent. La ville d'Annaba se caractérise par la diversité des tissus urbains, qui sont le résultat des apparentes périodes et cultures connaissant la ville, ce qui offre plusieurs types et formes des espaces publics, la juxtaposition de ces tissus facilite le déplacement d'un site à un autre, ainsi la ville est bien connu par sa valeur historique et touristique, qui semble correspondante le mieux pour notre problématique.

2 Situation de la wilaya d'Annaba :

Annaba se situe dans le Nord Est de l'Algérie, ouverte sur 80 Km sur la rive Sud du bassin méditerranéen, elle est à distance de 600 Km de la capitale d'Alger, et 106 Km la séparent de la frontière tunisiennes, elle s'étend sur 1412 km². Elle est limitée :

- Au Nord : par le littoral méditerranéen.
- A l'Est : par les plaines d'EL Tarf.
- Au Sud : par les monts de Nechemaya (wilaya de Guelma).
- A l'Ouest : par les plaines d'EL-Kebir (wilaya de Skikda). (PDAU Annaba, 2008).



Figure N° V. 1: Vue aérienne localisant la ville d'Annaba en Algérie.
Source : Google earth, 2021.

3 Evolution urbaine de la ville d'Annaba :

3.1 Annaba pendant l'époque antique :

Dans l'antiquité, les envahisseurs qui ont envahi le bassin Méditerranée dans toutes les directions, Hipponne était l'une des publications d'échange phénicien sur la côte est de la Méditerranée, bien avant la création de Carthage. Certaines guerres ont traversé la ville, y compris un bas vandale, qui a été vaincu par les Byzantins, ces derniers ont restauré la ville. Les Byzantins régnèrent jusqu'au VIIème siècle. Cependant, la configuration urbaine de la ville romaine est appliquée sur la ville d'Hipponne. Le plan régulier des villes romaines fait suite aux normes communes de l'Accord d'hippodamie (D'Elfonso. E et al, 2002), mais il présente un cadre d'introduction moderne basé sur la traversée orthogonale de deux axes directionnels avantageux : le cardo; Situé du nord au sud, Decumanus; Arqué à l'est à l'ouest. L'intersection de ces deux axes fait apparaître une place qui s'appelle le forum. Les avenues ont ensuite été tracées parallèlement au cardo et decumanus aux intervalles habituels, qui forment des unités importantes des institutions. *« Ce réseau organisé géométriquement est un sujet représenté par un désir demandé et dans lequel tout est marqué et mesuré, l'emplacement des espaces institutionnels civils et religieux (forum), des édifices publics(théâtres, thermes), des maisons patriciennes (domus) et des immeubles d'habitation comportant plusieurs étages (insula), lors de l'implantation de nouvelles colonies, les romains reproduisaient donc toujours le même modèle».* (D'Elfonso. E et al, 2002).

3.2 Annaba pendant l'époque Arabo musulmane :

La médina de Bouna est un tissu traditionnel reflétant l'identité de la ville arabo-musulmane, elle est située au cœur de la ville, fondée sur une colline donnant sur la mer méditerranéenne, son organisation se définit par les mêmes caractéristiques des villes Arabo-musulmane, à savoir:

- La situation centrale de la mosquée, qui constitue le centre de la médina, autour duquel s'organisent les fonctions économiques, et sociales de la ville. (Le tourneau. R, 1957).
- Le souk est un espace important pour les échanges économiques et commerciaux, sa dominance dans la vieille ville arabe est caractérisée par le groupement et la spécialisation des activités, dont on trouve : Souk el Djirane (les maçons), souk el Hadadine (les ferronniers), souk el Kharazine (les cordonniers), souk el Houka (Burnous), souk Fakharine (les portiers), souk el Djazarine (les bouchers), souk el Hadjamine (Barbiers), souk el Atarine (les droguistes). (Laouar. D, 2018).
- La dissociation des zones résidentielles et celles d'activités économiques (Khettaf. F, 2013) est un principe d'organisation de la médina de Bouna, pour garantir une certaine intimité des habitants, dont les maisons ont été de caractère introverti, les ouvertures donnent sur un patio, avec des terrasses blanches et des cheminées traditionnelles.

La vieille ville est caractérisée par une variation des espaces publics, hiérarchisés de plus public au plus privé, qui marque le cachet traditionnel de la médina arabe, dont les voiries de tissu traditionnel sont réalisées par un tracé irrégulier arborescent, et hiérarchisées de la rue - ruelle- impasse, pour des raisons de sécurité et d'intimité. La plupart des voiries sont revêtus par un pavée, elles sont adaptées à la protection contre les eaux pluvial notamment pour les fortes pentes.

- **La rue :** est l'accès principal de la médina, elle est la plus large, sa fonction essentielle est de lier le quartier avec les quartiers voisins, parmi ces rues on trouve : La rue qui vient du cours de la révolution selon l'axe Est-Ouest, elle passe par la place publique (place de 19 Aout), pour aboutir le pont suspendu au Nord Est. La rue qui vient du cours de la révolution, elle traverse le long de la ville pour rejoindre la mosquée Abou Maroun à l'Est. La rue Nord-Sud, qui vient du Port au SUD, elle est interrompue par la place publique, pour arriver au boulevard 19 Juin 1956 au Nord.
A l'époque de la colonisation Française, ils ont élargies et goudronnée les rues à cause de la mécanisation et du control pour obtenir des boulevards et des rues principales.
- **La ruelle:** A l'époque des turques, il existait les ruelles à cause de l'absence des automobiles et des voitures, elles sont moyennement large, elles ne permettent pas l'accès des voitures, leurs fonctions principales était le passage des piétons et les charrettes. Elles sont bordées par des murs de construction à grande hauteur qui provoque un climat préféré toute l'année (moins froid et moins humide en hiver et moins chaud et ombré en été). Les ruelles servent à lier entre les rues et les autres parties du quartier.
- **L'impasse :** est la voie tertiaire du système d'accessibilité, cette partie représente la spécificité de la ville traditionnelle, car l'impasse est un passage privé aboutit à une maison ou à un ensemble de maison, sa largeur est très étroite, et elle est revêtue par un pavé. (POS vieille ville, 2001)



Figure N° V. 2: La ville d'Annaba pendant la période des Turques.
Source : Laouar. D, 2015.

Parmi les espaces publics et les espaces de rencontre dans la vieille ville d'Annaba se trouve la place, elle représente un lieu qui est à la fois un élément de référence spatiale et visuelle et le point privilégié des échanges entre les individus. La place 19 Août est la seule place de la vieille ville, elle est située au cœur du quartier, qui est le résultat d'intersection de plusieurs rues principales qui raccordent la médina avec son environnement immédiat.

Dès 1058, la médina de Bouna est entourée par des remparts, qui comportent 04 portes : Bab el Bhar (porte de la mer), porte de Constantine, Bab Essoukene (porte des habitants), Bab el Makaber (porte des cimétières), (POS vieille ville, 2001). Ces portes ont été reliées entre elles par des grandes artères convergeant vers la place centrale. (Proshaska. D, 1990).

Après la chute de la médina par les colons Français en 1832, certaines procédures urbaines ont été apportées à l'organisation de la vieille ville pour s'adapter à l'image urbaine des nouveaux colons européens, mais surtout pour assurer un meilleur contrôle de la population des autochtones et des lieux. (Laouar. D, 2018).

3.3 Annaba pendant l'époque coloniale :

La ville d'Annaba au cours de la période coloniale a constaté un progrès inhabituel, ce qui a été interprété par des ajustements dans le tissu existant, ainsi qu'une expansion de sa structure urbaine, selon des anciennes recherches (Boumaza. W, 2010), trois grandes périodes critiques de l'avancement de la ville ont été déterminées, à savoir:

3.3.1 Période entre 1832 à 1868 :

Cette période est marquée par la mise en pieds des colons Français dans la médina d'Annaba, dont le but est de faire des changements dans la vieille ville pour l'adapter à une nouvelle substance, car l'ancien tissu urbain ne coïncide pas avec la culture coloniale.

Ces changements se manifestent à travers la restructuration de trame viaire de la vieille ville, la démolition d'une grande partie du tissu ancien, et l'extension progressive par larges auréoles demi-circulaires d'abord à l'ouest (nouvelle ville ; faubourg), au nord et au sud ensuite, la ville prend dès lors le nom de Bône. (Travers. L, 1958).

Les travaux de reconstruction les plus importants ont été le développement du réseau routier, la rectification et l'élargissement de la place principale, ainsi la création d'une place d'arme (POS vieille ville, 2001) qui permet aux forces militaires de contrôler et gérer la situation au sein du quartier. Ces opérations de développement et d'élargissement ont été les plus dangereuses pour la structure urbaine de la médina ; La hiérarchisation des rues est maintenant remplacée par un format rectiligne culminant, Néanmoins, la partie supérieure de la médina conserve plus ou moins son caractère, car elle n'a pas été soumise à des changements à cause de son relief abrupt (POS vieille ville, 2001).L'autorité militaire fut édifié une nouvelle enceinte, et des majestueux bâtiments en formes rectangulaires qui ceinturent la médina, dont le but est de limiter la propagation et l'évolution de la vieille ville.

L'année 1845 a vu la proclamation du nouveau plan urbain français, pour l'appliquer dans la ville d'Annaba, y compris la construction de la cathédrale Saint Augustin, dont les travaux ont commencé en 1846 et se sont poursuivis jusqu'en 1855.

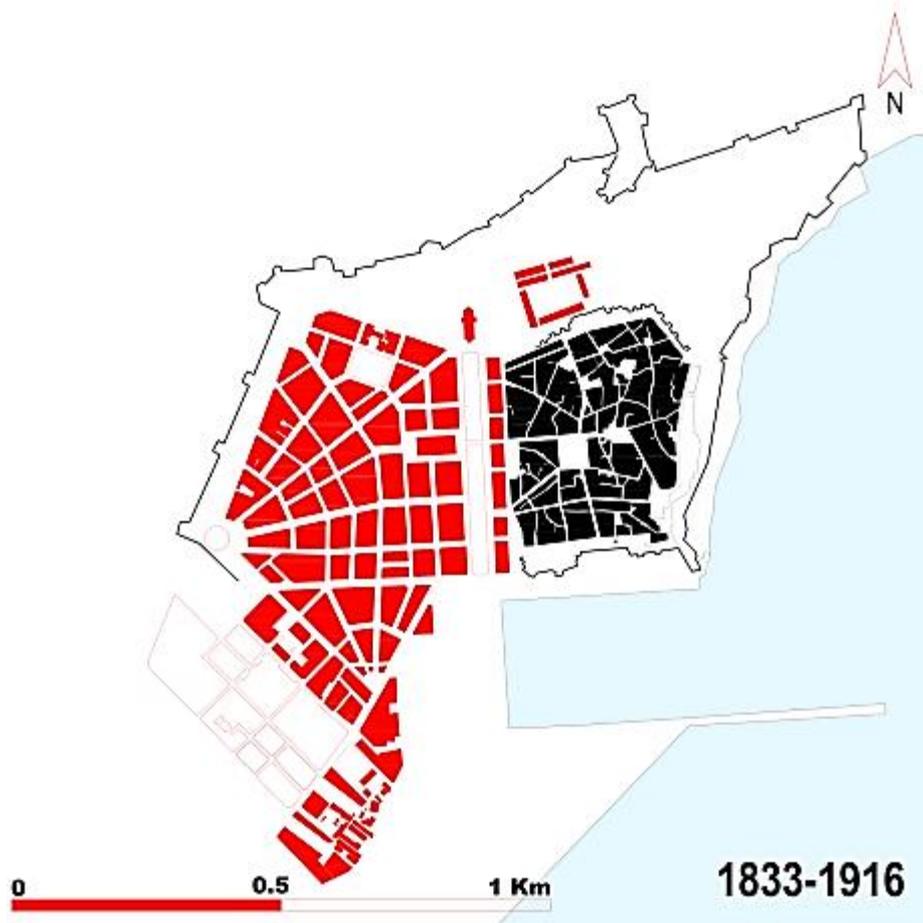


Figure N° V. 3: La ville d'Annaba pendant la période entre 1833 à 1916.
 Source : Laouar. D, 2015.

3.3.2 Période entre 1864 et 1905 :

Cette période est marquée par une nouvelle organisation géométrique et régulière de la ville d'Annaba, elle est faite suivant un tracé en étoile à caractère Haussmannien, qui assure la jonction entre l'ancienne et la nouvelle ville, de ce fait, il apparait un nouveau tissu urbain différent de l'ancien tissu existant, qui donnent naissance à des formes régulières d'îlots et parcelles, et l'apparition des nouveaux espaces publics à savoir :

- **Les voiries** : Un nouveau réseau viaire se présente sous forme de plusieurs systèmes, il est caractérisé par une trame orthogonale avec des tracés géométriques, il est hiérarchisé de la voie la plus large jusqu'à la plus étroite.

Les voies principales (les boulevards) : Ce sont les rues principales, elles sont larges, et assurent un flux mécanique important. Elles sont caractérisées par leurs tracés géométriques rectilignes, et perpendiculaires à la parcelle de l'îlot.

Les ruelles : Ce sont des voies moins larges que les boulevards, elles sont caractérisées par un flux mécanique moins important, elles se situent derrière les voies principales, généralement elles sont parallèles à ces dernières.

Les voies tertiaires : Ce sont les voies les plus étroites par rapport aux autres, elles servent à articuler entre les maisons et les ruelles, elles permettent le passage d'un seul véhicule.

- **Le cour** : La première extension qui sépare la médina et le nouveau tissu colonial fut le cours de Bertagna (cours de la révolution) (Proshaska. D, 1990), cette séparation est matérialisée par un ensemble d'immeubles, de gabarit assez haut et qui abritent en mixité, commerces, logements et équipements administratifs.
- **La place** : La place d'Alexies Lambert est de forme rectangulaire, elle représente un lieu de rencontre et loisirs, elle est bordée de beaux arbres centenaires.
- **Le parvis** : est une petite placette se trouve devant l'entrée de théâtre, qui fut édifié au cours de la révolution.
- **Le jardin**: est un espace de détente et loisir, le jardin Randon (square el Houria) est un espace public construit par les Français, il accueille plusieurs types d'arbres.

Le centre-ville colonial se développe suivant un axe nord sud, qui comprend le cours de la révolution et le boulevard du 1er novembre. Ces grands axes ont été déterminés suivant une intention coloniale. Le croisement de la route de l'Edough (Porte Randon), avec le chemin de la plaine (Kheraza), les routes vers Guelma, Constantine (porte d'Hippone) ont conféré le tracé rayonnant à la nouvelle ville par la convergence des rues (Gambetta, Lemerrier, Bouscarein).

Mais l'extension n'a pas été arrêtée dans le cours de la révolution, le centre de la ville s'étend sur les faubourgs de Sainte Anne, et la colonne Randon (Laouar. D, 2018). Au cours de la même période, certains projets publics et installations ont également été réalisés par le colonialisme, tels que la construction du palais de la justice en 1882, et le nouveau port (PDAU Annaba, 2008).

3.3.3 Période entre 1905 et 1962 :

Pendant cette période, la croissance démographique et le développement urbain ont entraîné la différenciation socio-économique de Bône, ce qui est suivi par la création de trois zones différentes : au Nord une banlieue à caractère résidentiel, à l'Ouest une banlieue d'habitation et de petits commerces, au Sud : une zone industrielle. Cette période d'extension est caractérisée par l'importance de l'habitat individuelle, ce qui explique l'étalement rapide des faubourgs (Laouar. D, 2018).

Vers 1905, dans le sud-est de la ville, près du mausolée de Sidi Ibrahim, dans le cadre de la conquête militaire, la zone d'habitation des ouvriers commença à apparaître sous Oued Edheb, les habitants y construisirent des quartiers résidentiels délabrés, puis formèrent les quartiers résidentiels (Auras, Chancel, Deyron) (Travers. L, 1958). Ce chantier gigantesque permettra la concrétisation du quartier des Santons, dès 1924, l'extension de la ville vers le Nord permet la naissance de la proche banlieue nord (Beauséjour, santons ...etc.). C'est à cette époque que la ville de Bône s'étend sous l'impact de la colonisation et se déploie dans sa plaine en se rapprochant des contreforts collinaires.

En 1958, et dans le cadre du fameux « plan de Constantine », un plan d'étalement urbain de la ville de Bône a été élaboré par les colons Français, le but principal de cette extension est de prendre en charge les besoins de la population (de plus en plus croissante), en s'intéressant aux autochtones, et en rejetant l'idée de la ville duale, cette opération a été débutée après l'essor de la révolution Algérienne en Novembre 1954 (PDAU, 2008). Dans ce cadre, les bidonvilles ont été déconstruits, trois cités (Sidi Salem, Ruisseau d'or, et Laurier Rose) ont été

réalisées afin de recaser les conditions d'insalubrités et de précaire vivant la population, mais l'extension de la ville ne se limitait pas à ce stade, à cause de la croissance démographique, ce qui a fait apparaître des nouvelles constructions bidonvilles à la périphérie de l'agglomération, ce qui suivi par la création de trois accès à la ville : la Chaumarelle (près de la route de Bône cale et la Tunisie), Clemenceau (en contrebas de la route de Bône Philippeville), et pont blanc (Cinéma de l'armée) (Laouar. D, 2018).

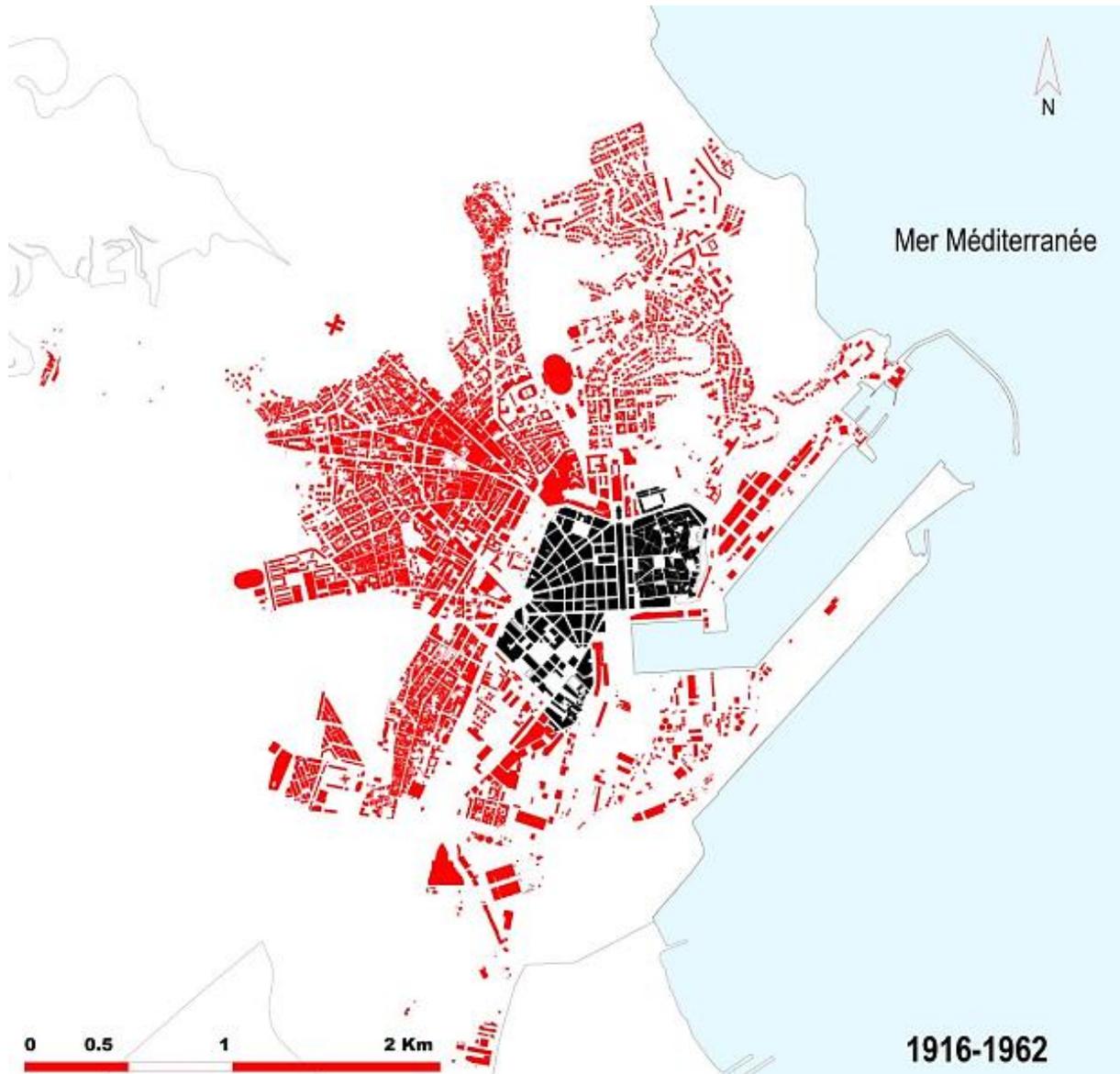


Figure N° V. 4: La ville d'Annaba pendant la période 1916 jusqu'à 1962.

Source : Laouar. D, 2015.

3.4 Annaba après l'indépendance:

Après l'indépendance, la ville s'agrandis de plus en plus, à cause de l'augmentation du taux d'agglomération, à partir des années 1970 jusqu'à 1980, ils ont construit deux grandes ZHUN sur plus de 304 Ha à la Plaine Ouest. Pendant cette période, la ville a connu un phénomène de bidonville important, qui a été résolu par des programmes de destruction et le transfert de population principalement vers la périphérie de la ville le long des voies de circulation. (PDAU, 2008).

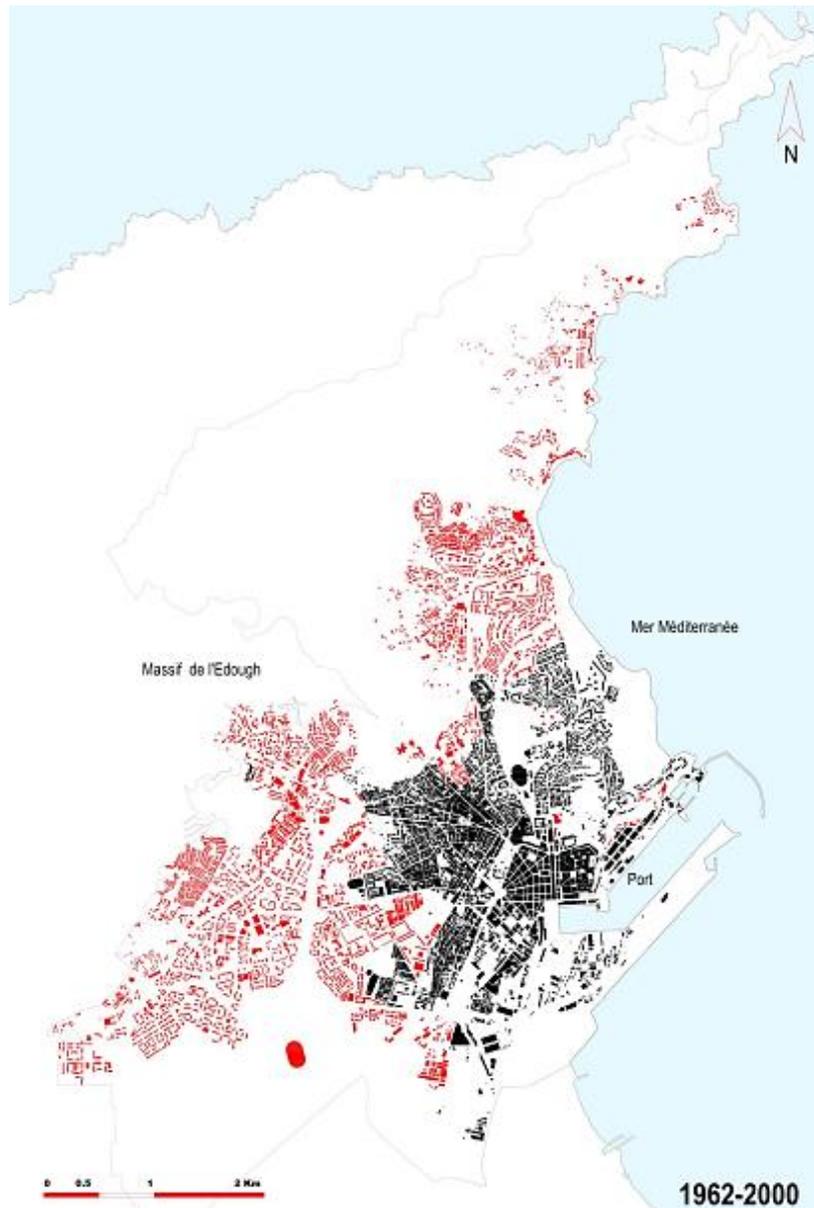


Figure N° V. 5: La ville d'Annaba pendant la période 1962 jusqu'à 2000.
Source : Laouar. D, 2015.

Après 1986, la politique de l'habitat s'est orientée vers la promotion immobilière et foncière. (PDAU, 2008) A cette époque, Annaba connaît un grand étalement urbain, où la ville est presque totalement urbanisée, elle contient plusieurs types d'habitats (collectif, individuel, et semi collectif), dont les espaces publics font l'objet d'articulation de la ville.

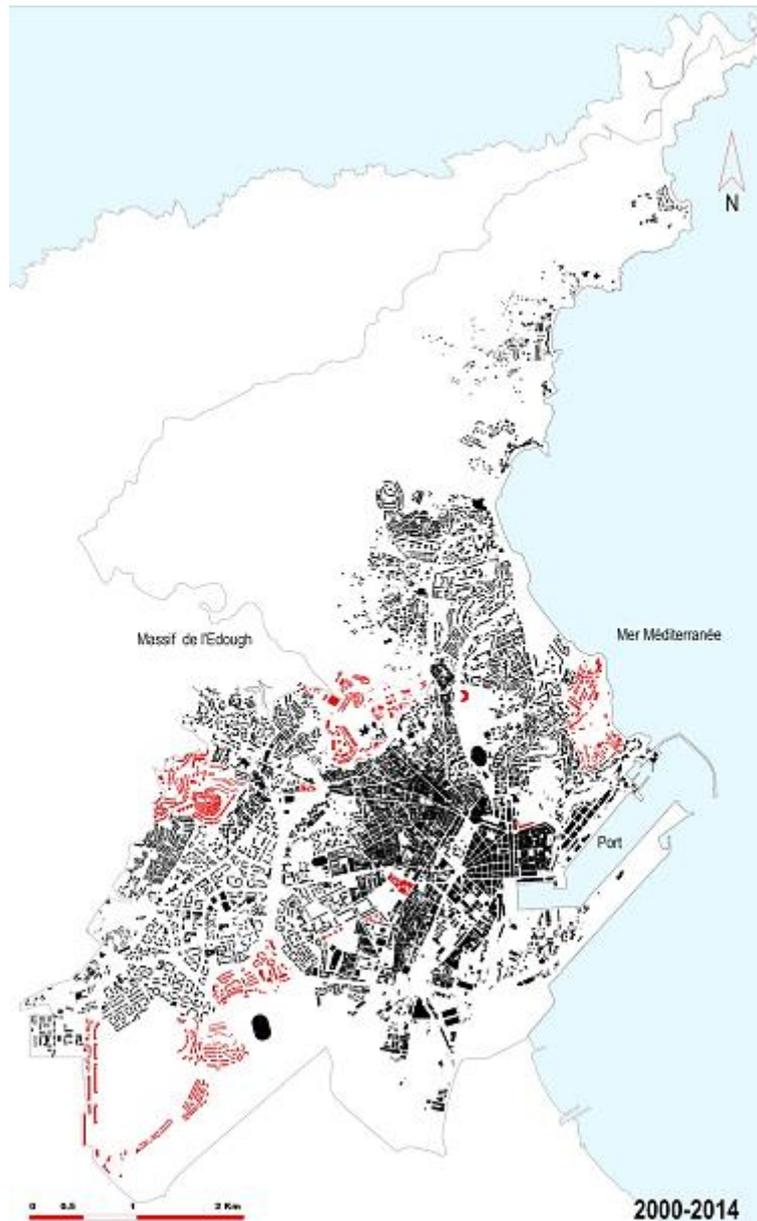


Figure N° V. 6: La ville d'Annaba pendant la période 2000 jusqu'à 2014.
Source : Laouar. D, 2015.

4 Caractéristique de la ville :

4.1 Relief et topographie :

Le milieu physique de la wilaya est différencié par ces ensembles :

- Les montagnes au nord, représentent 52,16 % du territoire de la wilaya soit une superficie de 736 km², on distingue en particulier le massif de l'Edough dont le point culminant se situe au mont « Bouzizi » avec 1100 m d'altitude.
- Les collines et les piémonts au sud, occupent 25,82 % de la superficie globale de wilaya soit : 365 km².
- Les plaines centrales sont constituées essentiellement par la plaine de Kherraza, et représentent 18,08 % de territoire de la wilaya, soit de 255 km².

- Autre zone géographique constituée de plateau, représente 3,94 % de la surface globale soit une superficie de 56 km².

4.2 **Flore :**

Les forêts représentent 53,42 % du territoire de la wilaya soit une superficie de 75424 ha, se localisent généralement sur les terrains accidentés et quelques lambeaux de plaines et piémonts.

Nom du jardin	Nature du jardin	Superficie du jardin (m ²)
Idough Sud	Fermé	9976.21
Idough Nord	Fermé	27570.23
Boukhatouta Houcine	Fermé	8468.42
El Houria	Fermé	17800.76
La gare des trains	Fermé	5490.75
Champs de Mars	Fermé	6661.52
Moukaouma	Fermé	5882.32
Les frênes	Fermé	4110.85
08 Mai 1945	Fermé	12948.31
Bouali Said	Fermé	3315.27
Zemmouri Ouanassa	Fermé	1512.78
Palais de la culture	Ouvert	4243.80
Cours de la révolution	Ouvert	18180.48
Sidi Brahim	Ouvert	9007.33

Tableau N° V. 1: Répartition des espaces publics à Annaba.

Source : Direction de l'environnement d'Annaba, 2020.

Elles sont composées essentiellement de maquis (près de 64%) le reste est formée d'essences naturelles (Chêne liège, zen) et de plants de reboisement (Eucalyptus - pin- maritime). La composition de la forêt est :

- Forêt de chêne liégé: 14.930 ha.
- Forêt de chêne liégé en association : 376 ha.
- Forêt de chêne zen: 746 ha.
- Forêt de reboisement (Eucalyptus – pin maritime): 9515 ha.
- Maquis : 43257 ha.
- Zone humide: 6600 ha.

Ces espaces contiennent des végétations et plantes adaptées au climat de la ville d'Annaba, grâce à leurs racines qui cherchent l'eau très profondément dans le sol. Elles sont caractérisées par l'épaisseur de leurs écorces, qui les protègent contre l'évaporation.

5 **Analyse climatique de la ville d'Annaba:**

La wilaya d'Annaba présente dans son ensemble un climat méditerranéen, avec des variations saisonnières marquées par un été chaud, et un hiver froid et humide à caractère pluvieux et tempéré (Tebbani. H et *al*, 2016). Annaba se caractérise par un climat subhumide et très humide (60 à 70%). Ce climat est soumis à plusieurs facteurs naturels et artificiels à savoir :

- La déviation des vents Nord vers plusieurs directions : horizontales, verticales, gauches et droites, parce qu'elle est dominée à l'ouest par la chaîne de montagne de l'Edough (1008 m d'altitude).
- Ce massif a provoqué une réduction de vitesse des vents dans la partie basse, et une grande turbulence dans la partie haute de colline, par conséquent, une faible ventilation au cœur de la ville.
- L'imbrication des unités industrielles dans la ville d'Annaba provoque le réchauffement climatique et par conséquent l'augmentation des températures, à cause de la pollution résultante des usines. (Tebbani. H, 2006).
- La présence de plusieurs surfaces d'eau a accéléré les taux d'humidités durant toute l'année.

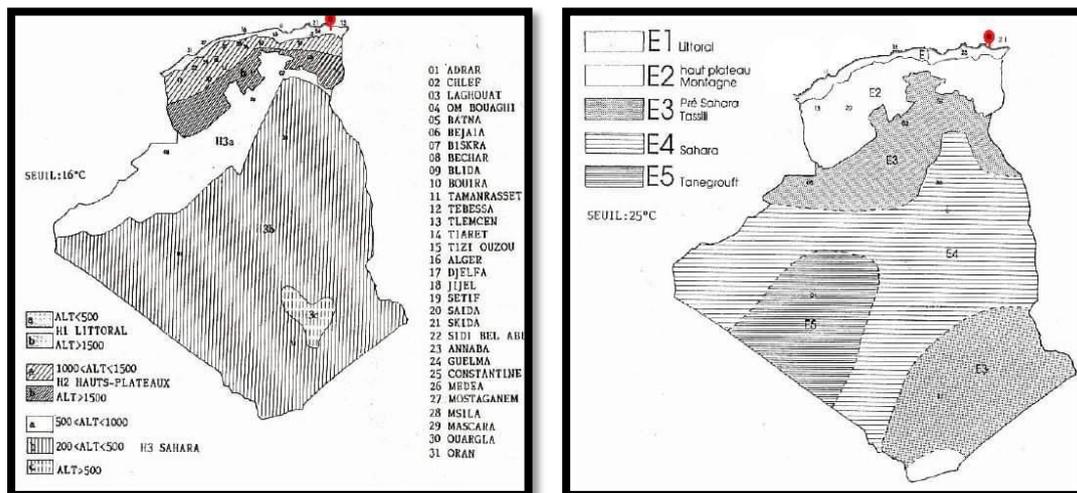


Figure N° V. 7: Classement des zones climatiques en Algérie, à gauche : en hiver, à droite : en été.
Source : Ministère de l'habitat d'Algérie 1993.

Les coordonnées géographiques d'Annaba facilitent son classement des zones climatiques en Algérie, son latitude est de 36°54' Nord, la longitude est de 7°46.0002' Est, et son altitude par rapport au niveau de la mer est de 5m. Donc, selon le découpage en zones climatique de territoire Algérien établi par le ministère de l'habitat, Annaba fait partie de la zone climatique d'hiver H1a avec des hivers doux et amplitudes faibles, cette zone est caractérisée par son altitude qui est <500m, et la zone d'été E1a avec des étés chauds et humides, l'écart des températures diurnes et nocturnes est faible, alors la zone subit l'influence de la mer (ENAG, 1993).

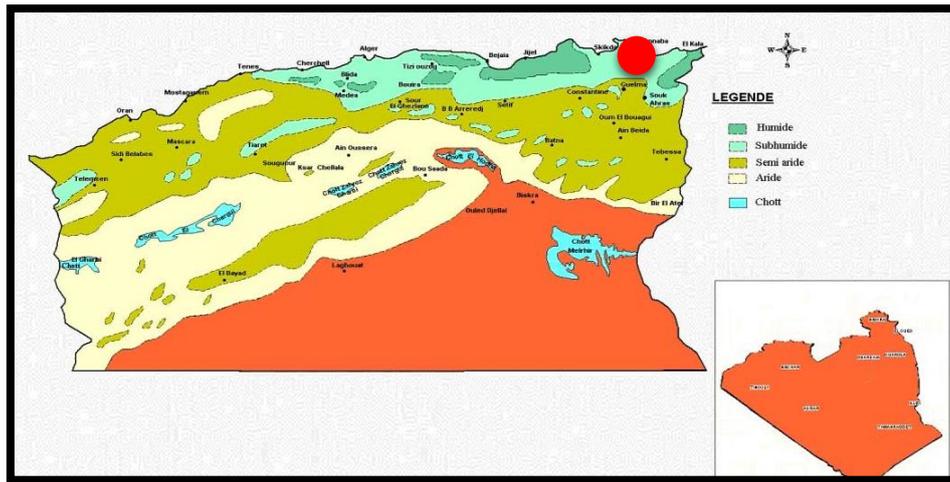


Figure N° V. 8: Carte bioclimatique de l'Algérie.
Source : D. Nedjraoui et al, d'après ANAT, 2004.

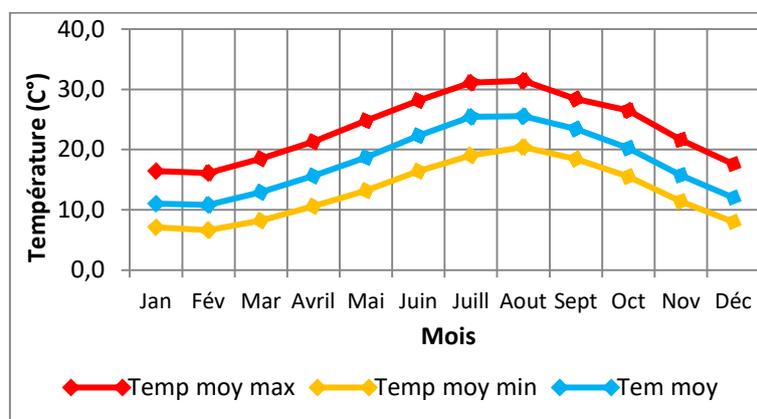
Le zonage bioclimatique de l'Algérie est actuellement en cours de révision par les chercheurs qui se penchent sur l'impact des changements climatiques et celui du processus de désertification sur ces limites (Nedjraoui. D et al, 2008).

Les données climatiques de la ville d'Annaba sont prises de la station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba, elles sont présentées dans les tableaux et les graphes suivants :

5.1 Température de l'air °C pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avr	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Temp moy max	16.4	16.1	18.5	21.3	24.8	28.1	31.1	31.4	28.4	26.5	21.6	17.6
Temp moy min	07.1	06.6	08.2	10.6	13.2	16.4	19.0	20.4	18.4	15.5	11.4	08.0
Tem moy	11.0	10.8	12.9	15.6	18.7	22.3	25.4	25.5	23.4	20.2	15.7	12.0

Tableau N° V. 2: Les valeurs de la température pendant la décennie (2005-2015).
Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graphe N° V. 1: Les valeurs de la température pendant la décennie (2005-2015).
Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

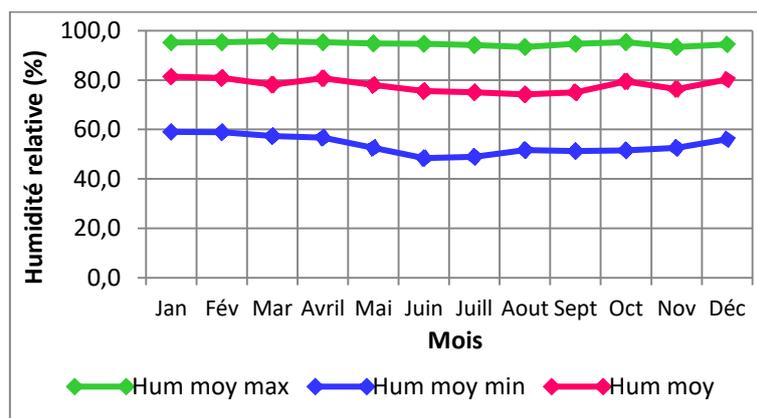
Les valeurs mensuelles de températures minimales (T_{min}), maximales (T_{max}) et moyennes (T_{moy}) nous révèlent l'évolution mensuelle de la température de l'air pendant la décennie (2005-2015), cette évolution est illustrée dans le tableau et les courbes ci-dessus.

- La température moyenne maximale est enregistrée pendant le mois d'Aout avec une valeur de 31.4°C.
- La température moyenne minimale est enregistrée pendant le mois de Février avec une valeur de 6.60°C.
- La température moyenne annuelle est de 17.8°C, elle varie de 10.8°C en Février à 25.5°C en mois d'Aout.
- L'écart entre température de période diurne et nocturne varie entre 9.30°C à 12.1°C.

5.2 Humidité relative.% pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
Hum moy max	95.2	95.3	95.7	95.3	94.9	94.7	94.2	93.6	94.7	95.3	93.4	94.5
Hum moy min	59.0	58.9	57.4	56.7	52.6	48.4	49.0	51.6	51.3	51.5	52.5	56.1
Hum moy	81.4	80.9	78.2	80.7	78.0	75.6	75.1	74.2	75.1	79.5	76.4	80.2

Tableau N° V. 3: Les valeurs de l'humidité pendant la décennie (2005-2015).
Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graphe N° V. 2: Les valeurs de l'humidité pendant la décennie (2005-2015).
Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

D'après les données climatiques prises de la station météorologiques de la ville d'Annaba, on remarque que :

- L'humidité relative moyenne maximale est enregistrée pendant le mois de Mars avec une valeur de 95.7%.
- L'humidité relative moyenne minimale est enregistrée pendant le mois de Juin avec une valeur de 48.4%.
- L'humidité relative moyenne annuelle est de l'ordre de 77.9%.

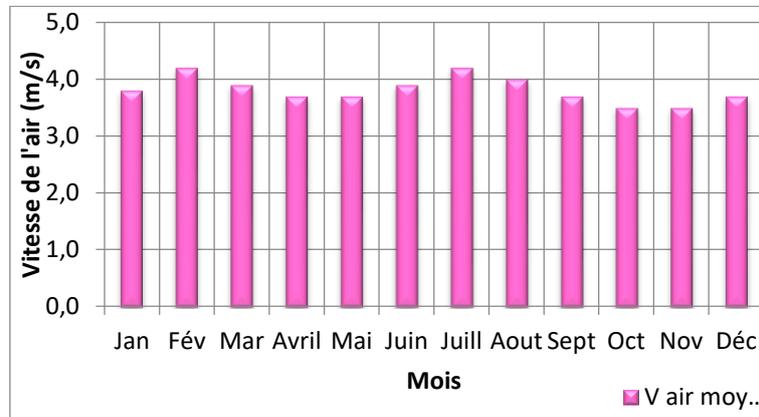
D'après les courbes de taux d'humidité relative et celles de température de l'air, on constate qu'il y a une forte relation entre les deux paramètres climatiques, lorsque la température baisse l'humidité relative augmente, et vice versa.

5.3 Vitesse du vent pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aou	Sept	Oct	Nov	Déc
V air moy (m/s)	03.8	04.2	03.9	03.7	03.7	03.9	04.2	04.0	03.7	03.5	03.5	03.7

Tableau N° V. 4: Les valeurs de la vitesse du vent pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graphe N° V. 3: Les valeurs de la vitesse du vent pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

La vitesse et la direction des vents jouent un grand rôle dans une analyse climatique, ces deux aspects peuvent indiquer si le vent est un facteur de gêne (stabilité des structures, pollution...) ou un facteur de confort (ventilation, effet thermique) (Guyot. A, 1979).

Le tableau et l'histogramme ci-dessus marquent la vitesse du vent enregistrée par la station météo d'Annaba pendant la décennie (2005-2015). On remarque que la vitesse du vent atteint son apogée pendant les mois de Février et Juillet avec une valeur de 04.8 m/s, et elle enregistre les faibles écoulements pendant les mois d'Octobre et Novembre avec une valeur de 03.5 m/s, la moyenne annuelle de la vitesse de l'air est de 3.8 m/s.

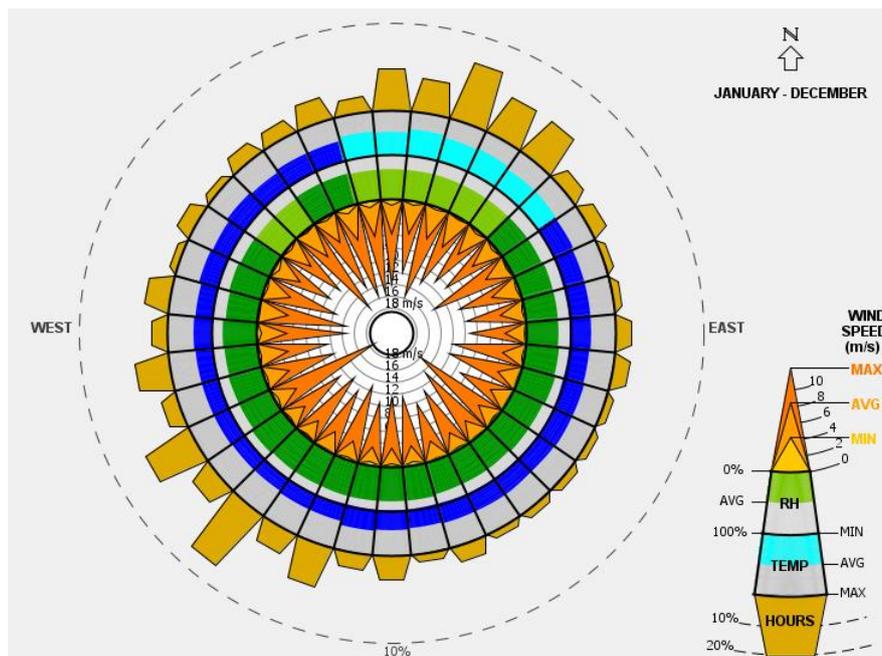


Figure N° V. 9: La rose des vents.

Source : Auteur, 2016.

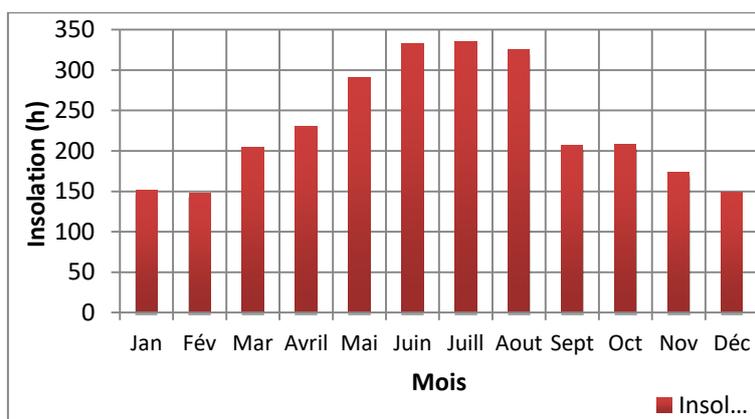
Les vents dominants de la région d'Annaba soufflent de N à NE le jour et de S à SO la nuit (brise de mer pendant le jour et brise de terre pendant la nuit). Pendant la période : de Septembre à Mai, le vent est de SO à O et parfois de NO le jour et N à NE pendant la période de Mai à Septembre (Station météorologique d'Annaba, 2015).

5.4 Insolation pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avri	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Insol total h	151.9	148.4	204.6	231	291.4	333	334.8	325.5	207	207.7	174	148.8

Tableau N° V. 5: Les valeurs de l'insolation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graph N° V. 4: Les valeurs de l'insolation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

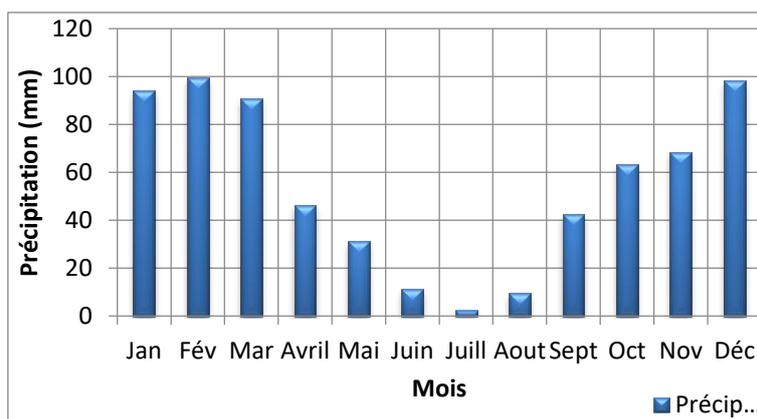
Le tableau et le graphe ci-dessus montrent les moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2005-2015), les durées d'ensoleillement les plus élevées s'étalent du mois de Juin jusqu'à le mois d'Aout, cependant le rayonnement solaire atteint son maximum pendant le mois de Juillet avec une durée d'exposition de 334.8 h, qui dû à un ciel clair, ce qui explique la période de surchauffe à cause de la chaleur résultante, par contre les mois de Février et Décembre représentent la durée d'ensoleillement minimale avec un valeur de 148.4h et 148.8 h, à cause de la couverture nuageuse du ciel.

5.5 Précipitation pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avri l	Mai	Juin	Juill	Aou t	Sept	Oct	Nov	Déc
Précip (mm)	94.0	99.4	90.7	46.1	31.2	11.3	02.5	09.6	42.6	63.5	68.6	98.3

Tableau N° V. 6: Les valeurs de la précipitation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graph N° V. 5: Les valeurs de la précipitation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

Pendant la décennie (2005-2015), Annaba enregistre 657.8 mm de précipitations mensuelles.

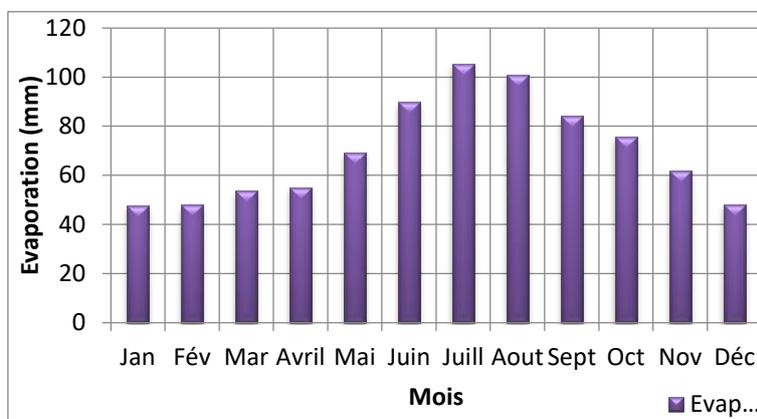
- Le mois le plus pluvieux est le mois de Février avec une valeur de 99.4mm.
- Le mois le plus sec est le mois de Juillet avec une valeur de 2.50mm.

5.6 Evaporation pendant les 10 ans:

	Jan	Fév	Mar	Avril	Mai	Juin	Juill	Aout	Sept	Oct	Nov	Déc
Evap (mm)	47.6	47.9	53.5	55.1	69.3	89.7	105.4	100.9	84.2	75.5	61.8	48.1

Tableau N° V. 7: Les valeurs de l'évaporation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.



Graph N° V. 6: Les valeurs de l'évaporation pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba.

La disponibilité des surfaces d'eau dans la ville d'Annaba augmente l'effet d'évaporation, la station météorologique enregistre 839 mm d'évaporation annuelle d'eau pendant la décennie (2005-2015).

- Le maximum d'évaporation est enregistré pendant le mois de Juillet avec une valeur de 105.4 mm.
- Le minimum d'évaporation est enregistré pendant le mois de Janvier avec une valeur de 47.6 mm.

5.7 Indice d'aridité :

L'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible. L'indice d'aridité de De Martonne, permet de déterminer le degré d'aridité d'une région.

Pour le calculer, on utilise la formule :

$$I = P/T + 10$$

P : désigne les précipitations totales annuelles. T : la température moyenne annuelle.

Le schéma ci-dessous indique la lecture de cet indice, elle se fait comme suit :

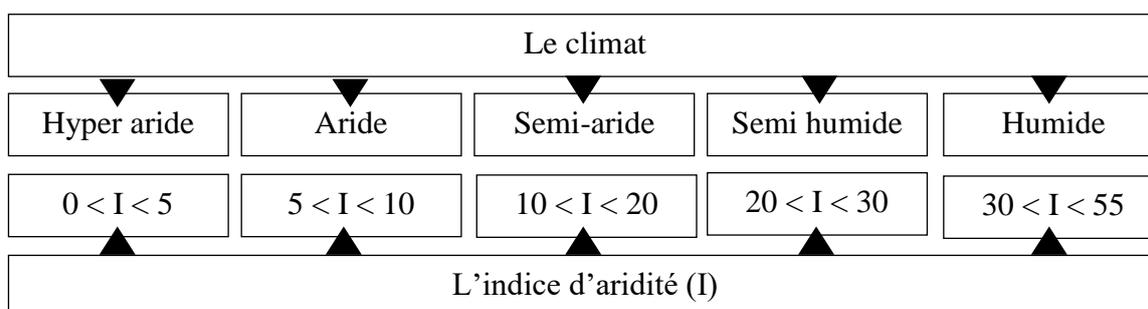


Figure N° V. 10: Schéma de la relation entre l'indice d'aridité et le climat.

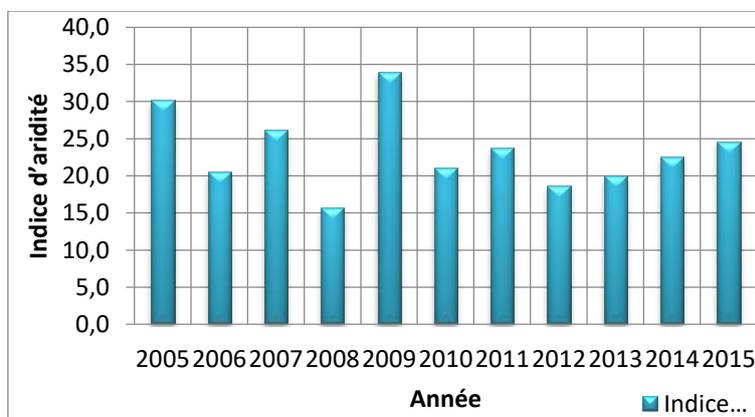
Source : G. Guyot, 1999.

Le tableau suivant présente les données climatiques de la ville d'Annaba obtenues par la station météorologique de l'Aéroport « Rabah Bitat », ce qui rend possible de concrétiser un histogramme déterminant la valeur de l'indice d'aridité de la ville d'Annaba.

Année	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015
Précipitations totales	845.1	583.9	734.1	432.9	947.5	593.1	667.8	535.7	557.3	648.8	699.5
Température moyenne	18.0	18.5	18.1	17.6	17.9	18.2	18.1	18.7	17.9	18.7	18.4
Indice d'aridité	30.18	20.48	26.12	15.68	33.96	21.03	23.76	18.66	19.97	22.60	24.63

Tableau N° V. 8: L'indice d'aridité de la ville d'Annaba pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba, réadapté par auteur.



Graphe N° V. 7: L'indice d'aridité de la ville d'Annaba pendant la décennie (2005-2015).

Source : station météorologique de l'aéroport « Rabah Bitat » d'Annaba, réadapté par auteur.

La moyenne des indices d'aridité de la ville d'Annaba durant la décennie (2005-2015) est de 23.37, donc Annaba est située dans « une zone humide ».

5.8 Détermination d'isotherme de la ville d'Annaba :

L'isotherme de la ville d'Annaba nous permet de définir les différentes zones de confort, qui limitent la ville durant toute l'année. Une étude climatique de ces derniers 30 ans nous a permis de déterminer cette isotherme, à l'aide du logiciel « climate consultant 06 ».

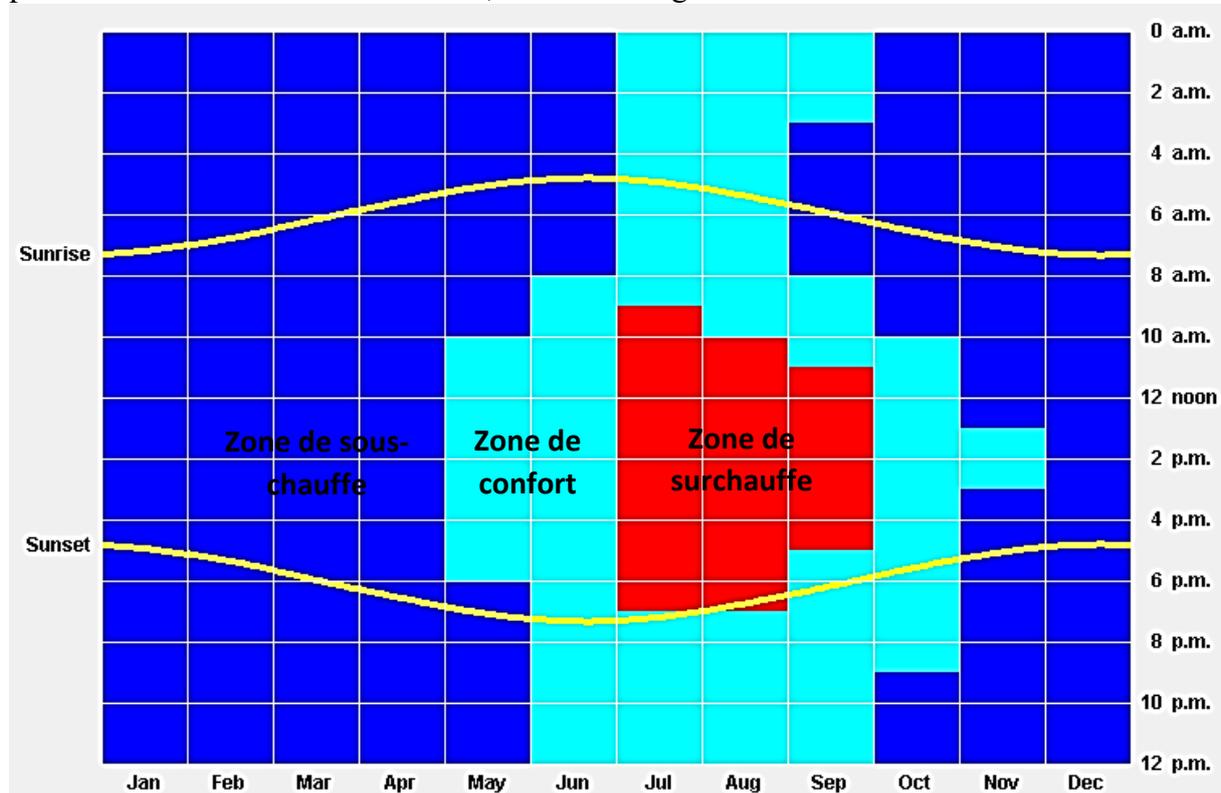


Figure N° V. 11 : Isotherme de la ville d'Annaba.

Source : Auteur, 2016.

La matrice des isothermes indique trois zones de confort :

5.8.1 Zone de surchauffe :

Cette zone s'étale du mois de Juillet, Aout jusqu'au mois de Septembre. Elle se caractérise par des températures très élevées en dépassant le seuil du confort, ce qui nécessite des occultations solaire et une climatisation artificielle.

5.8.2 Zone de confort :

La période de confort englobe les mois Mai, Juin, Octobre, ainsi une moitié de mois de Septembre, et une partie du mois de Novembre. Cependant, la zone se caractérise par le bien-être et la satisfaction thermique de l'individu, c'est-à-dire sans avoir besoin d'un dispositif de réchauffement ou de refroidissement. (Boukhabla. M, 2015).

5.8.3 Zone de sous-chauffe :

Cette zone comprend les mois de janvier, février, Mars, Avril, Décembre et aussi une partie du mois d'Octobre et Novembre, elle présente la période la plus froide de l'année, dans laquelle les températures sont souvent sous la limite du confort thermique, ce qui implique un usage des moyens de chauffage d'appoint. (Boukhabla. M, 2015).

5.9 Diagramme solaire de la ville d'Annaba :

Le diagramme solaire définit la course du soleil par des coordonnées rectangulaires, il apparente le parcours du soleil pour chaque mois en fonction de l'heure, la hauteur du soleil, les heures du lever et coucher du soleil pour chaque mois. Le premier diagramme présenté ci-dessous illustre les différentes périodes du rayonnement solaire, durant la première moitié de l'année (du 21 Décembre jusqu'au 21 Juin), le deuxième montre la trajectoire du soleil pendant la seconde moitié de l'année (du 21 Juin jusqu'au 21 Décembre), il confirme que la période de surchauffe reçoit plus de radiations de Juin jusqu'au mois d'Aout. L'élévation du soleil varie de 30° jusqu'à 77° , dont elle est 61.33° le 03-08-2016 à midi (jour de l'investigation), les heures de surchauffe commence de 10h du matin jusqu'à coucher de soleil.

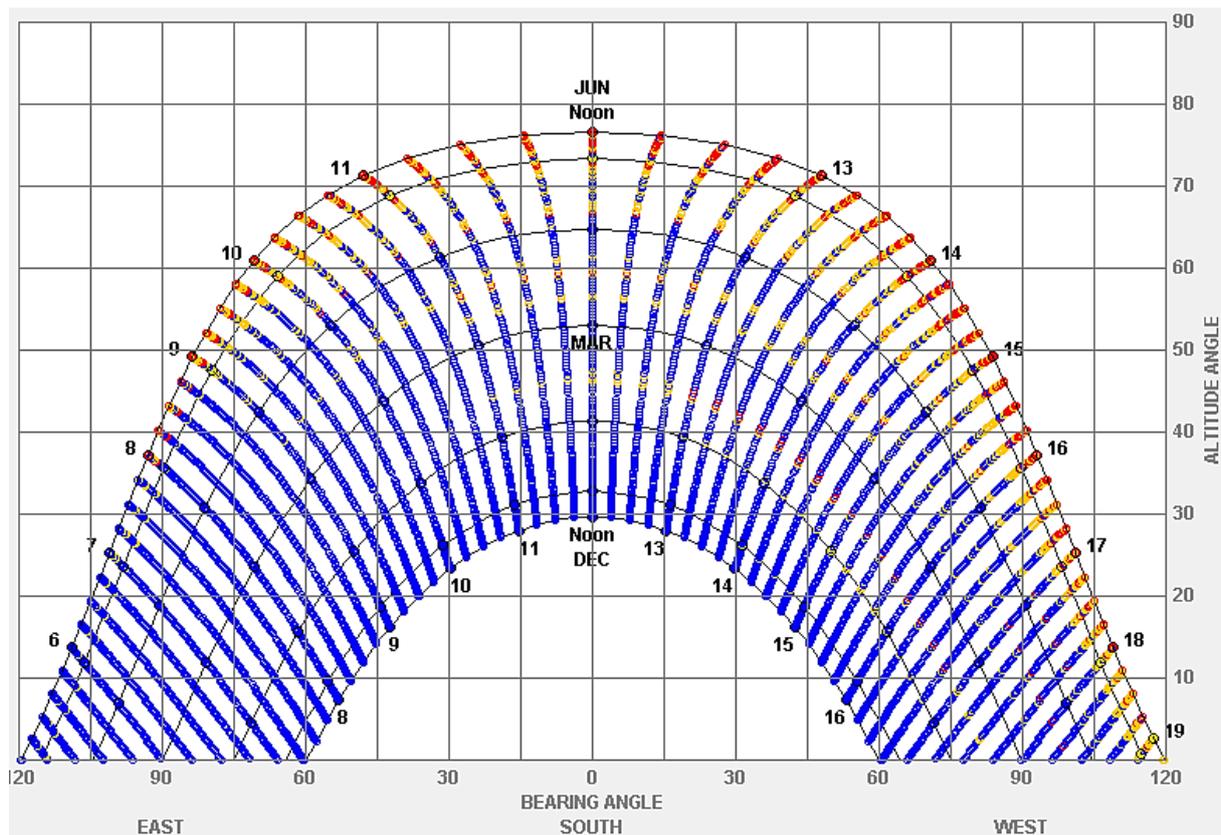


Figure N° V. 12 : Diagramme solaire de la ville d'Annaba de Décembre à Juin.

Source : Auteur, 2016.

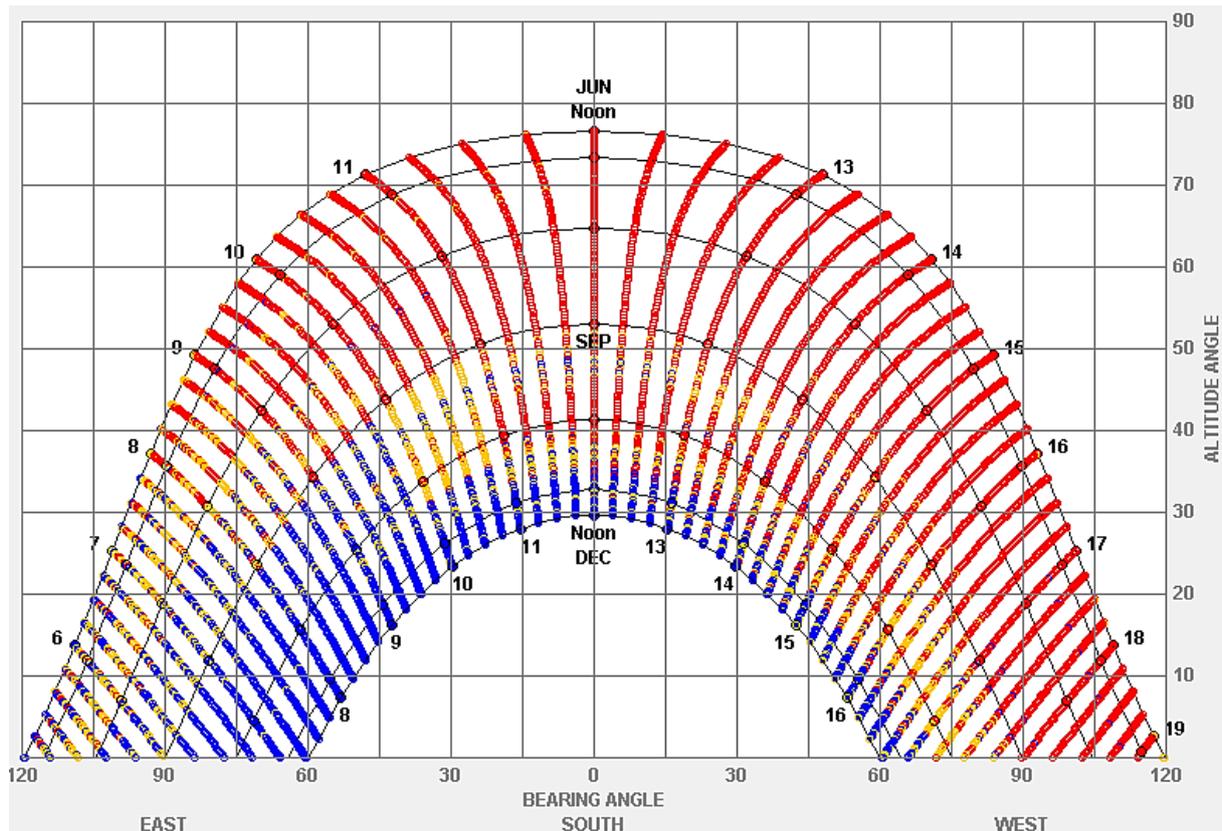


Figure N° V. 13 : Diagramme solaire de la ville d'Annaba de Juin à Décembre.
Source : Auteur, 2016.

6 Présentation des cas d'étude :

Trois espaces publics de la ville d'Annaba ont été choisis grâce à leurs proximités, et emplacements par rapport au centre-ville, la diversité des caractéristiques morphologiques, végétales, et les différentes pratiques font l'objet de leurs choix, dont le but est d'évaluer l'impact du confort thermique sur la pratique des espaces publics extérieurs.

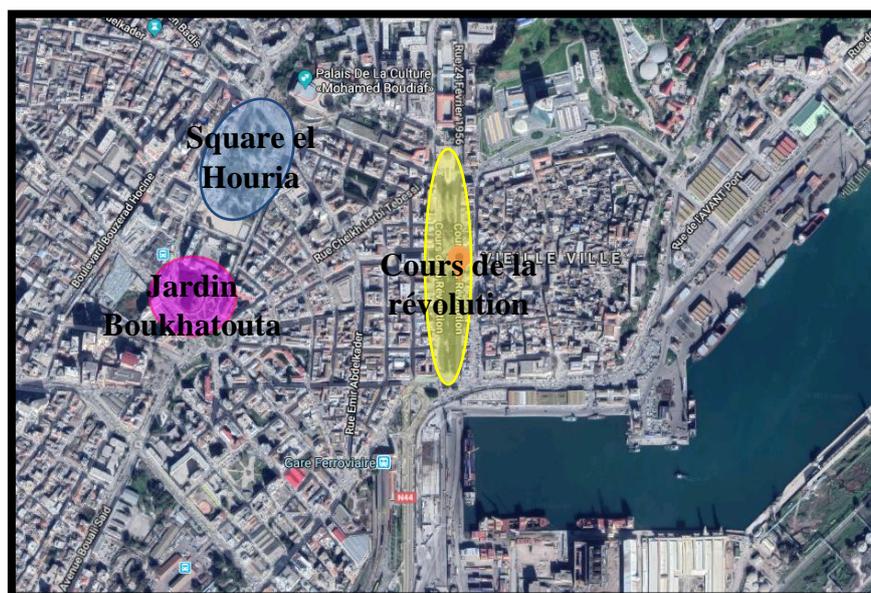


Figure N° V. 14 : La situation des sites de l'investigation à Annaba.
Source: Google earth, 2018.

6.1 Le cours de la révolution :

Le cours de la révolution tient son nom d'un ancien maire de la ville « Jérôme Bertagna », c'est un lieu de rencontre et de villégiature, il est entouré d'un ensemble d'édifices à usage d'habitation et de services, il est aussi une frontière de la ville arabo musulmane et la ville coloniale.

C'est l'artère centrale de la ville partant du fond du vieux port et remontant vers la cathédrale aujourd'hui, elle est disparue puis rasée après l'indépendance.

- **Du Nord, au Sud**, on trouvait la cathédrale, le jardin public, la statue de Bertagna le premier maire de Bône et le cours qu'il portait son nom et le port pour finir.
- **A l'Ouest de la cathédrale jusqu'au port**, il possède en bas de grandes et belles arcades, elles abritaient les magasins de la ville.
- **Du côté Est** le cours est bordé par des immeubles cossus avec une enfilade d'arcades partant en bas du palais Calvin sur le port, et remontant tout en haut en face de la cathédrale.

Le cours de la révolution se trouve au centre-ville de Annaba, il est d'une superficie de 18180.48 m² (Environnement Annaba, 2020), il se situe dans un tissu colonial (tracé Haussmannien, et bâtiment coloniaux), il est limité par :

- La rue Lamara à l'Ouest.
- La rue 19 octobre au Nord.
- La vieille ville à l'Est.
- Le port et la gare ferroviaire au Sud.

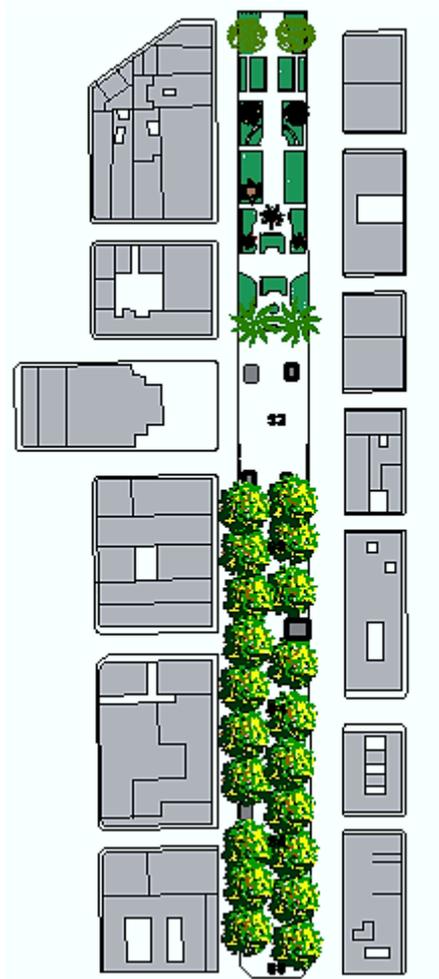


Figure N° V. 15: Plan du cours de la révolution.
Source: Auteur, 2016.

Le tracé est rectangulaire, caractérisé par une disposition géométrique linéaire et régulière, la trame viaire est orthogonale, l'îlot a une forme géométrique régulière et rectangulaire et une grande taille. Il s'agit d'une place de bord de la mer délimitée par deux voies mécaniques revêtues d'asphalte, orientées nord-sud, entourées de majestueux bâtiments coloniaux, décorés de pierres brutes, de pierres apparentes, de bois, de marbre et de plâtre, fer, et ardoise pour le toit. Le parcours est couvert par une dalle de béton, qui contient plusieurs kiosques au sud et au centre. Il comporte trois parties :

- **Partie Sud:** Cette partie est caractérisée par une végétation dense, qui ombrage un seul type d'arbre, le ficus retusa, et ses feuilles sont persistants. Du côté de la piste mécanique, les arbres sont alignés, ils apportent de l'ombre et un certain confort thermique à l'espace.
- **Partie centrale :** Cette partie est découverte, elle ne comprend aucun type de végétation, le sol est revêtu par une dalle de béton, ce qui rend cette partie inconfortable pendant l'été.
- **Partie Nord :** Cette partie est caractérisée par une végétation moins dense que celle de la partie sud de cours, elle comprend plusieurs espèces de végétation, comme le gazon, les arbustes, et les grands arbres comme l'araucaria, le pin et le palmier.



Figure N° V. 16: Partie Sud du cours de la révolution.

Source: Auteur, 2020.



Figure N° V. 17: A gauche partie Nord, à droite partie centrale du cours de la révolution.

Source: Auteur, 2020.

Il est bien alimenté par des poteaux d'électricité, et des poubelles, la partie sud est menée par des kiosques et cafétérias, des tables et des chaises, avec des bancs publics autour des arbres de ficus, la partie centrale contient quelques kiosque aussi mais d'une activité différente des autres, la partie nord contient des bancs.

6.2 Square el Houria:

Le square Randon a pris la place d'un infâme marécage au milieu du quel était d'épais buissons de ronces et quelques bosquets d'eucalyptus qu'on avait dû planter là pour tenter d'assainir les terrains. Il subsiste quelques spécimens des arbres qui sont devenue énorme et imposants, contre la grille du square à proximité du palais Loucheur (Arnaud. L, 2006).

Son nom est tire de l'une des sept portes de Bône à l'époque coloniale (porte d'Hippone , porte des Krezas, porte de caroubiers), «La porte de Randon, que l'on appelait «porte de la colonne », la porte était en construction moins massive, sa démolition n'a pas était regrettée, car elle a permis à ce populeux faubourg de rejoindre la ville et de faire corps avec elle .

Le square el houria (ex : Randon) représente une des zones boisée qui fait un patrimoine végétale il contient des arbres de plus de 100 ans, à travers l'histoire ce jardin a subi plusieurs modifications, des dégradations ont agi sur son image initial comme le changement son tracé géométrique, les bancs sont remplacé ainsi que le pavage au niveau du sol. Le jardin est fermé la nuit est ouvert que dans la journée, il est clôturé.

Le square est situé dans le quartier la colonne, il s'éloigne de cours de la révolution par 350m². Ce square a une position importante dans le centre-ville d'Annaba, parce qu'il était une des portes importantes de cette ville pendant la période coloniale. Il est délimité : Au

Nord-Est par : Avenue Abd elhamid ben badis. Au Sud-Est par : Boulevard Boukhetouta houcine. Au Nord-Ouest par : Boulevard Benzeim Abdelaziz, et au Sud : par des habitations. Le square se situe dans un tissu urbain colonial (tracé Haussmannien, et bâtiments coloniaux).

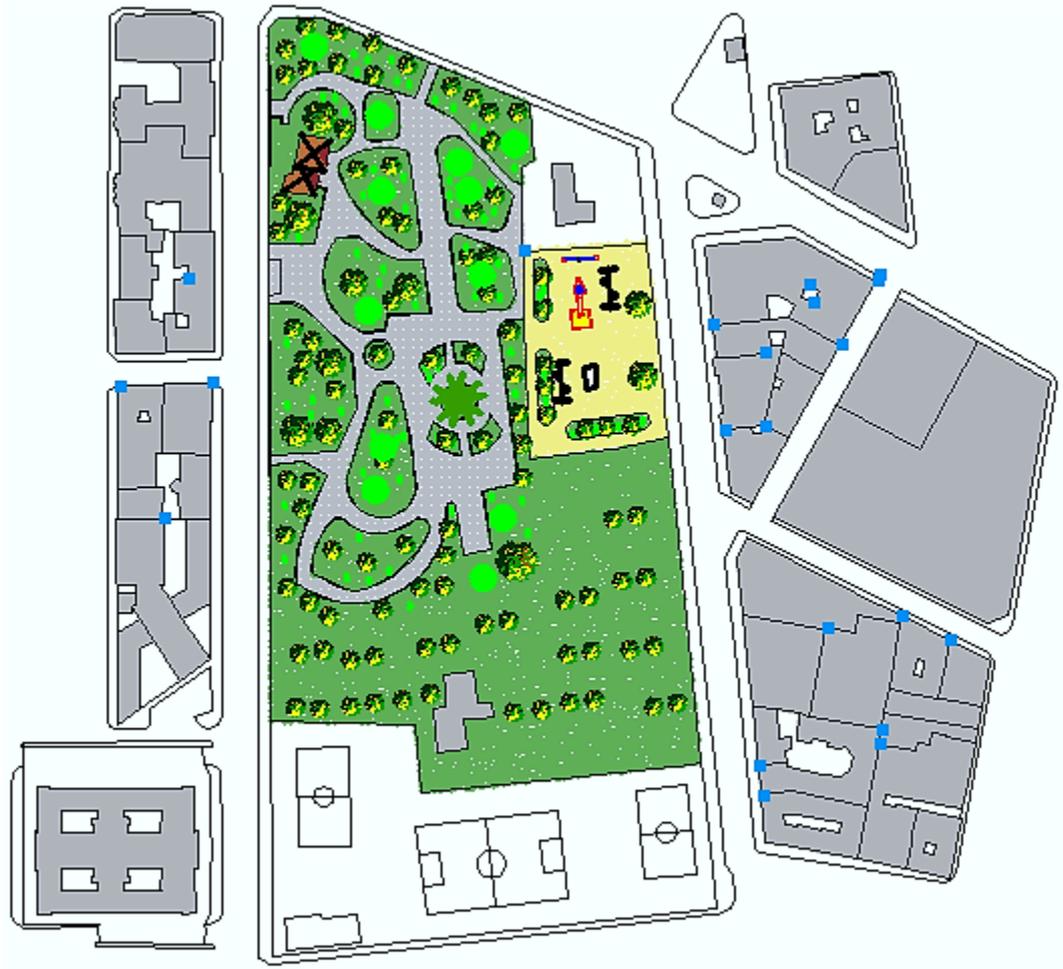


Figure N° V. 18: Plan du square el Houria.

Source: Auteur, 2016.

La forme de square est irrégulière, elle suit la forme d'intersection des voies qui le limitent. Sa surface est de 17800.76m^2 (Environnement Annaba, 2020). Le square el houria est un espace de loisirs et de détente, il comporte des jeux pour enfants, des bancs pour reposer, des espaces verts et différents types d'arbre.

La partie nord-est et celle du sud de ce jardin où des arbres ont été élagués, sont restées depuis belle lurette abandonnées et recouvertes d'herbes sauvages qui prolifèrent.



Figure N° V. 19: Différents types de végétation au square el Houria.
Source: Auteur, 2016.



Figure N° V. 20: Aire de jeux au square el Houria.
Source: Auteur, 2016.

6.3 Jardin Boukhatouta Houcine:

Le jardin s'éloigne au square el Houria à une distance de 250m, et 450m par rapport au cours de la révolution, il est limitée : au Nord- Est par des habitations, au Sud-Est par : Boulevard Boukhatouta Houcine, au Nord-Ouest par le Boulevard Benzeyem AbdelAziz qui relie entre deux grand rond-point, au sud par le grand carrefour el Hatab, et le boulevard de Souidani Boudjema. Le jardin se situe dans un tissu urbain mixte, (tracé coloniale, entouré par des constructions de style post colonial). Il est d'une superficie de 8468.42 m². (Environnement Annaba, 2020).



Figure N° V. 21: Plan du jardin Boukhatouta Houcine.
Source: Auteur, 2016.

Sa forme est irrégulière, elle suit la trame viaire de la ville coloniale (tracé Haussmannien et les voies qui les limitent), Il contient dans sa partie centrale plusieurs types de végétation tel que : le ficus rétusa, le ficus élastica, palmier et arbustes, ...etc, ainsi la partie Sud-Est est découverte, elle est occupée par une aire de jeux pour enfant.



Figure N° V. 22: Différents types de végétation au jardin Boukhatouta Houcine.
Source: Auteur, 2016.



Figure N° V. 23: Aire de jeux au jardin Boukhatouta Houcine.
Source: Auteur, 2016.

	<u>Cours de la révolution</u>	<u>Square el houria</u>	<u>Jardin Boukhatouta Houcine</u>
<u>Situation</u>	Le cours de la révolution est situé au cœur de la ville d'Annaba, il est bordé à l'est et le l'ouest par des bâtiments. il limité :	Le square est situé dans le quartier la colonne, il s'éloigne de cours de la révolution par 350m. Il est délimité :	Le jardin s'éloigne de square el houria à une distance de 250m, et 450m du cours de la révolution. Il est délimité :
<u>Orientation</u>	Nord-Sud	Nord-Est et Sud-Ouest.	Nord-Est et Sud-Ouest.
<u>Forme</u>	Rectangulaire	Irrégulière, elle suit la forme d'intersection des voies qui le limitent.	Irrégulière, elle suit le tracé des voiries qui limitent le jardin.
<u>Surface</u>	18180.48 m ²	17800.76 m ² .	8468.42 m ²
<u>Usage</u>	Espace de détente, commerce, lieu de rencontre.	Aire de jeux, espace de rencontre, lieu de détente et loisirs.	Aire de jeux, espace de rencontre, lieu de détente et loisirs.
<u>Mobilier et aménagement</u>	<u>Partie Sud</u> : implantée d'arbres denses. <u>Partie centrale</u> : découverte, pavé en dalle de béton. <u>Partie Nord</u> : implanté d'arbres centenaires moins denses et variables, Il comporte aussi des chaises, des tables avec des kiosques, des bacs dans la partie sud et centrale.	<u>Partie centrale</u> : Deux allées piétonnes, bordées d'arbres. <u>Partie Nord-Ouest</u> : Sanitaires publics. <u>Partie Nord Est</u> : Jeux pour enfants. Des bancs et des chaises, petites constructions.	<u>Au milieu</u> : des espaces verts, arbres, des allées piétonnes, et des bancs <u>Partie Sud Est</u> : Air de jeux pour enfants, avec des chaises.
<u>Végétation</u>	<u>Partie Sud</u> : Ficus (persistant, zone tropicale d'Asie). <u>Partie Nord</u> : Gazon, arbuste et arbre, comme le palmier, Araucaria et Pin.	Gazon non clôturé. Arbre comme l'eucalyptus, le ficus, le palmier, et le sapin.	Partie gazonnée limitée par une petite clôture. Arbuste et deux types d'arbre, le palmier et le ficus.
<u>Revêtement du sol</u>	Pavé en dalle de béton	Dalle en béton	Bitume gris.
<u>Morphologie</u>	Dense, délimité par des bâtiments majestueux, (hauteur 12m à 18m).	Dense, entouré par des bâtiments de type colonial.	Dense, entouré par des bâtiments et commerce d'une hauteur variable.
<u>Délimitation</u>	Ouvert, il n'existe pas de clôture.	Il est clôturé.	Il est clôturé

Tableau N° V. 9: Caractéristiques générales des aires d'étude.
Source: Auteur, 2016.

Conclusion :

Annaba est caractérisée par un climat méditerranéen, qui est influencé par l'impact des montagnes entourant la ville et la proximité de la mer, cette chaîne de montagne constitue un véritable obstacle aux vents dominants, en rajoutant la pollution atmosphérique produite par les unités industrielles, et la circulation mécanique qui peut répercuter sur la santé de l'être humain.

D'après l'analyse climatique faite pendant ces dix dernières années (2005-2015), le mois le plus chaud de l'année est le mois d'Aout, pendant lequel notre investigation est faite, le mois le plus froid est celui de Février, qui présente le taux maximal des précipitations durant toute l'année, tandis que le mois qui présente le maximum de taux d'insolation est le même qui présente la plus grande valeur de l'évaporation d'eau, et est celui de Juillet.

Ce chapitre nous a permis de comprendre la variété des tissus urbains existant par le biais de l'aperçu historique de la ville d'Annaba. Suivant l'axe chronologique du développement de cette ville, on a abordé dans un premier lieu les différentes ruines de la période d'antiquité (comme les traces romaines), dans un second lieu, on a abordé les caractéristiques de la ville arabo-musulmane, dont le tracé viaire est arborescent et hiérarchisé (de la rue, ruelle jusqu'à l'impasse), les bâtiments ont été de caractères introvertis, et la place 19 Aout fait la centralité de la vieille ville, par la suite, ça était l'arrivée du colonial français, d'autres trames viaires ont été construites avec un caractère Haussmannien, cette période est suivie par la postcoloniale (période après l'indépendance), elle a connu une urbanisation rapide, une augmentation du taux de population, et une bidonvilisation, en arrivant enfin à l'époque contemporaine.

Les espaces publics choisis pour notre partie expérimentale font partie de tissu colonial, et de tissu mixte (mélange entre tissu colonial et post colonial), dont les caractéristiques des matériaux de construction, les types et dispositions de la végétation, ainsi la densité de fréquentation et l'emplacement de l'espace par rapport au centre-ville font l'objet de notre choix de ces aires d'étude (cours de la révolution, square el Houria, jardin Boukhatouta Houcine).

Introduction :

« Le terme méthode a un sens très précis. Il s'agit de l'ensemble des démarches que suit l'esprit pour découvrir et démontrer la vérité (dans les sciences). Elle se réfère donc, d'une façon explicite ou implicite, à une théorie de la définition et de la découverte de la vérité ». (Gaston Milaret, 2004).

L'expérience vise à faire sortir les interactions entre le confort thermique et la pratique dans l'espace public extérieur. Dans cette optique, ce chapitre consiste à présenter la méthodologie de travail suivi pour atteindre les objectifs de la recherche, et vérifier les hypothèses définies précédemment, il présente aussi les outils, le parcours, et les techniques utilisés, il se divise en trois grande partie :

La première partie est l'investigation, elle présente dans un premier lieu, une acquisition de données par l'observation en situation, en visitant les espaces publics à étudier, et en marquant les différentes observations à l'aide d'une grille, un formulaire de questions sera diffusé aux usagers par la suite, afin d'analyser les pratiques exercées et le confort thermique extérieur, l'analyse du questionnaire se fait à l'aide du logiciel de SPSS, dont on trouve dans ce chapitre une description de la marche et des composants de ce logiciel, ainsi, il présente les méthodes d'échantillonnage et la taille d'échantillon dont le but est d'avoir des résultats similaire de la réalité. En deuxième partie, une campagne de mesure sera menée pour la collecte des paramètres microclimatiques dans les sites d'investigation, ainsi, elle comporte les outils et les appareils de mesure utilisés pour la prise des paramètres choisis.

La troisième partie est la simulation numérique à l'aide de l'Envi Met, elle est complémentaire de la première phase, dont le but est d'évaluer le confort thermique dans les espaces publics extérieurs. Elle consiste à définir le fonctionnement des logiciels Envi met et Bio met, et les différents paramètres climatiques utilisés pour leurs déambulations.

Une comparaison entre les résultats des deux premières phases dans les trois aires d'études, se fait en fonction de l'évaluation du confort thermique et la pratique exercée, afin de connaitre, l'espace le plus fréquenté, actif et confortable des trois cas d'étude.

1 Première partie : Observation en situation et enquête sociologique :

1.1 Choix de technique de recherche :

Il existe de nombreuses techniques de recherche et des instruments de collecte des données, pour les utiliser dans la partie expérimentale dans une thèse, afin de répondre aux questions de recherche, et de confirmer ou affirmer les hypothèses.

Donc relativement à notre sujet d'étude, pour vérifier si les paramètres climatiques de la ville d'Annaba influent sur la pratique des espaces publics extérieurs, et si le degré de satisfaction du confort thermique peut être aperçu à partir de la densité de fréquentation de ces espaces, nous avons opté pour l'observation en situation et le questionnaire.

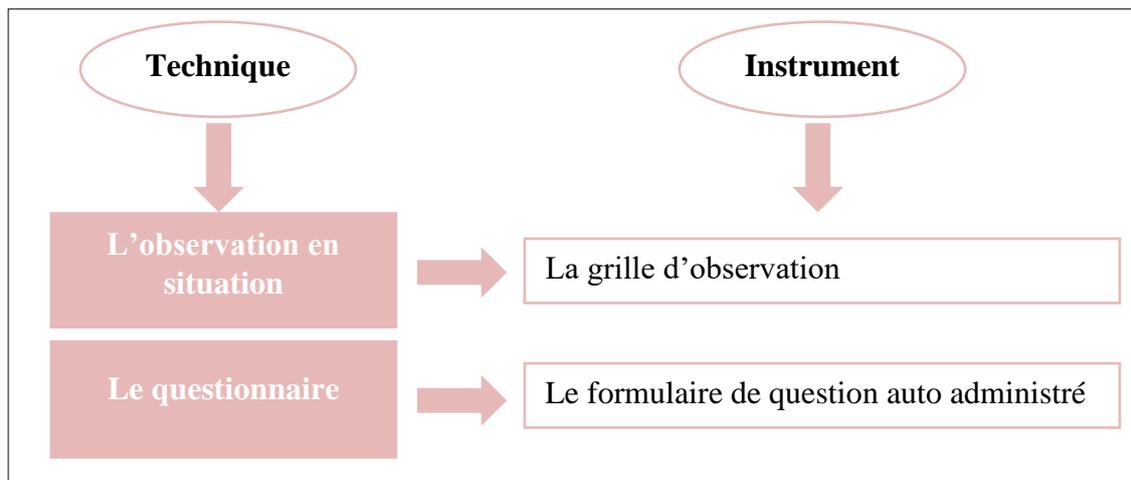


Figure N° VI. 1: Techniques de recherche et instruments de collectes de données.
Source : Auteur 2016.

1.2 Observation en situation :

L'observation est une sorte de pratique sociale avant d'être une méthode scientifique. Son but est d'abord d'être efficace en condamnant et en soutenant les actions politiques pour constituer le patrimoine de l'humanité. Les changements politiques, économiques et sociaux font disparaître le patrimoine de l'humanité (Arborio. A.M, 2007).

L'observation de situation est une technique souvent utilisée pour la recherche ou l'étude. Cette technique peut expliquer des phénomènes en décrivant des comportements, des situations et des faits. Pour ce faire scientifiquement, la description des observations doit être fidèle à la situation réelle, et il est important de rapporter systématiquement (Gaspard. C, 2019).

L'observation est un outil de collecte de données, où les chercheurs peuvent observer les comportements et les activités d'individus et de groupes en restant sur le lieu de l'événement. (Martineau. S, 2016).

Par conséquent, l'observation dans le contexte permet de recueillir des informations sur le comportement non verbal des sujets, il est important de prêter attention aux gestes des sujets et d'observer leurs réactions et comportements dans la situation étudiée. Il existe quatre types d'observations:

- **L'observation participante** : L'enquêteur peut faire partie du contexte étudié, son avantage est de pouvoir apporter un questionnement pour affranchir des informations supplémentaires, son inconvénient est de pouvoir modifier les comportements des individus observés.
- **L'observation non participante** : L'enquêteur est exclu du contexte d'étude, certaines informations peuvent être ratées par cette technique.
- **L'observation structurée (systématique)**: Elle comporte des règles bien définies et formulées pour mener un schéma d'observation, cette technique permet de faciliter la tâche pour l'enquêteur.
- **L'observation non structurée** : L'enquêteur peut recueillir autant d'informations possibles sans schéma d'observation, cette technique permet d'avoir une vue d'ensemble de la situation ou du comportement à étudier, mais elle risque de faire des interprétations erronées et non scientifiques (Gaspard. C, 2019).

A propos de notre étude, Une grille d'observation et un appareil photographique sont utilisés pour faciliter la collecte des données. L'observation est faite pendant des journées typiques d'été (journées d'investigation) et à travers différentes périodes (de 06h jusqu'à 20h).

La grille d'observation est construite à l'aide d'un modèle théorique, et à partir des comportements et gestes des usagers dans les espaces publics étudiés, cette partie présente la densité de fréquentation des usagers de chaque espace, à travers leurs pratiques (repos, rencontre, marche, travail et loisir), et leurs identités (homme, femme, enfant). Une échelle d'intensité est utilisée pour mesurer la densité de l'usage dans chaque aire d'étude.

1.2.1 L'intensité :

L'intensité peut être le degré d'activité ou de pratique, la force ou l'ampleur du phénomène exprimée en valeurs numériques selon une certaine échelle, ce qui permet d'évaluer les activités, les exercices et les comportements réalisés par l'individu.

Pour faire une recherche, il est souvent amené à pratiquer différentes opérations de mesure, dont les caractéristiques varient selon la nature des données ou des variables dont l'étude les dispose. Dans cette optique, plusieurs échelles sont faites pour mesurer les variables d'une analyse sur terrain, il s'agit de :

- **L'échelle de Thurstone** : Elle s'agit d'une échelle d'intervalle qui mesure des variables espacées de manière équidistante dont la différence entre la première variable et la deuxième variable est la même (Baadache. H, 2014).
- **L'échelle de Guttman** : Elle s'agit d'une échelle ratio, c'est une hiérarchie d'instructions, où les instructions sont organisées dans une structure hiérarchique, de sorte que ceux qui sont d'accord avec un élément seront également d'accord avec les éléments de niveau inférieur (Baadache. H, 2014).
- **L'échelle de Likert** : Elle s'agit d'une échelle pour mesurer les attitudes personnelles. Elle consiste en une ou plusieurs déclarations (items), le degré auquel la personne interrogée exprime son accord ou en désaccord. L'échelle contient le niveau de chaque élément, comprenant généralement cinq ou sept choix de réponses, ce qui peut rendre le degré d'accord reconnu. L'échelle de Likert est une échelle de notation utilisée pour

classer les attitudes, mais pas pour mesurer les différences entre les attitudes. (Baadache. H, 2014).

L'échelle adoptée dans le présent travail est celle de Likert, elle répond à la mesure des variables (attitudes) de notre étude. Elle présente l'intensité de l'usage très faible à l'intensité de l'usage très forte, dont l'échelle est de 1 à 5.

- 1 : correspond à l'intensité d'usage très faible, 2 : correspond à l'intensité d'usage faible, 3 : correspond à l'intensité d'usage moyenne, 4 : correspond à l'intensité d'usage forte 5 : correspond à l'intensité d'usage très forte.

1.3 **Questionnaire :**

La différence fondamentale entre les entretiens semi-structurés et les enquêtes par questionnaire réside dans la manière de mener des actions doubles protection / élimination. Dans les entretiens, le plus important est de demander qui contrôle ce choix, tandis que dans le questionnaire, la personne qui répond est conduit dans un cadre préalablement déterminé par des experts. La fonction de l'entretien est de reconstruire le sens «subjectif», c'est-à-dire le sens vivant du comportement des acteurs sociaux; l'objectif principal du questionnaire est d'appréhender le comportement en combinant le comportement avec indicateurs des déterminants sociaux, le sens du terme est «objectif». (De Singly. F, 2003).

D'après Gaston Milaret : « *On ne rédige pas un questionnaire à partir de rien ; il faut d'abord que le chercheur définisse avec précision le problème qu'il veut étudier* » (Milaret. G, 2004). Et avant de rédiger un questionnaire, le chercheur doit assister à des rencontres dans l'endroit où il va examiner son étude, et il doit observer les comportements des uns et des autres, des individus, et des groupes collectifs.

Ce premier travail sera accompagné de la rédaction de la première version du questionnaire. À titre de test, il fournira ce questionnaire à certains partenaires (comme les enseignants), au lieu de collecter des informations utiles pour sa recherche, il commentera, commentera et critiquera le questionnaire lui-même (forme et contenu) (Milaret. G, 2004).

Le test du questionnaire est alors une étape importante pour la formulation des questions et des propositions, il permet d'examiner et d'évaluer la clarté des questions, ainsi il permet de corriger les problèmes que les participants peuvent les rencontrer. C'est pour cette raison, un test du questionnaire est mis au point auprès une dizaine d'utilisateurs dans notre air d'étude avant la construction finale du questionnaire.

Après avoir accompli le test, la rédaction finale du questionnaire est bien faite (questionnaire auto administré), il contient que des questions fermés comprises cinq choix (1 : de la plus mauvaise proposition jusqu'à 5 : la plus bonnes réponse).

Dans le but est d'effectuer une étude sur la pratique dans les espaces publics extérieurs, et atteindre les objectifs de la recherche, on a mis l'accent sur :

- Les questions sont rédigées en langue arabe et française, elles sont faciles à comprendre, elles se suivent et s'enchainent, pour permettre aux sondés de répondre plus spontanément.

- Chaque question contient cinq réponses (choix ou item) selon l'échelle de Likert, pour faciliter la participation aux questionnés, et afin de déterminer le degré de satisfaction de la population interviewée.
- Le type des épreuves utilisées dans le formulaire est les questions fermées, qui permettent aux interviewés à effectuer un choix parmi une liste de propositions (toujours 5 « selon l'échelle de Likert »).
- Le questionnaire assure l'intimité des répondeurs, parce que le formulaire est anonyme.
- Le contenu des questions est bien déterminé, ainsi les informations visées à recueillir sont bien définies, dont le but est d'aboutir les objectifs de l'étude.
- Le questionnaire n'est pas très long, il contient que quelques questions simples et intéressantes qui ciblent les principales interrogations sur le constat de la situation, pour assurer la réflexion et la bonne réponse des répondeurs, dont le but de ne pas devenir ennuyeux.
- Un échantillon de personnes est choisi pour faire l'enquête (le questionnaire).

1.3.1 Echantillonnage :

Selon le dictionnaire de la langue française -Larousse- : « *l'échantillonnage est un procédé utilisé pour choisir un échantillon et qui est à la base de l'enquête par sondage* ».

Pour plusieurs raisons, il est quasiment impossible d'interroger toute la population présente dans notre air d'étude, il faut donc calculer et déterminer un échantillon représentatif des usagers à étudier (personnes interviewées).

Il existe deux grandes catégories de méthodes d'échantillonnage : les méthodes aléatoires et les méthodes non aléatoires.

- **Méthode aléatoire (probabiliste) :** Il s'agit de tirer aléatoirement un échantillon en s'assurant que chaque individu de la population de départ a les mêmes chances d'être sélectionnés (Lafont. F, 2017).
- **Echantillon aléatoire simple :** Tous les membres de la population de la base de sondage ont la même probabilité de faire partie de l'échantillon.
- **Echantillon aléatoire stratifié :** La population est initialement subdivisée en sous-groupes homogènes (strates) définis selon un ou plusieurs critères (appelés variables d'intérêt). Dans chaque strate, un choix aléatoire des individus se fait pour obtenir des sous-échantillons aléatoires simples (Les méthodes d'échantillonnage. Non daté).
- **Echantillon aléatoire par grappes :** Une population est subdivisée en sous-groupes (grappes). Un prélèvement aléatoire se fait sur des grappes, et tous les éléments de chaque grappe choisie constituent l'échantillon.
- **Echantillon aléatoire systématique :** Cette méthode consiste à dresser la liste de tous les éléments de la population et de choisir au hasard chaque élément pour constituer l'échantillon.
- **Méthode non aléatoire (non probabiliste) :** Elle est utilisée lorsque les conditions ne permettent pas l'usage de la méthode probabiliste.
- **Echantillon de convenance :** Le chercheur constitue son échantillon en choisissant les individus (appelés aussi unités statistiques) disponibles pour des raisons pratiques d'accessibilité et de coût et non de manière aléatoire (Les méthodes d'échantillonnage. Non daté).

- **Echantillon au jugé** : Le sondeur fait appel à son jugement ou à celui d'une autre personne compétente pour identifier les personnes à inclure dans l'échantillon, cette sélection se fait selon des critères subjectifs et pratiques (Lafont. F, 2017).
- **Echantillon boule de neige** : L'enquêteur invite les personnes interrogées à diffuser le formulaire à d'autres personnes qu'elles sont aptes à répondre au questionnaire.
- **Echantillon par quotas** : L'enquêteur définit des caractéristiques et critères selon lesquels, il peut définir des quotas pour chaque catégorie.

Dans cette optique, la méthode probabiliste est choisie pour faire la sélection de la population dans notre air d'investigation, dont les participants sont sélectionnés selon l'échantillonnage aléatoire simple, cet échantillonnage permet d'estimer le degré de signification de l'échantillon par rapport à la population dont il extrait.

1.3.2 La taille d'échantillon :

La taille de l'échantillon définit le nombre de réponses reçues pour le formulaire de questions, pour obtenir cette taille, il faut connaître :

- **Taille de population** : Elle est le nombre global des personnes existants dans un groupe, quartier, ou cas d'étude.
- **Niveau de confiance** : C'est un pourcentage montrant la certitude du choix de la population.
- **Marge d'erreur** : C'est un pourcentage indiquant la susceptibilité des réponses au sondage, elle reflète l'opinion de la population totale, ce pourcentage est très faible en comparant avec le niveau de confiance.

La taille de l'échantillon peut être calculée selon cette formule :

$$n = \frac{z^2 \times p(1-p)}{m^2}$$

n : Taille d'échantillon.

m : Marge d'erreur tolérée (par exemple on veut connaître la proportion réelle à 5% près).

z : Cote z. Elle correspond au nombre d'écart types d'une proportion donnée par rapport à la moyenne. Elle peut être calculée en fonction du niveau de confiance (Pour 95% niveau de confiance, z = 1.96).

Notre recherche consiste à étudier trois espaces publics extérieurs de la ville d'Annaba (cours de la révolution, square el Houria, et jardin Boukhatouta Houcine), chaque air d'étude contient une taille d'échantillon différente de l'autre, cette dernière est relative aux nombre des usagers qui utilisent les espaces investigués. Selon les données obtenues par l'observation en situation sur l'estimation du nombre des visiteurs pendant une période donnée dans chaque espace public étudié :

- Le nombre des fréquents au cours de la révolution est de 1000 personnes.
- Le nombre des fréquents au square el Houria est de 250 personnes.
- Le nombre des fréquents au jardin Boukhatouta Houcine est de 250 personnes.

D'après ces données et l'observation en situation faite dans les espaces publics étudiés, la taille d'échantillon de chaque espace est calculée selon la formule mentionnée ci-dessus, dont le but est d'accomplir le sondage.

Espace public/ Echantillonnage	Cours de la révolution	Square el Houria	Jardin Boukhatouta Houcine
Nombre total de fréquents	1000	250	250
Niveau de confiance	95%	95%	95%
Marge d'erreur	05%	05%	05%
Taille d'échantillon	278	152	152
Formulaires répartis	280	150	150

Tableau N° VI. 1: La taille des échantillons dans les espaces étudiés.

Source : Auteur 2016.

La diffusion du questionnaire aux usagers des espaces publics est faite pendant des différentes périodes de la journée, à partir de 6h du matin jusqu'à 20h du soir au cours de la révolution (l'espace le plus fréquenté et actif), et de 7h jusqu'à 19h au square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine (espaces clôturés et fermés), ainsi la collecte des formulaires est toujours faite sur place.

1.3.3 Composants du questionnaire :

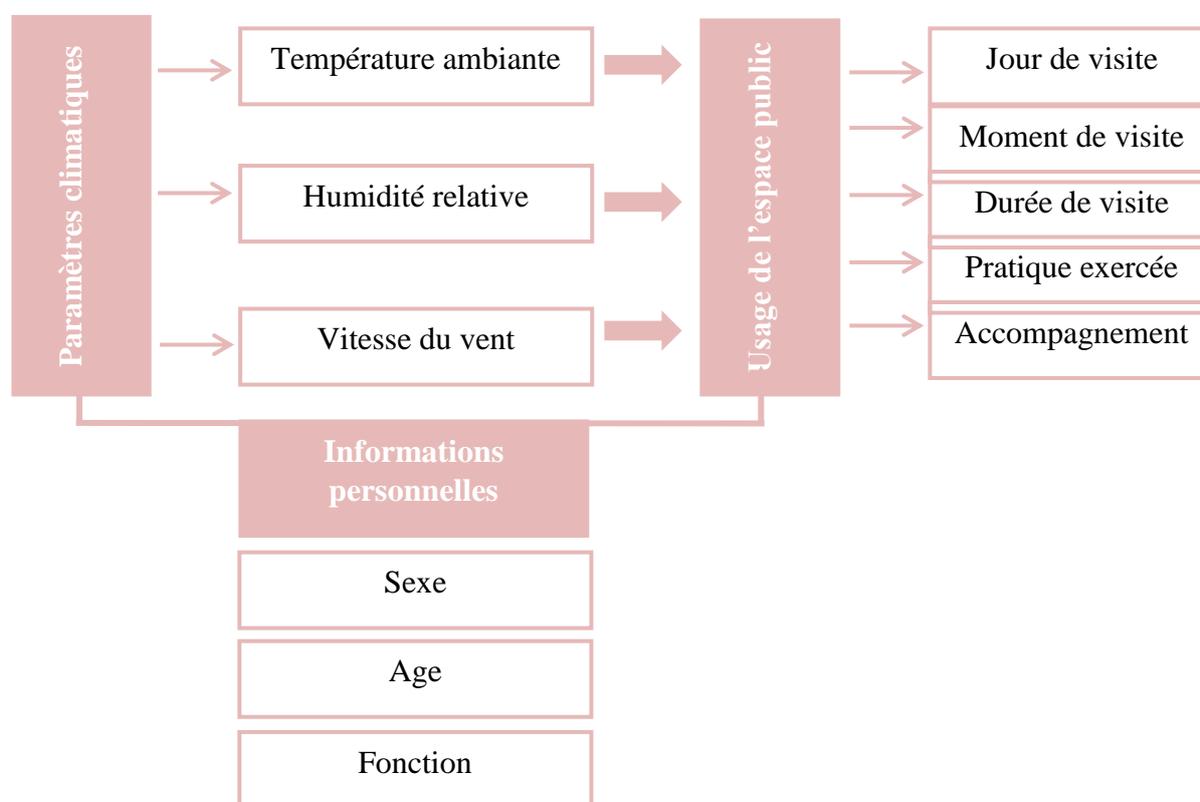


Figure N° VI. 2: Schéma explicatif des composantes du questionnaire.

Source : Auteur 2016.

Cette partie consiste à faire une interview avec les fréquents de l'espace, cette dernière est faite en forme du questionnaire, il se divise en trois parties :

- Questions généralisées (Sexe, Age, et travail).
- Questions sur le confort thermique (paramètres climatiques).
- Questions sur la pratique des espaces.

1.3.4 Outils des statistiques utilisés :

Dans le but d'atteindre les objectifs de la thèse, et d'analyser les données recueillies, Le logiciel SPSS (Statistical Package for the Social Sciences) est utilisé, afin d'analyser les différentes variables de l'enquête, en s'appuyant sur l'analyse des données, dont le rôle principal est « de mettre en relief les structures pertinentes de grands ensembles de données. (Crauser. J.P et *al*, 1989). Dans l'analyse des données, on distingue habituellement :

- **L'analyse univariée :** Elle porte sur l'étude des variables prises une à une dans la présentation et l'interprétation ;
- **L'analyse bivariée :** Elle a pour objectif d'examiner les relations de deux variables en même temps ;
- **L'analyse multivariée :** Elle vise l'étude de plusieurs variables en même temps (Stafford. J et *al*, 2005).

Avant d'aborder les types de données, nous devons d'abord définir le concept de variables, qui jouent un rôle central dans toutes les recherches en sciences sociales et en sciences de gestion. À proprement parler, le terme «variable» suppose que la réponse à une question donnée peut varier (dans une certaine fourchette) d'une personne à l'autre (Stafford. J et *al*, 2005). Subséquemment, si la caractéristique mesurée peut prendre différentes valeurs, on dit alors que cette caractéristique est une variable (Lemieux. N et *al*, 1991). L'analyse des données est basée en grande partie sur les principes des variables, qu'elles doivent être classées selon des échelles bien définies.

- **Nominale :** Le principal attribut de l'échelle nominale est de classer les individus d'un ensemble donné (population ou échantillon) dans une catégorie donnée. Il peut s'agir d'une dichotomie, binaire, telle que homme / femme, ou ambiguë, telle qu'une activité.
- **Ordinale :** Sur l'échelle nominale, chaque catégorie de la variable est équivalente à d'autres catégories. Dans le cas d'une échelle ordinale, la catégorie peut être Inférieure ou supérieure à l'autre. il y a une gradation dans les catégories utilisées. Les réponses doivent être sélectionnées dans l'ordre, par exemple: âge, satisfaction (Stafford. J et *al*, 2005).
- **Quantitative (métrique) :** L'échelle métrique possède les propriétés d'échelle nominale et d'échelle ordinale, elle permet de comparer les distance entre les objets, (Carricano. M et *al*, 2010), et des intervalles égaux y sont ajoutés à différents niveaux d'échelle :

Echelles	Propriétés		
	Classement	Ordre	Distance
Nominale	Oui	Non	Non
Ordinale	Oui	Oui	Non
Métrique	Oui	Oui	Oui

Tableau N° VI. 2: Les échelles de mesure.
Source : Stafford. J et *al*, 2005. Réadapté par auteur.

2 Deuxième partie ; Compagne de mesure :

Cette partie consiste à définir les mesures in situ pendant l'investigation, et définir les instruments utilisés pour la prise de mesure des paramètres microclimatique, afin d'expliquer le déroulement du travail sur terrain et les sites d'investigation.

2.1 Paramètres climatique étudiés dans l'expérience :

L'expérience vise à contempler quatre paramètres principaux, qui sont : la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative, et la vitesse de l'air. Ces données climatiques sont utilisées pour étudier le confort thermique extérieur, ainsi elles représentent les paramètres climatiques les plus influents sur le bien-être de l'individu dans l'espace extérieur, et enfin, ces paramètres sont utilisés pour déterminer les indices de confort thermique à l'espace extérieur.

2.1.1 Température de l'air :

La température de l'air représente un indice du niveau d'énergie de l'air, et le niveau d'énergie de l'air, qui provient de l'équilibre de tous les échanges thermiques qui existent à l'endroit et au moment où la température est mesurée. La température fluctue continuellement à toutes les échelles de temps et d'espace. La couche d'air en contact direct avec le sol chaud est chauffée par conduction, et cette chaleur est transférée à la couche supérieure par convection. La température de l'air est toujours mesurée à l'ombre de l'abri (Givoni. B, 1978).

2.1.2 Température moyenne radiante :

La température moyenne radiante est un concept complexe, mais il est essentiel pour évaluer le confort thermique extérieur, ce qui nécessite des recherches approfondies (Grosdemouge. V, 2020). Elle est la température moyenne des surfaces entourant l'espace, pondérée par l'émissivité de chaque surface et l'angle solide sous lequel l'objet les voit. Dans cette recherche, la TMR d'un environnement donné est estimée à l'aide du logiciel Envi met 4.4.5.

2.1.3 Humidité relative :

L'humidité relative est le taux d'absorption d'humidité, indiquant que l'état atmosphérique est plus ou moins proche de la condensation, et correspond à l'humidité ou à la sécheresse de l'air. La quantité de vapeur d'eau pouvant être stockée par unité de volume d'air est limitée: sa valeur maximale est appelée humidité saturée, et l'humidité relative est un facteur clé du confort thermique. En effet, l'humidité relative plus élevée réduit la possibilité de changements de température dus à l'évaporation du corps humain. Par conséquent, la combinaison des deux facteurs de température et d'humidité peut être préjudiciable au confort. Cette combinaison change en fonction de la zone climatique et de la période de l'année, rendant la mesure du confort plus compliquée et changeant avec le temps et l'espace ((Grosdemouge. V, 2020).

2.1.4 Vitesse de l'air :

A vrai dire, les vitesses de l'air constituent un élément essentiel pour la régularisation de l'équilibre thermique humain en rapport à l'échange énergétique entre air et peau. L'étude du

flux d'air dans les zones urbaines est très compliqué en raison de trois paramètres de base, qu'il faut les prendre en compte: la vitesse moyenne du vent, la direction et la direction du vent La proportion de temps où cela s'est produit. Dans un environnement ouvert ou à l'extérieur, la vitesse de l'air joue un rôle important dans l'amélioration du confort thermique. Ensuite, il favorise l'échange de convection sur le corps humain et augmente l'échange thermique entre l'air et le corps humain. Enfin, lorsque la vitesse est trop rapide, le vent peut même être perçu et vécu comme un facteur de gêne (difficile à lire, poussière dans les yeux, inconfort dans les cheveux, etc.) (Grosdemouge. V, 2020).

2.2 Description des instruments utilisés :

Afin de mesurer les paramètres microclimatiques cités au-dessus, deux appareils ont été utilisés, un hygromètre thermique pour tenir la température de l'air et l'humidité relative, et un thermo anémomètre pour prendre la vitesse de l'air.

2.2.1 Thermo hygromètre HI 9564 :

Le thermo hygromètre HI 9564 est conçu pour procurer une excellente performance en milieux agressifs, et dans les endroits mal éclairés. Grâce à un capteur et une nouvelle micro puce intégrée dans la sonde HR (HI 70602), il est possible de conserver les données d'étalonnage. Lorsque la sonde est raccordée à un autre thermo hygromètre, il n'est plus nécessaire d'étalonner l'instrument de nouveau.



Figure N° VI. 3: Thermo hygromètre, Hanna, HI 9564.
Source : www.Hannainstruments.com, 2016. Réadapté par auteur.

Caractéristiques	Spécifications
Fonctions min & max.	Gamme HR : 20,0 à 95,0 %.
Capteur d'humidité relative protégé.	Gamme Température : 0,0 à 60,0 °C.
Sonde RH (HI 70602) avec 1m de câble.	Résolution HR / °C : 0,1 % / 0,1 °C.
Spécialement étudié pour l'usage terrain.	Précision HR / °C : ±3 % (50 à 85%) ±4 % (extérieur) / ±0,5 °C.
Arrêt automatique après 20 min d'inactivité.	Sonde RH & °C + micro puce (HI 70602) + 1m câble.
Sonde avec mémorisation des données de calibration.	Alimentation : 1 x 9V.
	Dimensions/poids : 164 x 76 x 45 mm / 340 g.

Tableau N° VI. 3: Caractéristiques et spécifications du thermo hygromètre.

Source : Guide de l'appareil Hanna, 2016. Réadapté par auteur.

2.2.2 Thermo anémomètre TA 300 :

Le thermo Anémomètre TA 300 à fil thermique professionnel est destiné pour la détection précise de la température et de la vitesse de l'air.

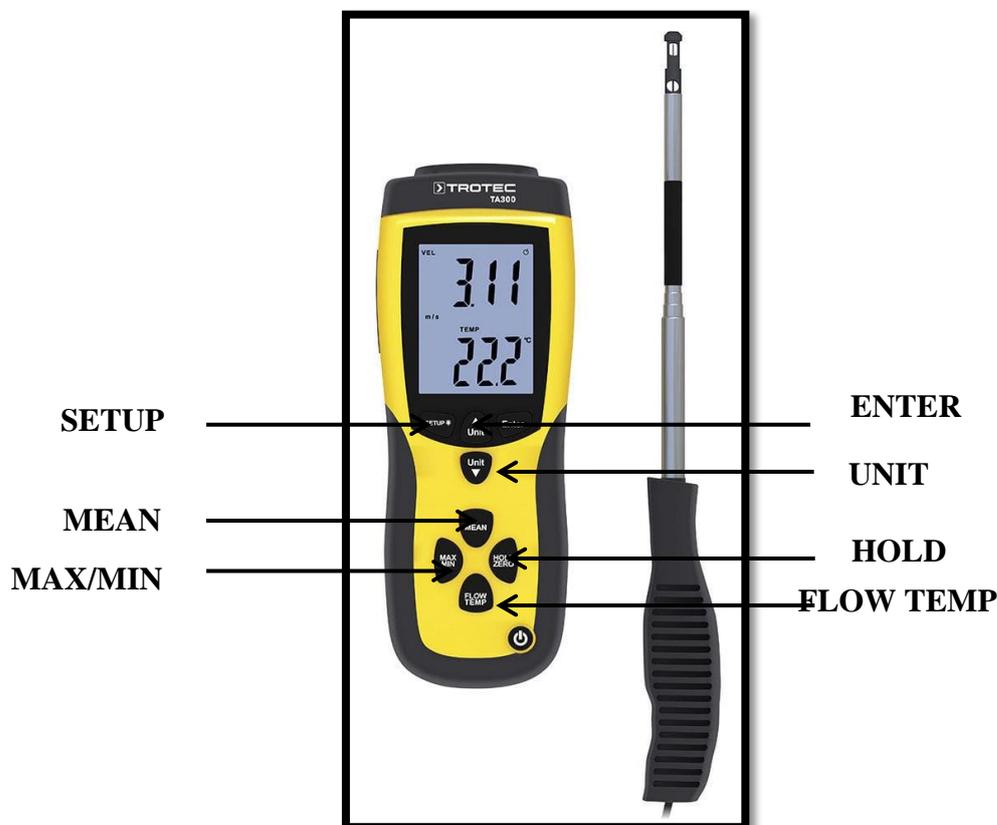


Figure N° VI. 4: Thermo anémomètre, TROTEC, TA 300.

Source : www.directindustry.fr, 2016. Réadapté par auteur

Caractéristiques	Spécifications
Sonde télescopique longue et fine d'une longueur totale utile de 1 m permettant de mesurer au travers des grilles de ventilation.	Vitesse de l'air en m/s : Plage de mesure : 0,1-25,0 m/s, Résolution : 0,01 m/s, Précision : $\pm (5 \% + 1 \text{ unité de mesure})$.
Fil chaud et thermistor standard offrent des résultats rapides et précis, même par faibles vitesses de l'air.	Température : Plage de mesure : 0 - 50 °C (32 - 122 °F), Résolution : 0,1 °C / 0,1 °F, Précision : $\pm 1 \text{ °C} / 1,8 \text{ °F}$.
Détermination des valeurs max. et min. relevées avec fonction de rappel.	Écran à cristaux liquides de 46,7 x 60 mm.
Haute précision grâce au microprocesseur.	Interface USB.
Grand écran à cristaux liquides rétroéclairé et double affichage – vitesse de l'air et température peuvent être affichées simultanément.	Alimentation : pile de 9 V.
Fonction data hold : gel de l'écran sur la valeur en cours.	Poids : 280 g.
Appareil compact et léger.	Dimensions : 210 x 75 x 50 mm
Composants longue durée de vie logés dans un boîtier robuste et léger en ABS.	

Tableau N° VI. 4: Caractéristiques et spécifications du thermo anémomètre.
Source : www.trotec24.fr, 2016. Réadapté par auteur.

2.3 Processus et parcours de l'expérience :

Dans le but d'évaluer le confort thermique extérieur, et d'expérimenter les interactions entre le bilan thermique et la pratique dans l'espace public extérieur, nous avons opté la méthodologie suivante :

La campagne de mesure de température de l'air, l'humidité relative et la vitesse de l'air s'est déroulée pendant la période de surchauffe, précisément pendant le mois d'Aout, car il représente le mois le plus chaud de l'année.

Dans un premier lieu, l'expérience va étudier la différence entre les paramètres climatiques prise sur terrain, ensuite la différence entre ces paramètres avec ceux enregistrées dans la station météorologique de l'Aéroport d'Annaba, afin de confirmer la variabilité de l'environnement thermique. Dans un second lieu, l'étude consiste à faire la comparaison entre les données collectées sur terrain, et celles simulées par le logiciel (Envi-met), dont le but est de témoigner la fiabilité de l'utilisation du logiciel dans l'évaluation du confort thermique extérieur.

La collecte des données climatiques est faite pendant trois journées successives, le 03, 04 et 05 Aout 2016, dans trois espaces publics de la ville d'Annaba (cours de la révolution, square

el Houria, jardin Boukhatouta Houcine), ces derniers sont situés en plein centre-ville, ce qui rend le parcours de déplacement plus facile à cause de leurs proximités.

Le parcours a été ponctué par 13 stations réparties dans les trois espaces publics choisis, dont 06 stations ont été fixées au cours de la révolution, 04 stations à square el Houria, et 03 stations à jardin Boukhatouta Houcine, leur répartition est faite en fonction de l'ombre, de présence ou absence de végétation et de l'eau, de couloirs de ventilation, et des espaces fréquentés. Le déplacement a été assuré par un véhicule, sachant que la durée d'aller du cours au square est de 05 minutes, du square au jardin et de 03 minutes.

La prise des mesures climatiques a été réalisée à une hauteur de 1.20 m, elle est faite chaque 02 heures de temps, avec un intervalle horaire de 06 heures du matin jusqu'à 20 heures du soir, cette durée choisie est donc représentative de la période de fréquentation de l'espace par les usagers, elle représente ainsi le changement du bilan thermique de l'espace extérieur, le ciel a été clair sans nuages pendant les journées d'investigation.

Les tableaux et les illustrations ci-dessous montrent la fixation de chaque station dans les trois aires d'investigation :

2.3.1 Cours de la révolution :

Station	Cours de la révolution
Station 01	Elle se trouve dans la partie nord, elle comprend une végétation composée de gazon, arbuste, araucaria, pin et palmier.
Station 02	Elle s'éloigne de 110m de la S1, elle est découverte.
Station 03	Elle se trouve à 55m de la S2, elle abrite une végétation dense.
Station 04	Elle se trouve à 70m de la S3, elle est située dans l'intersection du couloir de ventilation (morphologie urbaine).
Station 05	Elle se situe à 55m de la S4. Elle est bien protégée par une masse de végétation.
Station 06	Elle se situe dans la partie sud du cours, à 55m de la S5, elle représente le point le plus proche à la mer.

Tableau N° VI. 5: Caractéristiques des stations de mesure au cours de la révolution.

Source : Auteur, 2016.

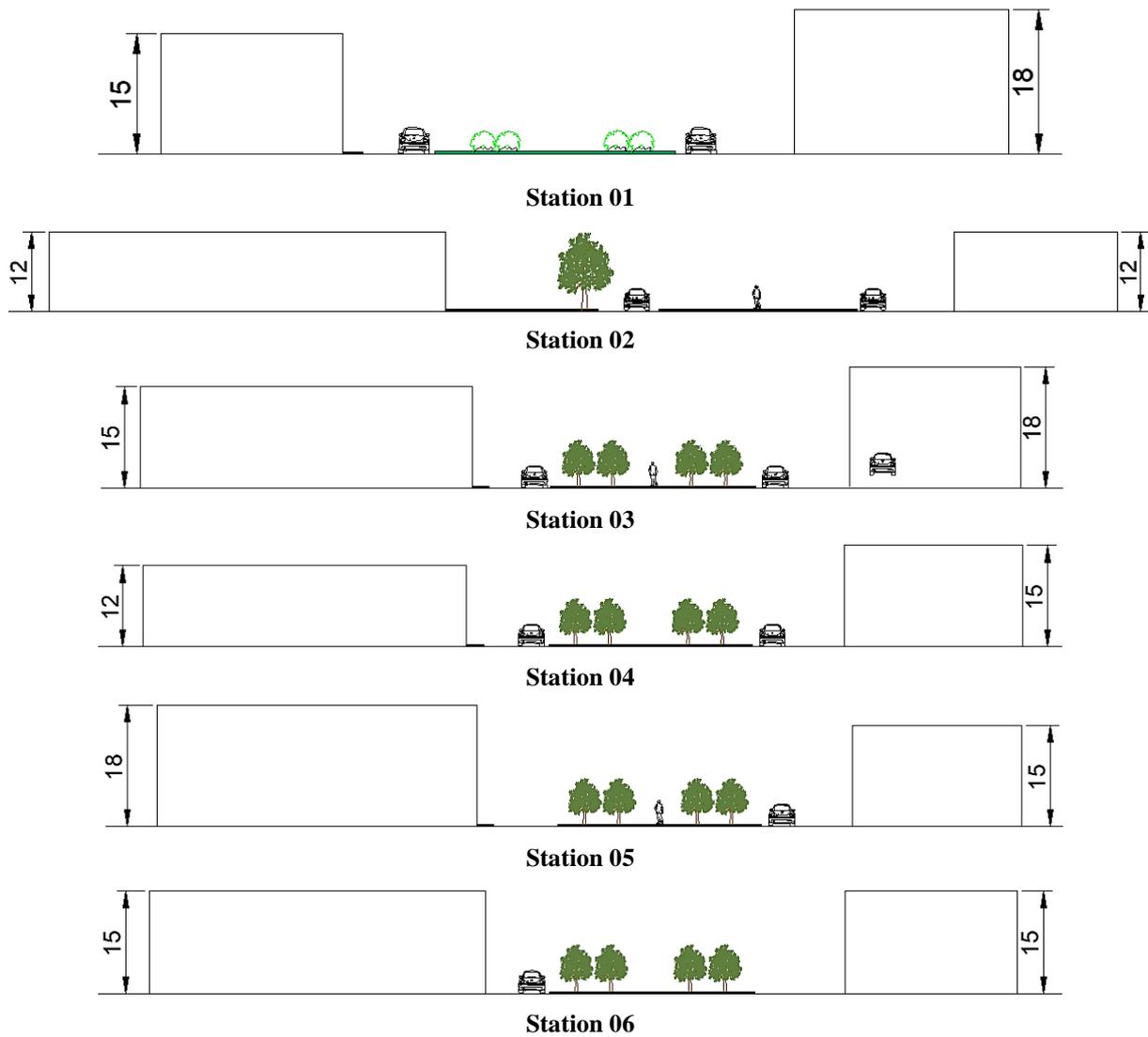


Figure N° VI. 5: Stations de mesure au cours de la révolution.
Source : Auteur, 2016.

2.3.2 Square el Houria :

Station	Square el houria
Station 01	Elle se situe à l’intersection de plusieurs allés, elle est semi couverte.
Station 02	Elle est couverte par une végétation dense.
Station 03	Elle est couverte par une petite masse de végétation.
Station 04	Elle est découverte, elle se situe dans l’air de jeux.

Tableau N° VI. 6: Caractéristiques des stations de mesure au square el Houria.
Source : Auteur, 2016.

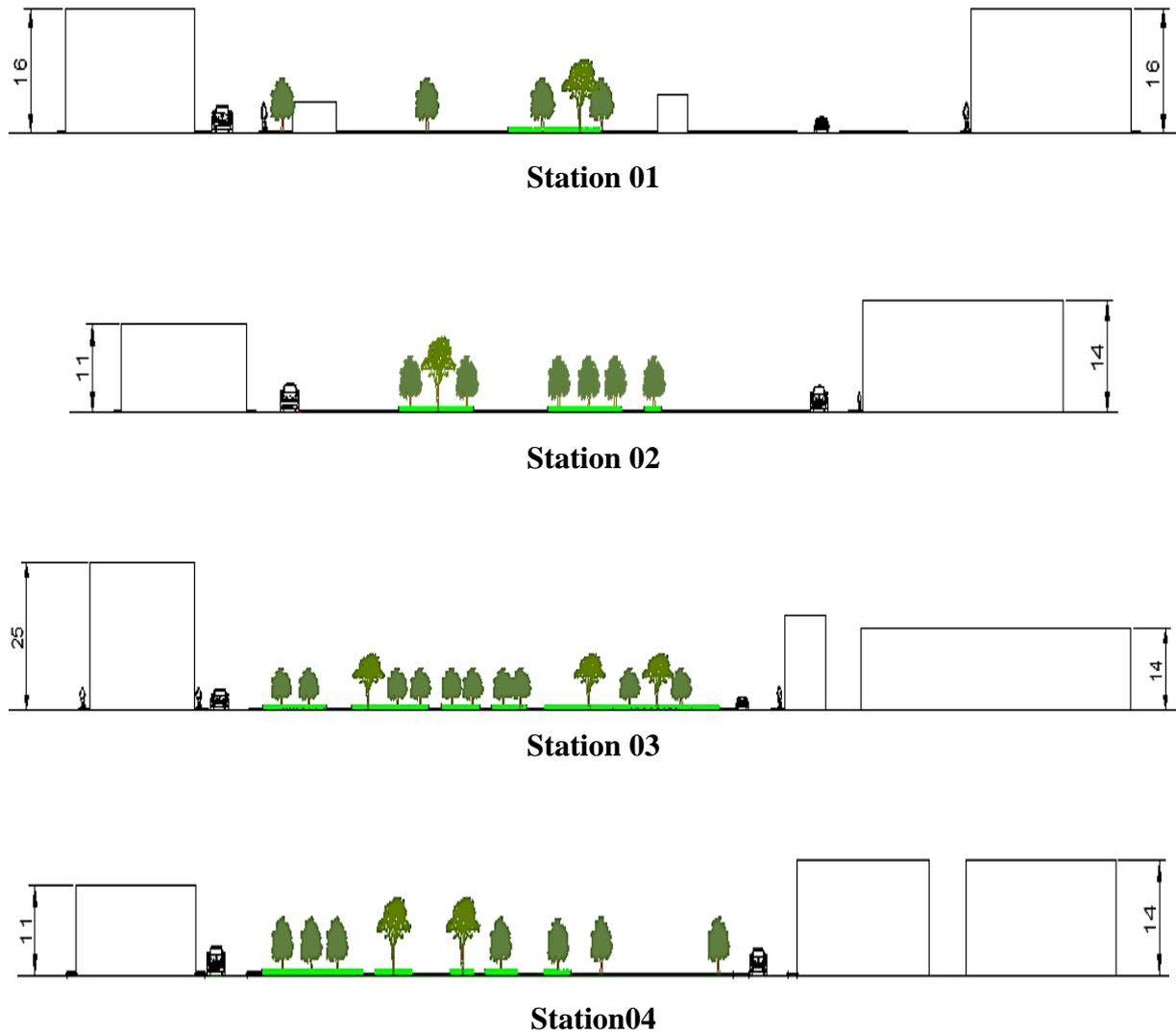


Figure N° VI. 6: Stations de mesure au square el Houria.
Source : Auteur, 2016.

2.3.3 Jardin Boukhatouta Houcine :

Station	Jardin Boukhatouta Hussein
Station 01	Elle comporte une grande masse de végétation.
Station 02	Elle représente le point le plus dense en végétation.
Station 03	Elle est découverte, elle se situe dans l'air de jeux.

Tableau N° VI. 7: Caractéristiques des stations de mesure au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2016.

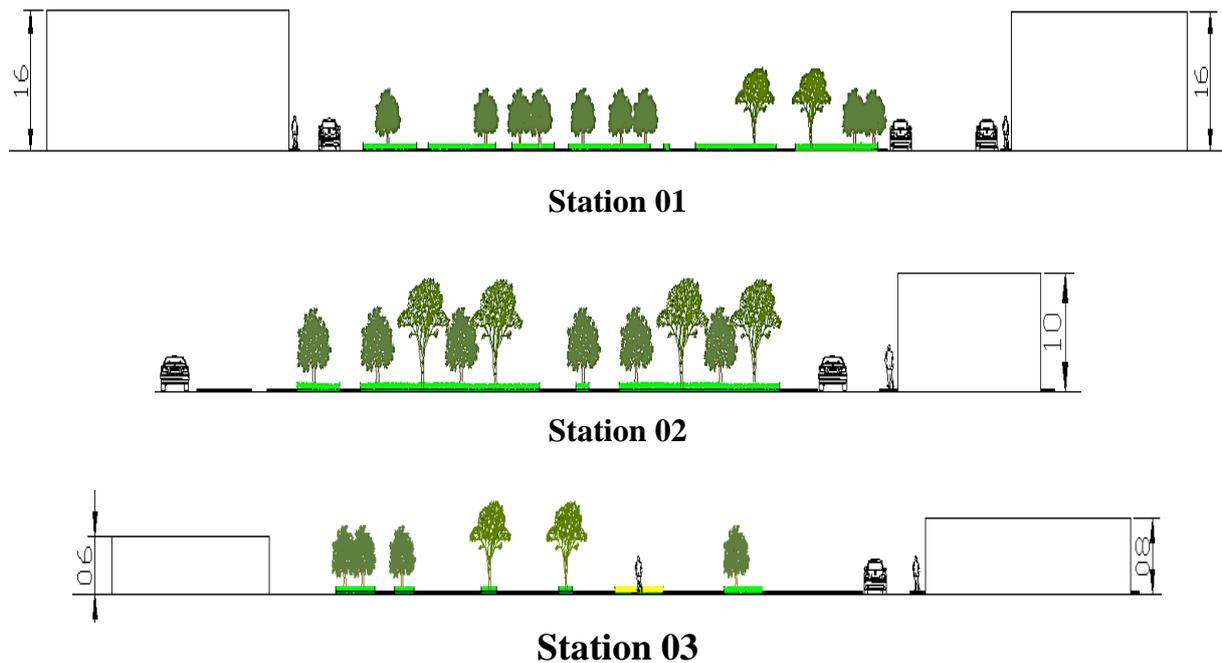


Figure N° VI. 7: Stations de mesure au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2016.

3 Troisième partie : Simulation à l'aide de l'envi met :

3.1 Description du logiciel Envi met 4.4.5 / Bio met :

Envi met 4.4.5 est un modèle holistique tridimensionnel non-hydrostatique pour la simulation des interactions des surfaces extérieures. Il est non seulement limité, mais très souvent utilisé pour simuler des environnements urbains et pour évaluer les effets des visions d'architecture verte. Il est conçu pour la micro-échelle avec une résolution horizontale typique de 0,5 à 10 m et une période de temps typique de 24 à 48 heures avec un pas de temps de 1 à 5 secondes. Cette résolution permet d'analyser les interactions à petite échelle entre les bâtiments individuels, les surfaces et les plantes (Guide officiel de l'envi met, 2021).

Bio Met est un complément au modèle 3D du logiciel Envi-met, qui est conçu pour calculer une série d'indices de confort thermique, tels que: PMV / PPD, PET, SET et UTCI. Il est à noter que le Bio Met s'accompagne d'une ancienne base de calcul (Leonardo), qui repose sur une liste des cinq variables suivantes: température de l'air, température moyenne de rayonnement, humidité relative, vitesse de l'air et environnement urbain. La nouvelle base de données Bio Met comprend une colonne pour conserver divers paramètres liés aux personnes exposées au climat et à l'environnement urbain susmentionné. En résumé, le logiciel ne peut être exécuté que via la base de données Envi met.

3.1.1 La mise en fonction du logiciel :

Le logiciel Envi met permet de modéliser un espace, en insérant tous les composants de l'air d'étude, à savoir : la végétation, les matériaux de construction, et en choisissant le jour d'étude, afin d'introduire les paramètres microclimatiques, l'orientation, les coordonnées géographiques ...etc. Cette partie est complétée par un calcul, dont le but est d'avoir un fichier de simulation (out put), accompagné par l'extension de Leonardo, pour pouvoir interpréter les résultats de la simulation.

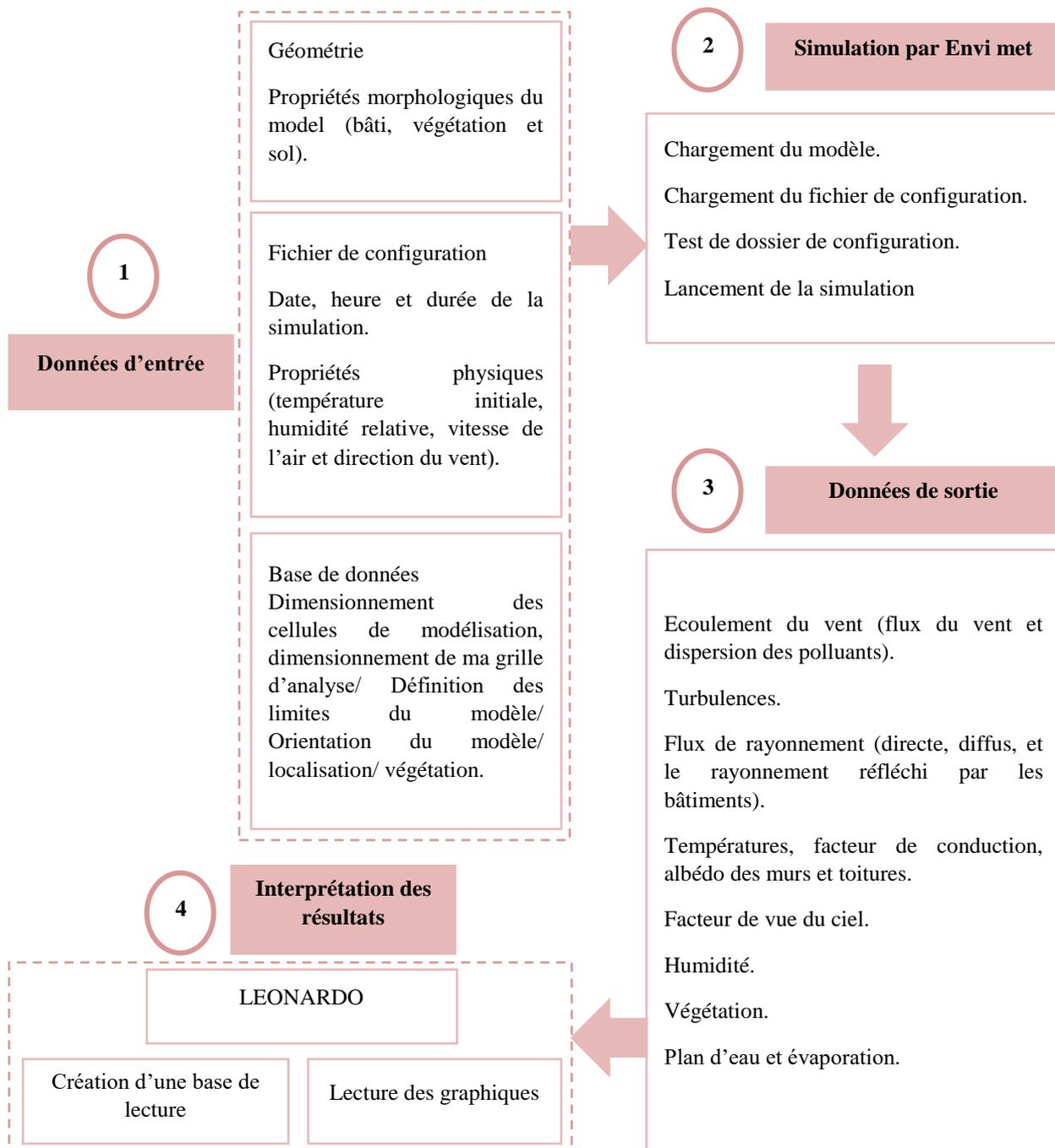


Figure N° VI. 8: Structure du model Envi met.
Source : Jojo. M et al, 2015, Réadapté par auteur.

Comme mentionné précédemment, Bio Met est basé sur le calcul de l'indice de confort, il doit donc être géré via le fichier de sortie (atmosphère), qui est obtenu à partir de la simulation Envi met, c'est-à-dire, l'opération est similaire à Leonardo. Afin d'obtenir différents indicateurs, le logiciel nous permet de sélectionner les paramètres du personnel, la hauteur de la mesure et le temps nécessaire, ces avantages permettent aux utilisateurs de définir clairement leurs besoins en fonction de conditions fidèles.

Après avoir obtenus le fichier « atmosphère » de la simulation par Envi met, Léonardo permet de calculer les différents paramètres climatiques pendant des horaires choisies, les résultats sortent de sorte de l'Excel, ainsi le bio met permet de calculer les indices de confort afin d'évaluer le confort thermique extérieur.

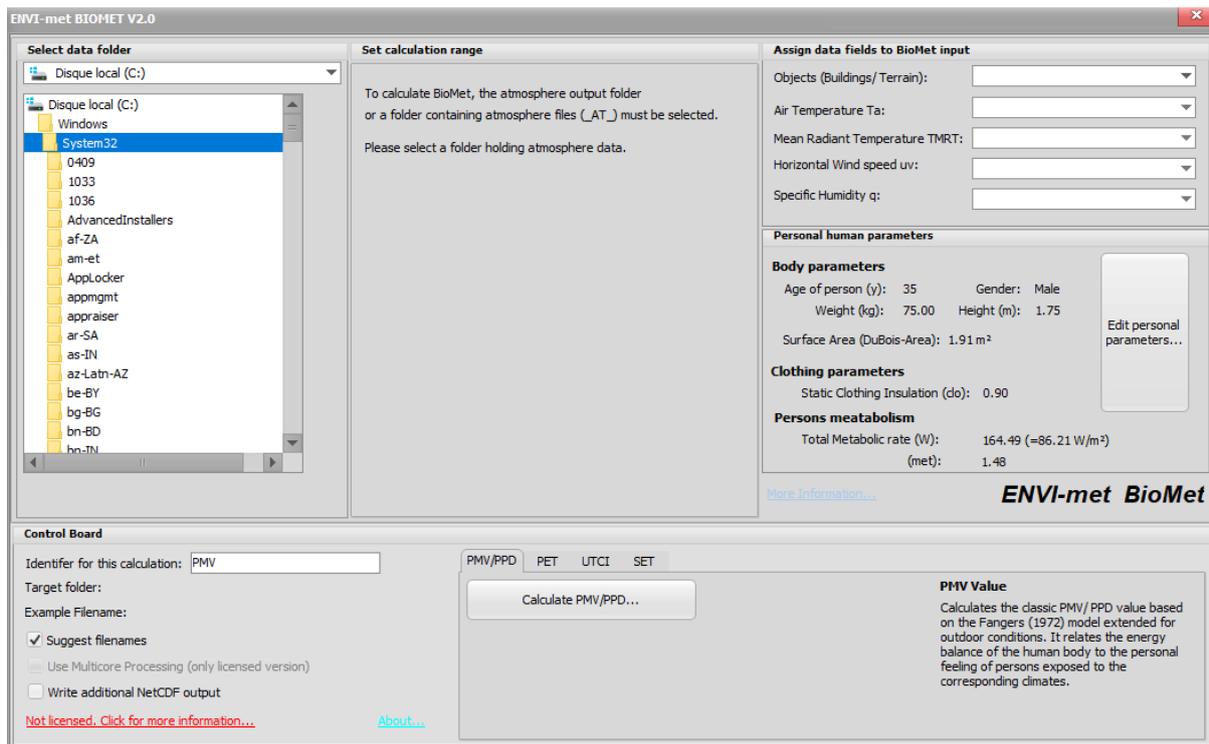


Figure N° VI. 9: Démarrage du logiciel Bio Met.

Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met, 2021.

3.2 Calcul des indices :

Après avoir ouvert le logiciel, le calendrier sera affiché dans lequel il faut sélectionner le temps de calcul. En d'autres termes, le tableau peut contenir toute la journée. Le logiciel doit entrer cinq paramètres de base, tels que: température de l'air, moyenne radiante, humidité relative, vitesse de l'air, principalement l'environnement tridimensionnel. Bien entendu, ces paramètres sont les mêmes que ceux utilisés pour déterminer l'indice de confort thermique.

Bio Met ouvre une surface pour la forme de l'évaluateur: selon nos besoins de recherche, nous pouvons changer l'âge, le sexe, le poids et la taille, ainsi que le métabolisme et les vêtements. Cette méthode est vouée à favoriser le développement du champ de travail afin d'élaborer les détails et d'obtenir de meilleurs résultats.

Les indices de confort thermiques déjà expliqués dans le chapitre «Confort Thermique Extérieur» sont disponible pour évaluer le confort. Concernant les trois aires d'investigation, le choix est porté sur l'indice de PET et celui d'UTCI. Cependant, l'indice PET est déjà

souvent utilisé dans plusieurs recherches précédentes, et l'indice UTCI est un indice universel, qui peut être la référence plus appropriée pour l'évaluation du confort.

3.3 Comparaison entre les conditions thermiques dans les trois aires d'études en fonction de leurs pratiques :

Après avoir les résultats de l'évaluation du confort thermique dans les terrains d'étude, une comparaison entre ces derniers est menée pour comprendre les conditions thermiques et la pratique de chaque espace, afin de connaître, l'espace le plus fréquenté, actif et confortable des trois cas d'étude.

Confort thermique et pratique dans les espaces publics d'Annaba

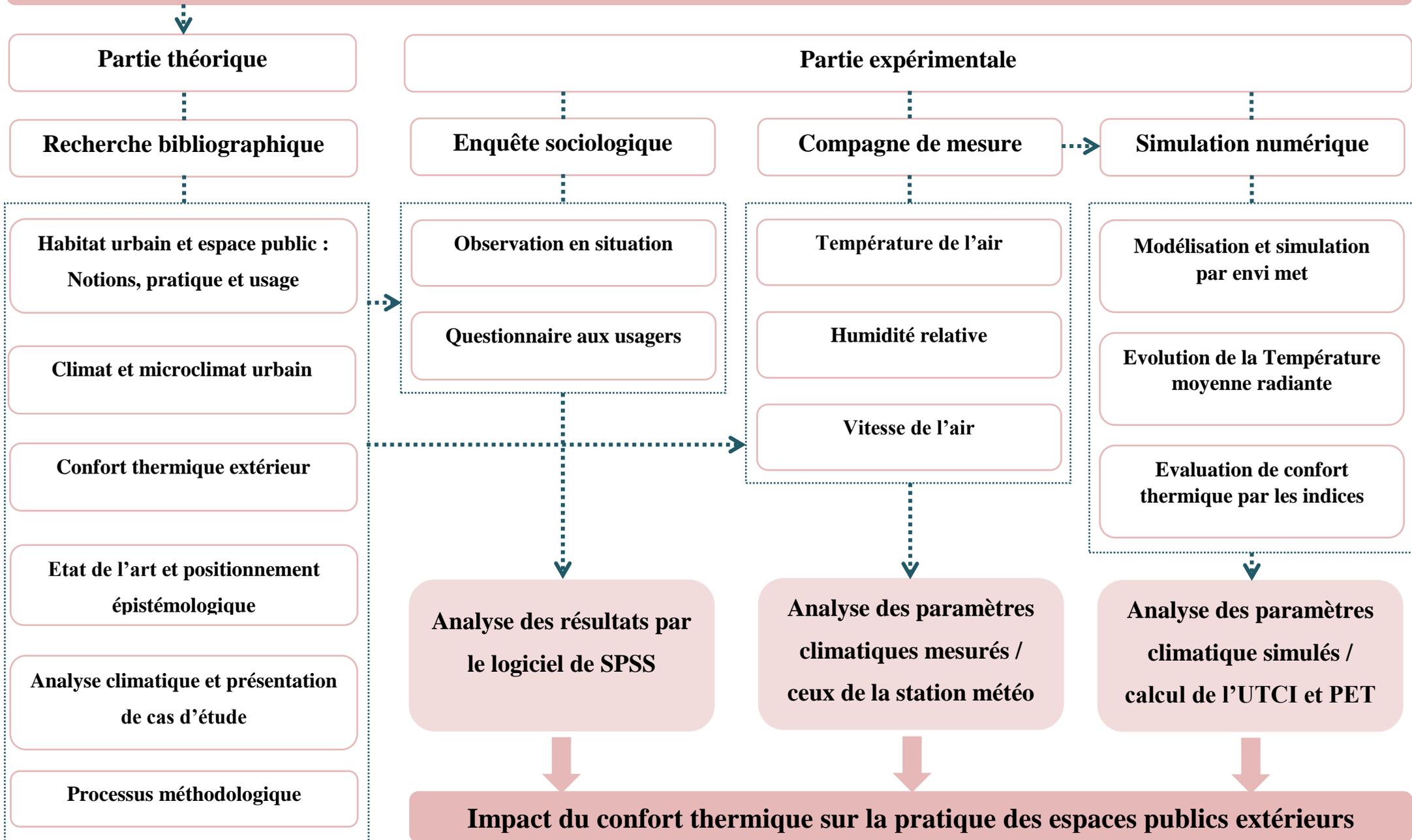


Figure N° VI. 10: Structure de la méthodologie de travail.
Source : Auteur 2016.

Conclusion :

Ce chapitre a abordé la méthode, les techniques de recherche et les logiciels suivis pour faire l'interaction entre le biais du confort thermique et l'usage dans les espaces publics extérieurs.

Cette étude est fondé sur l'observation en situation, qui a permis de calculer le nombre des fréquents de chaque espace, en les classant selon leurs différentes activités, ainsi, d'observer et de comprendre les différents comportements liés aux usagers des espaces étudiés.

Elle est complétée par une enquête sous forme de questionnaire, ce dernier est proposé dans le cadre d'évaluer le confort thermique et l'usage des espaces publics extérieurs, dans la ville d'Annaba, et qui a permis de prendre les différents avis des utilisateurs sur leurs activités et la sensation du confort.

L'expérience est basée sur la campagne de mesures de trois paramètres microclimatiques (T_a , H_a , V_a), elle s'est déroulé pendant trois journées typiques choisies pendant la période de surchauffe, le parcours de la prise des mesures est ponctué par 13 stations dans les trois espaces d'investigation, de 06h jusqu'à 20h (chaque 02 heure de temps). Les données recueillies sur terrain ont fait le support ultérieur pour le calcul de la TMR, puis les indices de confort thermique (PET, UTCI) à l'aide du logiciel Envi Met et Bio Met, ces indices sont utiliser pour l'évaluation du confort thermique dans les aires d'étude, et pour la comparaison entre ces résultats, afin de comprendre l'espace le plus confortable, et celui le plus fréquentés par rapport aux autres.

Introduction :

Le présent chapitre résume les résultats et les interprétations relatifs à l'investigation, et aux paramètres microclimatiques, ainsi aux différentes activités qui se déroulent dans les espaces publics extérieurs, il traite les données résultantes lors d'un travail mené sur les terrains d'étude, observation en situation, questionnaire et compagne de mesure microclimatiques.

Dans un premier lieu, le chapitre tend à présenter les données recueillies de l'observation en situation, et interpréter les résultats relatifs aux activités et comportements des usagers des espaces publics investigués. Ces résultats seront traduits sous forme des tableaux et histogrammes, afin de présenter les degrés d'intensité de chaque activité.

Cependant, dans un second lieu, ce chapitre consiste à analyser les données retenues par le questionnaire, à l'aide du logiciel de SPSS, qui permet de traiter les variables d'analyse séparément (analyse uni variée), de mettre la relation entre deux variables de recherche (analyse bi variée), et de faire l'interaction entre trois variables ou plus (analyse multi varié), pour mieux comprendre la correspondance entre ces composantes d'étude. Ces résultats seront présentés en forme des graphiques et cartes factorielles.

En troisième position, le chapitre tend à analyser les résultats requis de la compagne de mesure microclimatique (température de l'air, humidité relative, et vitesse de l'air) pendant la période de surchauffe, et étudier l'évolution de ces paramètres dans chaque espace investigué, ainsi la différence entre ces données et celles enregistrées dans la station météo.

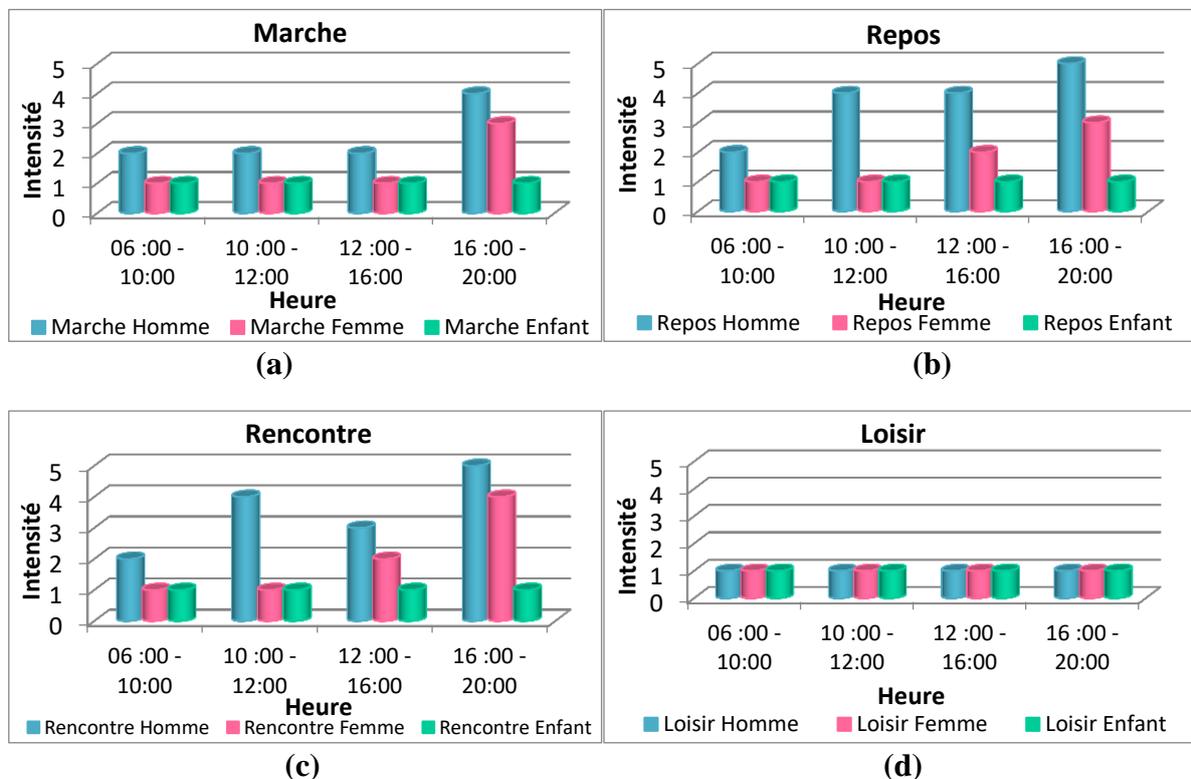
1 Observation en situation :

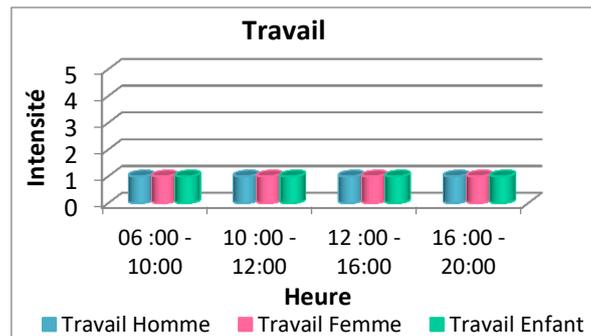
1.1 Cours de la révolution :

Activité	Catégorie	06 :00 - 10:00	10 :00 - 12:00	12 :00 - 16:00	16 :00 - 20:00
Marche	Homme	2	2	2	4
	Femme	1	1	1	3
	Enfant	1	1	1	1
Repos	Homme	2	4	4	5
	Femme	1	1	2	3
	Enfant	1	1	1	1
Rencontre	Homme	2	4	3	5
	Femme	1	1	2	4
	Enfant	1	1	1	1
Loisir	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	1	1	1
	Enfant	1	1	1	1
Travail	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	1	1	1
	Enfant	1	1	1	1

Tableau N° VII. 1: Intensité des activités par les différentes catégories dans le cours de la révolution.

Source: Auteur, 2016.





(e)

Graphé N° VII. 1: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le cours de la révolution. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.

Source : Auteur 2016.

Le cours de la révolution est le noyau de la ville et l'espace public le plus fréquenté et actif à Annaba, il possède plusieurs activités, dont il comprend :

- Un lieu de travail comme les cafétérias, les kiosques, et les différents types de commerce.
- Un lieu de rencontre, de récréation et la lecture des journaux.
- Un passage piéton qui peut mener à certaines destinations (centre-ville, lieu de travail, domicile ...etc).

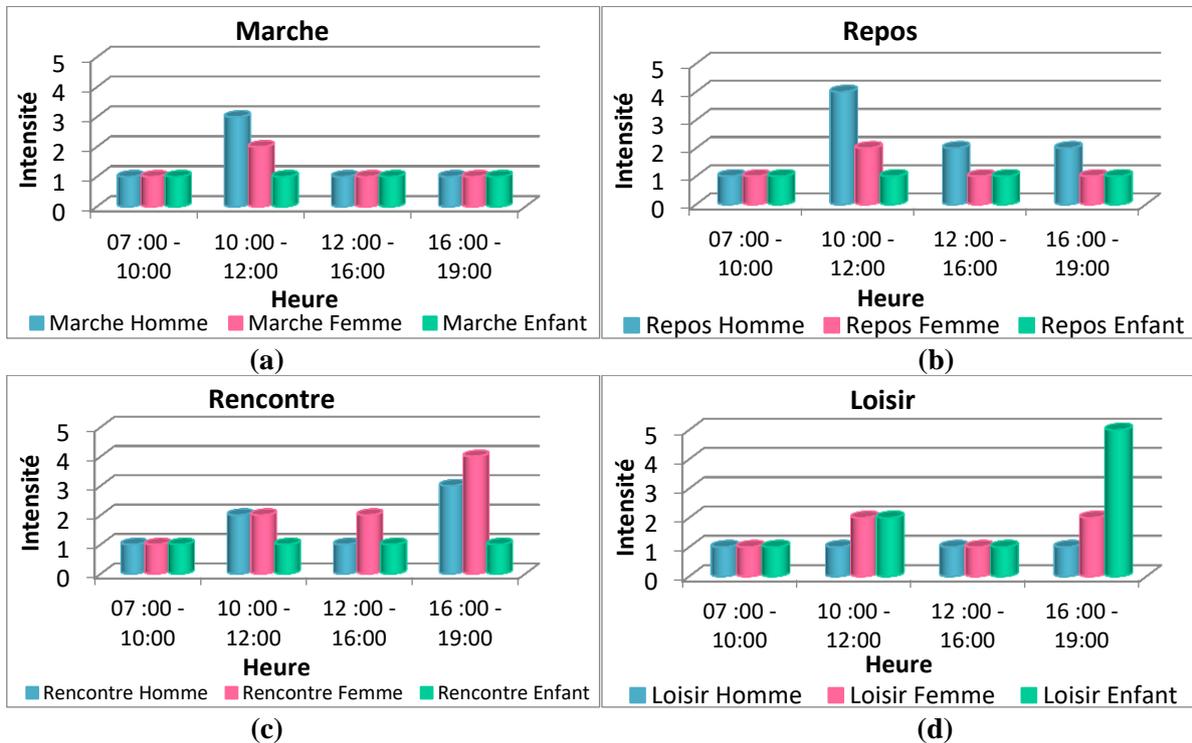
D'après les diagrammes figurants ci-dessus, les intensités de différentes activités sont distinctes d'une période à l'autre et d'une catégorie à l'autre (Homme, Femme, Enfant).

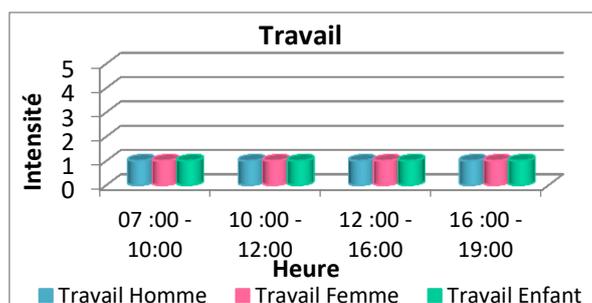
Pour la marche, l'intensité est faible pour toutes les catégories pendant la journée, elle devient forte (4) pour homme, et elle demeure moyenne (3) pour femme à partir de 16h, donc à cette heure (fin de travail) le cours de la révolution se manifeste comme un passage piéton pour rejoindre plusieurs destinations. Le repos présente une moyenne (3) à forte (4-5) intensité pour homme, et il montre une faible (1-2) à moyenne (3) intensité pour femme, cette importante fréquentation est dû à la position du cours par rapport à la ville, il est un lieu d'attractivité, et il s'exprime comme un endroit où les gens peuvent se reposer quand ils viennent d'une autre région. A partir de 10h, la pratique de la rencontre est forte (4), elle atteint son apogée (-très forte- 5) à 16h pour la catégorie homme, la rencontre des femmes aboutit une forte intensité (4) pendant le soir, à cause de rafraîchissement de l'air et le confort thermique offert par la dense végétation que le cours l'abrite, ainsi les cafétérias présentent un lieu de rencontre et de retrouvaille. L'intensité de loisir est très faible (1) pendant toute la journée, parce que cet espace ne propose pas des aires de jeux satisfaisant aux besoins des enfants. Pour le travail, observant que cette activité est très importante dans le cours de la révolution, mais elle présente une très faible intensité (1) pour toutes les catégories pendant toute la journée. Remarquant aussi que le nombre des travailleurs hommes est important par rapport à celui des femmes, ce travail s'exprime comme des serveurs dans les cafétérias, des vendeurs dans les kiosques, des locateurs de voitures pour les enfants, des photographes, des nettoyeurs... etc.

1.2 Square el houria :

Activité	Catégorie	07 :00 - 10:00	10 :00 - 12:00	12 :00 - 16:00	16 :00 - 19:00
Marche	Homme	1	3	1	1
	Femme	1	2	1	1
	Enfant	1	1	1	1
Repos	Homme	1	4	2	2
	Femme	1	2	1	1
	Enfant	1	1	1	1
Rencontre	Homme	1	2	1	3
	Femme	1	2	2	4
	Enfant	1	1	1	1
Loisir	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	2	1	2
	Enfant	1	2	1	5
Travail	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	1	1	1
	Enfant	1	1	1	1

Tableau N° VII. 2: Intensité des activités par les différentes catégories dans le square el houria.
Source: Auteur, 2016.





(e)

Graphe N° VII. 2: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le square el houria. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.

Source : Auteur 2016.

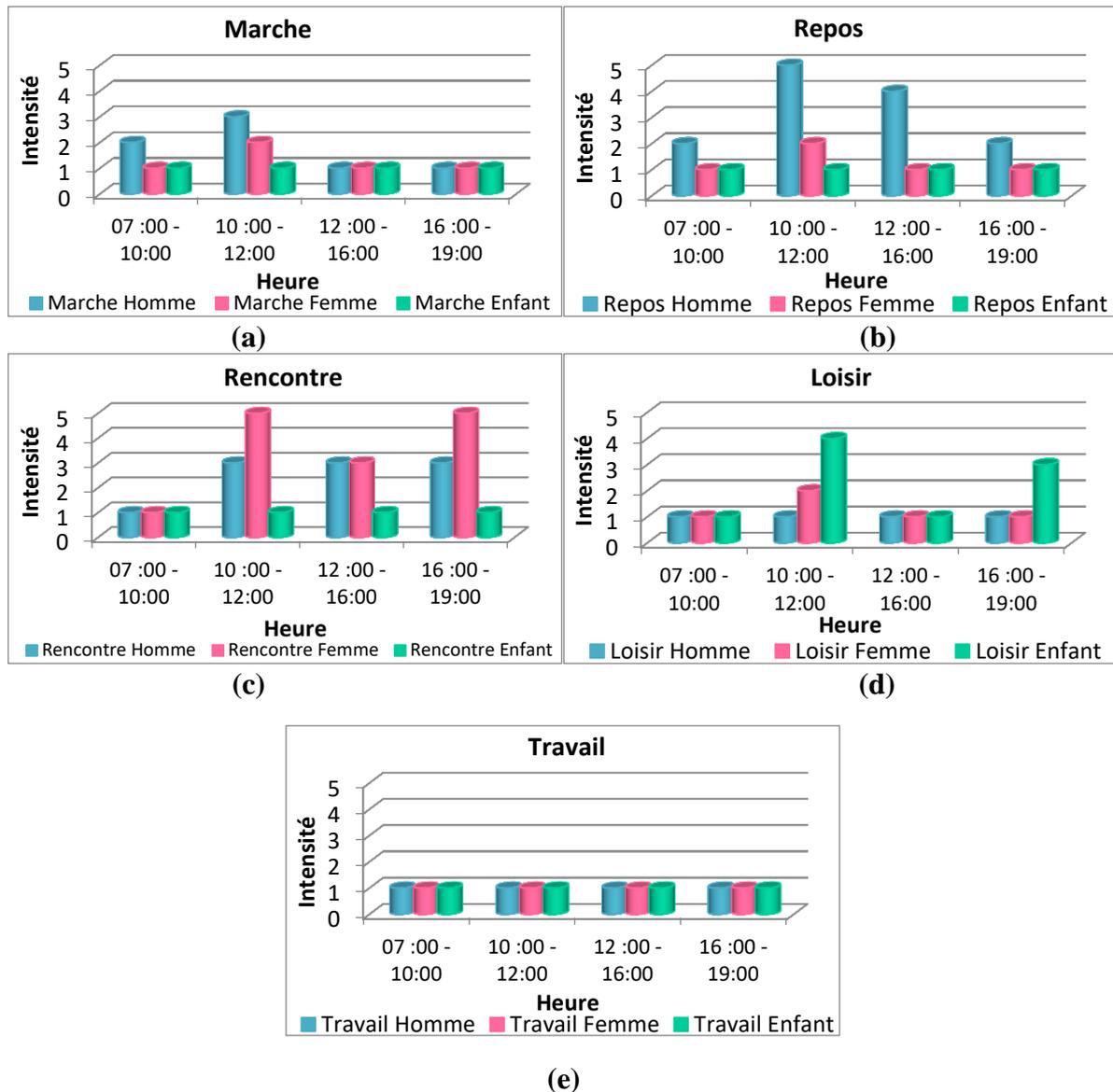
Le square el houria est un espace public qui abrite plusieurs types de pratiques, il est sécurisé et clôturé, malgré il est ouvert de 7h AM jusqu'à 7h PM, mais il accueille un nombre important des visiteurs, parce qu'il possède un lieu d'attractivité, de repos et de loisir. Les représentations ci-dessus montrent les activités et leurs niveaux d'intensité par chaque catégorie (Homme, Femme, Enfant). Les intensités de la marche et le repos sont faibles pendant toute la journée, à 10h on constate une augmentation de nombre des hommes qui sont en marche après en repos, en considérant le square comme un lieu de rencontre et de loisir, la présence féminine est importante à partir de 16h, et malgré les modestes jeux qui se trouve dans l'espace l'intensité de loisir est très forte (5) pour les enfants. Le travail ne présente pas une dominance dans le square, son intensité est très faible (1) pour homme et femme, les personnes qui travaillent dans cet espace public sont les agents de sécurité responsables de l'arrosage des arbres, et de l'ouverture et la sécurité du square, et les nettoyeurs. On remarque que la pratiques des activités est importante le soir, parce que la température de l'air diminue et la couverture végétale offert un lieu rafraichissant aux visiteurs de l'espace.

1.3 Jardin Boukhatouta Houcine :

Activité	Catégorie	07 :00 - 10:00	10 :00 - 12:00	12 :00 - 16:00	16 :00 - 19:00
Marche	Homme	2	3	1	1
	Femme	1	2	1	1
	Enfant	1	1	1	1
Repos	Homme	2	5	4	2
	Femme	1	2	1	1
	Enfant	1	1	1	1
Rencontre	Homme	1	3	3	3
	Femme	1	5	3	5
	Enfant	1	1	1	1
Loisir	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	2	1	1
	Enfant	1	4	1	3
Travail	Homme	1	1	1	1
	Femme	1	1	1	1
	Enfant	1	1	1	1

Tableau N° VII. 3: Intensité des activités par les différentes catégories dans le jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2016.



Grappe N° VII. 3: (a) Intensité de la marche par les trois catégories dans le jardin Boukhatouta Houcine. (b) Intensité de repos. (c) Intensité de la rencontre. (d) Intensité de loisir. (e) Intensité de travail.

Source : Auteur 2016.

Le jardin Boukhatouta Houcine connaît une diversité de pratiques et d'activités, malgré le temps d'ouverture du jardin est limité (de 7h jusqu'à 19h), mais il est fréquenté par tout type de population, car il est à proximité de plusieurs centre commerciaux et administratifs, ainsi son emplacement à côté d'une station de bus lui fournit un grand nombre de visiteur.

Les diagrammes figurants ci-dessus nous permettent de lire d'une manière directe les intensités et les pratiques qui se déroulent au niveau du jardin pour toutes les catégories (Homme, Femme, Enfant). Pour l'activité de la marche, il y a un certain équilibre d'usage entre femme et homme, l'intensité est faible pendant toute la journée, elle devient juste moyenne (3) à 10h pour homme, l'intensité de la rencontre est très forte (5) pour femme avant midi et pendant le soir, en comparant avec la rencontre des hommes, elle demeure moyenne (3), ce résultat se traduit par la puissance de voisinage et la situation du jardin par rapport aux magasins et transport (après heure de travail). Le repos présente une forte intensité (4 à 5) pour les hommes pendant le matin et l'après-midi et une faible intensité pour autres gens.

Concernant la catégorie d'enfant, l'intensité de loisir est forte (4) à 10h, et moyenne pendant le soir, vue la présence des aires de jeux et la sensation d'un certain confort thermique. En parlant du travail, l'intensité est très faibles (1) pour toute la journée, les travailleurs sont des hommes, ils sont des agents de sécurité, qui surveillent le jardin.

Donc la pratique des usagers de jardin Boukhatouta Houcine est presque identique pour tous les genres de population, on conclue qu'il y a un certain équilibre d'usage entre les trois catégories.

2 Analyse et interprétation des données de questionnaire:

Cette partie d'étude s'agit d'une analyse statistique, elle s'accomplit d'une corrélation entre les données recueillies du formulaire, leurs traitements se fait par une analyse univariée suivi par une analyse bivariée et multivariée avec l'aide de logiciel de SPSS, qui permet d'avoir la relation entre le confort thermique et les différentes pratiques dans l'espace public extérieur.

D'une manière générale, il est possible de représenter l'ensemble de ces techniques d'analyse en trois phases successives :

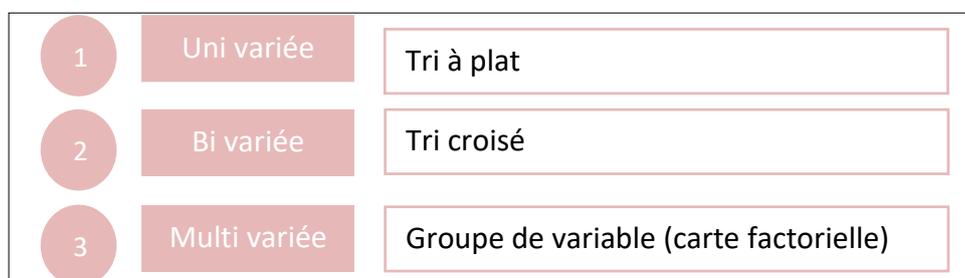


Figure N° VII. 1: Types d'analyses suivies pour l'étude du questionnaire.

Source : Auteur 2020.

2.1 L'analyse unie variée :

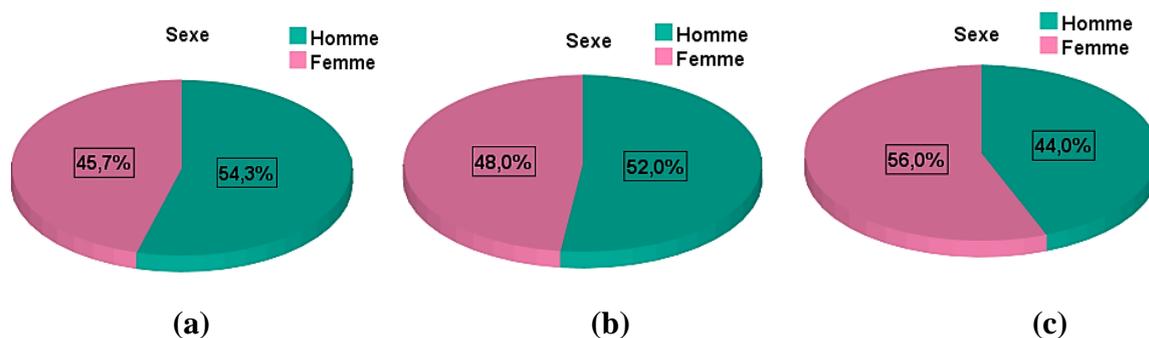
Consiste à examiner la distribution des modalités de réponses pour une seule variable (nominale, ordinale ou métrique), cet analyse permet d'obtenir un tableau de fréquences (effectifs), et le traduire en histogrammes, en diagrammes à secteurs ou en diagrammes à bâtons, dont le but est d'atteindre un résultat fiable et déterminant de la pratique de l'espace public.

2.1.1 Le sexe :

Sexe	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Homme	152	54.3	78	52.0	66	44.0
Femme	128	45.7	72	48.0	84	56.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 4: Répartition du sexe aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta.

Source : Auteur 2020.



Graph N° VII. 4: (a) Répartition du sexe au cours de la révolution. (b) au square el Houria. (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

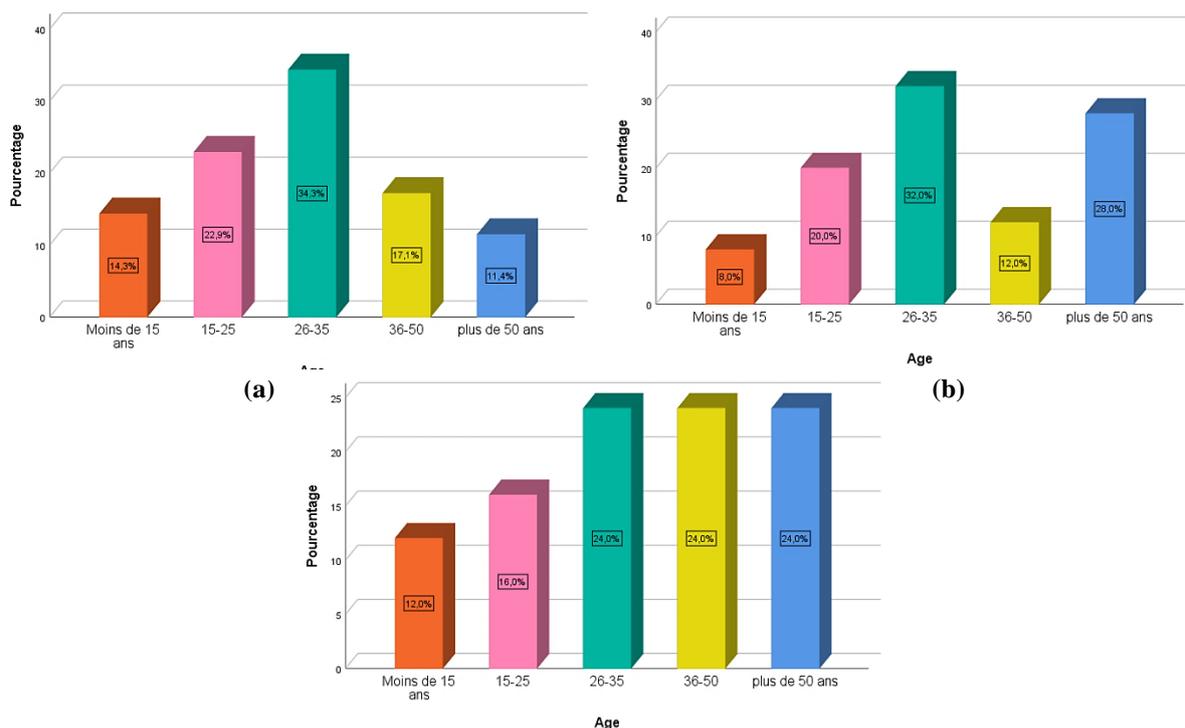
La lecture des graphes ci-dessus montre une certaine égalité par l'usage des deux sexes dans les espaces publics étudiés, l'utilisation du cours de la révolution et du square el Houria est dominante par les hommes avec un pourcentage de 54.3% et 52.0%, par contre le jardin Boukhatouta Houcine présente 56.0% des femmes qui fréquentent l'espace.

2.1.2 L'âge :

Age	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Moins de 15 ans	40	14.3	12	08.0	18	12.0
15-25	64	22.9	30	20.0	24	16.0
26-35	96	34.3	48	32.0	36	24.0
36-50	48	17.1	18	12.0	36	24.0
plus de 50 ans	32	11.4	42	28.0	36	24.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 5: Usage par âge aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



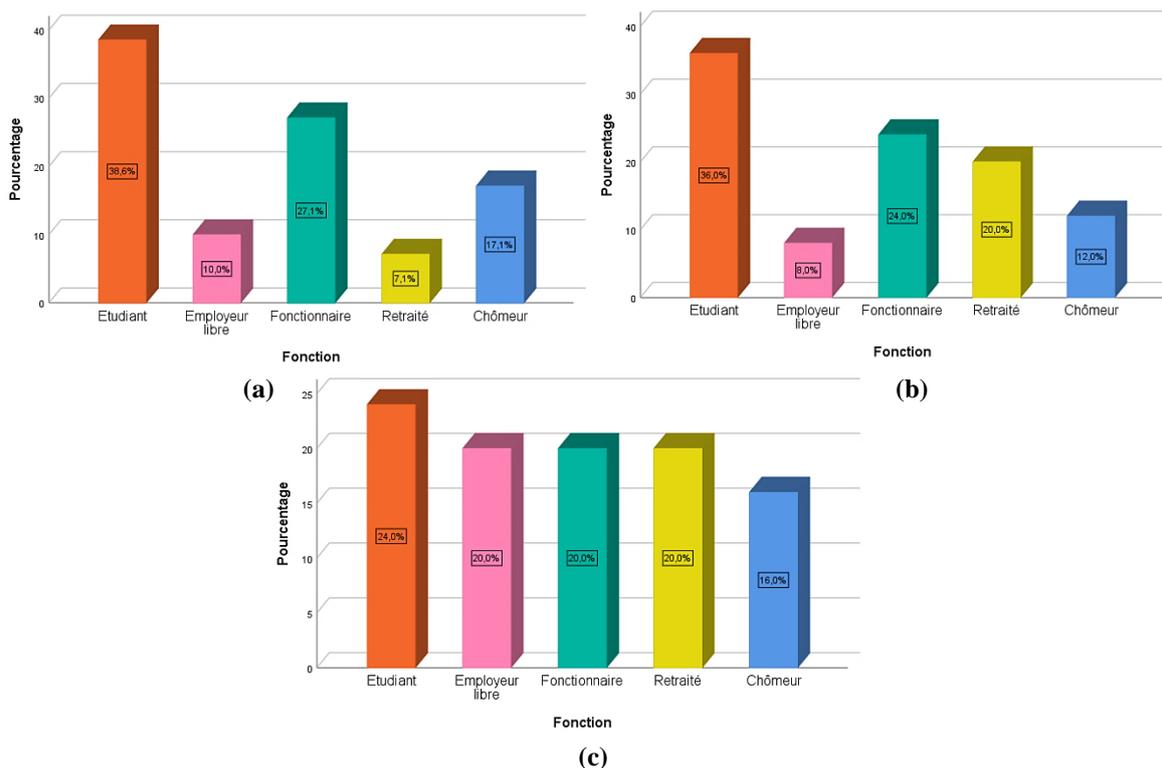
Graphe N° VII. 5: (a) Usage par âge au cours de la révolution. (b) au square el Houria. (c) au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.

D’après les graphes ci-dessus, la tranche d’âge entre 26-35 ans est la plus dominante dans les trois espaces investigués, le cours de la révolution et square el Houria présentent une fréquentation importante par les jeunes, dont 22.9% et 20% sont des pourcentages pour la catégorie 15-25, en revanche le jardin Boukhatouta Houcine présentent une égalité de densité de fréquentation pour les tranches d’âge suivantes, 26-35, 36-50, et plus de 50ans.

2.1.3 La fonction :

Fonction	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Etudiant	108	38.6	54	36.0	36	24.0
Employeur libre	28	10.0	12	08.0	30	20.0
Fonctionnaire	76	27.1	36	24.0	30	20.0
Retraité	20	07.1	30	20.0	30	20.0
Chômeur	48	17.1	18	12.0	24	16.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 6: Fonction aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.



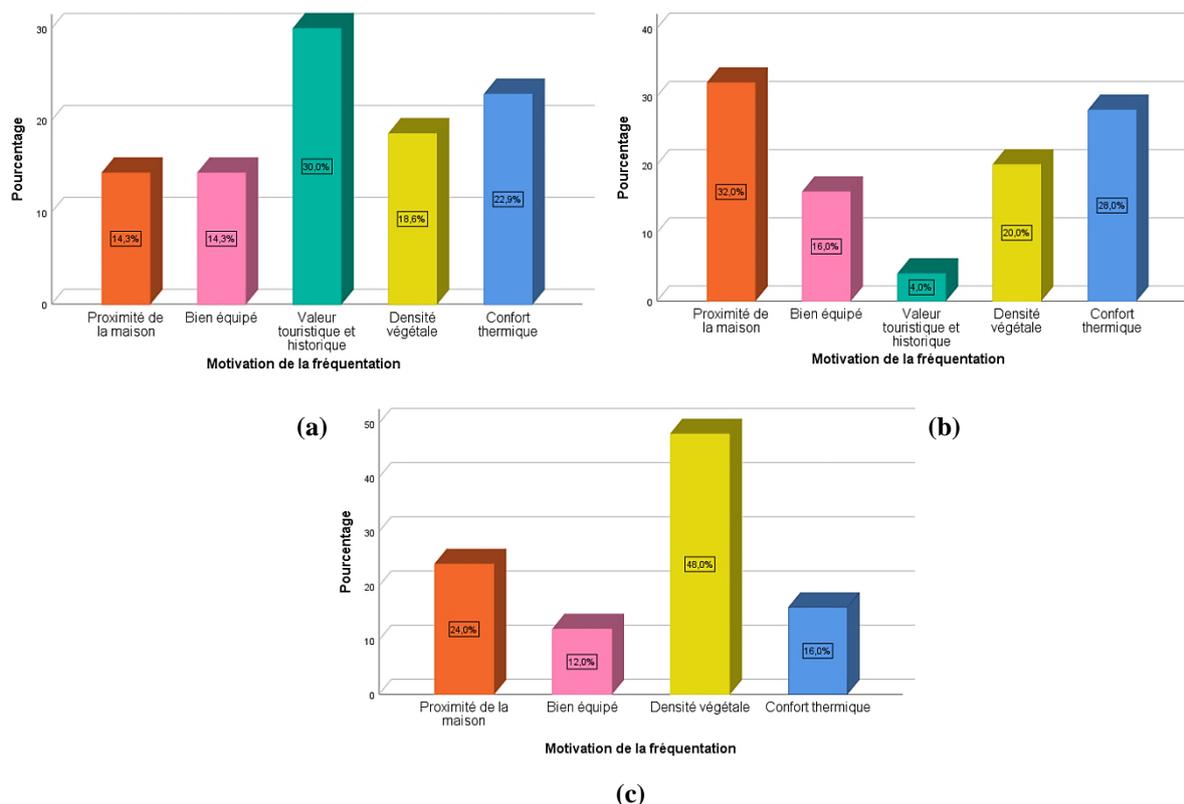
Graph N° VII. 6: (a) Fonction au le cours de la révolution. (b) au square el Houria. (c) au jardin Boukhatouta Houcine
Source : Auteur 2020.

Les graphes ci-dessus illustrent que la plus part des usagers des espaces sont des étudiants, parce qu'ils sont en vacances, ils profitent des cafétérias au cours, et du repos et détente dans le jardin et le square, les fonctionnaires représentent de 20% à 27.1% des personnes interrogés dans chaque air d'étude, un pourcentage de 20% est occupé par les retraités dans le jardin et le square pour trouver le calme et un certain confort psychologique, par contre dans le cours de la révolution, les retraités représentent le minimum des personnes interviewées avec un pourcentage de 07.1%.

2.1.4 La motivation de la fréquentation :

Motivation de la visite	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Proximité de la maison	40	14.3	48	32.0	36	24.0
Bien équipé	40	14.3	24	16.0	18	12.0
Valeur touristique historique	84	30.0	06	04.0	00	00.0
Densité végétale	52	18.6	30	20.0	72	48.0
Confort thermique	64	22.9	42	28.0	24	16.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 7: Motivation de la visite aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.



Graph N° VII. 7: (a) Motivation de la visite au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

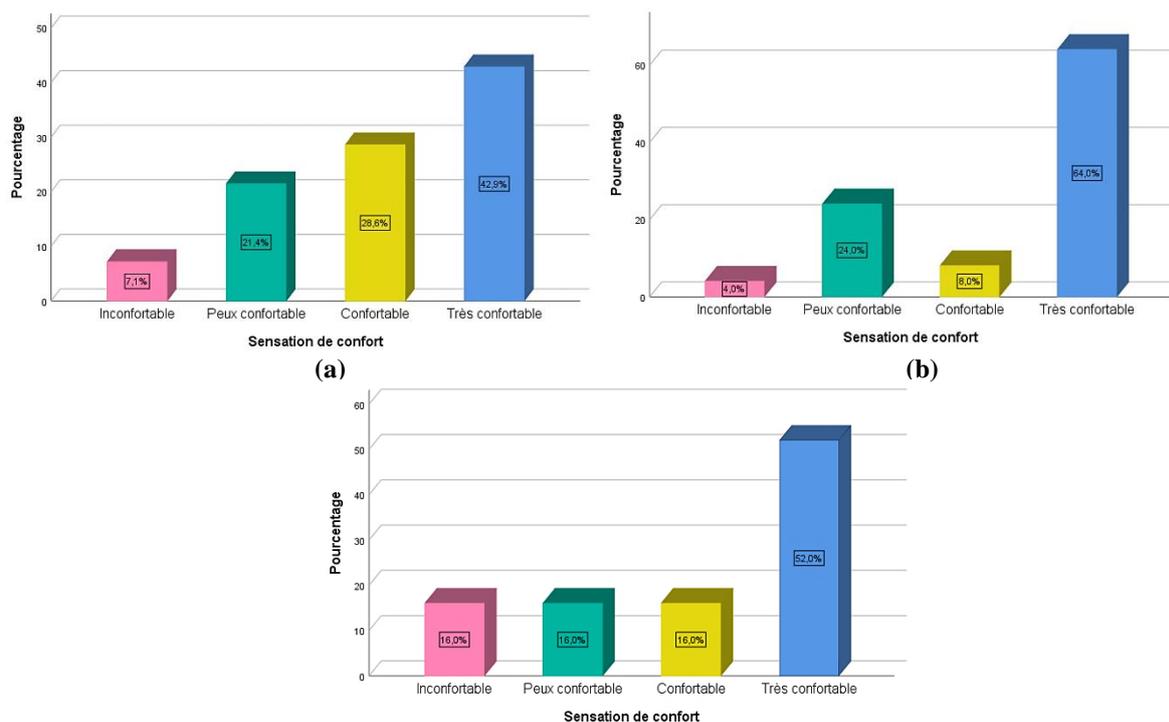
D’après les graphes ci-dessus, la motivation de la visite est différente d’un espace à un autre, 30% des participants interviewés du cours de la révolution sont attirés par sa valeur touristique et historique, 22.9% et 18,6% (successivement) des usagers indiquent qu’ils sont arrivés à cause du confort thermique et densité végétale. Ces derniers présentent un intérêt moyen pour les utilisateurs de square, la plus part (32%) sont intéressés par la proximité de la maison. Pour le jardin, 48% des usagers sont motivés par la présence de la densité végétale qu’elle couvre l’espace.

2.1.5 Sensation du confort :

Sensation du confort	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Très inconfortable	00	00.0	00	00.0	00	00.0
Inconfortable	20	07.1	06	04.0	24	16.0
Peux confortable	60	21.4	36	24.0	24	16.0
Confortable	80	28.6	12	08.0	24	16.0
Très confortable	120	42.9	96	64.0	78	52.0
Total	280	100.0	150	100	150	100.0

Tableau N° VII. 8: Sensation du confort aux le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



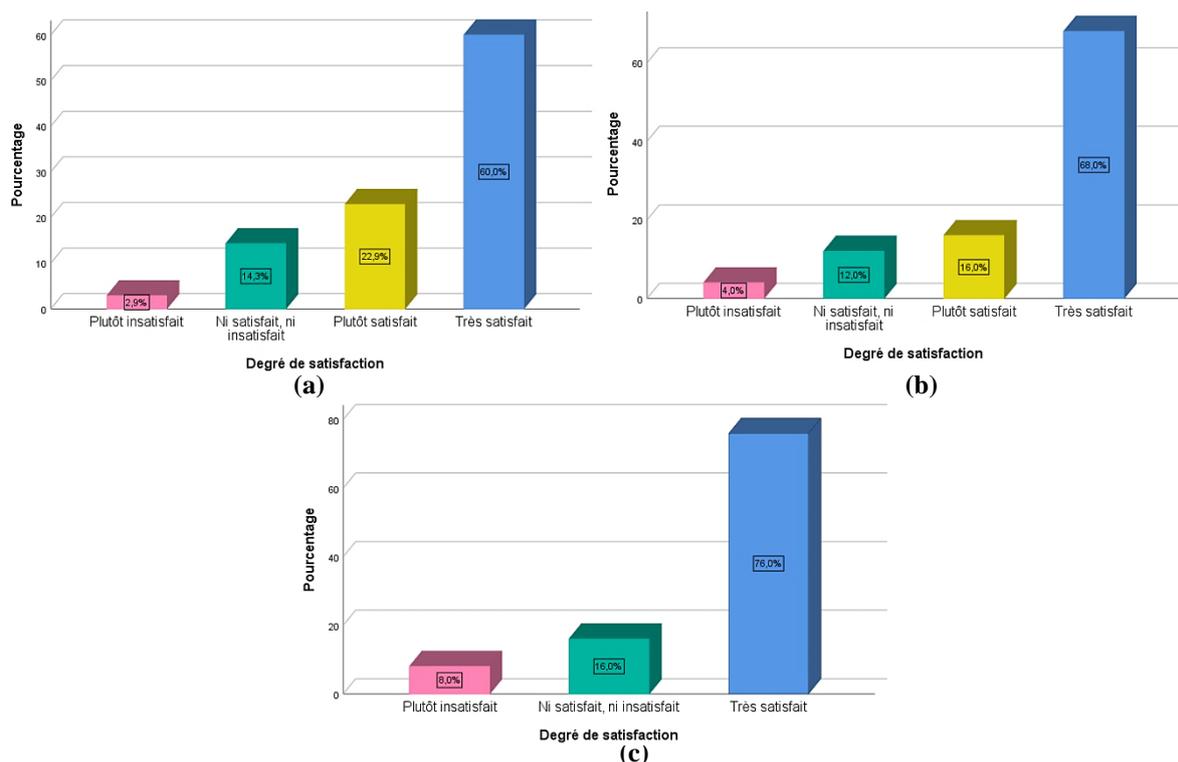
Graph N° VII. 8: (a) Sensation du confort au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.

Les illustrations ci-dessus nous révèlent le niveau de satisfaction du confort dans chaque espace étudié, la majorité des usagers (42.9% au cours, 64% à square et 52% au jardin) trouvent que les espaces sont très confortables, Entre 8% et 28% des personnes interviewées discernent que les sites d’investigation sont confortables, les catégories confortable, peu confortable et inconfortable présentent une égalité de pourcentages (16%) au jardin Boukhatouta Houcine. Par ailleurs, une minorité de personnes déclare que le cours de la révolution et square el Houria sont des espaces inconfortables. Cette différence est due à plusieurs facteurs comme, la compréhension du confort comme l’équipement de l’espace, la sécurité, la sensation thermique, le confort visuel...etc.

2.1.6 Sensation thermique :

Degré de satisfaction	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Très insatisfait	00	00.0	00	00.0	00	00.0
Plutôt insatisfait	08	02.9	06	04.0	12	08.0
Ni satisfait, ni insatisfait	40	14.3	18	12.0	24	16.0
Plutôt satisfait	64	22.9	24	16.0	00	00.0
Très satisfait	168	60.0	102	68.0	114	76.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 9: Sensation thermique aux le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.



Graph N° VII. 9: (a) Sensation thermique aux cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

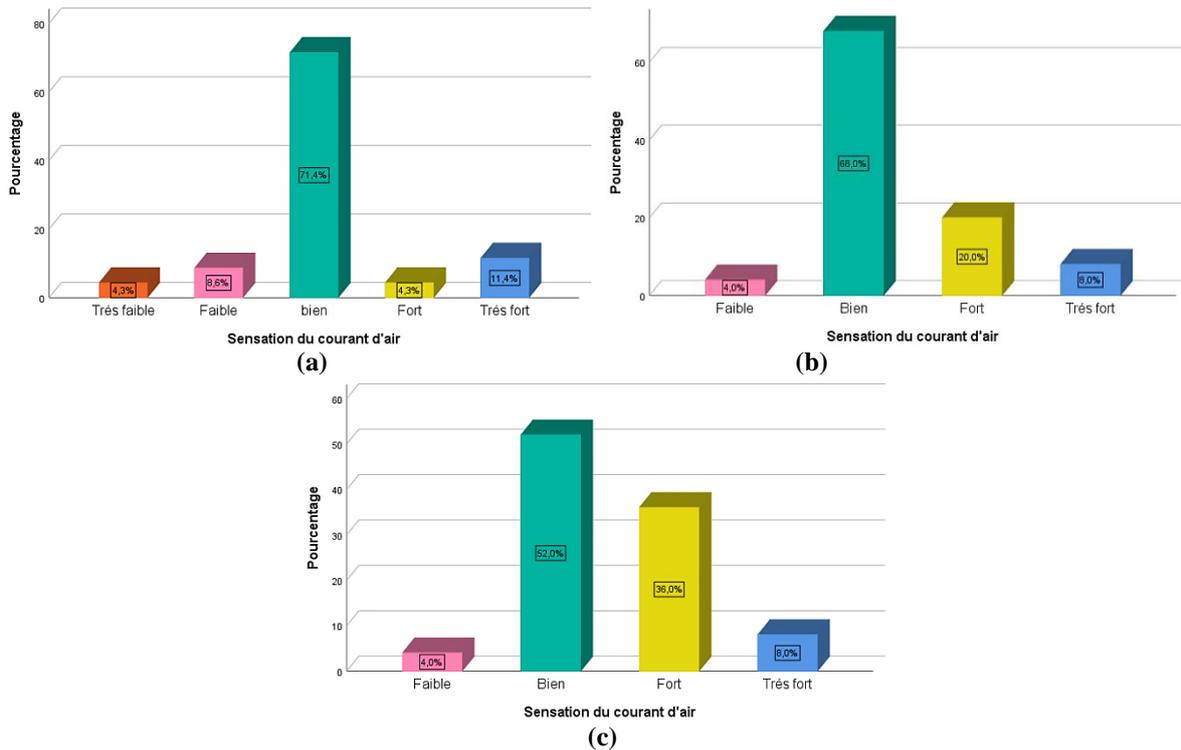
Les graphes ci-dessus figurent la sensation de la chaleur des participants à l’enquête dans les trois sites d’investigation, en général la majorité de ces derniers : (60% au cours, 68% à square et 76% au jardin) sont très satisfait, 64 sur 280 personnes au cours de la révolution et 24 sur 150 personnes au square el houria prouvent que leurs espaces sont bien de point de vue thermique, d’autres usagers (14.3% au cours, 12% à square et 16% au jardin) montrent qu’ils sont ni satisfait ni insatisfait. La catégorie « insatisfait » présente un faible pourcentage dans les espaces étudiés. Le degré de la satisfaction thermique est dû au moment de fréquentation (ex : midi soleil perpendiculaire), à la présence ou l’absence des masques solaires, à la chaleur emmagasinée (période de surchauffe), à l’habillement et au métabolisme.

2.1.7 Sensation du courant d’air :

Sensation de courant d’air	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Très faible	12	04.3	00	00.0	00	00.0
Faible	24	08.6	06	04.0	06	04.0
Neutre (Bien)	200	71.4	102	68.0	78	52.0
Fort	12	04.3	30	20.0	54	36.0
Très fort	32	11.4	12	08.0	12	08.0
Total	280	100.0	150	100	150	100

Tableau N° VII. 10: Sensation du courant d’air aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



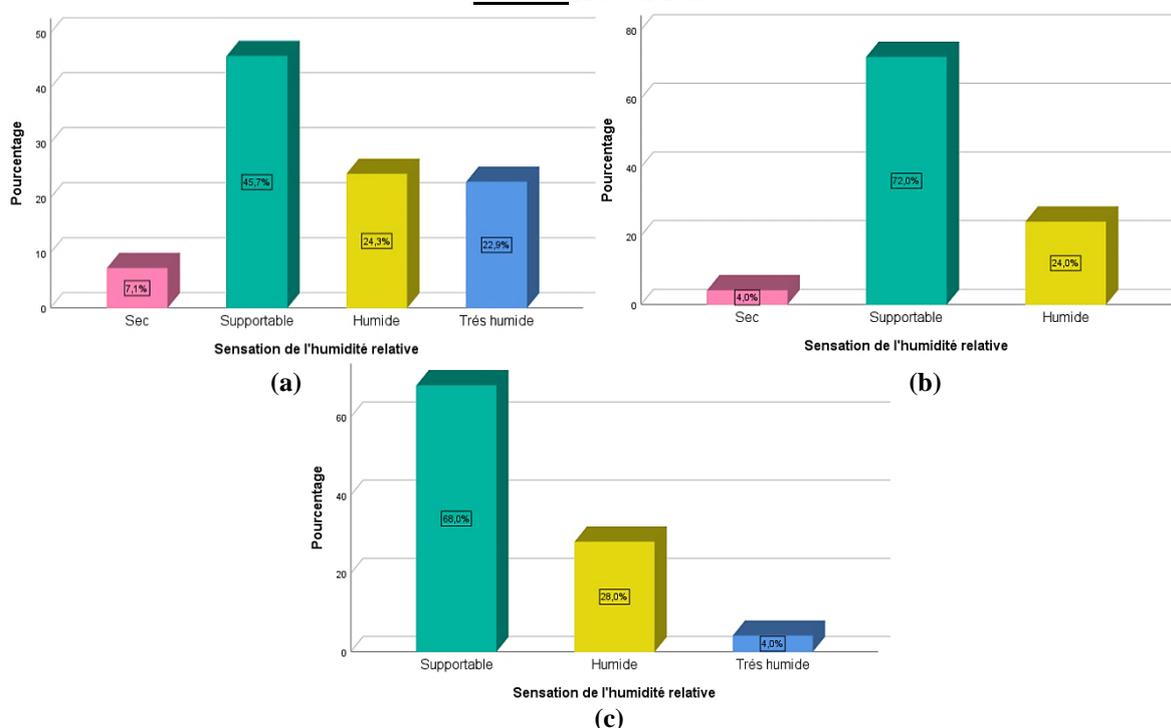
Graphe N° VII. 10: (a) Sensation du courant d'air au cours de la révolution. (b) au square el Houria (c) au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.

La lecture des graphes ci-dessus montre que la plupart des usagers dans les trois airs d'étude perçoivent un certain courant d'air, cela est justifié par la grande masse végétale qu'elle couvre le cours, le square et le jardin, ainsi la présence des couloirs de ventilation qu'ils sont faits par les bâtiments qui les entourent. Parmi les personnes qui sentent le courant d'air, une majorité (71.4% au cours, 68% au square, 52% au jardin) prouve que cette sensation est bien, parce que le mouvement de l'air offre un rafraîchissement au lieu, Concernant les autres participants interviewés, ils discernent que le courants d'air est faible (8.6% au cours, 4% au square et au jardin), et d'autre le trouvent comme un facteur de gêne « sensation forte » (20% au square, 36% au jardin), et « sensation très forte » au cours de la révolution (11.4%), cela est dû à plusieurs facteurs comme l'endroit où la personne s'assoie, le métabolisme, l'âge, la période de fréquentation...etc.

2.1.8 Sensation de l'humidité relative :

Sensation d'humidité	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Très sec	00	00.0	00	00.0	00	00.0
Sec	20	07.1	06	04.0	00	00.0
Neutre (Supportable)	128	45.7	108	72.0	102	68.0
Humide	68	24.3	36	24.0	42	28.0
Très humide	64	22.9	00	00.0	06	04.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 11: Sensation de l'humidité relative aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.



Graph N° VII. 11: (a) Sensation de l'humidité au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.

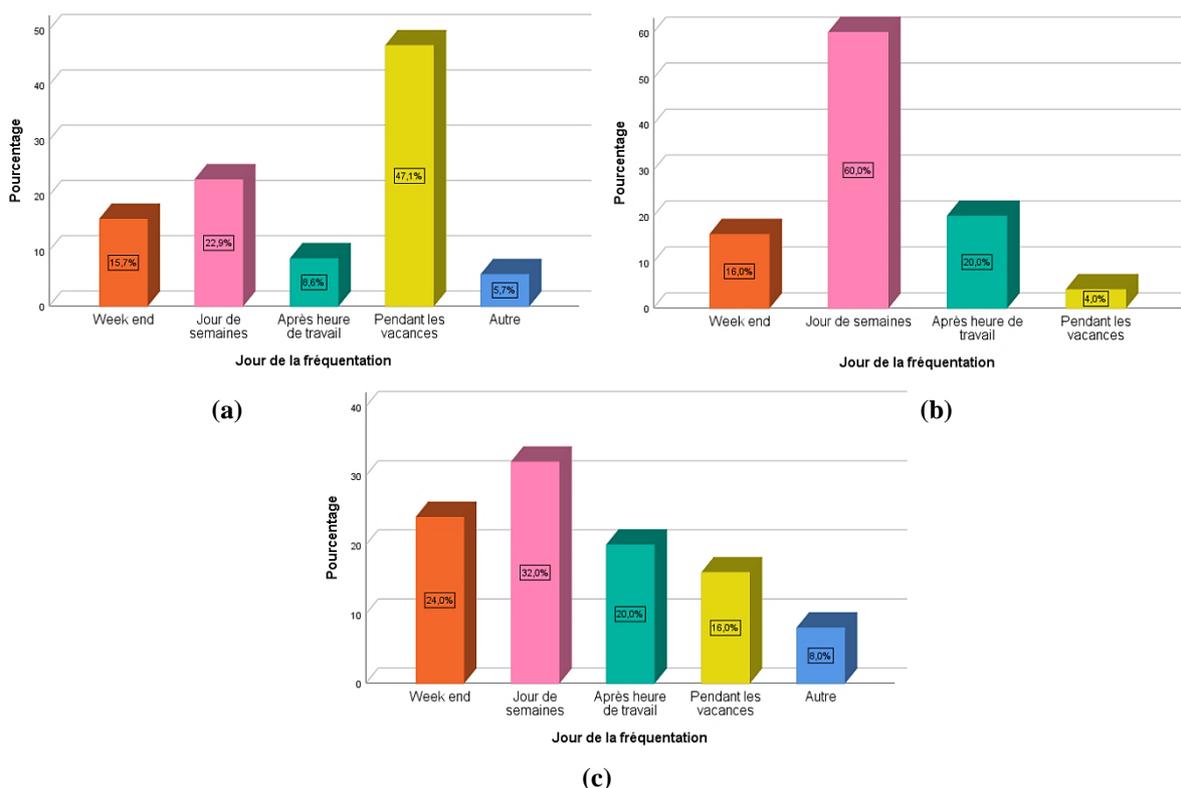
La sensation de l'humidité relative dans les espaces publics étudiés est représentée dans les graphes ci-dessus. D'un premier constat, la totalité des participants aux questionnaires dans le jardin Boukhatouta Houcine (100%) se sent l'humidité dans leur espace, en revanche 20 sur 280 personnes au cours de la révolution et 6 sur 150 personnes au square el Houria déclarent qu'ils ne sentent pas l'humidité dans l'air. La plupart des usagers des espaces publics (45.7% au cours, 72% au square, 68% au jardin) dénoncent que l'humidité relative est supportable, les diagrammes montrent que la catégorie humide présente 24.3% des utilisateurs au cours, 24% au square, et 28% au jardin, d'autres personnes trouvent que le cours est très humide d'un pourcentage de 22.9%, ces résultats peuvent être expliqués par la proximité de la mer, et le

moment de la journée pendant lequel les usagers squattent l'espace public, car quand la température de l'air augmente l'humidité relative baisse et vice versa.

2.1.9 Jour de la fréquentation :

Jour de la fréquentation	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Week end	44	15.7	24	16.0	36	24.0
Jour de semaine	64	22.9	90	60.0	48	32.0
Après H de travail	24	08.6	30	20.0	30	20.0
Pendant les vacances	132	47.1	06	04.0	24	16.0
Autre	16	05.7	00	00.0	12	08.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 12: Jour de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta. Houcine. Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 12: (a) Jour de la fréquentation au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine. Source : Auteur 2020.

Pour le jour de la visite, les graphes ci-dessus indiquent les données résolues du formulaire des questions dans les sites d'études, 132 sur 280 personnes déclarent qu'ils visitent le cours de la révolution pendant les vacances, parce qu'il est considéré comme un endroit touristique et représentant de la ville et le noyau colonial, 22.9% et 15.7% des participants présentent leur

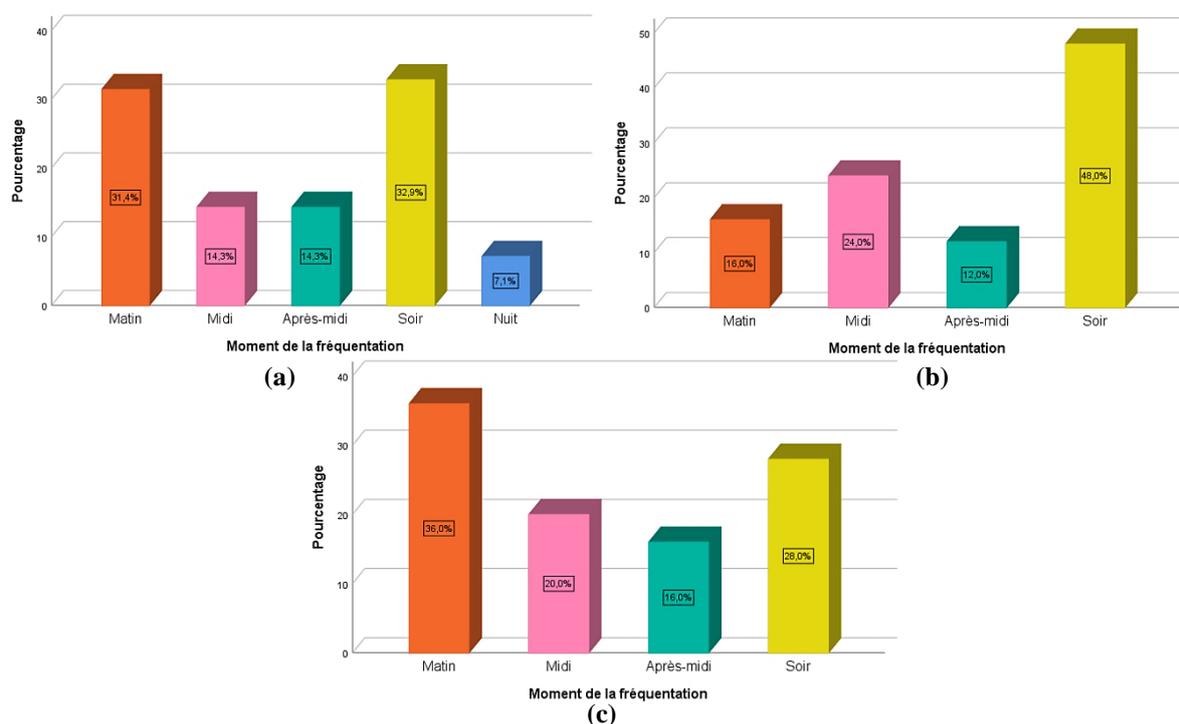
intérêt de visite à cet espace pendant les jours de semaines et les week-ends (successivement), le square et le jardin sont utilisés par les usagers pendant les jours de semaines (60%, 32%), la fréquentation de ces derniers est aussi motivé pendant les week-ends (16% à square, 24% au jardin) et après heure de travail (20% à square et au jardin), parce que les gens (fonctionnaire, étudiants, enfants) sont en vacances, donc ils peuvent utilisé les espaces à n'importe quel jour.

2.1.10 Le moment de la fréquentation :

Moment de la fréquentation	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Matin	88	31.4	24	16.0	54	36.0
Midi	40	14.3	36	24.0	30	20.0
Après midi	40	14.3	18	12.0	24	16.0
Soir	92	32.9	72	48.0	42	28.0
Nuit	20	07.1	00	00.0	00	00.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 13: Moment de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 13: (a) Moment de la fréquentation au cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

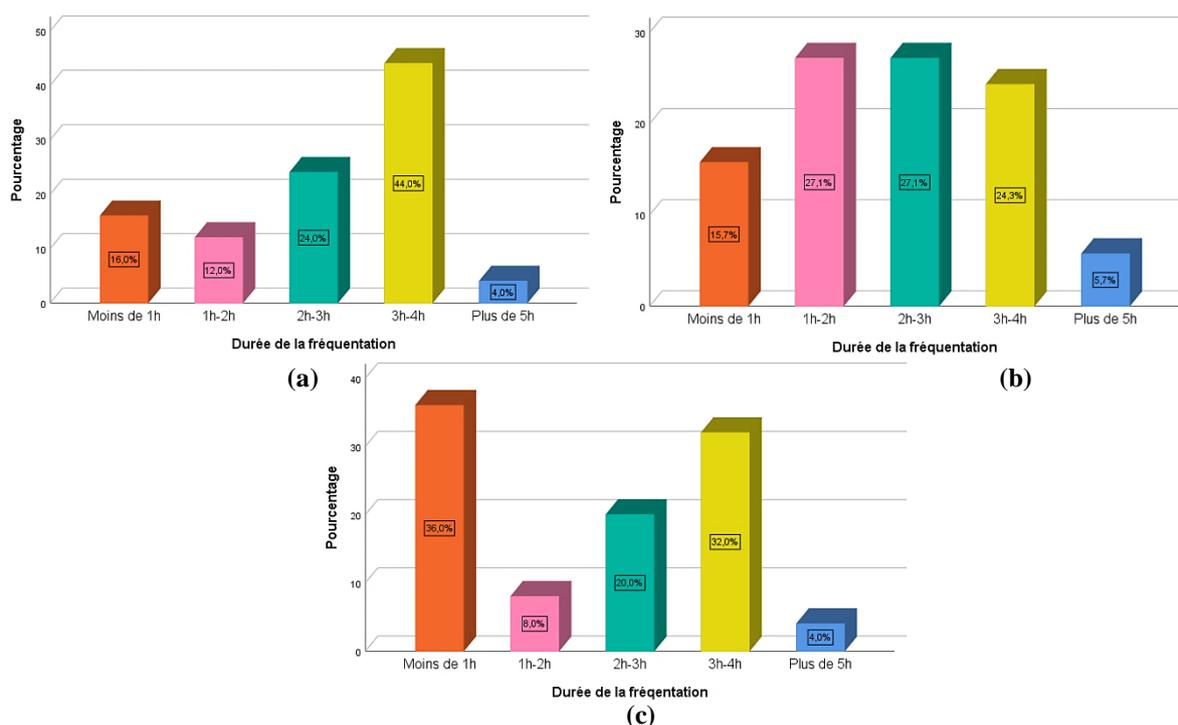
Le moment de la visite des espaces publics est éclairci dans les représentations ci-dessus. Cette visite connaît une présence majoritaire par les usagers pendant le matin (31.4%, 16%, 36%) et le soir (32.9% au cours, 48% à square, 28% au jardin), en raison de chercher un certain confort thermique. Pendant midi et après midi, les espaces étudiés ont vécu une assiduité considérable par les utilisateurs, la période de la nuit présente juste 7.1% des

personnes interrogées qu’elles fréquentent le cours de la révolution, à ce moment la présence des usagers est nulle à square el houria et au jardin Boukhatouta Hocine, parce qu’ils sont fermés à 19h.

2.1.11 La durée de la fréquentation :

Durée de la fréquentation	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Hocine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Moins de 1h	44	15.7	24	16.0	54	36.0
1h à 2h	76	27.1	18	12.0	12	08.0
2h à 3h	76	27.1	36	24.0	30	20.0
3h à 4h	68	24.3	66	44.0	48	32.0
Plus de 5h	16	05.7	06	04.0	06	04.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 14: Durée de la fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Hocine. Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 14: (a) Durée de la fréquentation dans le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Hocine. Source : Auteur 2020.

La lecture des représentations ci-dessus nous aide à définir la durée de la fréquentation dans les espaces étudiés, 24.3% des usagers questionnés au cours de la révolution, 44% au square, et 32% au jardin passent une période entre 3h à 4h de visite, par ailleurs d’autres ne dépassent pas 1h de temps. La durée de la fréquentation arrive jusqu’à 5h de temps mais avec des taux minimaux dans chaque espace (5.7%, 4% et 4% successivement), en revanche 76 sur 280 personnes au cours, 36 et 30 sur 300 personnes au square et au jardin utilisent leurs espaces entre 2h à 3h de temps. Alors la durée de la visite varie d’un espace à l’autre à cause de

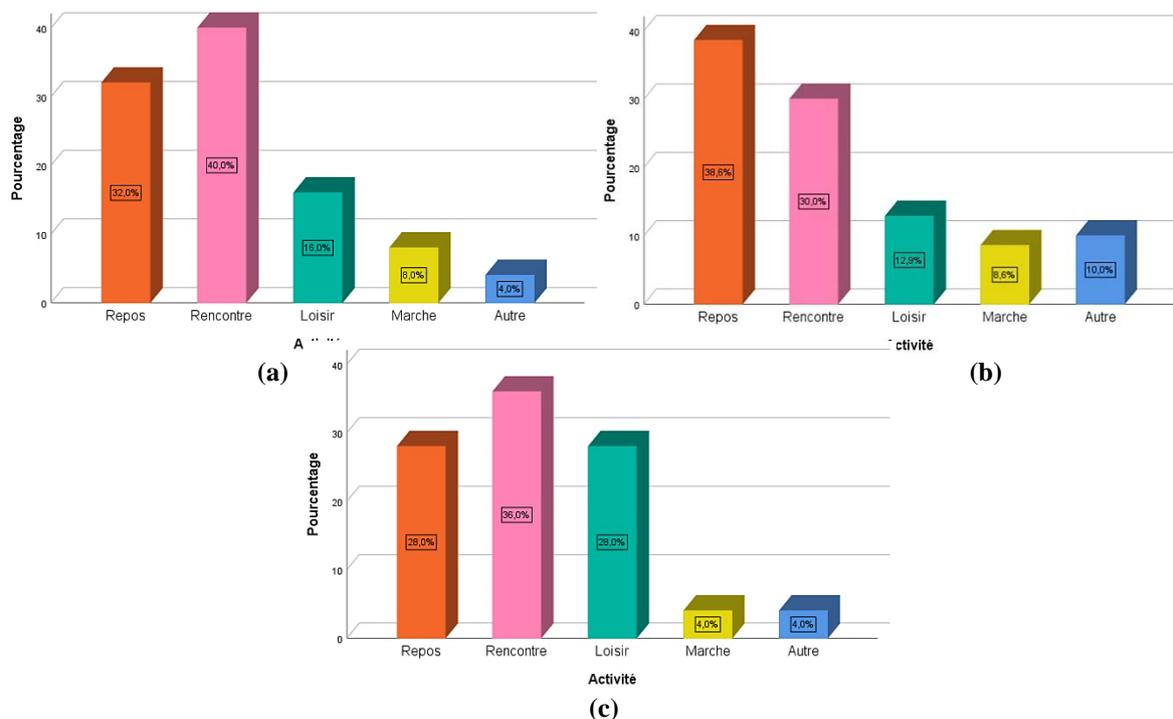
plusieurs facteurs comme : la sensation de confort, la pratique exercée, le moment de la fréquentation, le type et l'âge des usagers...etc.

2.1.12 La pratique exercée:

Activité	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Repos	108	38.6	48	32.0	42	28.0
Rencontre	84	30.0	60	40.0	54	36.0
Loisir	36	12.9	24	16.0	42	28.0
Marche	24	08.6	12	08.0	06	04.0
Autre	28	10.0	06	04.0	06	04.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 15: Pratique dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 15: (a) Pratique au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

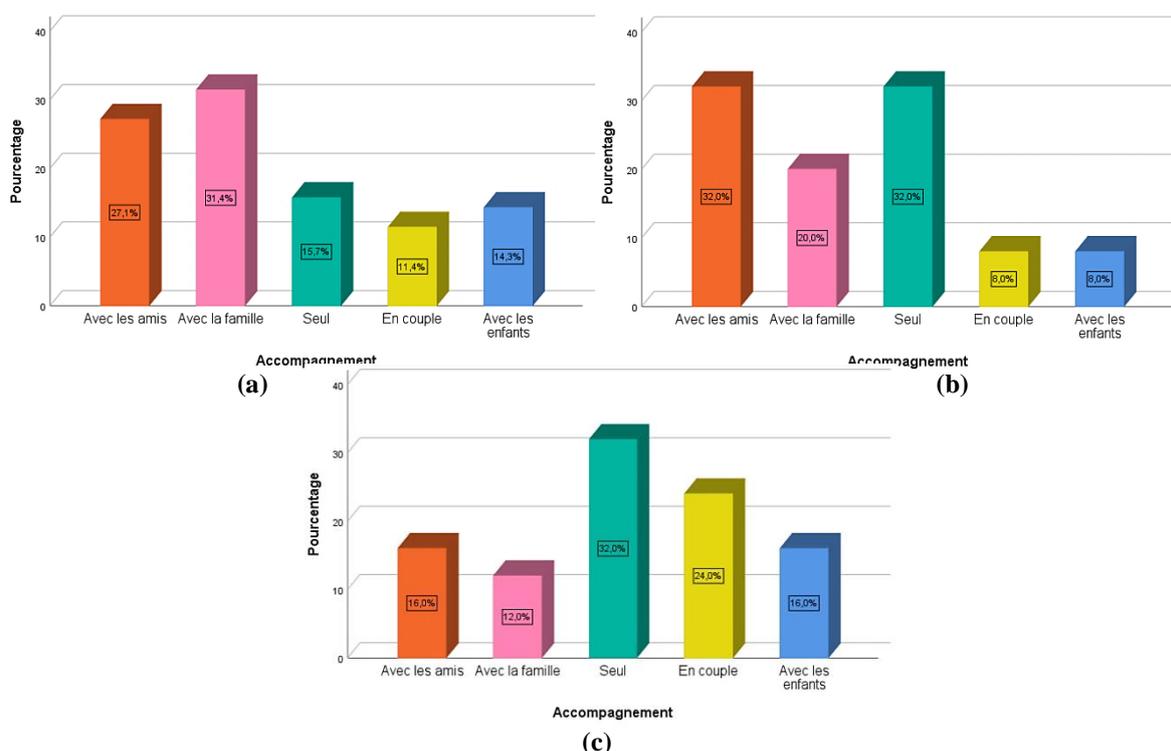
Les illustrations ci-dessus nous définissent la pratique exercée dans les espaces publics, en général le repos et la rencontre sont les activités les plus dominantes dans les trois lieux d'investigation, pour le cours de la révolution le repos est la pratique la plus distinguée avec un pourcentage de 38.6%, par contre square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine sont marqués par la rencontre (40% et 36%), dont le but est de chercher un certain confort thermique et psychique, le loisir fait l'objet de 16% à 28% des visiteurs de ces derniers espaces. À propos du cours, l'activité du loisir présente juste 12.9% des interrogés à cause du manque des aires de jeux, la marche présente des pourcentages minoritaires dans tous les

espaces. Autres personnes (10%) déclarent qu'ils n'exercent aucunes des pratiques cités dans le formulaire des questions, parce qu'ils visitent les espaces publics en raison de la lecture des journaux, et de travail (dans les kiosques et les cafétérias...etc).

2.1.13 L'accompagnement :

Accompagnement	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)	Fréq	Prc (%)
Avec les amis	76	27.1	48	32.0	24	16.0
Avec la famille	88	31.4	30	20.0	18	12.0
Seul	44	15.7	48	32.0	48	32.0
En couple	32	11.4	12	08.0	36	24.0
Avec les enfants	40	14.3	12	08.0	24	16.0
Total	280	100.0	150	100.0	150	100.0

Tableau N° VII. 16: Accompagnement dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 16: (a) Accompagnement au le cours de la révolution. (b) au square el Houria, (c) au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

D'après ces statistiques décrites ci-dessus, il en résulte que l'accompagnement des usagers est complètement différent d'un site à un autre, dans le cours de la révolution, une pluralité des personnes interrogées est accompagnée par leurs familles (31.4%) et par leurs amis (27.1%), le reste des usagers paraissent seul (15.7%), en couple (11.4%) ou avec les enfants (14.3%). Observant le square el Houria, 48 sur 150 personnes interviewés sont accompagnés par leurs amis, 32% des visiteurs arrivent seuls au square et au jardin, la catégorie « en couple »

présente 24% des usagers au jardin Boukhatouta Houcine. Cette diversité d'accompagnement est due à la raison de la visite et la pratique exercée, ainsi à l'âge des visiteurs.

2.2 L'analyse bivariée :

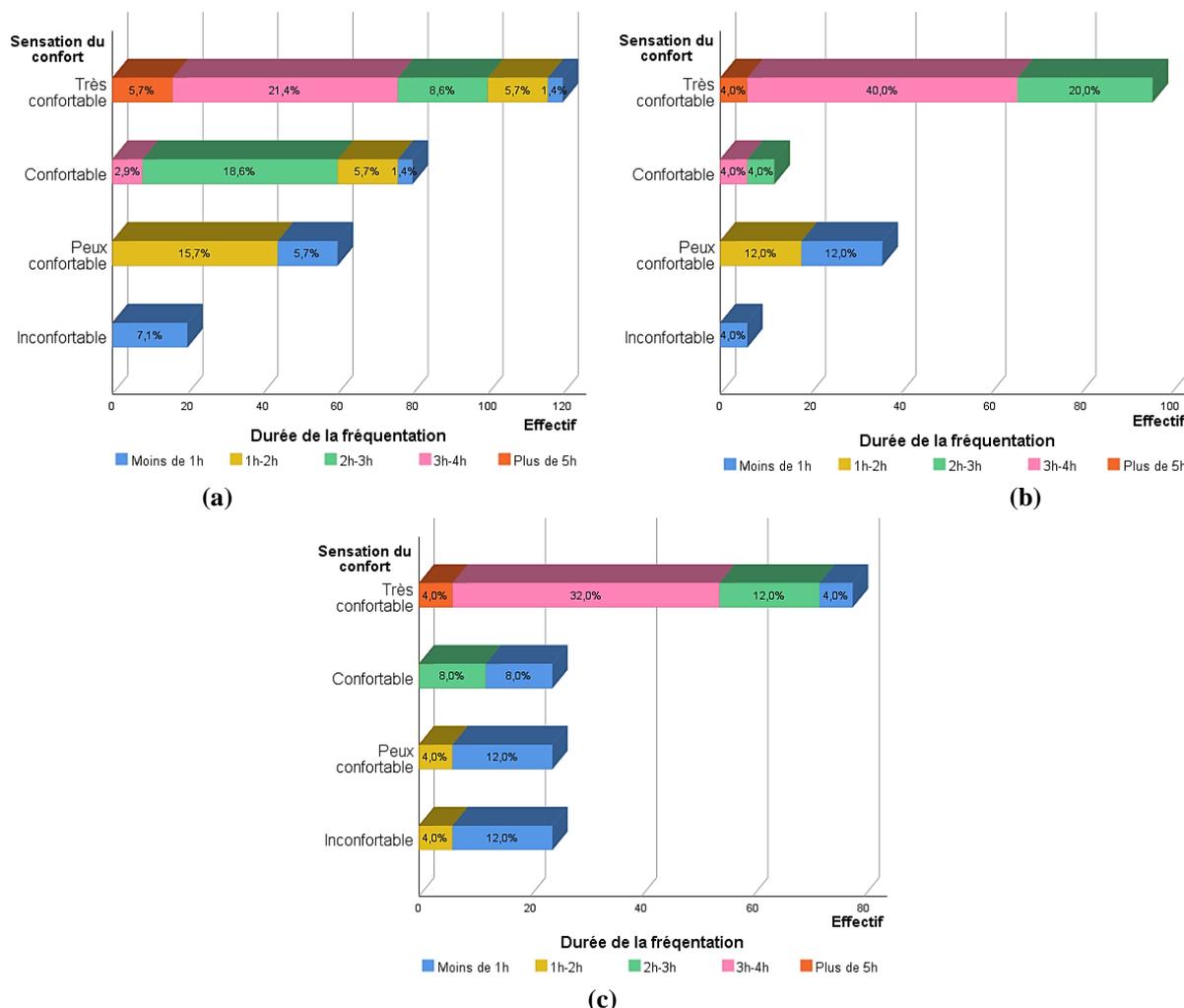
Cette analyse implique l'étude de deux variables, afin de déterminer la relation empirique entre elles, dont le but est de préciser la corrélation entre le confort thermique et la pratique des espaces publics extérieurs, et d'expliquer la relation entre les différentes activités qui se déroulent dans les sites d'investigation.

2.2.1 Sensation du confort et durée de la fréquentation :

Sensation du confort/ Durée de fréquentation	Moins de 1h	1h-2h	2h-3h	3h-4h	Plus de 5h	Total
Cours de la révolution						
Inconfortable	07.1%(20)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	07.1% (20)
Peux confortable	05.7%(16)	15.7%(44)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	21.4% (60)
Confortable	01.4% (4)	05.7%(16)	18.6%(52)	02.9% (8)	00.0% (0)	28.6% (80)
Très confortable	01.4% (4)	05.7%(16)	08.6%(24)	21.4%(60)	05.7%(16)	42.9%(120)
Total	15.7%(44)	27.1%(76)	27.1%(76)	24.3%(68)	05.7%(16)	100% (280)
Square el Houria						
Inconfortable	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)
Peux confortable	12.0%(18)	12.0%(18)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	24.0% (36)
Confortable	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)	04.0% (6)	00.0% (0)	08.0% (12)
Très confortable	00.0% (0)	00.0% (0)	20.0%(30)	40.0%(60)	04.0% (6)	64.0% (96)
Total	16.0%(24)	12.0%(18)	24.0%(36)	44.0%(66)	04.0% (6)	100% (150)
Jardin Boukhatouta Houcine						
Inconfortable	12.0%(18)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Peux confortable	12.0%(18)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Confortable	08.0%(12)	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Très confortable	04.0% (6)	00.0% (0)	12.0%(18)	32.0%(48)	04.0% (6)	52.0% (78)
Total	36.0%(54)	08.0%(12)	20.0%(30)	32.0%(48)	04.0% (6)	100% (150)

Tableau N° VII. 17: Relation entre la sensation du confort et la durée de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 17: (a) Corrélation entre la sensation du confort et la durée de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

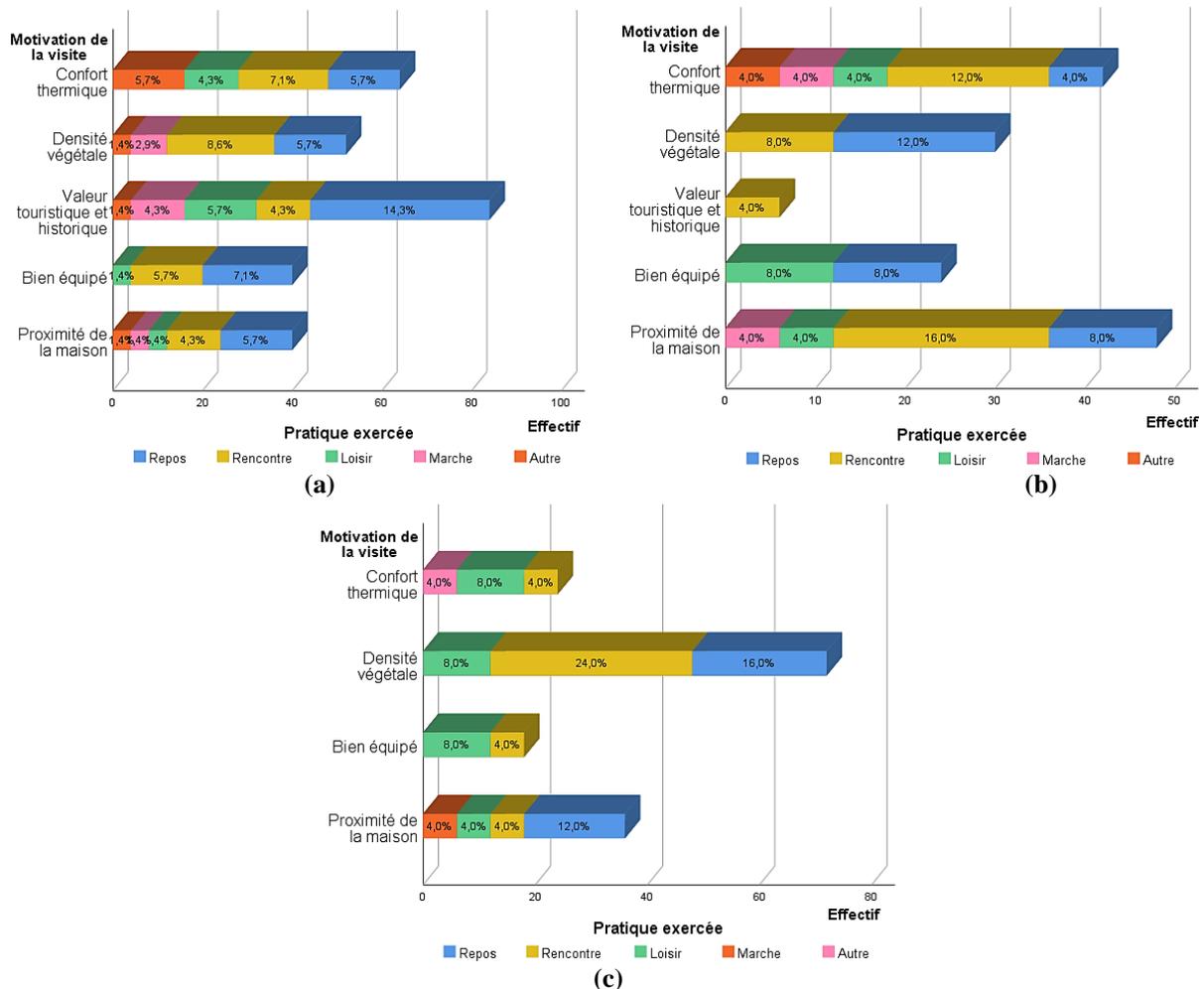
L'impact du confort sur la durée de l'occupation par les usagers dans les espaces publics investigués est représenté dans le tableau et les graphes ci-dessus. En général, la majorité des utilisateurs des espaces étudiés qui se sentent très confortable passe une période de 3h à 4h de temps (21% au cours, 40% au square, 32% au jardin), d'autres personnes passe de 2h à 3h de temps (8.6% au cours, 20% au square, 12% au jardin), 52 sur 280 personnes interrogées dans le cours de la révolution le trouvent confortables, ils passent 2h à 3h de temps aussi. Pour ceux qui surprennent les espaces peux confortable et inconfortable, ils ne dépassent pas 2h de visite, alors le confort a une influence importante sur la durée de la fréquentation des espaces publics.

2.2.2 Motivation de la fréquentation et la pratique exercée :

Motivation de visite/ Pratique exercée	Repos	Rencontre	Loisir	Marche	Autre	Total
Cours de la révolution						
Proximité de la maison	05.7% (16)	04.3% (12)	01.4% (4)	01.4% (4)	01.4% (4)	14.3% (40)
Bien équipé	07.1% (20)	05.7% (16)	01.4% (4)	00.0% (0)	00.0% (0)	14.3% (40)
Valeur historique et touristique	14.3% (40)	04.3% (12)	05.7%(16)	04.3%(12)	01.4% (4)	30.0% (84)
Densité végétale	05.7% (16)	08.6% (24)	00.0% (0)	02.9% (8)	01.4% (4)	18.6% (52)
Confort thermique	05.7% (16)	07.1% (20)	04.3%(12)	00.0% (0)	05.7%(16)	22.9% (64)
Total	38.6%(108)	30.0% (84)	12.9% (36)	08.6%(24)	10.% (28)	100%(280)
Square el Houria						
Proximité de la maison	08.0% (12)	16.0% (24)	04.0% (6)	04.0% (6)	00.0% (0)	32.0% (48)
Bien équipé	08.0% (12)	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Valeur historique et touristique	00.0% (0)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)
Densité végétale	12.0% (18)	08.0% (12)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	20.0% (30)
Confort thermique	04.0% (6)	12.0% (18)	04.0% (6)	04.0% (6)	04.0% (6)	28.0% (42)
Total	32.0% (48)	40.0% (60)	16.0%(24)	08.0%(12)	04.0% (6)	100%(150)
Jardin Boukhatouta Houcine						
Proximité de la maison	12.0% (18)	04.0% (6)	04.0% (6)	04.0% (6)	00.0% (0)	24.0% (36)
Bien équipé	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	12.0% (18)
Valeur historique et touristique	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)
Densité végétale	16.0% (24)	24.0% (36)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	48.0% (72)
Confort thermique	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	00.0% (0)	04.0% (6)	16.0% (24)
Total	28.0% (42)	36.0% (54)	28.0% (42)	04.0% (6)	04.0% (6)	100%(150)

Tableau N° VII. 18: Relation entre la motivation de la fréquentation et la pratique dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 18: (a) Corrélation entre la motivation de la fréquentation et la pratique dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

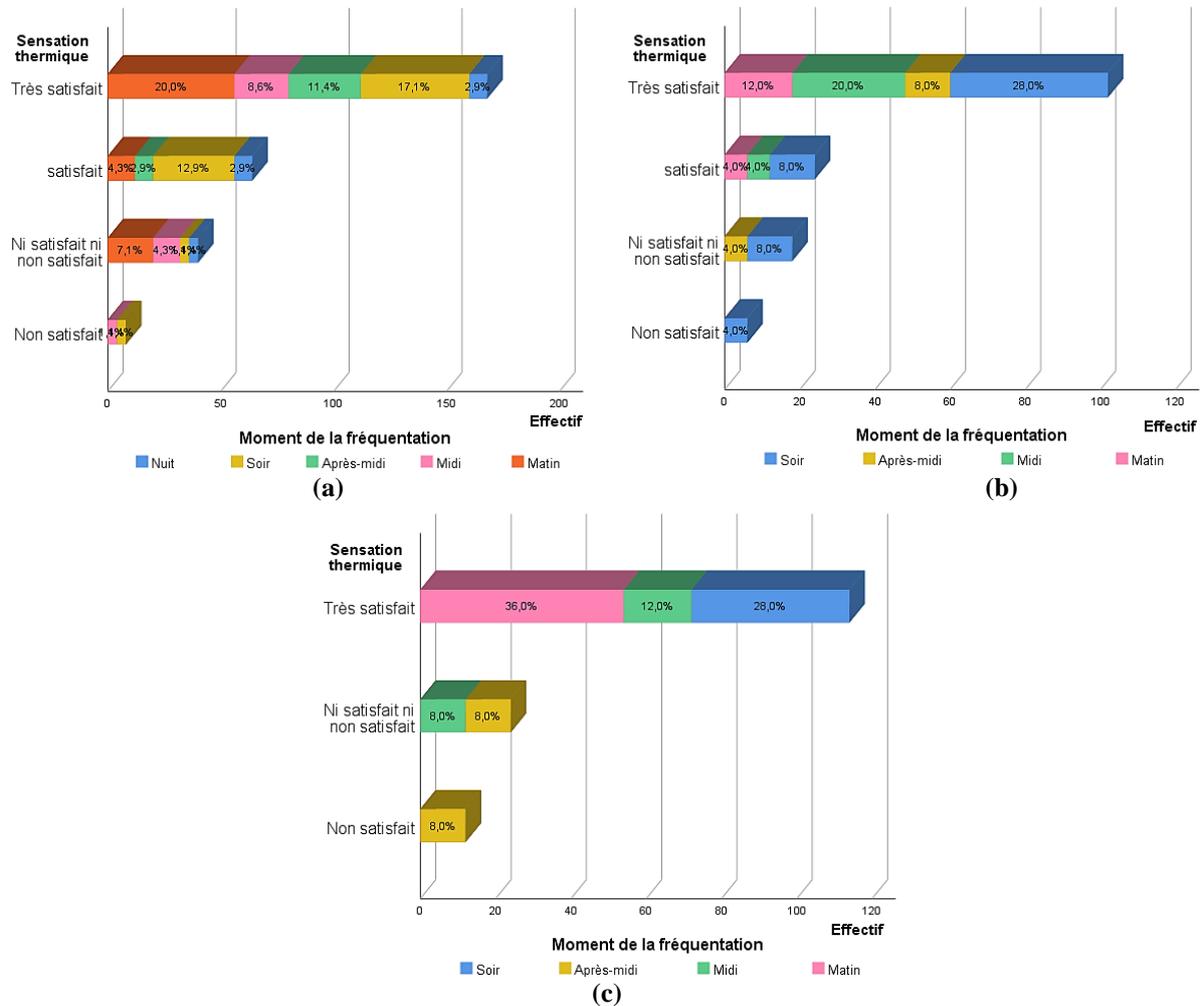
La représentation du tableau et des graphiques ci-dessus expriment la relation entre les intentions de la fréquentation et les différentes activités qui se déroulent dans le cours de la révolution, square el houria et jardin Boukhatouta Houcine. 14.3% des personnes interviewées au cours qui sont en repos, ils renvoient la cause de la fréquentation à la valeur historique de l’endroit, les autres usagers pratiquent d’autres activités, et ils renvoient leurs causes de visites à plusieurs motivations. À propos du square el Houria, 16% des utilisateurs qui habitent proche de cet espace et 12% qui sont intéressés par le confort thermique sont en rencontre, encore que 18 sur 150 personnes trouvent que la densité végétale est une motivation afin de trouver leurs repos. Observant le jardin, 24% et 16% des usagers qui sont motivés par la masse végétale, ils sont venus pour les retrouvailles, et le repos (successivement), 12% des gens qui sont à proximité du jardin, ils l’utilisent aussi bien pour le relâchement et le repos. Les autres activités sont réparties à plusieurs motivations, et par différents pourcentages.

2.2.3 Sensation thermique et moment de la visite :

Sensation thermique/ Moment de la visite	Matin	Midi	Après midi	Soir	Nuit	Total
Cours de la révolution						
Plutôt insatisfait	00.0% (0)	01.4% (4)	00.0% (0)	01.4% (4)	00.0% (0)	02.9% (8)
Ni satisfait ni insatisfait	07.1%(20)	04.3%(12)	00.0% (0)	01.4% (4)	01.4% (4)	14.3% (40)
Plutôt satisfait	04.3%(12)	00.0% (0)	02.9% (8)	12.9%(36)	02.9% (8)	22.9% (64)
Très satisfait	20.0%(56)	08.6%(24)	11.4%(32)	17.1%(48)	02.9% (8)	60.0%(168)
Total	31.4%(88)	14.3%(40)	14.3%(40)	32.9%(92)	07.1%(20)	100% (280)
Square el Houria						
Plutôt insatisfait	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)	00.0% (0)	04.0% (6)
Ni satisfait ni insatisfait	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	00.0% (0)	12.0% (18)
Plutôt satisfait	04.0% (6)	04.0% (6)	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	16.0% (24)
Très satisfait	12.0%(18)	20.0%(30)	08.0%(12)	28.0%(42)	00.0% (0)	68.0%(102)
Total	16.0%(24)	24.0%(36)	12.0%(18)	48.0%(72)	00.0% (0)	100% (150)
Jardin Boukhatouta Houcine						
Plutôt insatisfait	00.0% (0)	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	08.0% (12)
Ni satisfait ni insatisfait	00.0% (0)	08.0%(12)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Très satisfait	36.0%(54)	12.0%(18)	08.0% (0)	28.0%(42)	00.0% (0)	76.0%(114)
Total	36.0%(54)	20.0%(30)	16.0%(24)	28.0%(42)	00.0% (0)	100% (150)

Tableau N° VII. 19: Relation entre la sensation thermique et le moment de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 19: (a) Corrélation entre la sensation thermique et le moment de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

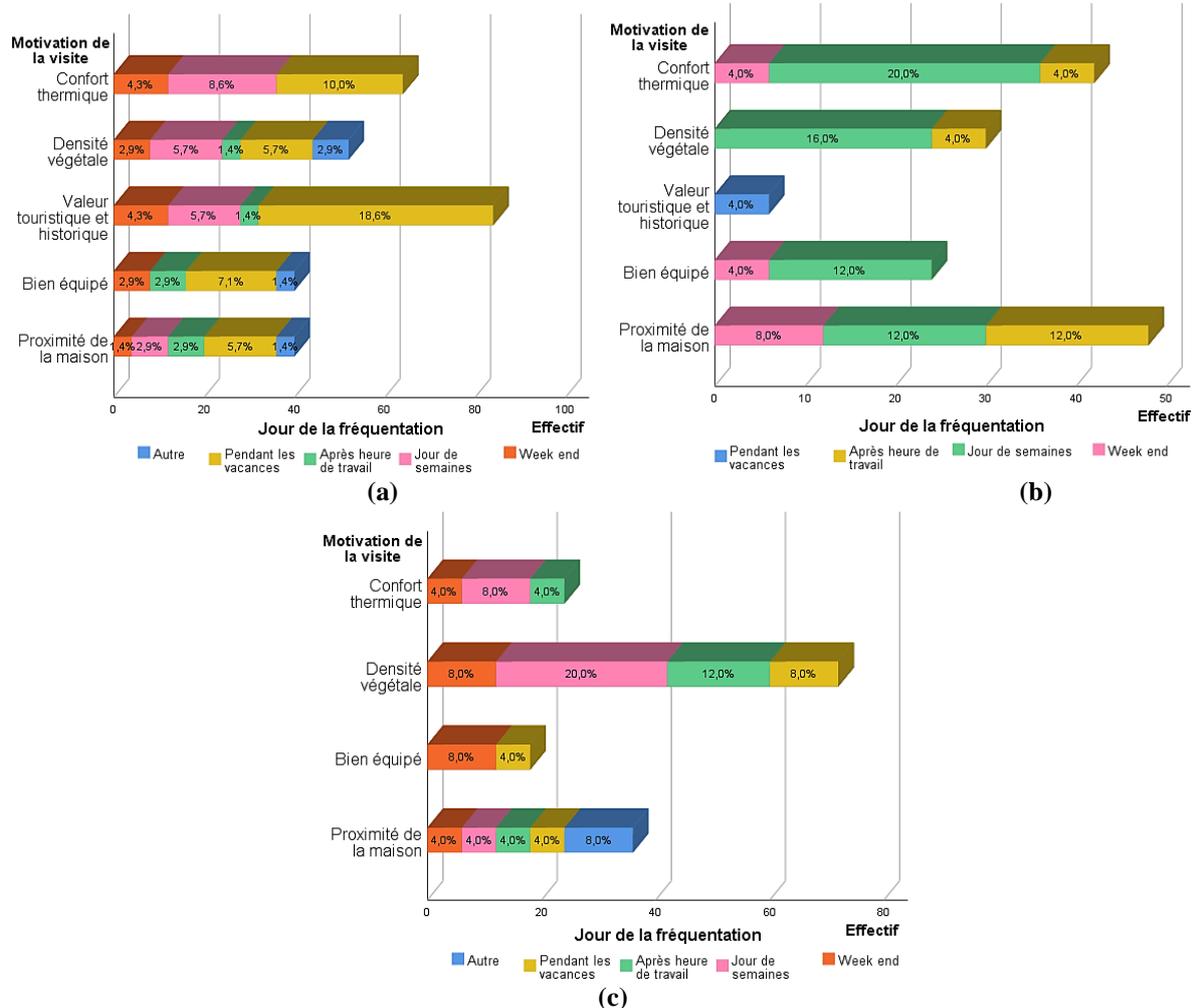
Le tableau et les graphes précédents définissent la corrélation entre la sensation thermique de chaque individu et le moment de fréquentation dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine. La plupart des usagers questionnés dans le cours (20%) et le jardin (36%) sont très satisfait de point de vue thermique pendant le matin. En revanche, le square et le jardin montrent une égalité des gens (28%) qui sont très satisfait de la température ambiante pendant le soir. D'autres personnes aperçoivent une température normale (très satisfait à satisfait) pendant le matin et midi, cela est due à la masse végétale qu'elle couvre les sites d'investigation, parce qu'elle offre une ombre et un rafraîchissement aux lieux même à midi (lorsque le soleil est perpendiculaire), une minorité des participants déclare que les espaces sont très chaud (Plutôt insatisfait) à midi, l'après-midi et le soir, d'autres personnes sont satisfaits à très satisfaits (2.9%) de la température ambiante pendant la nuit au cours de la révolution, en raison de la diminution des températures à partir de 16h.

2.2.4 Motivation de la fréquentation et jour de la visite :

Motivation de visite/ Jour de la visite	Week end	Jour de semaine	Après H de travail	Pendant les vacances	Autre	Total
Cours de la révolution						
Proximité de maison	01.4% (4)	02.9% (8)	02.9% (8)	05.7% (16)	01.4% (4)	14.3% (40)
Bien équipé	02.9% (8)	00.0% (0)	02.9% (8)	07.1% (20)	01.4% (4)	14.3% (40)
Valeur historique et touristique	04.3%(12)	05.7% (16)	01.4% (4)	18.6% (52)	00.0% (0)	30.0% (84)
Densité végétale	02.9% (8)	05.7% (16)	01.4% (4)	05.7% (16)	02.9% (8)	18.6% (52)
Confort thermique	04.3%(12)	08.6% (24)	00.0% (0)	10.0% (28)	00.0% (0)	22.9% (64)
Total	15.7% (44)	22.9% (64)	8.6% (24)	47.1%(132)	05.7%(16)	100%(280)
Square el Houria						
Proximité de maison	08.0%(12)	12.0% (18)	12.0%(18)	00.0% (0)	00.0% (0)	32.0% (48)
Bien équipé	04.0% (6)	12.0% (18)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Valeur historique et touristique	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)	00.0% (0)	04.0% (6)
Densité végétale	00.0% (0)	16.0% (24)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	20.0% (30)
Confort thermique	04.0% (6)	20.0% (30)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	28.0% (42)
Total	16.0%(24)	60.0% (90)	20.0% (30)	04.0% (6)	00.0% (0)	100%(150)
Jardin Boukhatouta Houcine						
Proximité de maison	04.0% (6)	04.0% (6)	04.0% (6)	04.0% (6)	08.0%(12)	24.0% (36)
Bien équipé	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	04.0% (6)	00.0% (0)	12.0% (18)
Valeur historique et touristique	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)
Densité végétale	08.0%(12)	20.0% (30)	12.0%(18)	08.0% (12)	00.0% (0)	48.0% (72)
Confort thermique	04.0% (6)	08.0% (12)	04.0% (6)	00.0% (0)	00.0% (0)	16.0% (24)
Total	24.0%(36)	32.0% (48)	20.0%(30)	16.0% (24)	08.0%(12)	100%(150)

Tableau N° VII. 20: Relation entre la motivation et le jour de la visite dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



Graphe N° VII. 20: (a) Corrélation entre la motivation et le jour de la visite dans le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

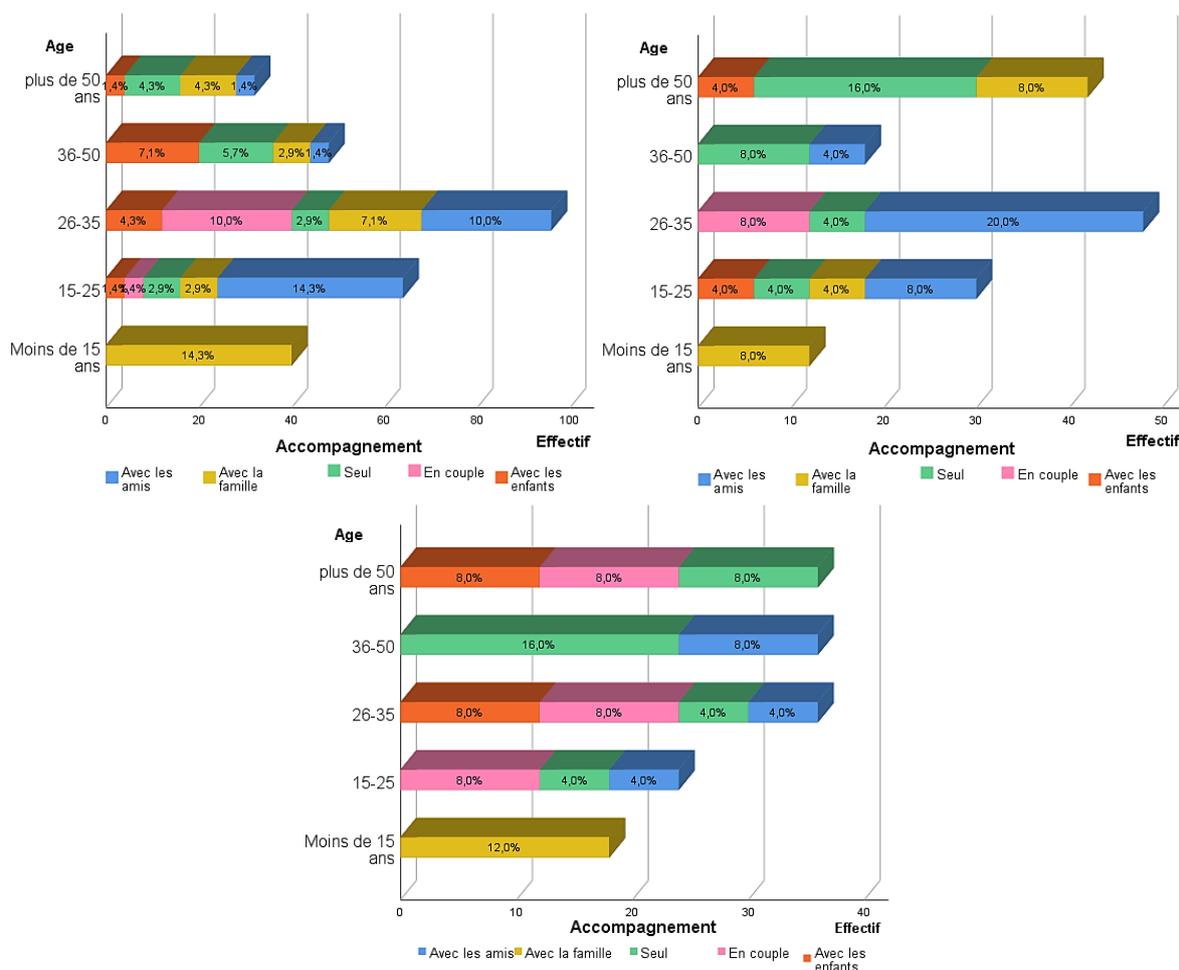
D’après les résultats retenus du tableau et des graphes ci-dessus, la relation entre la raison de la visite et le jour de fréquentation des espaces investigués est différente d’un espace à un autre. 18.6% des usagers motivés par la valeur touristique et historique fréquentent le cours pendant les vacances. Concernant square el Houria, la plus part des gens qui sont intéressés au confort thermique (20%) et à la densité végétale (16%) de cet espace, ils l’utilisent quotidiennement (pendant les jours de semaine), d’autres usagers (12%) fréquentent cet endroit en raison de son équipements, on constate aussi qu’il y a une corrélation moyenne entre la proximité du square à la maison avec son usage quotidien (pendant jour de semaine, et après heures de travail 12%). Quoique le jardin Boukhatouta Houcine connaisse une fréquentation pendant des moments variés pour plusieurs motivations, 20% des usagers qui sont intéressés par la densité végétale, il l’utilise le jardin pendant les jours de semaine.

2.2.5 Age et accompagnement :

Age /Accompagnement	Avec les amis	Avec la famille	Seul	En couple	Avec les enfants	Total
Cours de la révolution						
Moins de 15 ans	00.0% (0)	14.3%(40)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	14.3% (40)
15 – 25	14.3%(40)	02.9% (8)	02.9% (8)	01.4% (4)	01.4% (4)	22.9% (64)
26 – 35	10.0%(28)	07.1%(20)	02.9% (8)	10.0%(28)	04.3%(12)	34.3% (96)
36 – 50	01.4% (4)	02.9% (8)	05.7%(16)	00.0% (0)	07.1%(20)	17.1% (48)
Plus de 50 ans	01.4% (4)	04.3%(12)	04.3%(12)	00.0% (0)	01.4% (4)	11.4% (32)
Total	27.1%(76)	31.4%(88)	15.7%(44)	11.4%(32)	14.3%(40)	100% (280)
Square el Houria						
Moins de 15 ans	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	08.0% (12)
15 – 25	08.0%(12)	04.0% (6)	04.0% (6)	00.0% (0)	04.0% (6)	20.0% (30)
26 – 35	20.0%(30)	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	00.0% (0)	32.0% (48)
36 – 50	04.0% (6)	00.0% (0)	08.0%(12)	00.0% (0)	00.0% (0)	12.0% (18)
Plus de 50 ans	00.0% (0)	08.0%(12)	16.0%(24)	00.0% (0)	04.0% (6)	28.0% (42)
Total	32.0%(48)	20.0%(30)	32.0%(48)	08.0%(12)	08.0%(12)	100% (150)
Jardin Boukhatouta Houcine						
Moins de 15 ans	00.0% (0)	12.0%(18)	00.0% (0)	00.0% (0)	00.0% (0)	12.0% (18)
15 – 25	04.0% (6)	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	00.0% (0)	16.0% (24)
26 – 35	04.0% (6)	00.0% (0)	04.0% (6)	08.0%(12)	08.0%(12)	24.0% (36)
36 – 50	08.0%(12)	00.0% (0)	16.0%(24)	00.0% (0)	00.0% (0)	24.0% (36)
Plus de 50 ans	00.0% (0)	00.0% (0)	08.0%(12)	08.0%(12)	08.0%(12)	24.0% (36)
Total	16.0%(24)	12.0%(18)	32.0%(48)	24.0%(36)	16.0%(24)	100% (150)

Tableau N° VII. 21: Relation entre l'âge et l'accompagnement dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.



(c)
Graphe N° VII. 21: (a) Corrélation entre l'âge et l'accompagnement dans (a) le cours de la révolution, (b) square el Houria, (c) jardin Boukhatouta Houcine.
 Source : Auteur 2020.

La relation entre l'âge de l'utilisateur et son accompagnement aux espaces publics étudiés est mentionnée dans le tableau et les graphes ci-dessus. D'une première observation, les enfants qui sont moins de 15 ans, sont accompagnés par leurs familles (14,3% au cours, 8% au square, et 12% au jardin), la plupart des jeunes (15-25, 26-35, 36-50) paraissent avec leurs amis, 24 sur 150 personnes au square et 18 sur 150 personnes au jardin ont plus de 50 ans, ils visitent ces endroits seul en raison de la lecture des journaux et la recherche du confort. L'accompagnement se distingue d'une catégorie d'âge à l'autre, avec des différents pourcentages.

2.3 Analyse multivariée :

L'objectif de l'analyse multivariée est d'étudier les interrelations entre plusieurs variables (plus de deux variables) figurant dans une base de données, et si possible, d'en généraliser les conclusions par inférence statistique. Elle réunit un grand nombre de méthodes, souvent complexes, qui tentent de donner une image simplifiée des multiples relations entre les variables d'une enquête ou d'une base de données (Stafford. J et al, 2006). Elle se présente sous forme de carte factorielle, cette dernière est un excellent exemple pour illustrer l'étude multivariée des données.

2.3.1 Age, fonction et moment de la fréquentation :

- Le cours de la révolution :

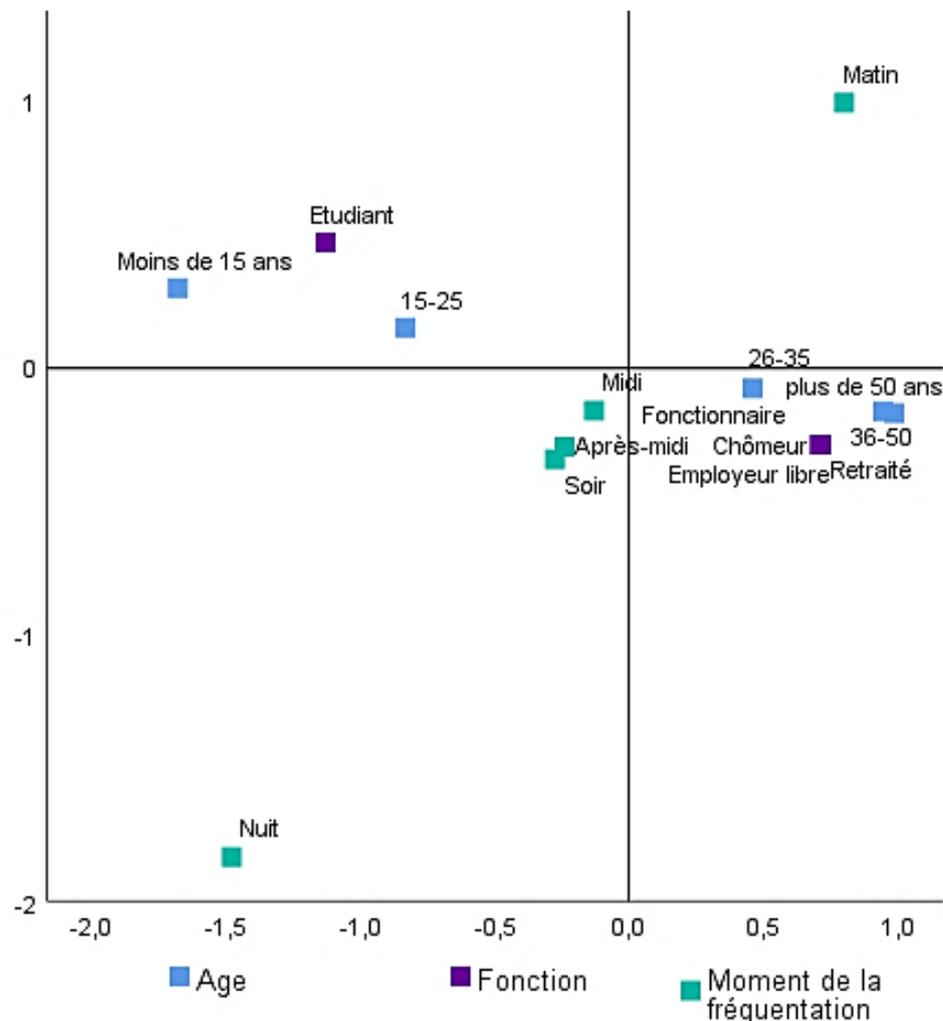


Figure N° VII. 2: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du cours de la révolution.

Source : Auteur 2020.

Le graphe ci-dessus montre la méthode d'analyse en correspondances multiples (ACM), dont elle comporte trois variables nominales et ordinales, l'illustration présente aussi la relation entre l'âge, la fonction, et le moment de la fréquentation dans le cours de la révolution. En général, la catégorie des étudiants correspond à la tranche d'âge de moins de 15 ans, et dans une moindre mesure, elle convient aussi avec la catégorie de 15 à 25 ans. En revanche, les retraités correspondent à la tranche d'âge de plus de 50 ans, ainsi la catégorie de 36 à 50 ans présente les chômeurs et les retraités plus que d'autre genre. En ce qui concerne le moment de la fréquentation de ces groupes, nous constatons que pendant la nuit, il y a une très légère utilisation de l'espace, par contre la majorité des groupes y assistent pendant le midi, l'après-midi, le soir et le matin.

• **Le square el Houria :**

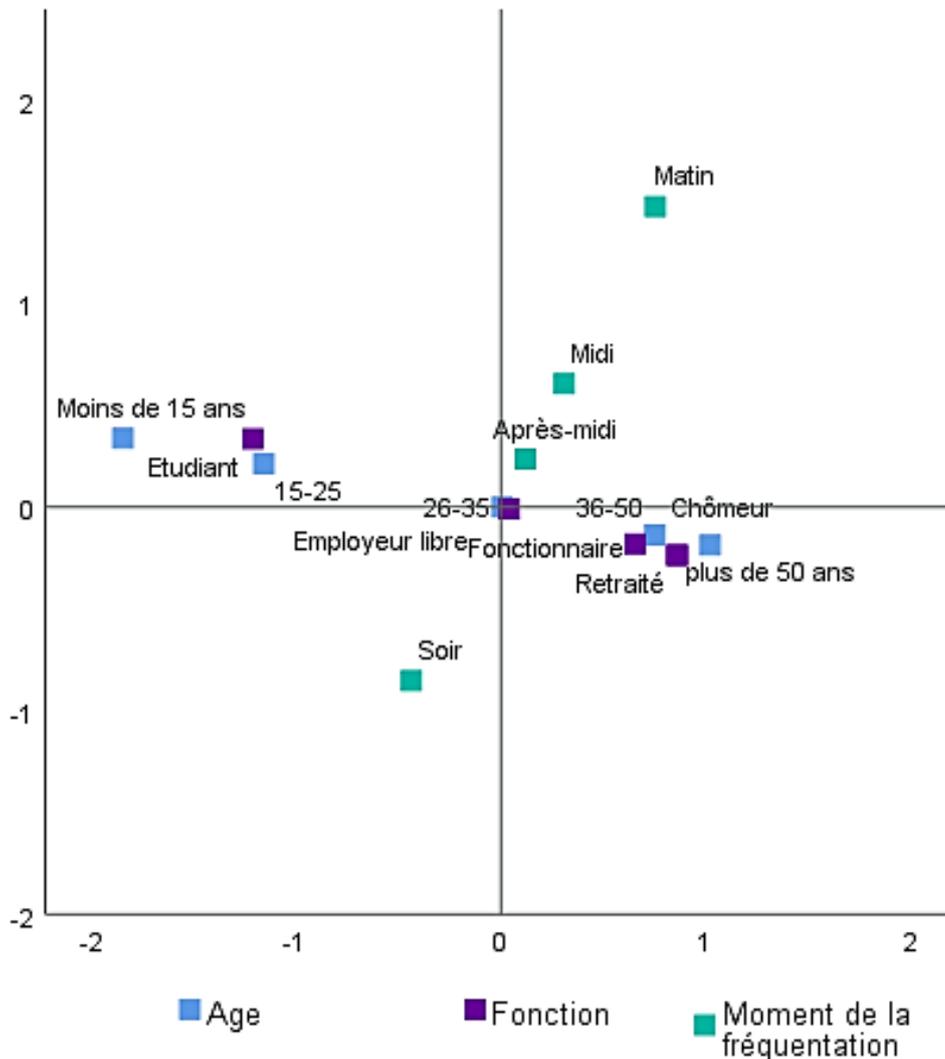


Figure N° VII. 3: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du square el Houria.

Source : Auteur 2020.

L'image précédente explique la correspondance entre l'âge, la fonction et le moment de la fréquentation par les usagers du square el Houria. D'après les points répartis dans la carte factorielle, il y a une forte coordination entre les différentes tranches d'âge et la fonction des usagers, les gens qui datent entre 36 à 50 ans et ceux qui sont plus de 50 ans correspondent avec les retraités, les fonctionnaires et les chômeurs, par contre les employeurs libres sont présentés par la tranche d'âge de 26 à 35 ans, concernant les étudiants, ils sont de 15 à 25 ans, et il correspondent légèrement avec la catégorie de moins de 15 ans. A propos du moment de la fréquentation, il présente une très faible coordination avec la tranche d'âge et la fonction des usagers, les visiteurs utilisent l'espace pendant des moments différents de la journée (matin, midi, après-midi, et soir), mais à partir de 17h le square est fermé (usage nul pendant la nuit).

• **Le jardin Boukhatouta Houcine :**

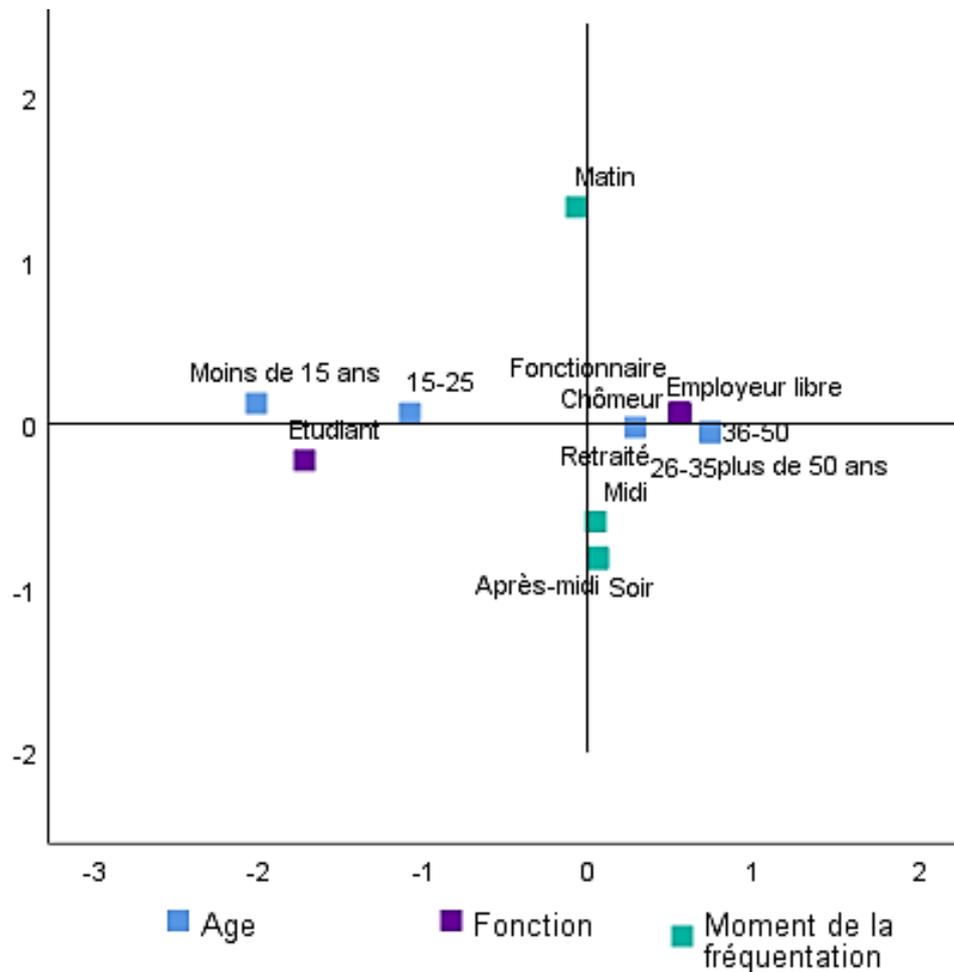


Figure N° VII. 4: Carte factorielle de correspondance entre variables (âge, fonction, et moment de la fréquentation) du jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

La carte factorielle ci-dessus indique la relation entre l'âge, la fonction et le moment de la fréquentation par les usagers du jardin Boukhatouta Houcine. Cette présentation montre deux groupes, le premier consiste à identifier la forte correspondance entre les tranches d'âge (26 à 35 ans, 36 à 50 ans et plus de 50 ans) et les fonctions (fonctionnaire, employeurs libre, chômeur, et retraité), le deuxième présente une légère corrélation entre la catégorie des étudiants et les gens qui sont moins de 15 ans, et de 15 à 25 ans. Observant le moment de la fréquentation, les usagers du jardin l'utilisent pendant la journée, et non pas pendant la nuit parce qu'il est fermé à 19h.

2.3.2 Accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée :

- Le cours de la révolution :

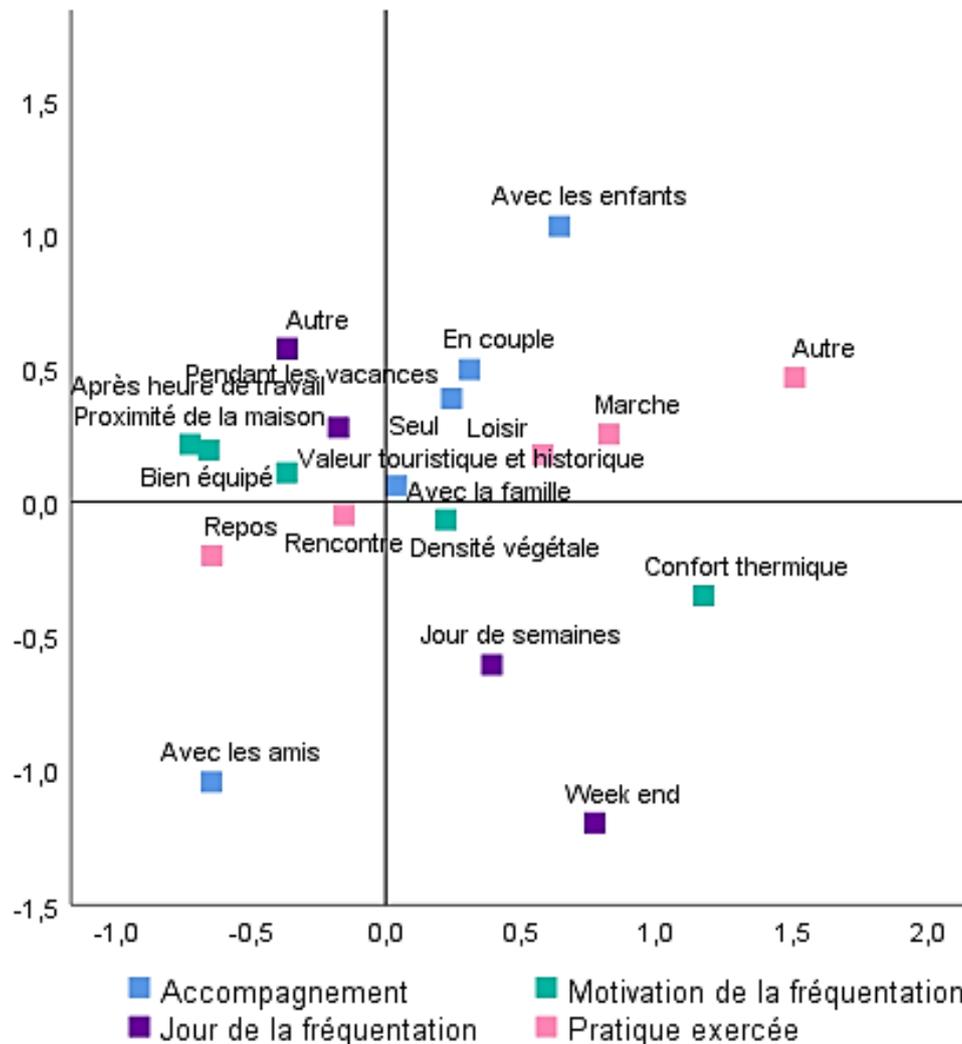


Figure N° VII. 5: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du cours de la révolution.

Source : Auteur 2020.

La correspondance entre l'accompagnement, la pratique exercée, le jour et la motivation de la fréquentation est présentée dans la carte factorielle ci-dessus. Pour une première observation, les gens qui se trouvent dans le cours avec leur famille sont motivés par la densité végétale, en raison de loisir et de rencontre, les gens qui sont seuls ou en couple présentent une légère correspondance avec la marche et la rencontre. En revanche les personnes accompagnées avec leurs amis ou avec leurs enfants ne montrent aucune correspondance avec d'autres catégories. En ce qui concerne les gens qui utilisent le cours en raison de la proximité de la maison, le bon équipement et la valeur touristique et historique, ils le fréquentent pendant les vacances, après heures de travail, et pendant autre jour. Les catégories « jour de semaine » et « week end » ne présentent aucune corrélation avec autre groupe.

- **Le square el Houria :**

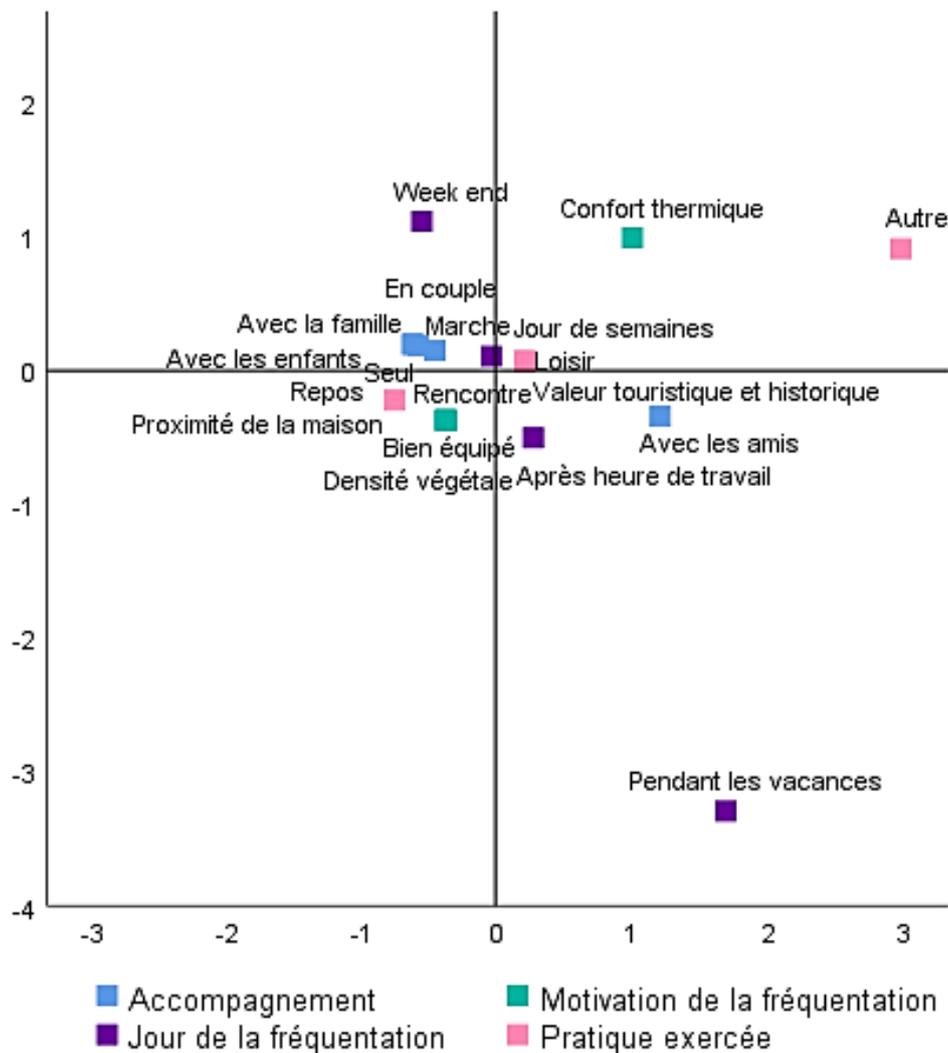


Figure N° VII. 6: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du square el Houria.

Source : Auteur 2020.

Les points répartis dans le graphe ci-dessus montrent la relation entre l'accompagnement, la pratique exercée, le jour et la motivation de la fréquentation du square el Houria. D'après cette carte, il y a une forte correspondance entre les variables mentionnées, les usagers de cet espace le fréquentent pendant les jours de semaine, seuls, en couple ou accompagnés avec leurs enfants et leurs familles, pour faire la marche et le loisir. Cependant la raison de la visite, les utilisateurs du square sont intéressés par sa densité végétale, son équipement, sa proximité de la maison, et sa valeur touristique, ils le fréquentent après les heures de travail pour se reposer. Contemplant les catégories « week end » et « confort thermique » présentent une faible relation avec les autres catégories, ainsi la catégorie « pendant les vacances » ne présente aucune correspondance avec d'autres genres de variables.

- **Le jardin Boukhatouta Houcine :**

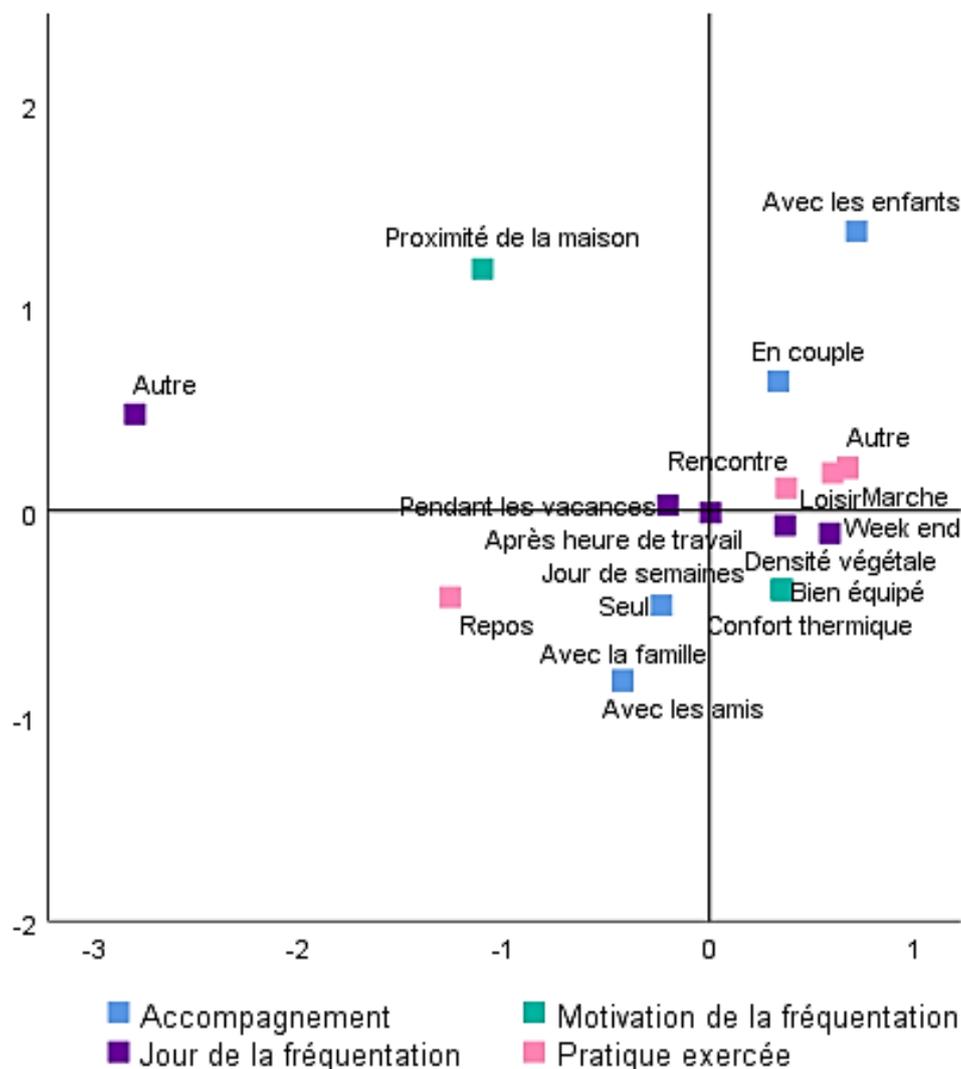


Figure N° VII. 7: Carte factorielle de correspondance entre variables (accompagnement, jour de la fréquentation, motivation de la fréquentation et pratique exercée) du jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

L'illustration ci-dessus relève la corrélation entre l'accompagnement, l'activité exercée, le jour et la motivation de la visite dans le jardin Boukhatouta Houcine. La majorité des usagers utilise le jardin pour la marche, le loisir, la rencontre, pendant les jours de semaines, cela justifie la forte relation entre la pratique et le jour de la visite. Dans une moindre mesure, il y a une moyenne correspondance entre la raison et le jour de la fréquentation et une légère corrélation avec l'accompagnement, parce que les utilisateurs visitent le jardin pendant les vacances ou après heures de travail, pour profiter du confort thermique offert par la densité végétale, ils sont seuls ou accompagnés avec leurs familles et amis. En revanche, d'autres catégories (avec les enfants, proximité de la maison...etc) ne présentent aucune relation avec les autres.

2.3.3 Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation du courant d'air, sensation de l'humidité relative :

• Le cours de la révolution :

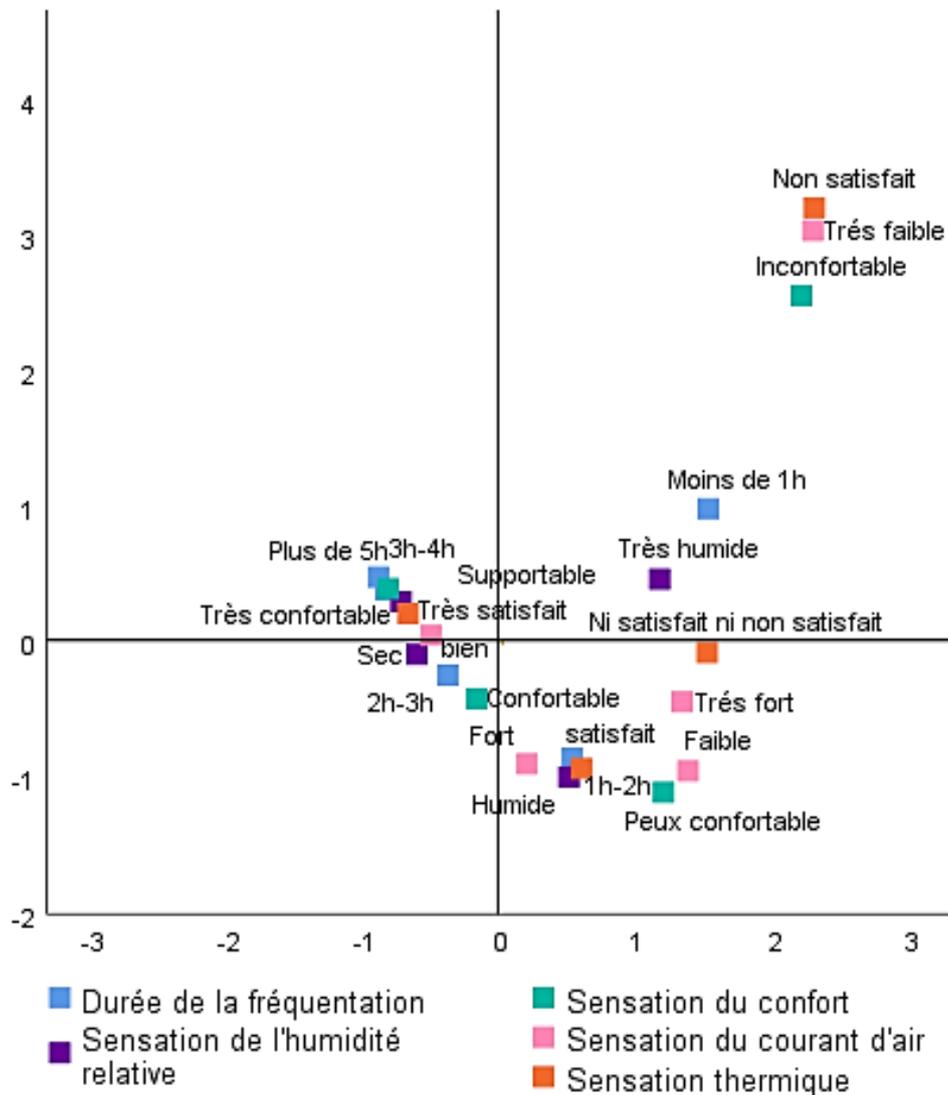


Figure N° VII. 8: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du cours de la révolution.

Source : Auteur 2020.

La carte factorielle précédente définit l'interaction entre la durée de la visite, la sensation du confort, la sensation thermique, la sensation du vent, et la sensation de l'humidité, dans le cours de la révolution. Il en résulte que la correspondance entre ces variables est forte, les usagers qui discernent que l'air d'étude est très confortable, ils sont très satisfaits de la température ambiante et de l'humidité relative (supportable), ils sont bien rafraichis par les courants d'air, et ils restent pendant 4h ou plus de 5h de temps. D'autres utilisateurs sont satisfaits du point de vue thermique, ils trouvent que le cours est humide avec des forts courants d'air, et ils le fréquentent pendant 1h ou 2h de temps. En revanche, autres catégories (inconfortable, très faible, non satisfait) ont une correspondance moyenne entre elles, mais elles ne présentent aucune relation avec le reste des groupes.

• **Le square el Houria :**

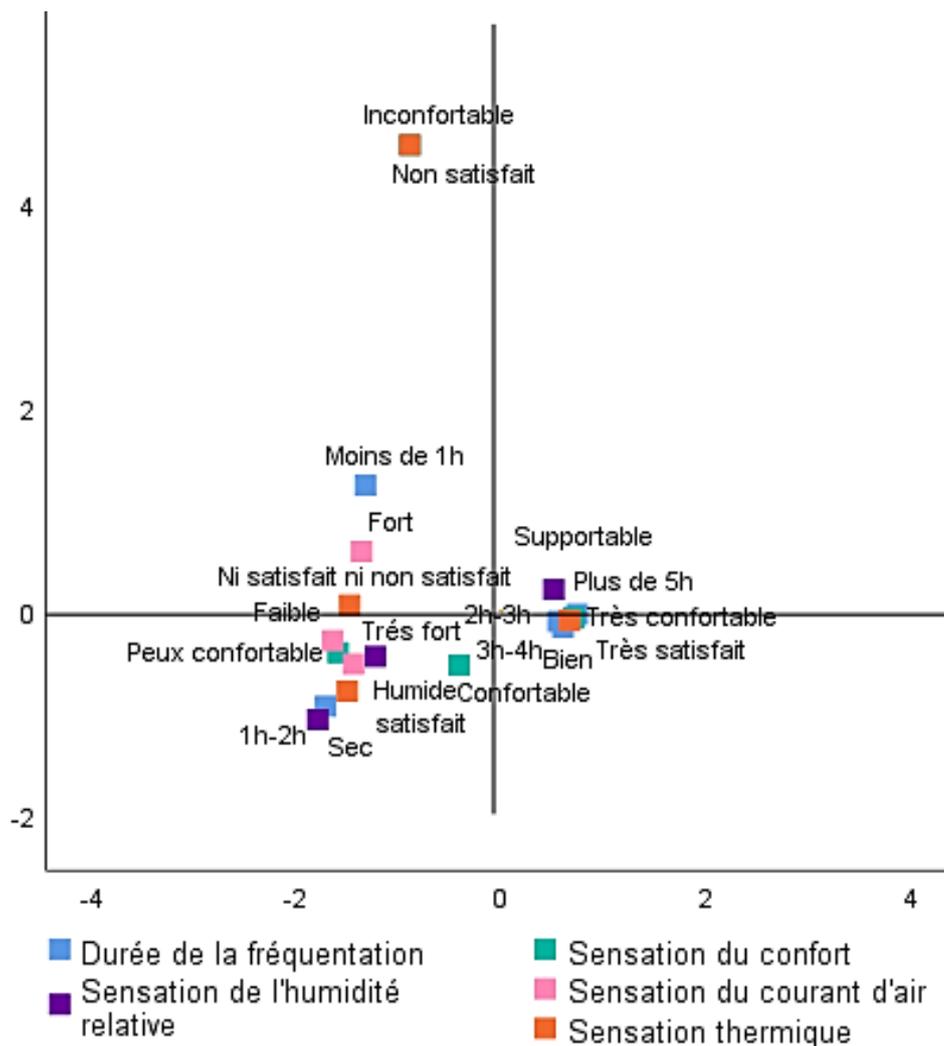


Figure N° VII. 9: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du square el Houria.
Source : Auteur 2020.

La relation entre la durée de la visite, la sensation thermique, la perception du confort, du courant d'air et de l'humidité relative est définie dans le graphe précédant au square el Houria. Selon les points regroupés dans cette carte, il en provient trois types de correspondance entre les variables mentionnées, la première est forte, parce que la plupart des utilisateurs déclare que le square est très confortable, et qu'ils sont très satisfaits de l'environnement thermique, et de l'humidité relative, les courants d'air sont bien rafraichissant, ainsi ces usagers utilisent l'espace de 2h jusqu'à plus de 5 h du temps. La deuxième correspondance est moyenne, elle s'explique par la relation entre plusieurs catégories (très fort, peux confortable, humide, satisfait, 1h à 2h) à moindre mesure par rapport à la première. La troisième est faible, tandis que les gens qui sont inconfortable et insatisfait de la température ambiante ne présentent aucune relation avec les autres assistants.

• **Le jardin Boukhatouta Houcine :**

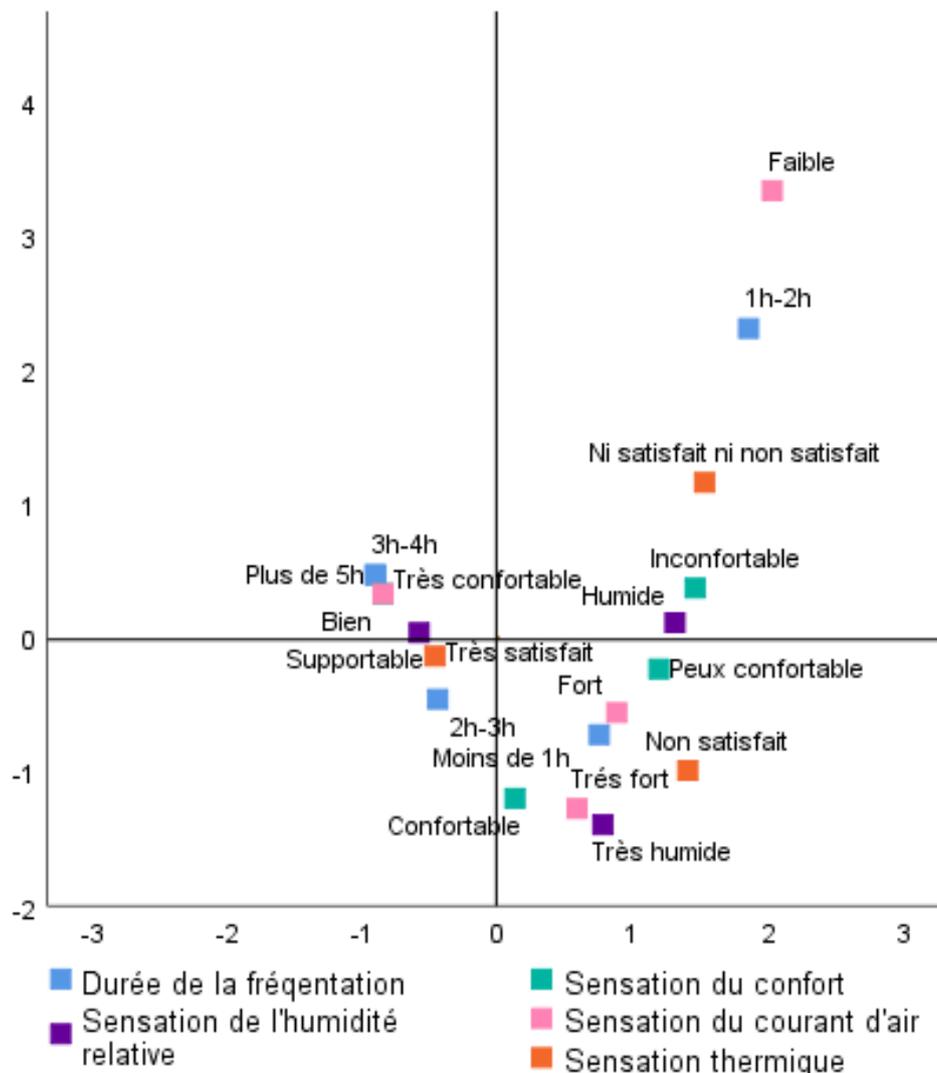


Figure N° VII. 10: Carte factorielle de correspondance entre variables (Durée de la fréquentation, sensation du confort, sensation thermique, sensation de l'humidité relative, et sensation du courant d'air) du jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur 2020.

La représentation du graphe ci-dessus montre la corrélation entre la durée de la visite, la sensation du confort, du courant d'air, de l'humidité relative, et la sensation thermique dans le jardin Boukhatouta Houcine. En général, la correspondance entre ces variables est moyenne, certains usagers fréquentent le jardin de 3h jusqu'à 5h du temps ou plus, parce qu'ils perçoivent que l'espace est très confortable, et la quantité de l'eau dans l'air est supportable. D'autres participants au questionnaire trouvent que les courants d'air sont forts à très forts, ils ne sont pas satisfait ni de la température de l'air ni de l'humidité relative, ils occupent le jardin pendant une période de moins de 1 heure. Un autre groupe des visiteurs trouvent que l'espace est faible, ils le squattent pendant 1h ou 2h de temps, leurs sentiment thermique est neutre (ni satisfait ni insatisfait), ce genre d'usagers présentent une faible coordination avec les autres.

3 Analyse des données requises de la campagne de mesure microclimatique:

La prise de mesure des données climatiques est effectuée sur terrain, ce qui nous permet de faire la comparaison entre les paramètres mesurés (T air, H relative, Vair) dans les 13 stations, pour détecter les différences microclimatiques de chaque point.

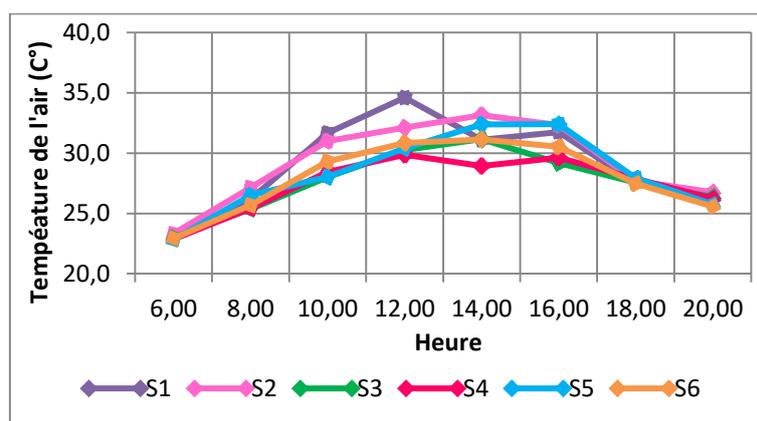
3.1 Etude comparative entre les données mesurées dans chaque point de mesure :

3.1.1 Evolution de température de l'air au cours de la révolution :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,1	26,2	31,7	34,6	31,1	31,7	27,5	26,3
S2	23,3	27,1	31,0	32,1	33,1	32,3	27,7	26,8
S3	23,0	25,4	28,0	30,3	31,2	29,2	27,6	26,4
S4	22,9	25,4	28,4	29,9	28,9	29,6	27,9	26,2
S5	22,8	26,5	28,0	30,4	32,4	32,4	27,9	25,8
S6	22,9	25,7	29,3	30,8	31,1	30,5	27,5	25,6

Tableau N° VII. 22: Evolution de la température de l'air mesurée dans 06 stations au cours de la révolution.

Source: Auteur, 2016.



Graphé N° VII. 22: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.

Source : Auteur, 2016.

Les valeurs de la température de l'air prise dans 06 stations au cours de la révolution sont présentées dans le tableau et le graphe ci-dessus.

Les valeurs de températures augmentent d'une façon homogène dans les 06 stations entre 06h et 10h, dont les valeurs minimales sont enregistrées à 06h du matin pour toutes les stations. Pour la station 01, Les valeurs de températures étaient plus chaudes entre 10h et 12h, puis s'inversent à partir de midi jusqu'à 20h, à cause de rafraîchissement de l'air par l'ombre des immeubles et de la végétation, la température atteint son apogée à midi (12 :00 h), avec une valeur de 34.6°C, elle représente la valeur la plus chaude par rapport aux autres stations, car le soleil était perpendiculaire, la végétation était moins dense que celle de la partie sud du cours, ce qui explique le manque des masques solaires. Les stations (S2, S3, S4, S5, S6) présentent des températures maximales à 14h, dont le cumul de la chaleur emmagasinée a atteint son

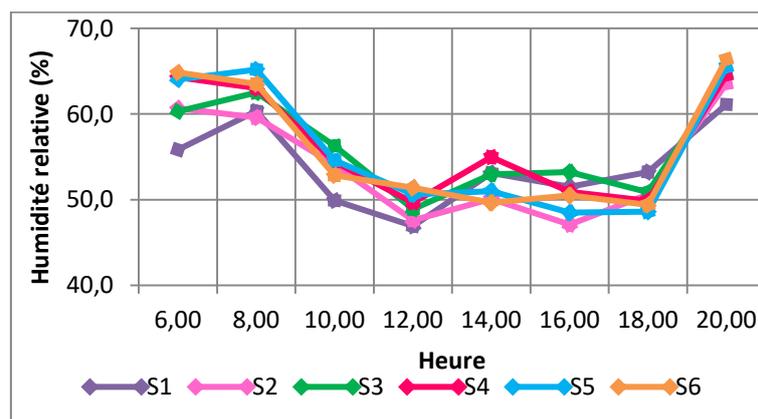
maximum aussi à cette heure. Les valeurs étaient approximatives, la température enregistrée dans la S2 était 33.1°C, elle présente la valeur la plus chaude par rapport aux autres stations, parce qu'elle est découverte, et ne contient pas des masques solaires, aussi la prise de mesure était à une distance de 01 mètre au-dessus du sol, le revêtement de ce dernier est fait par une dalle de béton, celui-ci est une matière très absorbante à la chaleur et les radiations solaires. La station 04 présente des températures plus fraîches presque pendant toute la journée, cela est dû principalement à la densité de la végétation, et la présence de la ventilation provenant des couloirs faits par les immeubles. Les stations (S3, et S6) présentent des valeurs de températures moins fraîches par rapport à la S4, parce que La S3 est protégée par une grande masse de végétation, et la S6 présente le point le plus proche de la mer, ce qui justifie le rafraîchissement de l'air dans cette station.

La période de surchauffe a été entre 10h et 16h, à partir de 16h les valeurs de température diminuent brusquement pour être presque identique à 18h, puis elles diminuent progressivement jusqu'au coucher du soleil à 20h.

3.1.2 Evolution de l'humidité relative au cours de la révolution :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	55,8	60,3	49,9	46,9	53,1	51,5	53,2	61,1
S2	60,7	59,6	54,1	47,6	50,1	47,1	50,6	63,6
S3	60,3	62,5	56,3	48,9	53,0	53,2	50,9	64,6
S4	64,3	63,0	54,4	49,7	55,0	50,9	49,9	64,6
S5	64,0	65,2	54,6	50,6	51,0	48,5	48,6	65,5
S6	64,9	63,5	52,9	51,4	49,7	50,5	49,4	66,4

Tableau N° VII. 23: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 06 stations au cours de la révolution.
Source: Auteur, 2016.



Graphé N° VII. 23: Comparaison entre les humidités relatives mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.
Source : Auteur, 2016.

Le tableau et le graphique ci-dessus présentent l'évolution journalière de l'humidité relative dans le cours de la révolution, ce qui nous permet de faire une étude comparative entre les 06 stations de mesure.

En général l'évolution de l'humidité relative présente 05 phases pendant la journée :

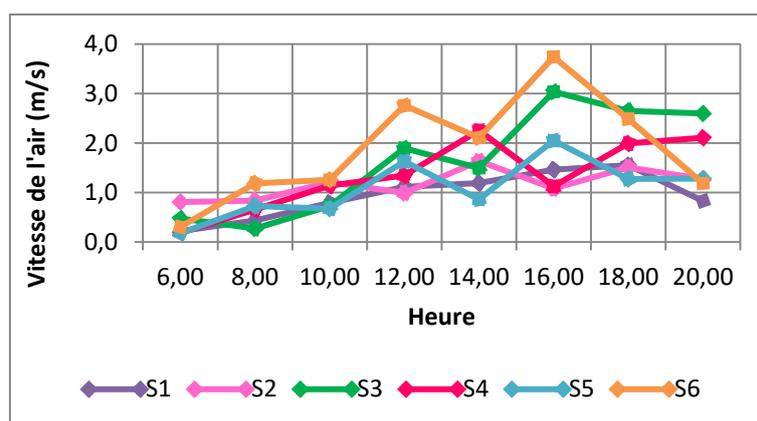
- La première est une augmentation de taux d'humidité entre 06h et 08h du matin, dans cette période l'humidité relative augmente malgré la hausse de la température, ce qui justifie par l'arrosage des plantes et l'irrigation du sol, qu'elles sont faites par les travailleurs de la mairie.
- La deuxième s'étale de 08h jusqu'à 12h, dans cette période l'humidité enregistre une diminution de taux, car la température de l'air augmente.
- La troisième consiste à une petite élévation de taux de l'humidité relative entre 12h et 14h, qui dû à l'effet de l'évapotranspiration de la végétation, et la proximité de la mer qui offre le rafraîchissement de l'air.
- La quatrième présente une diminution progressive du taux de 14h jusqu'à 16h, ce qui explique la période de surchauffe, car les valeurs de température sont toujours élevées.
- La dernière est une augmentation brusque du taux de l'humidité, entre 16h et 20h, parce que les rayons solaires commencent à disparaître et la température baisse.

La station 06 enregistre la valeur maximale du taux d'humidité relative à 20h, avec une valeur de 66.4%, ceci est dû essentiellement à la proximité de la mer, et la diminution de la température, ce qui confirme l'effet important de l'eau dans l'humidification de l'air, parce que l'humidité relative dépend de la température et de la quantité d'eau contenue dans l'air, lorsque la température baisse l'humidité relative augmente et vice versa. La station 01 présente la valeur minimale de l'humidité relative à 12h, avec une valeur de 46.9%, elle représente aussi les taux les plus bas pendant la quasi-totalité de la journée, parce que cette station est le point le plus loin de la mer, et l'effet de l'évapotranspiration n'est pas important dans cette zone, ceci est justifié par une végétation moins dense. La station 04 présente le taux d'humidité le plus élevés à 14h par rapport aux autres stations, à cause de l'effet d'évapotranspiration qui est dû à la densité de la végétation, et à l'écoulement de l'air frais.

3.1.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours de la révolution :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,2	0,4	0,8	1,1	1,2	1,5	1,6	0,8
S2	0,8	0,8	1,2	1,0	1,6	1,1	1,5	1,3
S3	0,5	0,3	0,7	1,9	1,5	3,0	2,7	2,6
S4	0,2	0,7	1,1	1,3	2,3	1,1	2,0	2,1
S5	0,2	0,7	0,7	1,6	0,9	2,1	1,3	1,3
S6	0,3	1,2	1,3	2,8	2,1	3,7	2,5	1,2

Tableau N° VII. 24: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 06 stations au cours de la révolution.
Source: Auteur, 2016.



Graphique N° VII. 24: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 06 stations au cours de la révolution.

Source : Auteur, 2016.

Les vitesses de l'air requises pendant 03 journées d'été sont présentées dans le tableau et le graphique ci-dessus, pour nous permettre de faire une comparaison entre les valeurs prises dans les 06 stations au cours de la révolution.

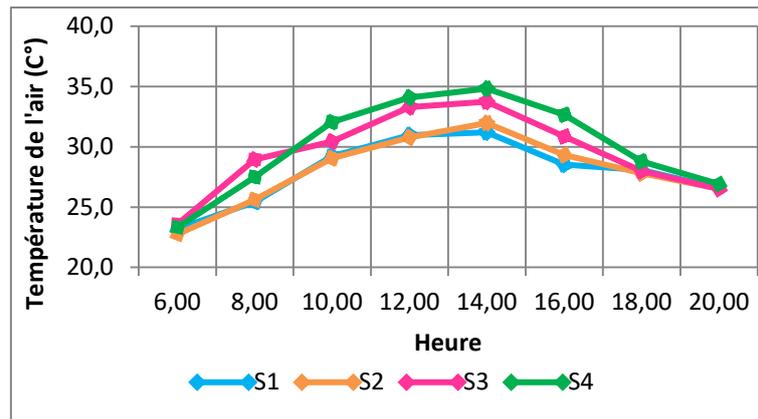
Pour un premier constat, la vitesse de l'air est calme pendant la matinée, dont la valeur minimale est retenue à 06h, dans les stations (S1, S4, S5 et S6) d'une moyenne de 0.2m /s. A partir de 10h et jusqu'à 16h la vitesse de l'air est devenue plus forte, elle termine de surmonter jusqu'à 18h dans quelques stations (S1, S2, et S4), et elle s'inverse jusqu'au 20h. En général, la station 01 est le point le plus calme dans le cours, elle représente des valeurs faibles par rapport aux autres stations, malgré elle contient une végétation moins dense, mais elle est bien protégée de l'air par des gigantesques immeubles et grands arbres (palmier, pin...), cela explique la baisse des humidités et la hausse des températures. La station 06 est la plus ventée et perturbée, la vitesse maximale retenue dans le cours était à 16h avec une valeur de 3.7 m/s, cette tendance est expliquée par les brises de mer, car la station est à distance de quelques mètres du port de la ville, malgré l'écoulement de l'air fort dans cette zone, la température était toujours hausse, cela est dû à l'effet de rayonnement solaire qui surchauffe la zone. La station 03 est moins ventée par rapport à la station 06, mais elle présente aussi des vitesses fortes, à cause de l'écoulement d'air provenant des couloirs faits par la morphologie urbaine. Pendant cette période de 10h jusqu'à 16h (période de surchauffe), les températures sont augmentées, les humidités relatives sont en baisses, et les vitesses de l'air sont fortes, cela est expliqué par l'écoulement de l'air chaud et sec.

3.1.4 Evolution de température de l'air au square el Houria :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,2	25,4	29,2	31,0	31,2	28,5	28,1	26,6
S2	22,8	25,6	29,1	30,8	32,0	29,3	27,8	26,5
S3	23,6	29,0	30,4	33,3	33,8	30,9	28,0	26,5
S4	23,3	27,5	32,1	34,1	34,8	32,7	28,8	26,9

Tableau N° VII. 25: Evolution de la température de l'air mesurée dans 04 stations à square el Houria.

Source: Auteur, 2016.



Graphé N° VII. 25: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 04 stations à square el Houria.

Source : Auteur, 2016.

La température de l'air prise à square el Houria pendant les 03 journées de l'investigation est représentée dans le tableau et le graphe ci-dessus.

Pour une première observation, toutes les stations ont enregistré des températures minimales à 06h du matin, dont la station 02 a requis une valeur de 22.8°C, parce qu'elle est la zone la plus dense en végétation, par contre la station 04 a atteint son maximum à 14h, avec une valeur de 34.8°C, à cause de cumul de la chaleur fait par les radiations solaires, et à l'absence de masques protectrices du soleil. Pendant toute la journée, les stations (S1, S2) présentent des valeurs plus fraîches par rapport aux S3 S4, cela est dû à leurs situations à l'abri des radiations solaires, cet abri est fait par la masse végétale, qu'elle offre aussi un rafraichissement à la zone. La station 04 présente des valeurs plus chaudes par rapport aux autres stations (S1, S2, et S3), parce que qu'elle est découverte, et elle n'est pas protégée par des masques solaires (ni bâtiments, ni végétation), sauf qu'entre 06h et 09h du matin la température dans le point 04 devient moins chaude que celle de la température prise dans le point 03, grâce à l'ombre portée provenant des constructions et des bâtiments du côté EST à proximité de l'air de jeux. La station 03 enregistre des valeurs de température moins chaude par rapport à la S4, et des températures moins fraîches par rapport à celles prises dans la S1 et S2, cette situation est justifiée par la présence de végétation, mais avec une densité moindre que dans la S1 et S2, qui permet de protéger la zone des rayons solaires, et qui diminue aussi l'effet de rafraichissement offert par la végétation. A partir de 14h, la température diminue dans tous les points de mesure, à cause qu'elle a subit à un rafraichissement de l'air, à partir de 18h les valeurs deviennent presque identiques dans toutes les stations, parce que les rayons solaires commencent à disparaître, et un courant d'air a rafraichis tous le square.

3.1.5 Evolution de l'humidité relative au square el Houria :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	52,5	62,8	52,5	51,2	52,1	54,8	50,0	56,2
S2	53,2	63,8	52,3	50,8	50,1	53,4	54,1	58,0
S3	52,4	57,8	50,5	48,6	46,8	49,8	51,4	54,9
S4	54,2	61,6	48,2	45,0	43,8	48,2	51,4	55,1

Tableau N° VII. 26: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 04 stations à square el Houria.

Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 26: Comparaison entre les humidités relatives mesurées dans 04 stations à square el Houria.

Source : Auteur, 2016

Le tableau et le graphique ci-dessus montrent l'évolution de l'humidité relative prise dans 04 point de mesure à square el Houria, pendant les 03 journées de l'investigation.

L'humidité relative maximale est enregistrée à 08h du matin pour tous les points de mesure, dont la station 02 a requis une valeur de 63.2%, grâce à l'effet de l'évapotranspiration, qui est fait par la grande masse de végétation existante dans la zone, par contre les taux d'humidité minimaux sont enregistrés à 14h, le point 04 a pris une valeur de 43.8%, cette situation est dû à la chaleur absorbé et emmagasinée par les rayons solaires. La station 04 présente des taux d'humidité les plus bas entre 10h et 18h, à cause de la hausse des températures (période de surchauffe) qui dû à l'exposition au soleil pendant cette période, ainsi grâce au manque de végétation et masques solaires, c'est à dire qu'il n'y a pas un effet d'évapotranspiration pour l'humidification de l'air. Le point 03 présente des valeurs plus sèches que celles de la station 04 entre 06h et 10h, mais cette situation s'inverse à partir de 10h, à cause de la végétation qu'elle contient.

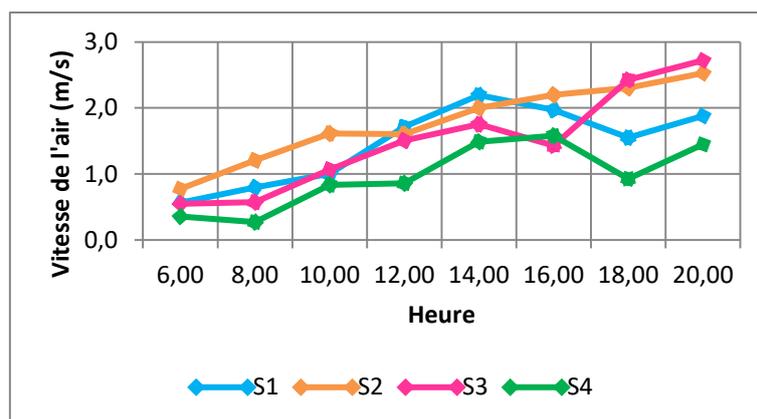
Les stations 01 et 02 ont enregistré des valeurs plus humides pendant toute la journée, parce qu'elles présentent des températures fraîches par rapport aux stations (S3 et S4), puis elles contiennent une végétation dense, ce qui permet d'avoir un grand effet de l'évapotranspiration, donc une grande quantité d'eau contenu dans l'air.

3.1.6 Evolution de la vitesse de l'air au square el Houria :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,6	0,8	1,0	1,7	2,2	2,0	1,6	1,9
S2	0,8	1,2	1,6	1,6	2,0	2,2	2,3	2,5
S3	0,6	0,6	1,1	1,5	1,8	1,4	2,4	2,7
S4	0,4	0,3	0,8	0,9	1,5	1,6	0,9	1,5

Tableau N° VII. 27: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 04 stations à square el houria.

Source: Auteur, 2016.



Graphique N° VII. 27: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 04 stations à square el Houria.

Source : Auteur, 2016.

Concernant la vitesse de l'air, le tableau et le graphe ci-dessus illustrent le changement des vitesses prises dans 04 stations de mesure à square el Houria.

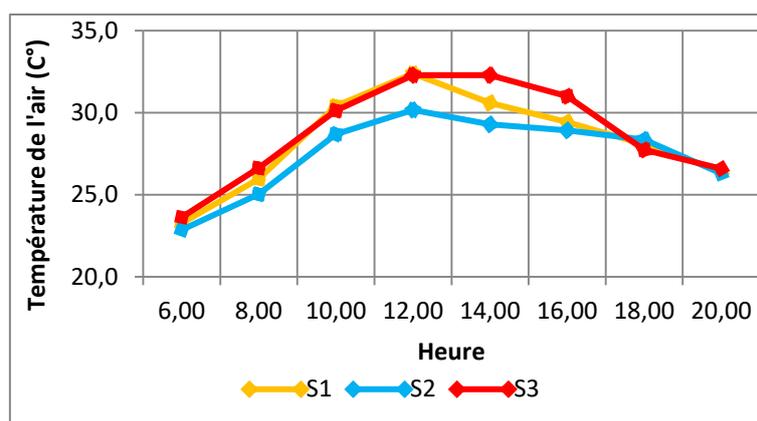
Au début de la journée, l'air est calme dans toutes les stations de mesure, la station 04 enregistre la vitesse minimale à 08h avec une valeur de 0.3 m/s, les vitesses de l'air augmentent à partir de 06 h du matin, jusqu'à 20h du soir, à cette heure le point 03 enregistre une vitesse maximale avec une valeur de 2.7 m/s, parce que la végétation qu'il la contient est d'une faible densité, ce qui facilite l'écoulement de l'air dans la zone. Malgré la densité de végétation contenue dans la deuxième station, mais cette dernière est la plus ventée pendant la matinée et l'après-midi, cela est dû aux couloirs de ventilation fait par les différentes allées existantes dans le square. La station 04 est le point le plus calme pendant toute la journée, car elle est protégée par des bâtiments qui l'entourent, et quelques palmier, ainsi la masse de végétation contenue dans le point 02 fait ralentir la vitesse de l'air dans le point 03, à cause de la direction des vents, alors dans cette zone l'air est très chaud, parce que la station présente des valeurs de température les plus chaudes, et des taux d'humidité les plus secs. Les stations 01 et 03 présentent une augmentation de valeurs pendant la matinée, mais on remarque une perturbation de vitesse à partir de 14h, tantôt une augmentation de valeur et tantôt une diminution.

3.1.7 Evolution de température de l'air au jardin Boukhatouta Houcine :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,3	26,0	30,4	32,4	30,6	29,4	28,1	26,4
S2	22,9	25,0	28,7	30,2	29,3	28,9	28,4	26,3
S3	23,6	26,6	30,1	32,3	32,3	31,0	27,7	26,6

Tableau N° VII. 28: Evolution de la température de l'air mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 28: Comparaison entre les températures de l'air mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2016.

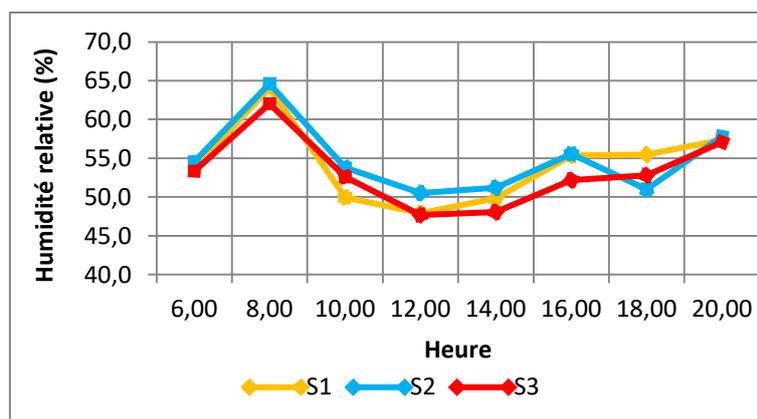
Le troisième espace public investigué est celui de jardin Boukhatouta Houcine, il se caractérise par une végétation dense, et une morphologie urbaine, les données climatiques prises par l'auteur sont mentionnées dans le tableau et le graphe ci-dessus.

Dans l'ensemble, les valeurs de températures augmentent de 06h jusqu'à 12h, la température minimale est enregistrée à 06h du matin, avec une valeur de 22.9 °C dans la deuxième station, cependant les trois stations présentent un rapprochement de valeurs l'avant midi, cette similitude est dû à la densité de végétation dans le point 01 et 02, à l'écoulement de l'air et à l'ombre portée par les bâtiments environnants dans le point 03. A midi toutes les stations présentent des températures maximales, avec des valeurs de 32.4°C et 32.3°C, dans S1 et S3 (successivement), parce que le soleil était perpendiculaire, et les rayons solaires étaient bien exposés dans la zone. Après-midi, les températures diminuent progressivement, sauf que dans la station 03 la température a gardé sa valeur enregistrée à 12h, à cause du cumul de chaleur emmagasinée dans cette zone, et l'absence de végétation et des masques solaires, la station est le point le plus chaud, elle possède une chaleur étouffante par rapport aux autres stations, à partir de 14h cette station présente une diminution de chaleur. La station 02 a enregistré des valeurs fraîches pendant toute la journée, cela est expliqué par la masse de végétation, qu'elle protège la zone des radiations solaires.

3.1.8 Evolution de l'humidité relative au jardin Boukhatouta Houcine :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	53,8	64,1	50,0	47,9	49,9	55,4	55,5	57,4
S2	54,6	64,6	53,8	50,5	51,2	55,6	51,0	57,8
S3	53,4	62,0	52,6	47,7	48,1	52,2	52,8	57,1

Tableau N° VII. 29: Evolution de l'humidité relative mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.
Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 29: Comparaison entre humidité relatives mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2016.

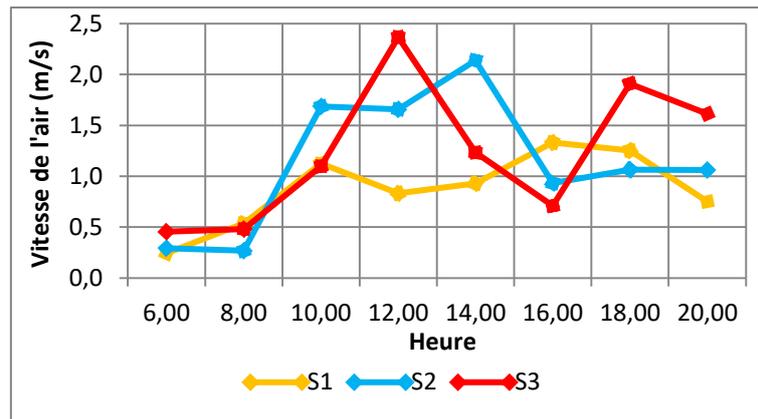
Le tableau et le graphe ci-dessus, présentent l'évolution de l'humidité relative prise au cours de l'investigation, dans 03 points au jardin Boukhatouta Hussein.

Dans la globalité, les valeurs de l'humidité relative sont équilibrées au niveau des 03 points au cours de la journée, à 08h toutes les stations présentent des valeurs maximales de l'humidité relative, cela est expliqué par l'effet de la végétation sur l'humidification de l'air. Le taux le plus élevé est enregistré dans la station 02 avec une valeur de 64.6%, cette station présente la zone la plus humide pendant toute la journée (le point le plus dense en végétation). A partir de 08h les taux d'humidité baissent, les stations 01 et 03 enregistrent des humidités minimales à midi, avec des valeurs de 47.9% et 47.7%, cette diminution est apportée au réchauffement causé par la hausse de température. Durant l'après-midi, les valeurs d'humidité remontent attentivement, parce que la température se baisse, et on remarque le rapprochement des valeurs d'humidité relative à 20h du soir dans les 03 stations.

3.1.9 Evolution de la vitesse de l'air au jardin Boukhatouta Houcine :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,2	0,5	1,1	0,8	0,9	1,3	1,3	0,8
S2	0,3	0,3	1,7	1,7	2,1	0,9	1,1	1,1
S3	0,5	0,5	1,1	2,4	1,2	0,7	1,9	1,6

Tableau N° VII. 30: Evolution de la vitesse de l'air mesurée dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.
Source: Auteur, 2016.



Graphe N° VII. 30: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées dans 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2016.

Pour la vitesse de l'air, le tableau et le graphe ci-dessus indiquent les données résolues de la campagne de mesure, pendant 03 journées au jardin Boukhatouta Hussein.

En général, on constate une perturbation de valeurs pendant toute la journée dans les 03 points de mesure, les valeurs varient entre 0.2 m/s et 2.4 m/s, dont la première est enregistrée dans la station 01 à 06h du matin, la deuxième est retenue dans la station 03 à 12h. La station 01 présente des écoulements d'air faibles, elle est le point le plus calme par rapport aux points 02 et 03, à cause de la densité de végétation, donc la vitesse de l'air est ralentie par le feuillage des arbres. La vitesse de l'air était forte dans les stations 02 et 03, malgré la densité de végétation dans le deuxième point, la pénétration de l'air dans cette zone était faite par les couloirs de ventilation, la station 03 est découverte, elle est exposé au phénomène de ventilation fait par les bâtiments qui l'entourent. A 12h la station 03 présente une température maximale, et elle présente aussi une circulation de l'air maximale avec un taux d'humidité minimal pendant la même heure, alors la zone était exposé aux vents chauds et sec.

3.2 Etude comparative entre les données climatiques de la station météo et celles mesurées :

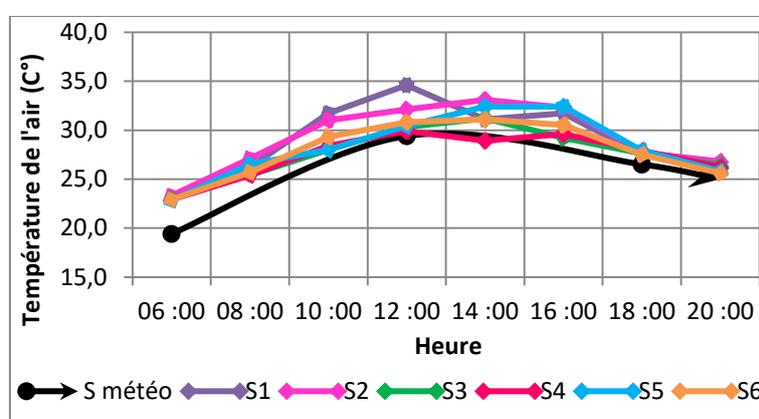
L'étude comparative est faite entre les données climatiques enregistrées par la station météo de l'aéroport d'Annaba, et celles prises par l'auteur dans les trois espaces publics étudiés, ces données sont classées dans des tableaux, ensuite développées sous forme de graphiques, elles représentent les mesures d'une moyenne de 03 journée typique d'été.

3.2.1 Comparaison entre la température de l'air mesurée au cours et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,1	26,2	31,7	34,6	31,1	31,7	27,5	26,3
S2	23,3	27,1	31,0	32,1	33,1	32,3	27,7	26,8
S3	23,0	25,4	28,0	30,3	31,2	29,2	27,6	26,4
S4	22,9	25,4	28,4	29,9	28,9	29,6	27,9	26,2
S5	22,8	26,5	28,0	30,4	32,4	32,4	27,9	25,8
S6	22,9	25,7	29,3	30,8	31,1	30,5	27,5	25,6
S météo	19,4	/	/	29,4	/	/	26,5	/

Tableau N° VII. 31: Evolution de la température de l'air au cours de la révolution et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graphe N° VII. 31: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

Le tableau et le graphe ci-dessus illustrent la campagne de mesure de température de l'air prise au cours de la révolution, et la température de l'air enregistrée dans la station météo, pendant 03 journées d'été (03-04-05 Aout 2016).

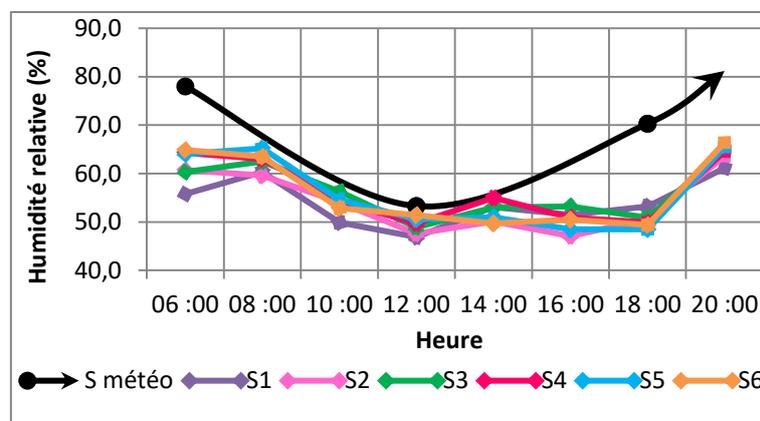
Pour un premier constat, la température de l'air de la station météo est inférieure à celle du cours de la révolution presque pendant toute la journée, cela est justifié par l'effet de l'îlot de chaleur urbain, parce que le cours de la révolution est situé dans un milieu urbain, mais la station météo est située dans une zone ouverte et faible urbanisée. A 06 h du matin, un écart entre les températures est enregistré d'une valeur de 3.6°C, cet écart se diminue jusqu'à 1.95°C à midi, parce que la température de l'air a atteint son apogée dans la station météo à cette heure. Pendant l'après-midi, la température de l'air de la station météo devient un peu plus élevée à celle de la station 04 du cours de la révolution, parce que l'effet des radiations solaires évolue plus fort dans les zones à faible urbanisation (station météo), avec l'absence de l'ombre et des masques solaires, contrairement à la station 04 de l'espace investigué, elle était bien protégée par des bâtiments et une grande masse de végétation. A partir de 16h les températures commencent à diminuer, et la situation s'inverse, la température de la station météo est toujours inférieure à celle du cours, avec un écart de 1.18°C à 18h.

3.2.2 Comparaison entre l'humidité relative mesurée au cours et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	55,8	60,3	49,9	46,9	53,1	51,5	53,2	61,1
S2	60,7	59,6	54,1	47,6	50,1	47,1	50,6	63,6
S3	60,3	62,5	56,3	48,9	53,0	53,2	50,9	64,6
S4	64,3	63,0	54,4	49,7	55,0	50,9	49,9	64,6
S5	64,0	65,2	54,6	50,6	51,0	48,5	48,6	65,5
S6	64,9	63,5	52,9	51,4	49,7	50,5	49,4	66,4
S météo	78,0	/	/	53,3	/	/	70,3	/

Tableau N° VII. 32: Evolution de l'humidité relative au cours de la révolution et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 32: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

L'évolution de l'humidité relative prise au cours de la révolution, pendant 03 journées d'été, et celle enregistrée dans la station météo sont éclaircies dans le tableau et le graphe ci-dessus.

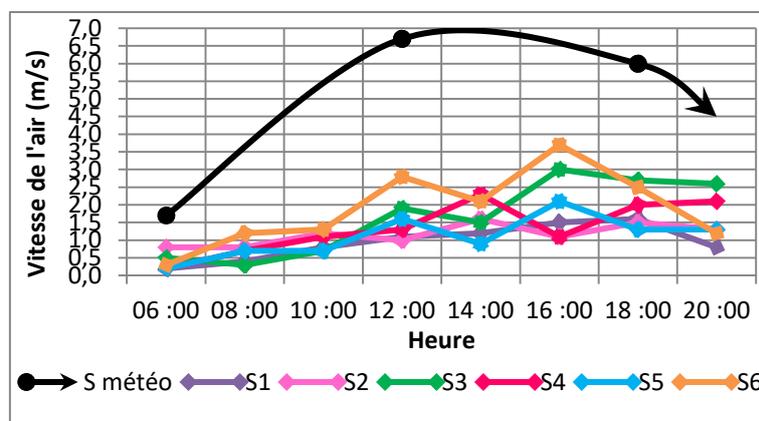
Pendant toute la journée, le taux de l'humidité relative enregistré dans la station météo est élevé à celui pris dans le site d'investigation, à cause de la proximité de la mer, située à quelques mètres de la station météo. A 06h du matin, la station météo enregistre un taux maximal d'humidité relative, avec une valeur de 78.0%, la $\Delta HR = 61.7\%$, alors l'écart était 16.3%, ce dernier commence à se diminuer jusqu'à 4.12% à midi, la cause de ce changement est reliée aux radiations solaires, parce que le soleil est perpendiculaire, ce qui est suivi par la hausse des températures, donc les humidités baissent naturellement. L'après-midi, les taux d'humidité remontent pour toutes les stations, l'écart devient le plus grand pendant toute la journée avec une valeur de 19.9% à 18h, parce que la température de l'air commence à se baisser, cela est dû à l'effet de l'évaporation de la mer dans la station météo, donc la présence d'une grande quantité de l'eau dans l'air provoque la hausse rapide du taux de l'humidité relative.

3.2.3 Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au cours et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,2	0,4	0,8	1,1	1,2	1,5	1,6	0,8
S2	0,8	0,8	1,2	1,0	1,6	1,1	1,5	1,3
S3	0,5	0,3	0,7	1,9	1,5	3,0	2,7	2,6
S4	0,2	0,7	1,1	1,3	2,3	1,1	2,0	2,1
S5	0,2	0,7	0,7	1,6	0,9	2,1	1,3	1,3
S6	0,3	1,2	1,3	2,8	2,1	3,7	2,5	1,2
S météo	1,7	/	/	6,7	/	/	6,0	/

Tableau N° VII. 33: Evolution de la vitesse de l'air au cours de la révolution et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graphe N° VII. 33: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au cours de la révolution et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

Le tableau et le graphe ci-dessus comprennent l'évolution de la vitesse de l'air prise au cours de la révolution, et celle enregistrée dans la station météo.

Les valeurs retenues au site de l'investigation sont perturbées et comprises entre 0.2 m/s à 3.7 m/s, par contre la station météorologique prélève des vitesses fortes pendant toute la journée, on peut diviser ces vitesses en deux périodes :

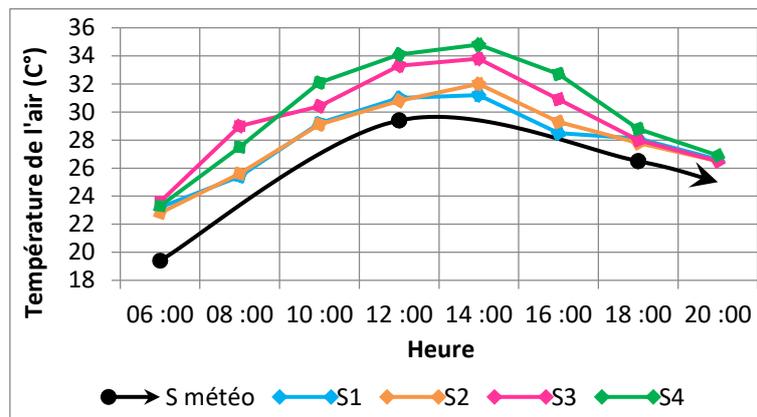
- **Première période :** Les vitesses de l'air enregistrées par la station météo sont devenues de plus en plus fortes de 06h jusqu'à 12h, ce sont des brises fraîches pendant la matinée, et des vents chauds et secs à midi, l'écart entre les valeurs à 06h et à 12h est de 1.3 m/s et 5.1 m/s par ordre d'heure.
- **Deuxième période :** Les vitesses de l'air diminuent progressivement l'après-midi, pour avoir une valeur de 06 m/s à 18h, avec un écart de 4.1 m/s, ce qui permet une diminution des températures, donc l'air est redevenu frais et humide.

La vitesse de l'air est plus importante dans la station météo que dans le cours de la révolution, à cause de la rugosité urbaine et les bâtiments qui l'entourent, ce qui fait ralentir les vitesses de vents.

3.2.4 Comparaison entre la température de l'air mesurée au square et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,2	25,4	29,2	31,0	31,2	28,5	28,1	26,6
S2	22,8	25,6	29,1	30,8	32,0	29,3	27,8	26,5
S3	23,6	29,0	30,4	33,3	33,8	30,9	28,0	26,5
S4	23,3	27,5	32,1	34,1	34,8	32,7	28,8	26,9
S météo	19,4	/	/	29,4	/	/	26,5	/

Tableau N° VII. 34: Evolution de la température de l'air au square el Houria et celle de la station météo.
Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 34: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au square el Houria et celles de la station météo.
Source : Auteur, 2016.

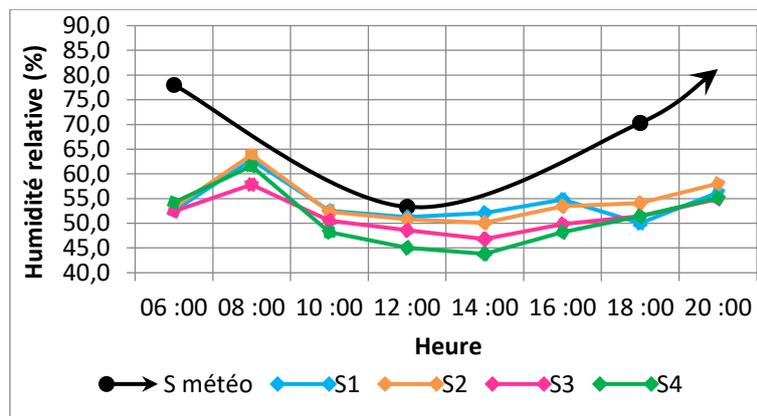
Le tableau et le graphe ci-dessus comprennent le changement des valeurs de températures prises à square el Houria, et celles retenues dans la station météo.

En globalité, la température prise au site de l'investigation est importante que celle enregistrée dans la station météo, à 06h toutes les stations ont enregistré des valeurs minimales, l'écart entre les températures était 3.8°C. Pendant la matinée, une progression de chaleur est faite sous l'effet des radiations solaires, à midi l'écart est devenu 2.9°C, la station météo a requis sa température maximale, par contre les point de mesure au site ont enregistré leurs maximum journalier à 14h. A 18h les températures baissent de valeurs, la moyenne des températures de l'air est de 28.2°C, l'écart est devenu 1.7°C, ce qui assemble un rapprochement de valeurs entre le site d'investigation et la station météo, parce que cette dernière est exposé aux radiations solaires, qui permet de magasiner la température un long temps, par contre le square a bénéficié au rafraîchissement fait par la végétation, et l'air.

3.2.5 Comparaison entre l'humidité relative mesurée au square et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	52,5	62,8	52,5	51,2	52,1	54,8	50,0	56,2
S2	53,2	63,8	52,3	50,8	50,1	53,4	54,1	58,0
S3	52,4	57,8	50,5	48,6	46,8	49,8	51,4	54,9
S4	54,2	61,6	48,2	45,0	43,8	48,2	51,4	55,1
S météo	78,0	/	/	53,3	/	/	70,3	/

Tableau N° VII. 35: Evolution de l'humidité relative à square el Houria et celle de la station météo.
Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 35: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au square el Houria et celles de la station météo.
Source : Auteur, 2016.

Le tableau et le graphique ci-dessus mentionnent l'évolution de l'humidité relative prise à square el Houria pendant les journées d'investigation, et celle enregistrée dans la station météo.

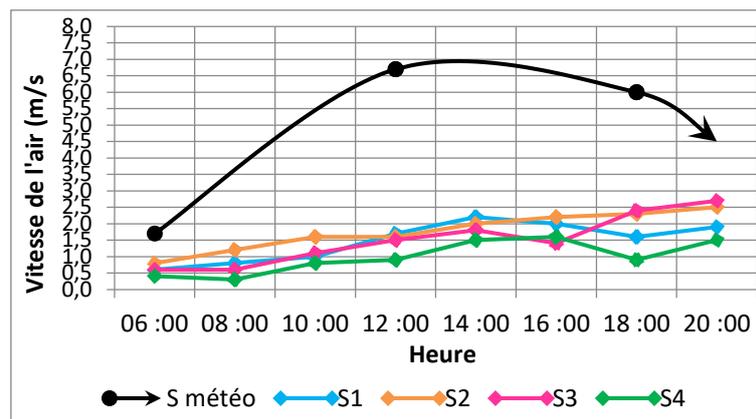
Pendant la totalité de la journée, le taux d'humidité enregistré dans la station météo est plus important que celui pris dans le square, ce qui constitue une grande différence entre les humidités dans les deux endroits. A 06h du matin, la station météo enregistre un maximum journalier, d'un pourcentage de 78.0%, l'écart entre les valeurs d'humidité de cette station et la moyenne des points de mesure à square est de 24.9%, à midi l'écart se minimise de valeur, il devient 4.4%, à cause de l'exposition aux radiations solaires, la station météo enregistre une température maximale, avec un taux d'humidité minimal d'une valeur de 53.3%. Avec le rafraîchissement de l'air et la baisse des températures à partir de l'après-midi, l'humidité relative augmentent de valeurs dans les deux échelles de mesure, à 18h l'écart est surmonté, il atteint une valeur de 18.6%.

3.2.6 Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au square et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,6	0,8	1,0	1,7	2,2	2,0	1,6	1,9
S2	0,8	1,2	1,6	1,6	2,0	2,2	2,3	2,5
S3	0,6	0,6	1,1	1,5	1,8	1,4	2,4	2,7
S4	0,4	0,3	0,8	0,9	1,5	1,6	0,9	1,5
S météo	1,7	/	/	6,7	/	/	6,0	/

Tableau N° VII. 36: Evolution de la vitesse de l'air au square el Houria et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graphe N° VII. 36: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au square el Houria et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

Le changement des vitesses de l'air pris dans le square el Houria et celui enregistré dans la station météo pendant les journées de l'investigation sont mentionnés dans le tableau et le graphique ci-dessus.

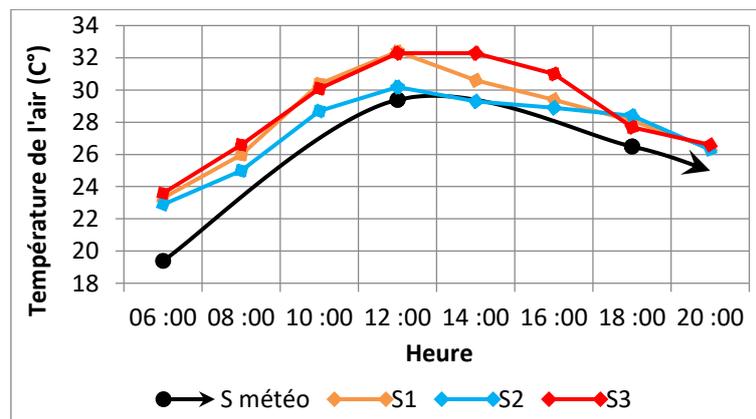
L'écoulement de l'air dans le site de l'investigation est calme pendant toute la journée, la vitesse de l'air est comprise entre 0.3 m/s et 2.7 m/s, par contre la station météo présente des vitesses fortes, elle enregistre son minimal journalier à 06h du matin, avec une valeur de 1.7 m/s, l'écart entre vitesses de cette station et celle du square est de 1.1 m/s. A midi, la station météo atteint son apogée avec une valeur de 6.7 m/s, à cette heure l'écart augmente de valeur, il est de 5.3 m/s, ce dernier se diminue pour atteindre une valeur de 4.2 m/s à 18h, ce changement de vitesse est dû essentiellement à la position de chaque point de mesure, parce que la morphologie urbaine et la végétation jouent un rôle très important dans le ralentissement de la vitesse et la pénétration de l'air.

3.2.7 Comparaison entre la température de l'air mesurée au jardin et celle de la station météo :

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	23,3	26,0	30,4	32,4	30,6	29,4	28,1	26,4
S2	22,9	25,0	28,7	30,2	29,3	28,9	28,4	26,3
S3	23,6	26,6	30,1	32,3	32,3	31,0	27,7	26,6
S météo	19,4	/	/	29,4	/	/	26,5	/

Tableau N° VII. 37: Evolution de la température de l'air au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graphé N° VII. 37: Comparaison entre les températures de l'air mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

La représentation graphique et le tableau ci-dessus présentent la variation de la température de l'air du jardin Boukhatouta Houcine et de la station météo.

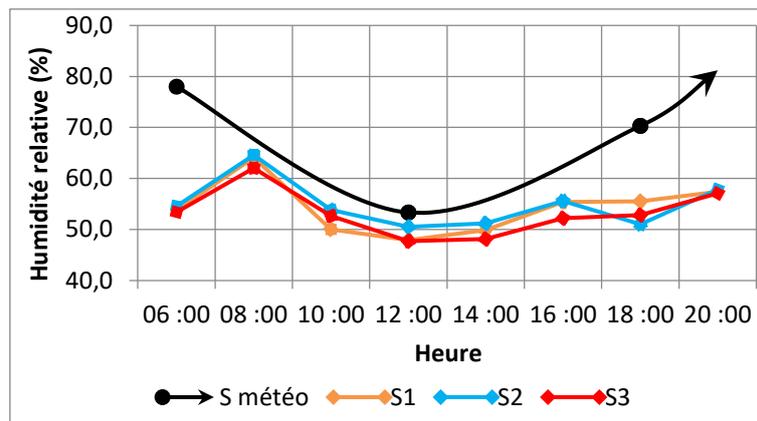
A 06h du matin, les points de mesure du jardin et la station météo présentent des températures minimales, $\Delta T_{air} = 23.3^{\circ}\text{C}$, et $T_{air} (\text{météo}) = 19.4^{\circ}\text{C}$, avec un écart de 3.9°C , cela est justifié par l'îlot de chaleur urbain (déjà expliqué). La hausse des températures est améliorée sous l'effet des radiations solaires, c'est pour sa toute les stations enregistrent des valeurs maximales à 12h, avec la diminution de l'écart jusqu'à 2.2°C , pendant cette période le jardin est devenu insupportable. Durant l'après-midi, les températures présentent une baisse de valeurs dans le jardin et la station météo, avec la diminution de l'écart, il est devenu 1.5°C à 18h. Le jardin Boukhatouta Houcine est comme les deux autres sites d'investigations, ils présentent des valeurs de températures importantes que celles retenues dans la station météo pendant la totalité de la journée, parce que la station météo bénéficie des brises de mer, ce qui permet le rafraîchissement rapide de l'air, et d'avoir une ventilation importante à cause de l'absence de la rugosité urbaine.

3.2.8 Comparaison entre l'humidité relative mesurée au jardin et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	53,8	64,1	50,0	47,9	49,9	55,4	55,5	57,4
S2	54,6	64,6	53,8	50,5	51,2	55,6	51,0	57,8
S3	53,4	62,0	52,6	47,7	48,1	52,2	52,8	57,1
S météo	78,0	/	/	53,3	/	/	70,3	/

Tableau N° VII. 38: Evolution de l'humidité relative au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graphe N° VII. 38: Comparaison entre les humidités relatives mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

Les données de l'humidité relative prises dans la station météo, et dans le jardin Boukhatouta Houcine sont évoquées dans le tableau et le graphe ci-dessus.

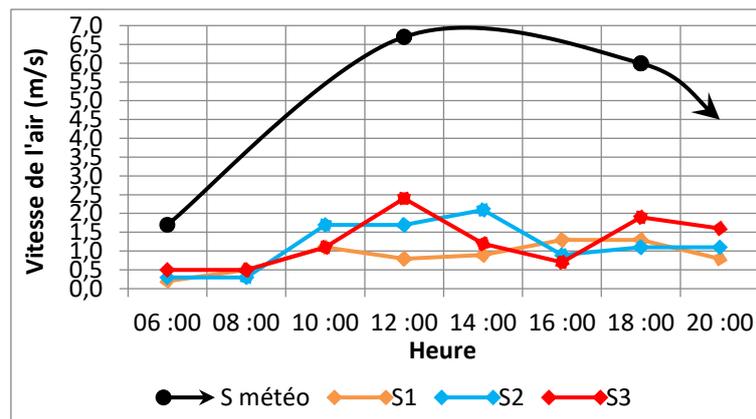
Le taux de l'humidité relative enregistré dans la station météo est élevé à celui pris dans le jardin pendant toute la journée, à 06h la station météo enregistre un taux maximal d'une valeur de 78.0%, l'écart entre les humidités est de 24.1%, avec l'exposition au soleil, il se diminue jusqu'à 4.6% à midi, à cette heure la station enregistre un taux minimal d'une valeur de 53.3%, parce que l'augmentation de température fait diminuer le taux de l'humidité relative. Pendant l'après-midi et le soir les valeurs de température baissent, alors l'écart des humidités relatives entre la station météo et le jardin est devenu 17.2% à 18h. Donc le jardin Boukhatouta Houcine présente des valeurs d'humidité plus sèches pendant la matinée par rapport au cours de la révolution, et des valeurs plus humide pendant le soir.

3.2.9 Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée au jardin et celle de la station météo:

Stat	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	0,2	0,5	1,1	0,8	0,9	1,3	1,3	0,8
S2	0,3	0,3	1,7	1,7	2,1	0,9	1,1	1,1
S3	0,5	0,5	1,1	2,4	1,2	0,7	1,9	1,6
S météo	1,7	/	/	6,7	/	/	6,0	/

Tableau N° VII. 39: Evolution de la vitesse de l'air au jardin Boukhatouta Houcine et celle de la station météo.

Source: Auteur, 2016.



Graph N° VII. 39: Comparaison entre les vitesses de l'air mesurées au jardin Boukhatouta Houcine et celles de la station météo.

Source : Auteur, 2016.

Le tableau et le graphique représentés ci-dessus évoluent le changement des vitesses de l'air dans la station météo et dans le jardin Boukhatouta Houcine.

La station météo présente toujours des vitesses importantes que celle du site de l'investigation, la cause est toujours l'effet de la rugosité urbaine dans l'atténuation des vents, ces vitesses se caractérisent par des vents frais pendant la matinée, et des vents chauds et sec pendant le midi et des vents frais et humide pendant le soir. A 06h, la différence entre la station météo et le jardin est de 1.4 m/s, à midi les vitesses de vents s'accélèrent dans les deux sites de mesure, et malgré cette augmentation, l'écart s'augmente jusqu'à 5.1 m/s, il est devenu 4.6 m/s à 18h. Alors, le jardin Boukhatouta Houcine présente des vitesses de l'air approximatives à celles du cours de la révolution.

En conclusion, la structure urbaine a bien protégé le jardin des courants d'air, c'est pour ça l'écoulement des vents est faible dans un site urbain, par rapport à un site faible urbanisé.

Conclusion :

Ce chapitre a été consacré à l'analyse et l'interprétation des résultats recueillis de l'investigation, en suivant des techniques de recherche, des méthodes et en utilisant des logiciels, afin d'étudier la pratique et le confort thermique dans les espaces publics extérieurs.

L'observation en situation a permis de récolter les informations relatives aux comportements et pratiques des usagers dans les espaces publics étudiés, en fonction du moment pendant la période diurne, ces résultats ont confirmé que la densité de fréquentation et le niveau d'intensité dépendent des activités exercées, et du moment de la visite. Aussi, le questionnaire a offert des données plus approfondies, son analyse est faite à l'aide de logiciel SPSS, les informations recueillies des formulaires de questions ont prouvé que la pratique est en relation étroite avec les éléments du confort thermique extérieur, ainsi la durée, le moment de la visite, et les activités exercées ont présenté une forte correspondance avec la sensation du confort, thermique, de l'humidité et des vents.

Observant les résultats obtenus de la campagne de mesure, et l'évolution des températures de l'air, des humidités relative et des vitesses de l'air, la variabilité de l'environnement thermique dans un milieu urbain est confirmée, les paramètres microclimatiques étudiés se diffèrent d'une station de mesure à une autre et d'un espace public à un autre. Le type, la disposition, la masse et la densité végétale ont un impact sur le confort thermique, ainsi les masques solaires des bâtiments, la présence et la situation de l'eau améliorent le microclimat et influencent le confort thermique dans les espaces publics extérieurs. L'étude comparative entre les paramètres microclimatiques mesurées sur terrain, et celles de la station météo a démontré la différence entre le confort thermique dans un milieu urbain (aires d'étude), et l'environnement thermique dans un milieu à faible urbanisation (station météo), un écart important est relevé dans les deux terrains à cause de l'îlot de chaleur urbain, l'évaporation d'eau (proximité de la mer) et la rugosité urbaine.

Introduction :

Les simulations du microclimat extérieur dans le cadre du processus de développement urbain durable sont devenues d'une grande importance pour réduire consommation d'énergie, émissions de CO₂, îlot de chaleur urbain et étalement urbain. En conséquence, le développement du microclimat et les outils de simulation sont essentiels pour rattraper les technologies de pointe et générer des formes urbaines optimisées en fonction de leur performance environnementale (Elway. I et al, 2018).

L'objectif principal de la simulation par l'envi met est mené pour démontrer l'exactitude de la visualisation du confort thermique extérieur, et pour être utilisé dans l'amélioration de l'environnement thermique, ou dans la phase de préconception des espaces publics extérieurs. Le logiciel permet l'obtention de plusieurs paramètres et indices qui vont servir à traiter la problématique du confort thermique dans l'espace urbain.

Ce chapitre est un travail complémentaire de l'ancienne partie, il tend à faire une modélisation et simulation des données requises de la campagne de mesure microclimatique dans les trois aires d'investigation, en outre, il consiste à définir l'évaluation du confort thermique extérieur, afin de conclure l'influence du confort thermique sur la pratique des espaces publics.

Cette partie traite les résultats retenus de la simulation à l'aide de l'Envi Met 4.4.5, dont le but est de faire une étude comparative entre les données simulées et celles mesurées, et étudier l'évolution de la température moyenne radiante (paramètre influant sur le confort thermique extérieur) dans les sites de recherche, afin de prouver que ce logiciel est fiable pour l'évaluation du confort thermique extérieur, cette dernière sera faite par les indices (UTCI et PET) à l'aide de Bio Met (associé à l'Envi Met).

En outre, une comparaison sera faite entre les trois espaces publics étudiés en fonction des résultats résumés de la pratique et l'évaluation du confort thermique, pour présenter la différence entre les aires d'étude en matière du confort et densité de fréquentation.

1 Etude comparative entre les paramètres microclimatiques simulés et ceux mesurés :

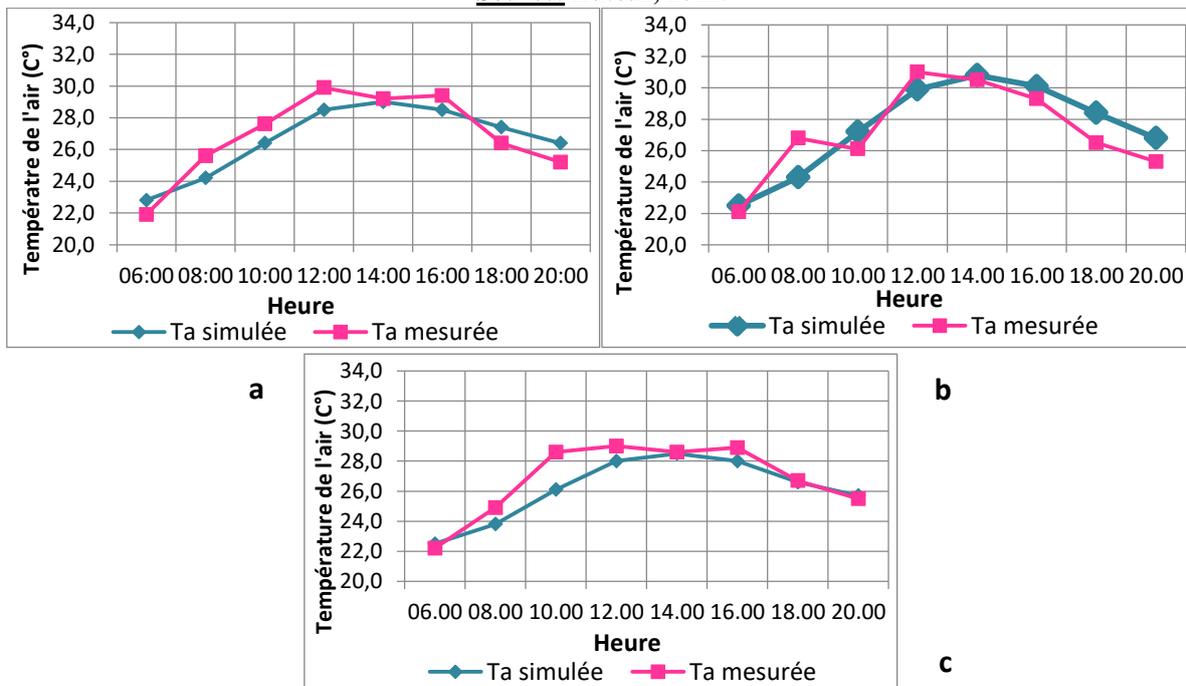
La journée de 03 Aout 2016 est choisie comme une journée typique d'été, dont le but est d'examiner la différence entre les paramètres microclimatiques retenus sur terrain et obtenus par le logiciel Envi met, afin de confirmer que le logiciel est fiable pour étudier et améliorer le confort thermique extérieur. Les valeurs des paramètres simulés (Ta, HR, e Va) sont la moyenne des différentes valeurs des points de mesure dans les airs d'étude : cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine, décrits dans le chapitre précédent

1.1 Comparaison entre la température de l'air mesurée et celle simulée :

Heure	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Ta simulée	Ta mesurée	Ta simulée	Ta mesurée	Ta simulée	Ta mesurée
06:00	22,8	21,9	22,5	22,1	22,5	22,2
08:00	24,2	25,6	24,3	26,8	23,8	24,9
10:00	26,4	27,6	27,2	26,1	26,1	28,6
12:00	28,5	29,9	29,9	31,0	28,0	29,0
14:00	29,0	29,2	30,8	30,5	28,5	28,6
16:00	28,5	29,4	30,1	29,3	28,0	28,9
18:00	27,4	26,4	28,4	26,5	26,6	26,7
20:00	26,4	25,2	26,8	25,3	25,7	25,5

Tableau N° VIII. 1: Evolution de la température de l'air mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 1: Comparaison entre les températures de l'air simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Le tableau et la figure ci-dessus illustrent les valeurs des températures simulées et retenues au cours de la révolution, square el Houria et Jardin Boukhatouta Houcine. Concernant le cours de la révolution, les courbes de ces valeurs ont presque la même tendance entre les valeurs du logiciel et celles prises sur terrain. Néanmoins, ces dernières sont plus élevées par rapport aux températures simulées de 08h jusqu'à 16h, avec un écart qui varie entre 0.2 °C à 1.4 °C (à 14h et à 8h respectivement), cela est expliqué par l'augmentation de la chaleur anthropique, procrée par la circulation mécanique des véhicules, par ailleurs, le logiciel n'a pas pris ce facteur en considération. La situation s'inverse à partir de 16h, les températures simulées deviennent plus élevées que celles mesurées, puisque la vitesse de l'air atteint son apogée à cette heure (voir annexe), cela est dû à l'effet de refroidissement par les brises de mer, qui permet d'atténuer les températures dans les espaces protégés pendant un court intervalle de temps, parce que les matériaux de construction ont des propriétés physiques qui permettent leurs réchauffement et refroidissement rapide, de ce fait, ce phénomène rend l'espace urbain en mutation thermique plus au moins rapide.

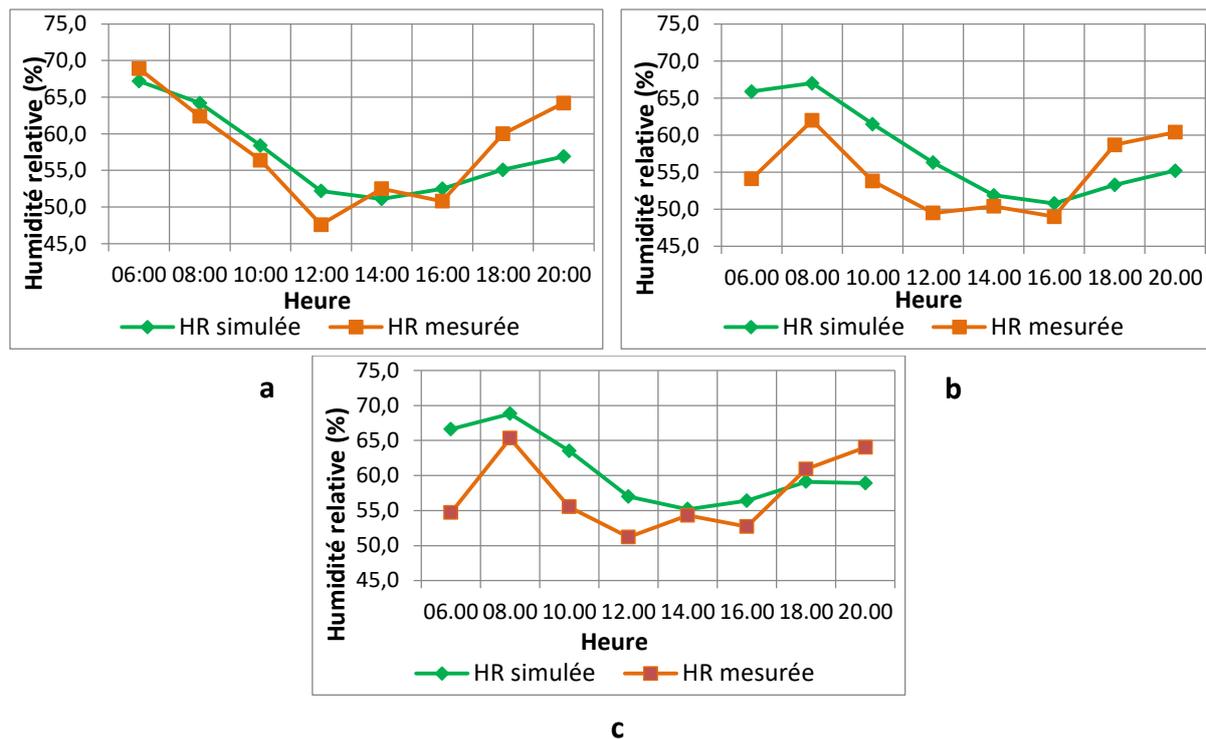
A propos du square el Houria, les valeurs mesurées sont élevées par rapport à celles enregistrées par le logiciel pendant la matinée, à 8h l'écart est de 2.5 °C, à cause de la progression de l'activité humaine autour du square (heure de travail), donc la circulation mécanique provoque une augmentation du flux de chaleur, ce qui est suivi par un stockage de la canicule générée par les matériaux de construction (l'échauffement des surfaces). Toutefois, la dominance de la masse végétale et les brises de mer réduisent la chaleur très rapidement, la température de l'air simulée devient plus basse par rapport à celle expérimentée, l'écart devient 1.5 °C à 20h.

Observant le jardin Boukhatouta Houcine, de 8h jusqu'à midi, les valeurs mesurées sont élevées par rapport à celles retenues par le logiciel, le plus grand écart est de 2.5 °C à 10h, cette différence est justifiée toujours par la chaleur produite par le mouvement mécanique, et surtout que le jardin se trouve à proximité d'une station de bus, ainsi à cette heure le jardin présente un espace accueillant plusieurs activités avec une forte intensité de fréquentation par les usagers (voir observation en situation). L'après-midi, le logiciel fournit des valeurs plus proches de celles mesurées expérimentalement.

1.2 Comparaison entre l'humidité relative mesurée et celle simulée :

Heure	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	HR simulée	HR mesurée	HR simulée	HR mesurée	HR simulée	HR mesurée
06:00	67,2	68,9	65,9	54,1	66,6	54,7
08:00	64,2	62,4	67,0	62,0	68,8	65,3
10:00	58,4	56,4	61,5	53,8	63,5	55,5
12:00	52,2	47,6	56,3	49,5	57,0	51,2
14:00	51,1	52,5	51,9	50,4	55,2	54,3
16:00	52,5	50,8	50,8	49,0	56,4	52,7
18:00	55,1	60,0	53,3	58,7	59,1	60,9
20:00	56,9	64,2	55,2	60,4	58,9	64,0

Tableau N° VIII. 2: Evolution de l'humidité relative mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine. **Source:** Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 2: Comparaison entre les humidités relatives simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Les représentations ci-dessus dévoilent l'évolution des humidités relatives simulées et soutirées sur terrain aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Relatif au cours de la révolution, le parcours de l'humidité relative dépend toujours de la température de l'air, et de la quantité de l'eau présente dans l'atmosphère. Le taux de l'humidité mesuré est similaire à celui simulé pendant la journée, à part à midi, l'écart enregistré est de 4.6%, cette différence est due à l'augmentation des températures prises sur terrain à cause des véhicules (heure de pointe). A partir de 16h, on remarque une régression des taux des humidités simulés, et une progression de ceux mesurés, cela est expliqué par la diminution des températures de l'air, l'évaporation des surfaces d'eau, et la transpiration des espèces vertes.

En ce qui concerne le square el Houria, le logiciel présente une nette augmentation des valeurs par rapport à celles mesurées pendant la matinée, avec un écart de 11.8 % à 6h, à cause de la hausse des températures de l'air mesurées, parce que la vaporisation de l'eau nécessite un flux de chaleur pour faire un échange de vapeur d'eau avec l'atmosphère. Le soir, les valeurs se convertirent, l'amplitude de l'humidité simulée est inférieure à celle mesurée, parce que la température de l'air simulée est supérieure à celle mesurée, donc le taux de l'humidité diminue naturellement.

Lors du jardin Boukhatouta Houcine, et avec la hausse des températures mesurées, le logiciel enregistre une augmentation des humidités par rapport à celles requises, cela est dû à la relation étroite entre les humidités relatives et les températures de l'air, l'écart entre ces valeurs n'est pas très important, parce que les valeurs simulées sont proche à celles prises sur terrain.

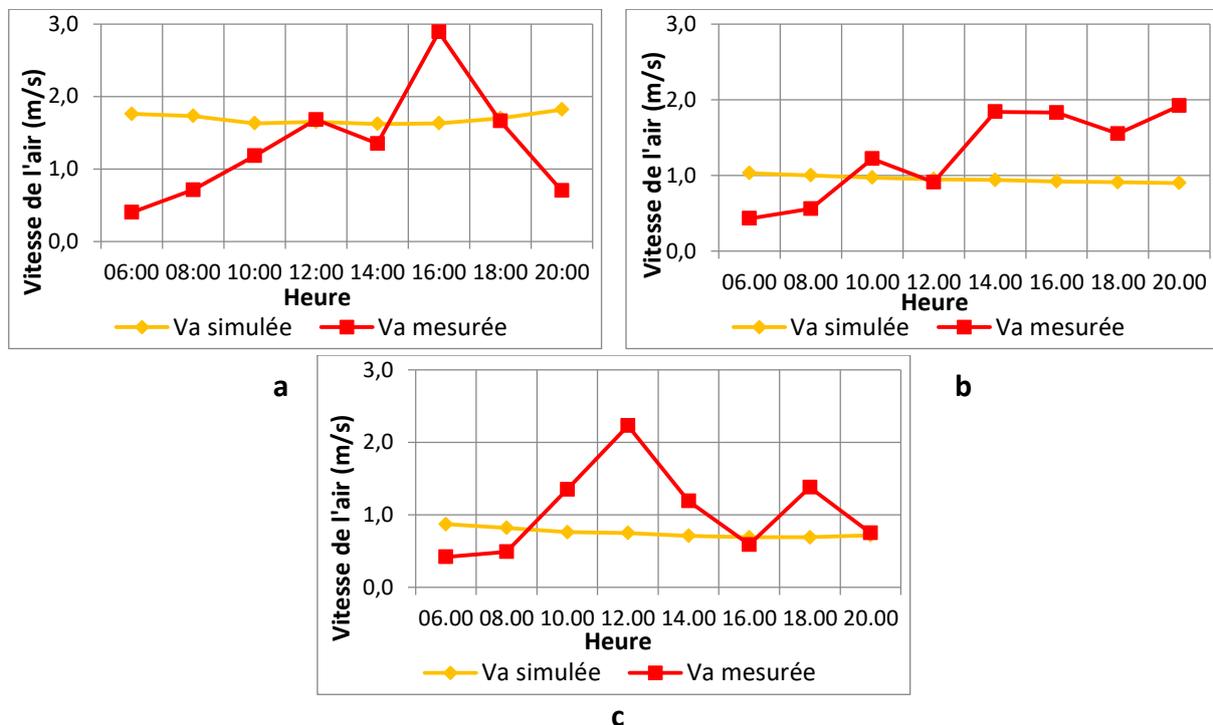
NB : Pour square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine, l'augmentation brusque de l'humidité relative prise sur terrain est due au système d'arrosage de l'espace végétal à 8h, (Voir chapitre précédent investigation). Ce qui offre un rafraîchissement au terrain, et suivi par une baisse des températures juste le moment d'après. (Voir Graphe N° VIII. 3). L'environnement n'utilise pas ce facteur dans l'étude des paramètres microclimatiques.

1.3 Comparaison entre la vitesse de l'air mesurée et celle simulée :

Heure	Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
	Va simulée	Va mesurée	Va simulée	Va mesurée	Va simulée	Va mesurée
06:00	1,76	0,40	1,03	0,43	0,87	0,42
08:00	1,73	0,71	1,00	0,56	0,82	0,49
10:00	1,63	1,18	0,97	1,22	0,76	1,35
12:00	1,65	1,68	0,95	0,91	0,75	2,23
14:00	1,62	1,35	0,94	1,84	0,71	1,19
16:00	1,63	2,89	0,92	1,83	0,69	0,59
18:00	1,70	1,66	0,91	1,55	0,69	1,38
20:00	1,82	0,70	0,90	1,92	0,72	0,75

Tableau N° VIII. 3: Evolution de la vitesse de l'air mesurée et simulée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 4: Comparaison entre les vitesses de l'air simulées et celles mesurées aux (a) cours de la révolution, (b) square el Houria et (c) jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

La vitesse de l'air enregistrée aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine, avec celle simulée sont présentées dans le tableau et les graphes ci-dessus.

Observant le cours de la révolution, les parcours de ces vitesses sont différents totalement les uns aux autres, l'air simulé est stable pendant toute la journée grâce à l'effet de filtrage, qui est dû à la présence de la végétation, par ailleurs la vitesse de l'air mesurée est perturbée au cours de la journée. De 8h jusqu'à midi, les valeurs des vents retenues sur terrain sont en progression mais elles sont inférieures à celles enregistrée par l'Envi met, l'écart est de 1.36 m/s à 6h, cette augmentation est indispensable pour atténuer le stress thermique dans l'espace à cause de la hausse des températures. A partir de 14h, la situation se transpose, et la vitesse de l'air mesurée atteint son apogée à 16h, avec un écart de 1.26 m/s, cela est dû aux brises de mer pour refroidir l'espace très rapidement, néanmoins le logiciel ne prend pas en considération ce phénomène, (le logiciel prend juste les vents dominants en considération). Le soir, les vitesses de l'air mesurées baissent après la régulation thermique de l'espace urbain.

Contemplant le square el Houria, les valeurs prises sur terrain sont en progression durant la période d'étude, en revanche, l'air simulée est clame pendant toute la journée, ce qui fait engendrer un écart de vitesse qui changent entre 0.4 m/s à 1.02 m/s (à 12h et à 20h respectivement). Les vitesses mesurées sont inférieures à celles prises par l'Envi met pendant la matinée, et elles deviennent supérieures à partir de midi, cette augmentation est toujours justifiée par les brises de mer pour le rafraichissement et le refroidissement du terrain.

En outre, au jardin Boukhatouta Houcine, les valeurs requises sur terrain sont perturbées pendant toute la journée, néanmoins l'écoulement de l'air simulé a un rythme régulier, ce qui constitue une différence entre les deux valeurs illustrées, le plus grand écart est de 1.48 m/s à midi, dans ce cas la vitesse de l'air a joué un rôle capitale pour la diminution des températures (heure de canicule).

Pour conclure, les résultats présentent un rapprochement de valeurs entre les paramètres microclimatiques pris sur terrain (T_a , HR, et V_a), et ceux requis par le logiciel envi-met, subséquemment, la fiabilité du logiciel est confirmée, et il est assuré pour calculer d'autres paramètres microclimatiques (température moyenne radiante), ainsi pour étudier l'évaluation du confort thermique extérieur à l'aide des indices du confort.

2 Calcul de la température moyenne radiante :

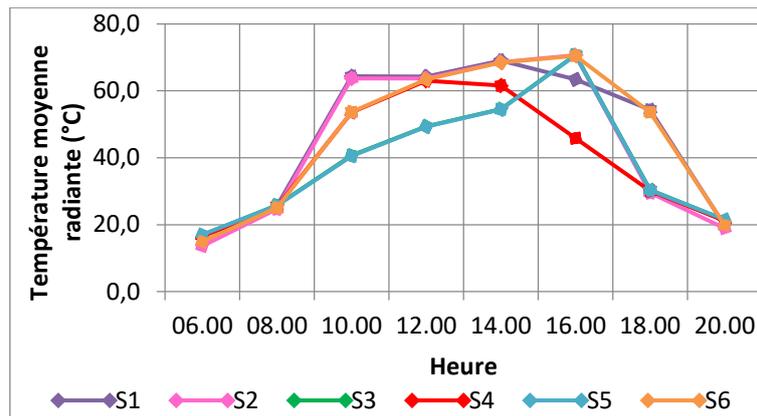
La température moyenne radiante présente la variable clé dans l'évaluation de la sensation thermique des espaces extérieurs. Dans cette optique, une étude de l'évolution de la TMR est déterminée en se basant sur les résultats obtenus de la campagne de mesure microclimatique, l'envi met a calculé les valeurs de la température moyenne radiante dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

2.1 Evolution de la température moyenne radiante au cours de la révolution :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	14,7	25,6	64,3	64,2	69,0	63,4	54,3	19,7
S2	13,6	24,7	63,7	63,7	68,5	70,6	29,5	18,9
S3	16,9	25,8	40,7	49,4	54,5	70,7	30,4	21,4
S4	16,5	25,3	53,6	63,0	61,6	45,8	30,1	21,1
S5	17,0	25,7	40,5	49,3	54,4	70,6	30,3	21,5
S6	14,9	25,0	53,7	63,4	68,4	70,4	53,6	19,9

Tableau N° VIII. 4: Evolution de la température moyenne radiante au cours de la révolution.

Source : Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 5: Evolution de la température moyenne radiante au cours de la révolution.

Source : Auteur, 2021.

Les représentations ci-dessus illustrent l'évolution de la température moyenne radiante dans les 06 stations au cours de la révolution.

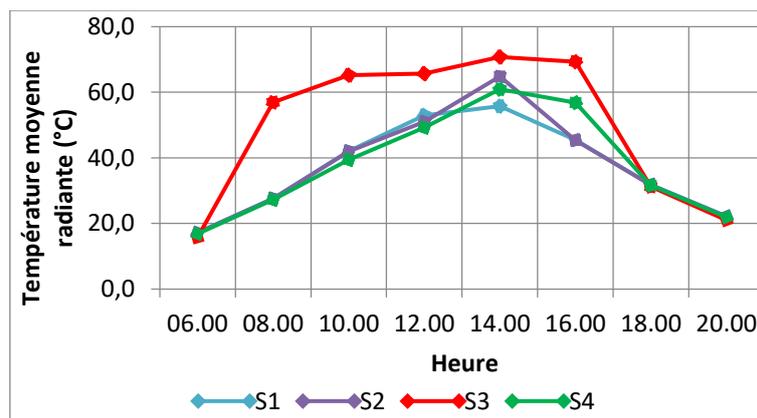
En général, les résultats présentent une homogénéité des valeurs dans les 06 stations de mesure durant les deux premières heures de la matinée, où le minimum journalier est enregistré à 06h avec une moyenne de $\Delta TMR = 15,6$ °C, à partir de 08h, les valeurs sont perturbées, qui est dû au rayonnement solaire. La station 05 présente des valeurs inférieures par rapport à celles des autres stations, parce qu'elle est soumise sous une grande masse de végétation, qui la protège du soleil, et elle est située au milieu du couloir de ventilation, qui offre un bon rafraîchissement dans les espaces ombragés. Néanmoins, La période de l'après-midi, connaît bien une hausse de la température moyenne radiante, précisément à 16h, les point P2, P3, P5 et P6 enregistrent des valeurs approximatives, dont la moyenne est de $\Delta TMR = 70,6$ °C, qui représentent le maximum journalier de la TMR, cette augmentation des valeurs due principalement à l'exposition de ces points de mesure au rayonnement solaire, tandis que, la station S2 présente des valeurs supérieures pendant la journée, parce qu'elle possède un espace dégagé, orienté N-S, qui marque des fluctuations de la TMR. De ce fait, le degré des radiations solaires influe sur l'ampleur du bilan d'énergie des sols, dont le cours de la révolution est revêtu en béton, ce qui est suivi par le réchauffement de l'air, et qui rend l'espace étouffant, ce qui dépossède l'activité dans ce point de mesure. Ainsi, la station S6 dévoile des valeurs élevées pendant la période nocturne, malgré elle représente le point le plus proche de la mer, qui bienfisse des brises de mer, (qui sont responsables d'atténuer la température de l'air), ce qui confirme l'intensité de rafraîchissement de l'espace protégé par la ventilation de l'air n'est pas la même de celui exposé au rayonnement solaire. En fin de

jours, toutes les stations de mesure indiquent une régression de valeurs pour être presque identiques à 20h, cela est dû à la disparition des rayons solaires (coucher de soleil).

2.2 Evolution de la température moyenne radiante au square el Houria :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	17,2	27,6	42,0	52,9	55,7	45,4	31,8	22,2
S2	17,1	27,5	41,9	51,0	64,8	45,3	31,7	22,1
S3	15,7	56,9	65,2	65,7	70,7	69,3	31,2	21,0
S4	16,8	27,2	39,4	49,2	60,9	56,8	31,6	21,9

Tableau N° VIII. 5: Evolution de la température moyenne radiante au square el Houria.
Source : Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 6: Evolution de la température moyenne radiante au square el Houria.
Source : Auteur, 2021.

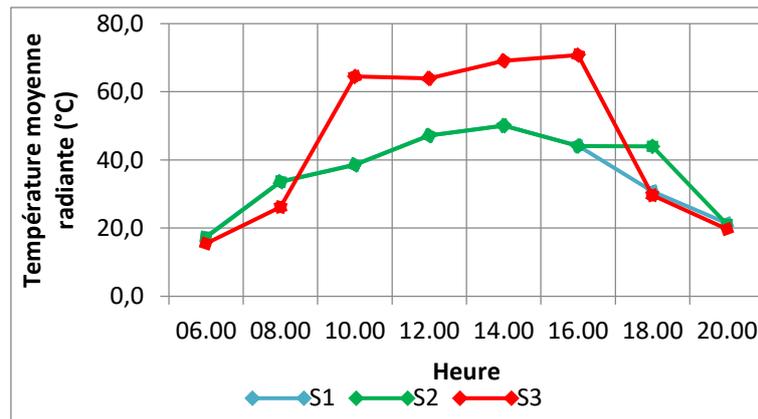
Les valeurs de la température moyenne radiante dans les 04 stations au square el Houria sont présentées dans le graphe et le tableau précédents.

Pour un premier constat, les résultats indiquent une augmentation de valeurs de la température moyenne radiante pendant la matinée, ils présentent aussi un rapprochement de ces valeurs dans les stations, S1, S2 et S4, parce que ces points de mesure présentent une similitude de caractéristique de l'espace (la présence de la couverture végétale), ce qui permet de le protéger du rayonnement solaire, en revanche, le point P3 présente des valeurs supérieures par rapport aux autres points de mesure pendant toute la journée, car, elle possède un espace découvert et exposé au soleil. Cependant, à 14h, toutes les stations montrent un maximum de valeurs, où la plus distinguée est enregistrée dans le point P3 avec une valeur de 70.7 °C, à partir de cette heure, la température moyenne radiante diminue, les valeurs deviennent très similaires dans toute les stations à partir de 18h.

2.3 Evolution de la température moyenne radiante au jardin Boukhatouta Houcine :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	17,5	33,7	38,7	47,2	50,1	44,2	30,8	21,4
S2	17,3	33,6	38,6	47,2	50,1	44,1	44,0	21,2
S3	15,5	26,2	64,5	64,0	69,1	70,8	29,7	19,8

Tableau N° VIII. 6: Evolution de la température moyenne radiante au jardin Boukhatouta Houcine.
Source : Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 7: Evolution de la température moyenne radiante au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Le tableau et le graphique ci-dessus sont représentatifs des différentes valeurs de la température moyenne radiante dans les 03 stations au jardin Boukhatouta Houcine, de 06 jusqu'à 20h, pendant la journée typique choisie pour la simulation.

Pendant le début de la matinée, le premier bilan tenu au niveau du jardin montre une équivalence légère entre les points de mesure, à partir de 8h, une augmentation progressive des valeurs est requise, cette montée est relative au degré de l'exposition au soleil. Les stations S1 et S2 présentent un bon rapprochement de valeur, parce qu'elles constituent les mêmes caractéristiques, elles abritent une grande masse de végétation, qui les protègent du rayonnement solaire. En outre, la TMR dans la station S3 évolue abondamment sous l'effet de l'ensoleillement, ce qui explique la grande surface exposée dans ce point de mesure, qui présente des valeurs supérieures de 08h jusqu'à 18h, où le maximum journalier est enregistré à 16h, avec une valeur de TMR= 70.8 °C, à partir de cette heure, les valeurs diminuent instantanément dans le point P3, tandis que, la station S2 indique une valeur supérieure de TMR par rapport aux autres stations, dont l'écart est de 13.8 °C. En fin de journée, les valeurs deviennent très approximatives dans tous les points de mesures, à cause du coucher de soleil.

3 Evaluation du confort thermique extérieur par les indices du confort UTCI et PET :

Dans le but de faire une évaluation du degré de confort thermique dans notre aire d'étude, nous avons opté pour les indices UTCI et PET, en utilisant les résultats de la simulation numérique obtenus par le logiciel Envi met 4.4.5, cette évaluation est faite par le Bio met pendant le même jour typique choisis pour la simulation (03-08-2016). Chaque point de mesure dans les terrains d'investigation présente plusieurs paramètres microclimatiques qui sont indispensables pour le calcul des indices recherchés, ces paramètres sont : Ta : Température de l'air (°C), TMR : Température moyenne radiante (°C), Va : Vitesse de l'air (m/s), HR : Humidité relative (%).

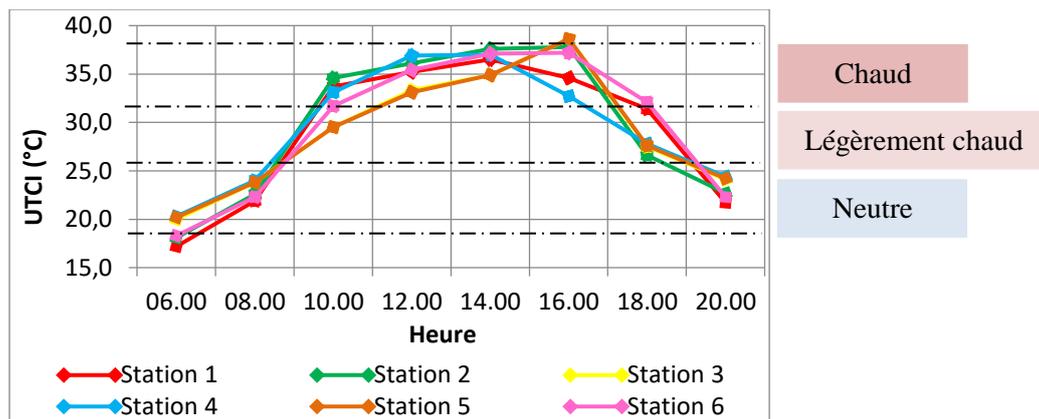
3.1 L'indice thermique universel du climat (UTCI) :

L'indice thermique universel du climat est calculé à l'aide du logiciel de Bio met, pour évaluer le confort thermique extérieur dans les espaces publics d'études, afin de déterminer les différentes perceptions thermiques en fonction de leurs durée pendant la période diurne.

3.1.1 Cours de la révolution :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	17.2	21.9	33.7	35.2	36.5	34.6	31.4	21.7
S2	18.1	22.6	34.6	36.1	37.6	37.8	26.6	22.7
S3	20.0	23.8	29.5	33.3	34.9	38.6	27.5	24.1
S4	20.3	24.0	33.1	36.9	37.0	32.7	27.8	24.4
S5	20.2	23.8	29.5	33.1	34.9	38.6	27.6	24.2
S6	18.3	22.3	31.7	35.4	37.1	37.2	32.1	22.3

Tableau N° VIII. 7: Evaluation de l'UTCI au cours de la révolution.
Source: Auteur, 2021.



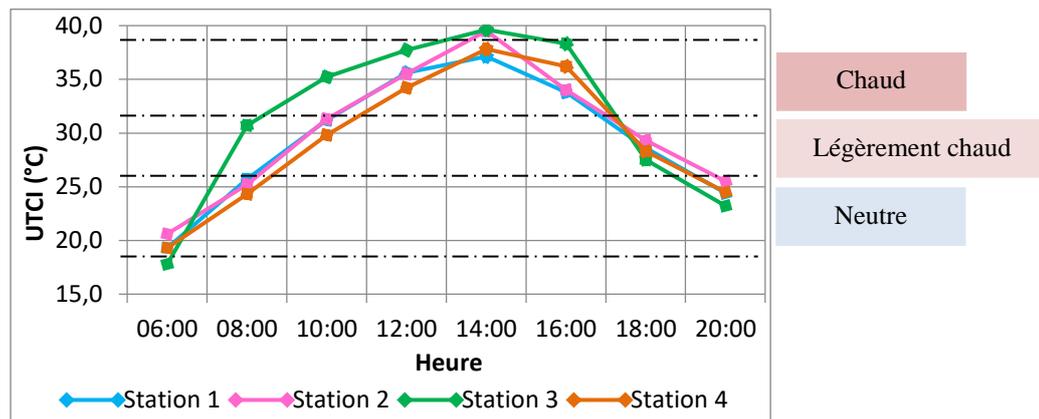
Graph N° VIII. 8: Valeur de l'UTCI au cours de la révolution.
Source : Auteur, 2021.

Après l'obtention des valeurs de l'indice UTCI à l'aide de l'Envi met, les résultats sont exposés dans le tableau et le graphe ci-dessus, ils indiquent une différence plus au moins légère entre les points de mesure au cours de la révolution. De 6h jusqu'à 8h, toutes les stations sont dans la zone du confort, ce qui est remarquable est qu'à partir de 10h, tous les points de mesure sont en stress thermique (chaud), sauf le point P5 correspond toujours à une sensation légèrement chaude, il atteint la zone chaude à midi, la période de cette dernière dure jusqu'à 18h, en ce moment, les stations (S2, S3, S4, et S5) présentent des valeurs à chaleur modérée, tandis que les points 1 et 6 sont toujours en dessus de la limite du stress thermique, avec un écart de $\Delta UTCI = 4.4 \text{ }^\circ\text{C}$ (par rapport aux autres stations), cela est dû à la faible couverture végétale. La zone du stress thermique modéré (légèrement chaude) dure juste quelques heures de temps pendant la période étudiée, (de 9h jusqu'à 10h, et de 17h jusqu'à 19h), à cause du réchauffement et refroidissement rapide de l'espace, qui est dû au rayonnement solaire. La variabilité de l'UTCI entre les points de mesure au cours de la révolution est en dépendance avec plusieurs facteurs climatiques, dont la station 5 présente des valeurs d'UTCI inférieures par rapport aux autres points de mesure pendant la périodes chaude et légèrement chaude, parce qu'elle est bien protégée par la végétation, et bien ventilée, car la présence de l'espace vert réduit considérablement le pic d'UTCI (amélioration du confort thermique extérieur) et la durée du stress thermique (Huang. Q et *al*, 2016).

3.1.2 Square el Houria :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	19.3	25.7	31.2	35.6	37.1	33.8	28.6	24.4
S2	20.6	25.2	31.3	35.5	39.5	34.0	29.3	25.5
S3	17.8	30.7	35.2	37.7	39.6	38.3	27.5	23.2
S4	19.3	24.3	29.8	34.2	37.8	36.2	28.3	24.5

Tableau N° VIII. 8: Evaluation de l'UTCI au square el Houria.
Source: Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 9: Valeur de l'UTCI au square el Houria.
Source : Auteur, 2021.

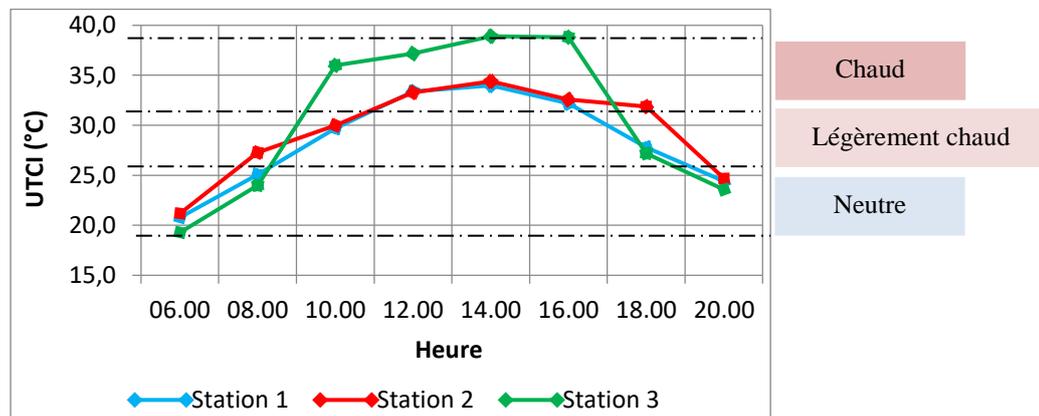
Le confort thermique au square el Houria est évalué par l'indice UTCI, les résultats obtenus sont illustrés dans les représentations ci-dessus, cette évaluation est faite à partir des données microclimatiques des points de mesure prises dans cet espace, elle est limitée entre quatre zones définissant la qualité du confort thermique extérieur : Neutre, légèrement chaude, chaude, et extrêmement chaude, la zone du confort dure le plus court moment pendant la journée (de 6h jusqu'à 8h), la 2^{ème} zone se divise en deux périodes : la matinée (8h jusqu'à 11h) et le soir (de 17h jusqu'à 19h). Au cours de la matinée, les valeurs de l'UTCI sont en progression, la station 3 présente des valeurs supérieures en comparant avec celles retenues dans les autres points, ce qui est justifié par la faible présence de la végétation et le faible écoulement de l'air dans cet endroit, donc l'espace est exposé au rayonnement solaire, et suivi par la hausse de la température moyenne radiante, ce qui génère l'augmentation des valeurs de l'UTCI. Pendant l'après-midi, l'UTCI atteint son maximum précisément à 14h dans toutes les stations, les valeurs des points P1 et P4 sont comprises dans la zone chaude. Dans ce moment, l'état du terrain est passé par un état extrêmement chaud dans les points P2 et P3, (39.5 °C, 39.6°C) où ces dernières marquent un rapprochement de valeurs avec les autres repères (P1 et P4), c'est-à-dire, que les conditions microclimatiques du square prennent la même dimension, dans lequel, la rareté de l'activité humaine est observée (observation en situation dans le chapitre précédent) pendant ce moment. A partir de cette heure les valeurs diminuent progressivement pour atteindre la zone légèrement chaude à 17h.

3.1.3 Jardin Boukhatouta Houcine :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	20.8	25.1	29.7	33.4	34.0	32.2	27.8	24.4
S2	21.2	27.3	30.0	33.3	34.4	32.6	31.9	24.7
S3	19.3	24.0	36.0	37.2	38.9	38.8	27.2	23.6

Tableau N° VIII. 9: Evaluation de l'UTCI au jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 10: Valeur de l'UTCI au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Les valeurs de l'indice UTCI sont calculées par l'Envi met au jardin Boukhatouta Houcine, le tableau et le graphe ci-dessus présentent les données requises par le logiciel, dont le but est de comprendre et d'évaluer le confort thermique extérieur. L'étude dévoile un état du confort entre 6h et 8h, dont toutes les stations de mesures présentent un rapprochement de valeurs, qui sont en progression pendant la matinée, en passant par la zone légèrement chaude à 8h dans les points P1 et P2, pour aboutir à la zone chaude à 11h, en revanche le point P3 possède une sensation du stress thermique de 9h jusqu'à 14h, où se marque le pic de l'UTCI (38.9 °C zone très chaude), ce stress a duré un long moment dans cette station par rapport aux autres, en comparant les résultats de l'UTCI dans ce point avec les valeurs de la TMR (même point), on les trouve similaires, cela est dû à l'exposition de l'endroit au rayonnement solaire pendant la période diurne, qui est le facteur principal de la canicule urbaine, et qui est suivi à la suite par l'augmentation de l'UTCI. A partir de 16h, les valeurs de l'indice diminuent, le jardin est en état de restitution énergétique, tandis que la station S3 présente une régression brusque des valeurs, parce qu'elle est le point le plus dégagé, donc l'écoulement de l'air frais permet le refroidissement rapide de l'espace, et atténuer la chaleur emmagasinée pendant la journée (rayonnement solaire). Contrairement à cette station, les points P1 et P2 possèdent un stress thermique de 11h jusqu'à 16, parce qu'ils sont bien couverts du soleil par la végétation.

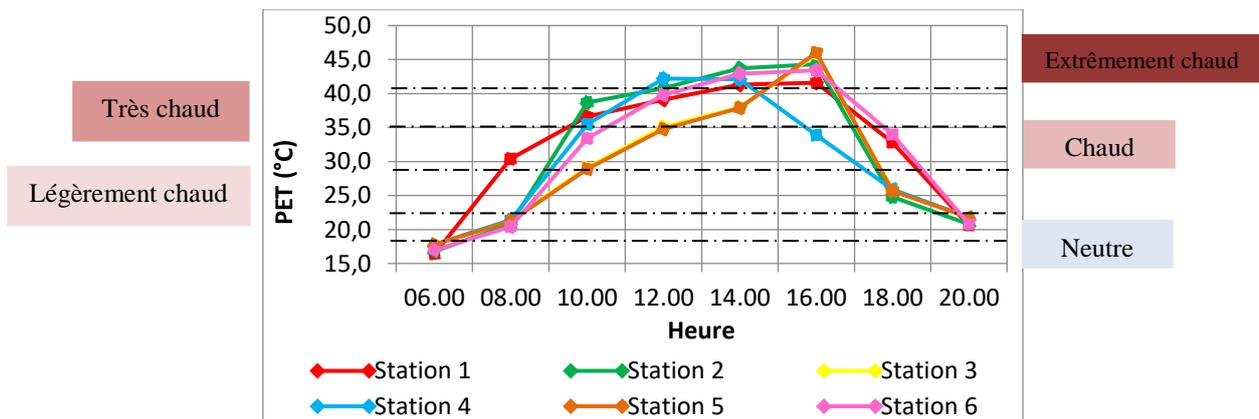
3.2 Indice de température équivalente physiologique (PET) :

La température équivalente physiologique (PET) est choisie comme un indice du confort thermique extérieur pour l'évaluer quantitativement. Le PET est basé sur le bilan énergétique humain, il prend en compte le rayonnement solaire, T_a , HR, V_a , et TMR du milieu environnant.

3.2.1 Cours de la révolution :

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	16.4	30.4	36.6	39.1	41.3	41.6	32.8	20.6
S2	16.8	20.8	38.7	40.8	43.7	44.3	24.8	20.8
S3	17.8	21.4	29.1	35.1	38.0	45.8	25.8	21.8
S4	17.8	21.4	35.5	42.2	42.1	33.9	25.9	21.8
S5	17.8	21.2	28.9	34.8	37.9	46.0	25.7	21.8
S6	17.0	20.4	33.4	39.8	42.9	43.4	34.0	20.8

Tableau N° VIII. 10: Evaluation du PET au cours de la révolution.
Source: Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 11: Valeur du PET au cours de la révolution.
Source : Auteur, 2021.

Le graphe et le tableau ci-dessus donnent les valeurs de PET et les sensations thermiques associées, dans les différentes stations de mesures au cours de la révolution pour une journée typique d'été.

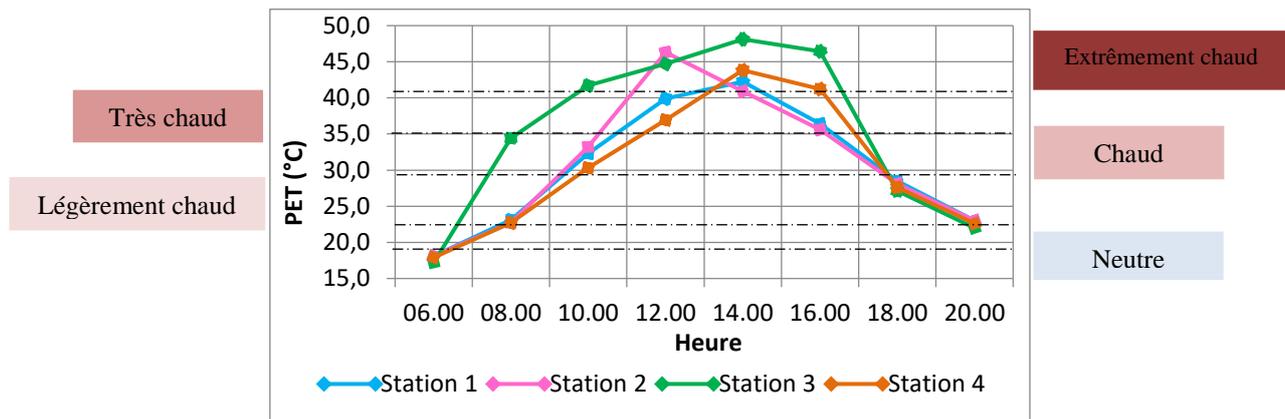
Les résultats présentent des valeurs de PET similaires dans toutes les stations de mesures pendant la matinée, qui correspondent à la sensation du confort, sauf à 8h, la station S1 indique des valeurs plus élevées à celles d'autres points, qui est dû à l'augmentation de la température moyenne radiante dans ce point, et qui correspond à la zone légèrement chaude. Néanmoins, toutes les valeurs de PET sont en augmentation pendant le matin, et à partir de 10h, la courbe de la station S1 est presque parallèle avec celles d'autres points, parce qu'elle est protégée du rayonnement solaire par l'ombre végétale, ce qui fait une baisse des valeurs de la température moyenne radiante. De 10h jusqu'à 17h, tous les points sont en stress thermique. Les stations S2, S4 et S6 atteignent leurs apogée à 14h, qui conviennent à la zone extrêmement chaude, cela est justifié par la chaleur emmagasinée causée par le rayonnement solaire, à partir de 14h, le point 4 enregistre une baisse rapide des valeurs de PET, grâce à la couverture végétale. Cependant, les stations S3 et S5 présentent des valeurs très semblables pendant toute la journée, qui sont faibles par rapport aux autres stations pendant la période chaude, ce qui est justifié par l'écoulement de l'air frais, qui diminue la température moyenne radiante très rapidement dans les zones ombragées (couverture totale des rayons). A partir de 16h, tous les points montrent une baisse des valeurs de PET, pour rejoindre la zone du confort à 19h.

3.2.2 Square el Houria:

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	18.1	23.1	32.3	39.9	42.2	36.4	28.5	23.0
S2	18.1	22.7	33.2	46.3	40.9	35.6	28.1	23.0
S3	17.2	34.4	41.7	44.7	48.1	46.4	27.1	22.0
S4	17.9	22.7	30.3	36.9	43.8	41.2	27.6	22.6

Tableau N° VIII. 11: Evaluation du PET au square el Houria.

Source: Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 12: Valeur du PET au square el Houria.

Source : Auteur, 2021.

La simulation à l'aide de l'envi met a permis de calculer l'indice de PET pour évaluer le confort thermique, le tableau et le graphe précédents présentent les différentes valeurs de PET au square el Houria.

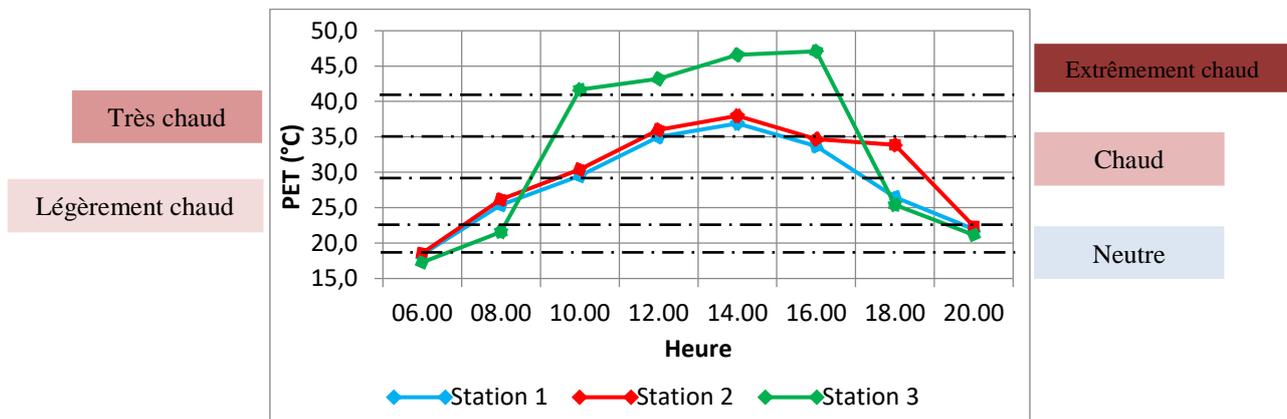
L'évolution du stress thermique semblait très perturbante au sein du square, il enregistre un PET minimum à 06h de matin, dont tous les points de mesure présentent des valeurs similaires, ce qui est expliqué par l'effet de la ventilation fraîche pendant cette période. Les valeurs sont augmentées pendant la matinée, à cause du degré de rayonnement solaire, le square passe de la neutralité thermique au stress thermique modéré (de 8h jusqu'à 10h), il devient chaud à midi, tandis que le maximum de PET est enregistré à 14h, ce qui est représentatif de la zone extrêmement chaude. La station S3 présente des valeurs de PET supérieures par rapport aux autres stations, l'écart entre ces valeurs est important, il est de 11.6 °C à 08h, elle n'est pas bien protégée du rayonnement solaire, ce qui fait, elle enregistre des valeurs maximales de TMR, qu'elles sont les plus responsables de l'augmentation des valeurs de PET dans ce point. En deuxième position, le point P2 enregistre des valeurs de PET aussi importantes, il atteint son maximum à midi (stress thermique extrême), car le soleil est perpendiculaire, à partir de cette heure, le point P2 montre une régression de valeurs, en revanche, celles des autres points de mesure (P1, P3, et P4) diminuent après 14h. L'aire d'étude offre un état légèrement chaud à 18h, dont toutes les stations dévoilent un rapprochement de valeurs. En conséquence, le stress thermique a duré une longue période pendant la journée (de 10h jusqu'à 18h), qui prouve que le rayonnement solaire est responsable de la qualité thermique de l'espace.

3.2.3 Jardin Boukhatouta Houcine:

Heure	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
S1	18.4	25.4	29.5	35.0	36.9	33.7	26.5	22.0
S2	18.6	26.2	30.4	36.0	38.0	34.7	33.9	22.4
S3	17.3	21.6	41.7	43.2	46.6	47.1	25.4	21.2

Tableau N° VIII. 12: Evaluation du PET au jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphique N° VIII. 13: Valeur du PET au jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Les illustrations précédentes montrent l'évolution des valeurs de la température physiologique équivalente (PET) au jardin Boukhatouta Houcine, à travers la journée d'étude.

De 06h jusqu'à 08h, les résultats indiquent une similitude de valeur entre P1 et P2, puisqu'ils ont presque les mêmes caractéristiques de l'espace, et ils présentent une différence plus au moins légère avec la S3, dont elle est dans la plage du confort, parce qu'elle est découverte, ce qui facilite l'écoulement de l'air frais pendant la matinée, par ailleurs, les autres stations (S1 et S2) sont passées à la zone légèrement chaude, cela est dû à la présence de la végétation, qui fait atténuer l'écoulement de l'air dans ces points. Après 08h, la situation s'inverse, le P3 présente des valeurs de PET très élevées par rapport aux autres points, à cause du rayonnement solaire, duquel l'état thermique est considéré chaud, néanmoins, à partir de 10h, la S3 est représentative du stress thermique extrême, le PET atteint son maximum dans ce point de mesure à 16h, avec une valeur de 47.1 °C. En revanche, les valeurs de P1 et P2 continuent à augmenter, en créant une zone chaude de 10h jusqu'à 17h dans la S1, à cause de l'accroissement des valeurs de la TMR, cette élévation est générée par la dissipation de l'air chaud dans les espaces exposés, par convection et par rayonnement vers les espaces abrités (S1 et S2 sont protégées par la végétation), ensuite, ce phénomène est responsable à l'échauffement des endroits à l'abri du rayonnement solaire (Sedira. S, 2020). En fin de la journée, les valeurs de PET redescendent dans toutes les stations pour atteindre la zone légèrement chaude, qui permet une reprise de l'activité humaine dans le jardin. Ce qui est remarquable est que le stress thermique dans la S2 dure jusqu'à 19h, parce que la vitesse de l'air est la plus faible par rapport aux autres stations, tandis que la brise de mer est la responsable du rafraîchissement de l'espace.

En conclusion, les résultats indiquent qu'il existe une corrélation entre les valeurs de PET et le pourcentage de la couverture végétale, les valeurs les plus élevées sont enregistrées dans les stations, qui représentent les espaces ouverts, et correspondent à un stress thermique ou une

sensation extrêmement chaude, par ailleurs, les valeurs de PET les plus faibles sont enregistrées dans les stations, qui sont protégées par la couverture végétale, et qui correspondent à une station du confort ou légèrement chaude.

3.3 Étude comparative de l'état du confort thermique extérieur entre les trois aires d'étude :

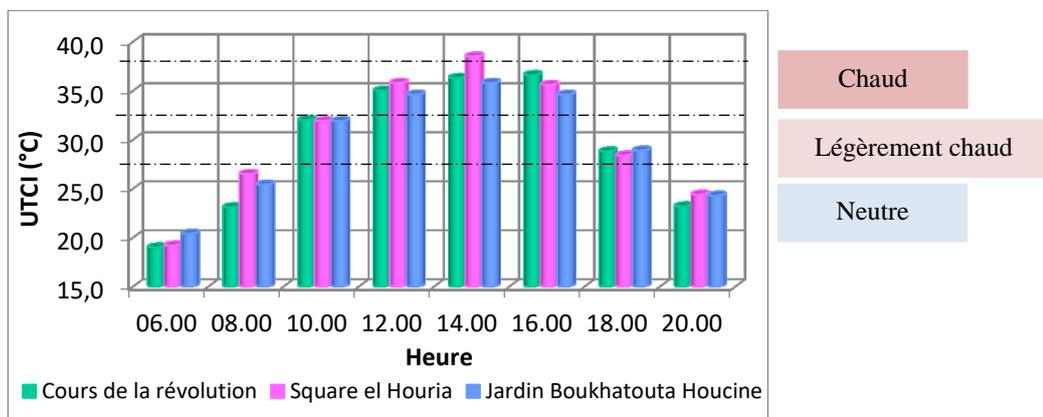
D'après les résultats obtenus du calcul des indices thermiques UTCI (Indice universel du confort thermique) et PET (Température physiologique équivalente) dans le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine, à l'aide du logiciel de Bio Met, nous allons opter pour faire une étude comparative du degré du confort thermique entre les aires d'investigation à travers les indices étudiés.

3.3.1 UTCI (Indice universel du confort thermique):

Temps / Espace	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
Cours de la révolution	19.0	23.1	32.0	35.0	36.3	36.6	28.8	23.2
Square el Houria	19.2	26.5	31.9	35.8	38.5	35.6	28.4	24.4
Jardin Boukhatouta Houcine	20.4	25.4	31.9	34.6	35.8	34.6	28.9	24.3

Tableau N° VIII. 13: Répartition des valeurs d'UTCI aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 14: Comparaison entre les valeurs de l'UTCI aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Les représentations ci-dessus dévoilent les principaux résultats de l'indice d'UTCI obtenus par le logiciel Envi met/ Bio met, pour l'étude de la perception du confort thermique extérieur, ces résultats sont la moyenne des valeurs de l'UTCI dans les points de mesures aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine pendant le jour type choisi pour la simulation.

Pour un premier constat, les illustrations montrent que les données recueillies du calcul de l'UTCI sont limitées entre 03 zones thermiques : Neutre, légèrement chaude, et chaude. En général, le graphe montre une similitude entre les valeurs des trois aires d'étude, durant toute la période diurne, les valeurs sont en augmentation pendant le matin, dont elles aboutissent à leurs maximums à 14h, et elles diminuent par la suite. Cependant, à 8h, le cours de la révolution et le jardin Boukhatouta Houcine sont dans la zone de la neutralité thermique, le

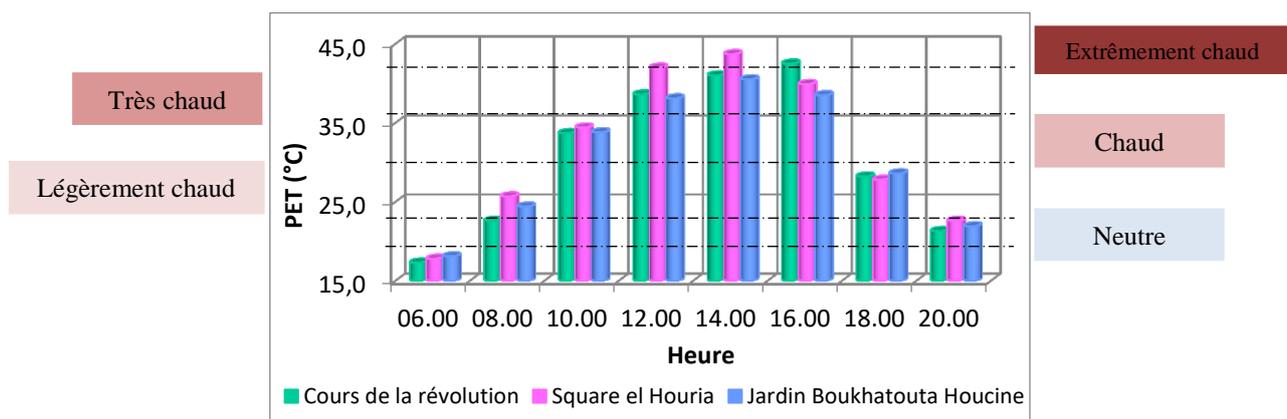
cours présente le minimum de valeurs de l'UTCI avec un écart de 2.3°C, tandis que le square el Houria est soumis sous un stress thermique modéré. Toutefois à 14h, le square marque des valeurs d'UTCI supérieures à celles des autres terrains, elles atteignent la plage très chaude, par ailleurs, les autres espaces se perçoivent comme des lieux chauds. A partir de 18h, une diminution des valeurs est contemplée, les espaces deviennent dans la zone légèrement chaude, et ils se permutent aux endroits confortables à partir de 20h. En conclusion le cours de la révolution présente des valeurs d'UTCI (la moyenne des données UTCI de la journée) inférieures à celles calculées dans les autres aires d'étude, de ce fait le cours est considéré comme l'espace le plus confortable ($\Delta\text{UTCI}= 29.25^\circ\text{C}$), dont le jardin vient en 2ème position ($\Delta\text{UTCI}= 29.48^\circ\text{C}$), et suivi par le square ($\Delta\text{UTCI}= 30.03^\circ\text{C}$).

3.3.2 PET (Température physiologique équivalente) :

Temps / Espace	06 :00	08 :00	10 :00	12 :00	14 :00	16 :00	18 :00	20 :00
Cours de la révolution	17.3	22.6	33.7	38.6	41.0	42.5	28.2	21.3
Square el Houria	17.8	25.7	34.4	42.0	43.7	39.9	27.8	22.6
Jardin Boukhatouta Houcine	18.1	24.4	33.8	38.1	40.5	38.5	28.6	21.9

Tableau N° VIII. 14: Répartition des valeurs du PET aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source: Auteur, 2021.



Graphe N° VIII. 15: Comparaison entre les valeurs du PET aux cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine.

Source : Auteur, 2021.

Après l'obtention des valeurs de PET (température physiologique équivalente) à l'aide du calcul par le logiciel « Envi-met / Bio Met 4.4.5 », le tableau et le graphe ci-dessus montrent la différence des valeurs de PET entre les aires d'investigation (cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine).

Pendant la matinée, les résultats montrent une augmentation progressive des valeurs de PET dans tous les espaces publics, à 06h, ils sont sous la plage du confort (légèrement froid), qui est dû à la fraîcheur de l'air. A 08h, le cours de la révolution possède un état du confort, par ailleurs, l'état est évalué légèrement chaud dans les autres aires d'étude, parce que le cours bénéficie des brises de mer, grâce à sa proximité du port marin. La période entre 10h et 16h présente la durée du stress thermique, elle est composée en trois zones thermiques : chaude, très chaude et extrême chaude, à 14h, les espaces indiquent leurs maximums, le square présente la valeur la plus élevée par rapport aux autres espaces, il correspond à une sensation

extrêmement chaude, l'écart est de 2.95°C , tandis que, le cours et le jardin correspondent à une perception chaude. Cependant, un recule de valeur est observé après cette heure, et en fin de période du stress thermique, les espaces étudiés possèdent un état légèrement chaud, ils présentent un rapprochement de valeurs, qui terminent à régresser pour atteindre la plage du confort à 20h, cela est dû à l'absence du rayonnement solaire, qui est suivi par la baisse des valeurs de la température moyenne radiante, par conséquent, il existe une forte corrélation entre les valeurs de PET et celles de la TMR. En conclusion, les résultats montrent une similitude de valeurs de PET (moyenne des valeurs de PET pendant la période nocturne) entre les aires d'investigation, dont ΔPET du cours = 30.65°C , ΔPET du square = 31.74°C , et ΔPET du jardin = 30.5°C .

Enfin, dans le but d'avoir une bonne lecture de l'influence du bilan thermique sur l'usage de l'espace public extérieur, une évaluation du confort thermique est faite par deux différentes méthodes, la première est l'observation en situation et l'enquête sociologique, la deuxième consiste à un travail à l'aide des indices de confort (UTCI et PET).

Les résultats du logiciel (indice de confort) confirment ceux de l'observation en situation, la période de surchauffe pendant la journée d'étude est caractérisée par la faible fréquentation des espaces publics, néanmoins, certaines pratiques (repos, et rencontre) ont une forte intensité de visite pendant cette période. Après la période du stress thermique, les intensités de fréquentation sont devenues de forte à très forte pour quelques pratiques, cela justifie la relation étroite entre le confort thermique de l'utilisateur et la pratique de l'espace extérieur.

D'après l'enquête sociologique, la majorité des usagers ont confirmé leurs appréciations thermiques aux espaces publics extérieurs, en revanche, les indices de confort (UTCI, PET) prévoient que les espaces sont estimés sous un stress thermique à un stress thermique extrême, pendant la période de surchauffe de la journée, cela peut être expliqué par :

- Le manque d'informations requises par le formulaire de questions, parce que le questionnaire s'est basé sur quelques paramètres climatiques affectant le confort, tandis que les paramètres non climatiques peuvent affecter le bilan thermique aussi, à savoir : le métabolisme, l'habillement l'emplacement de l'interviewé (dans un endroit ombré ou ensoleillé), l'activité exercée (en repos, marche...etc) et la durée exposition au soleil...etc.
- L'échelle d'évaluation de PET n'est pas appropriée au climat de la ville d'Annaba, parce qu'il décerne les espaces publics très chaud à extrêmement chauds, tandis que la plupart des usagers sont satisfaits à très satisfaits de la sensation thermique dans les aires étudiées. Cependant, une calibration de l'échelle de PET est nécessaire pour bien évaluer l'espace public à la ville d'Annaba. Ce qui témoigne les résultats de plusieurs recherches précédentes (Grosdemouge. V, 2020).
- L'échelle de l'évaluation d'UTCI est aussi inappropriée, mais elle peut être acceptable et valide, parce qu'il trouve que les espaces publics sont légèrement chauds à chauds pendant la période de surchauffe (10h jusqu'à 16h). Subséquemment, la calibration et l'adaptation de l'échelle de cet indice ne peut être forcément indispensable. Cela peut certifier les conclusions des expériences préalables, et il peut contester les résultats de certains d'autres (Talhi. A et al, 2020).

Conclusion :

La fiabilité de la simulation numérique par l'Envi Met a été vérifiée, parce que les données simulées présentent un rapprochement de valeurs avec celles mesurées. Pendant le matin des écarts entre les températures ont été relevés à cause du réchauffement des surfaces, qui est dû au flux de chaleur généré par la mobilité mécanique, et l'activité anthropique, les valeurs de ces températures se permutent le soir grâce à l'écoulement de l'air frais (brises de mer). Par la suite, des écarts entre les humidités relative sont enregistrés, parce que l'amplitude des humidités relatives dépendent toujours des valeurs des températures de l'air, néanmoins, l'écoulement de l'air simulé est caractérisé par un parcours calme, avec des valeurs approximatives pendant toute la journée, mais les vitesses de l'air mesurées sur terrain sont perturbées (brise de mer).

Le calcul des températures moyennes radiantes a confirmé la sensibilité du confort thermique extérieur aux rayonnements solaires, les endroits ouverts (non protégés) présentent des valeurs importantes de la TMR, par ailleurs, les endroits ombragés présentent des valeurs minimales. Les résultats recueillis du calcul des indices thermiques ont démontré l'influence des paramètres microclimatiques, et surtout la température moyenne radiante sur le PET et l'UTCI. Ces derniers sont utilisés pour l'évaluation du confort thermique dans les espaces investigués, ce qui a permis de connaître les différentes zones thermiques en fonction du temps (pendant une journée typique d'été), dont le but est de les utiliser dans la préconception des espaces extérieurs. Par la suite, nous avons fait une comparaison entre les trois espaces étudiés, afin de définir que le cours de la révolution est l'espace le plus confortable (grâce à la masse végétale et la proximité de la mer), suivi par Boukhatouta Houcine, et square el Houria en dernière position.

Ces résultats ont confirmé aussi les résultats de l'observation et le questionnaire, que le cours est l'espace le plus fréquenté, par rapport aux autres. En conclusion, le confort thermique influence sur le niveau d'intensité et la densité de la fréquentation dans les espaces publics extérieurs.

Conclusion générale :

L'espace public extérieur est un élément indispensable dans la composition de la ville, dont il est un espace accueillant plusieurs pratiques, la densité de la fréquentation dépend des caractéristiques microclimatiques procurées par les conditions du confort thermique, l'amélioration de leur qualité dépend d'une bonne conception et maîtrise entre les paramètres climatiques du méso climat et les éléments physiques qui les constituent.

Notre recherche est menée pour étudier l'impact du bilan thermique sur la pratique des espaces publics extérieurs, les sites choisis pour l'investigation sont cours, square et jardin situant au centre-ville d'Annaba, l'étude s'est développée en deux parties, la première est une revue bibliographique traitant les différents aspects de notre thématique, la deuxième est une partie expérimentale, elle est faite sur terrain, et suivie par une simulation numérique.

Dans un premier lieu, une définition des différents concepts et notions relatifs à l'habitat urbain et l'espace public est évoquée dans le premier chapitre, qui a présenté la relation entre l'habitat et l'espace extérieur, ainsi, l'évolution historique de cet espace qui a fait paraître plusieurs types, comme l'Agora Grec, le forum Romain pendant l'antiquité, jardin, square, et cour, pendant nos jours, les caractéristiques et les composants à savoir : le mobilier urbain, la végétation ont fait aussi l'objet de cet axe, en rajoutant l'interaction entre la sociabilité les besoins des usagers de l'espace public et les pratiques qui l'accueillent, afin de définir l'impact du microclimat sur la densité de fréquentation de cet espace.

Le deuxième axe a traité, le climat, le microclimat et le confort thermique extérieur. Cependant, il a été indispensable de mettre en évidence les notions liées à ces thèmes, afin de déterminer les zones climatiques, différentes échelles du climat (du climat général jusqu'au microclimat), et celles du microclimat, ainsi les facteurs influant sur le climat et le changement climatique sont la cause de l'augmentation des températures, qui est dû à l'îlot de chaleur urbain, en traitant son impact et les mesures à prendre pour faire face à ce phénomène. En fin, une définition du confort thermique est menée pour mieux identifier les paramètres climatiques (température de l'air, degré hygrométrique, vitesse de l'air, et rayonnement solaire) et non climatiques (âge, sexe, habillement, métabolisme et adaptation) qui ont un impact sur le confort, afin d'établir les méthodes d'évaluation du confort thermique extérieur.

Une étude de quelques expériences récentes traitant notre thématique est abordée dans notre recherche, afin de définir la meilleure méthode et technique utilisée pour la partie expérimentale, cette partie a consisté de mettre en évidence tous les aspects manquants et les points négatifs qui agissent directement ou indirectement sur le confort thermique dans l'espace extérieur.

La deuxième partie de notre travail s'est concentrée sur l'analyse climatique dans un premier lieu, qui nous a permis de définir les facteurs naturels (mer, montagne et végétation), et artificiels (pollution des zones industrielles, et activités anthropiques) influant sur le climat de la ville d'Annaba, dont il est caractérisé par un été chaud et sec, et un hiver froid et humide, ce chapitre a mis en évidence l'évolution historique d'Annaba, et les différents tissus urbains qui constituent la ville, selon lesquels, on a pu choisir les aires d'investigation, (cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine), et faire une analyse typomorphologique de ces sites, incluant les différentes caractéristiques, composants, types de pratiques et densité de la fréquentation de chaque espace étudié. Tandis que, cette présentation

Conclusion générale

est suivie par un processus méthodologique de la partie expérimentale, pour déterminer les techniques et la méthode adoptées, afin d'atteindre les objectifs de la recherche. Une investigation développe l'observation des comportements des usagers, suivie par une enquête sous forme de questionnaire, ainsi une campagne de mesure microclimatique s'est déroulée pendant la période de surchauffe dans les aires d'étude, cette collecte des mesures in situ est le fond de la simulation numérique par le logiciel Envi Met 4.4.5.

Dans un second lieu, les résultats obtenus de l'investigation et la simulation sont présentés et interprétés. Concernant, l'observation en situation, les pratiques exercées par les usagers des espaces ont différentes intensités selon la période, et l'espace étudié, le cours de la révolution présente une densité de fréquentation importante par rapport aux autres sites, l'intensité de visite diminue pendant midi et l'après-midi (la période de surchauffe) pendant la journée, et elle augmente pendant le soir. Néanmoins, les données retenues lors du questionnaire sont analysées à l'aide de logiciel de SPSS, qui a permis de faire une interaction entre deux, trois variables et plus, cette interaction confirme la relation étroite entre la sensation thermique, la sensation de l'humidité et le vent, et la sensation du confort, ainsi la durée de la visite dépend de la perception thermique de l'espace.

Cependant la campagne de mesure nous a relevé l'évolution des paramètres microclimatiques en fonction des caractéristiques des sites d'investigation. D'après les résultats obtenus dans cette étude, la variabilité de l'environnement thermique dans un milieu urbain est confirmée, les paramètres microclimatiques (température de l'air, humidité relative et vitesse de l'air) se diffèrent d'une station de mesure à une autre et d'un espace public à un autre. Tandis que, l'impact de la végétation sur le confort thermique extérieur est bien prouvé d'après ces paramètres mesurés, cette efficacité dépend de type, disposition, masse ou densité végétale, ainsi, la morphologie urbaine a aussi un effet important sur le confort thermique dans les espaces étudiés, à travers son ombre portée, et les couloirs de ventilation engendrant par les bâtiments qui entourent les espaces, toute fois, la présence de l'eau peut améliorer le microclimat, et donc progresser le confort thermique, cet impact augmente ou diminue selon l'absence ou la situation du point de mesure par rapport à l'eau.

La comparaison entre les mesures in situ et les données climatique de la station météo nous a confirmé que le cours de la révolution, square el Houria et jardin Boukhatouta Houcine présentent des valeurs de températures importantes par rapport à celles retenues dans la station météo, à cause de l'effet de l'îlot de chaleur urbain, car les espaces investigués sont situés dans un milieu urbain mais la station météo est située dans une zone ouverte, faible urbanisée et à proximité de la mer, ce qui permet le rafraichissement rapide de l'air, et le gain d'une ventilation importante grâce à l'absence de la rugosité urbaine. Les taux de l'humidité relative enregistrés dans la station météo sont importants, en comparant avec ceux qui sont pris dans notre aire d'étude, en raison de l'effet de l'évaporation de la mer (située à proximité de la station météo). Ce phénomène offre une grande quantité d'eau dans l'air, ce qui provoque la hausse rapide du taux de l'humidité relative. La station météorologique prélève des fortes vitesses du vent, parce qu'elle se situe dans un milieu faiblement urbanisé, par contre les espaces d'investigation montrent des valeurs moins importantes (par rapport à celles enregistrées dans la station météo). Ce constat est dû à la rugosité urbaine, la végétation et la morphologie urbaine qui font ralentir l'écoulement de l'air, donc la vitesse du vent est faible dans un site urbain par rapport à un site à faible urbanisation.

Conclusion générale

Les mesures collectées sur terrain ont fait le support des données pour la simulation à l'aide de l'Envi Met. Afin d'approuver que le logiciel est valide pour l'évaluation du bilan thermique extérieur, une comparaison entre les données simulées et celles mesurées est menée dans notre travail. D'après les résultats obtenus de cette comparaison, la température de l'air mesurée est supérieure à celle simulée pendant la journée dans les trois aires d'investigation, à cause de réchauffement des surfaces dû au flux de chaleur généré par la mobilité mécanique, et l'animation humaine, les valeurs de ces températures se permutent le soir grâce à l'écoulement de l'air frais (brises de mer), dont le but est de rafraîchir l'espace et atténuer le stress thermique qui est provoqué par les radiations solaires, chaleur emmagasinée et d'autres éléments artificiels (pollution, CO₂...). Néanmoins, l'amplitude des humidités relatives dépendent toujours des valeurs des températures de l'air, c'est pour cette raison, une défaillance entre les taux d'humidités simulées et celles prises sur terrain est enregistrée dans les trois cas d'étude, cette différence est remarquable pendant les heures de pointe à cause de la chaleur anthropique produite par la mobilité des véhicules et l'augmentation de l'activité humaine, parce que le flux de chaleur latente est associé au flux de vapeur d'eau, car il faut de l'énergie pour vaporiser l'eau liquide (mettre la référence). A partir de 16h, les valeurs de l'humidité relative mesurée sont augmentées dans les airs d'étude en raison de l'évaporation des surfaces d'eau, la transpiration de la végétation, et la diminution des températures. En fin, dans les trois espaces investigués, l'écoulement de l'air simulé est caractérisé par un parcours calme, avec des valeurs approximatives pendant toute la journée, toutefois, les vitesses de l'air mesurées sur terrain sont perturbées, tantôt en progression et tantôt en régression, cette diversité est réclamée par les brises de mer, dont le but est la régulation thermique de l'espace urbain. Généralement pendant la matinée, toutes les aires d'études présentent des valeurs mesurées minimales par rapport à celles retenues par le logiciel, à midi ou l'après-midi, la situation s'inverse et les valeurs se permutent.

Le calcul des températures moyennes radiantes nous a confirmé la sensibilité du confort thermique extérieur aux rayonnements solaires, les endroits ouverts (non protégés) présentent des valeurs importantes de la TMR, par ailleurs, les endroits ombragés présentent des valeurs minimales.

Pour évaluer à la fois qualitativement et quantitativement le confort thermique extérieur, de nombreux indices ont été développés. Parmi eux, la température physiologique équivalente (PET), le vote moyen prévu (PMV) et Universal Thermal Climate Index (UTCI) sont les trois indices populaires. Comparé à d'autres indices, l'UTCI a été développé principalement pour le confort thermique extérieur et il a montré une meilleure faisabilité. UTCI est très sensible aux changements des stimuli ambiants et décrit la variabilité temporelle des conditions meilleures que d'autres indices. D'après plusieurs recherches, le PET est aussi efficace pour l'évaluation du confort thermique.

Les résultats recueillis du calcul des indices thermiques ont démontré l'influence des paramètres microclimatiques, et surtout la température moyenne radiante sur le PET et l'UTCI. Ces derniers sont utilisés pour l'évaluation du confort thermique dans les espaces investigués, ce qui nous a permis de connaître les différentes zones thermiques en fonction de temps (pendant une journée typique d'été), dont le but est de les utiliser dans la préconception des espaces extérieurs. Par la suite, nous avons fait une comparaison entre les trois espaces étudiés, afin de définir que le cours de la révolution est l'espace le plus confortable (grâce à la

Conclusion générale

masse végétale et la proximité de la mer), suivi par Boukhatouta Houcine, et square el Houria en dernière position.

Ces résultats ont confirmé aussi les résultats de l'observation et le questionnaire, que le cours est l'espace le plus fréquenté, par rapport aux autres. En conclusion, le confort thermique influence sur le niveau d'intensité et la densité de fréquentation dans les espaces publics extérieurs.

Limite de la recherche :

N'importe quelle recherche scientifique finira par une pose de questions et d'interrogations, qui offrent d'autres thématiques et axes d'étude. Cependant, cette expérience préfigure des limites, on les énumère comme suit:

- Afin d'avoir une exactitude des résultats de la campagne de mesure microclimatique, il est préférable, de comparer les données requises sur terrain avec celles d'une station météorologique dans la ville d'Annaba, parce qu'il est pertinent de comprendre la sensibilité de l'environnement thermique dans un milieu urbain, mieux qu'une comparaison des résultats avec les données de la station météorologiques de l'Aéroport d'Annaba.
- La recherche s'est limitée de l'étude du confort thermique et la pratiques des espaces extérieurs pendant la période de surchauffe, il est intéressant d'étudier les paramètres climatiques et leurs influences sur la pratiques pendant l'hiver et les autres saisons de l'année, parce que ces paramètres sont dépendant de la saison, à savoir, le rayonnement solaire, la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative, la vitesse de l'air, les précipitations...etc.
- L'enquête sociologique faite sur terrain est limitée par des questions relatives aux paramètres climatiques étudiés dans cette expérience, et d'autres questions relatives aux différentes pratiques, néanmoins, il est important de prendre en considération et d'étudier les paramètres non climatiques affectant le confort thermique, (le métabolisme, l'habillement, l'âge,...etc.), ainsi, il est pertinent de prendre en considération l'état physique (en marche, en repos), l'emplacement de l'utilisateur dans l'espace extérieur (sous l'ombre, non protégé), et la durée d'exposition au soleil (quand la personne interrogée est exposée au soleil).

Perspective :

D'autres axes de recherche s'ouvrent et beaucoup d'interrogations peuvent être résolus, d'autres pistes de recherche sont décrites pour les prochaines expériences, desquelles :

- L'étude de confort visuel est en relation étroite avec le confort thermique dans les espaces publics extérieurs, à savoir l'indicateur morphologique SVF (facteur de vue de ciel), et l'effet de l'éblouissement.
- L'étude des paramètres non climatique est d'une importance majeure dans l'évaluation de l'environnement thermique extérieur, surtout qu'il y a quelque indice de confort qui prend en considération ces paramètres pour l'évaluation du confort thermique extérieur.

Conclusion générale

- Le couplage de deux ou plusieurs logiciels est nécessaire, pour effectuer la lecture précise de l'évaluation de confort thermique faite par les indices de confort, et celle faite par le questionnaire, afin d'avoir une évaluation précise et rationnelles.
- La plus part des indices de confort sont calibrés, leurs échelles est adaptées aux différentes régions, donc, il est pertinent de calibrer ces indices et proposer d'autres échelles équivalentes de notre zone d'étude, précisément le PET parce qu'il nous a donné des résultats différents de ceux de l'enquête sociologique
- La bonne connaissance des paramètres morphologiques, ainsi les caractéristiques physiques de l'espace sont indispensables, parce que les comportements et les propriétés physiques des matériaux de construction influencent le confort thermique et visuel de l'espace.

Bibliographie :

Ouvrages généraux:

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning. (1993). Handbook: Fundamentals. *ASHRAE*. Atlanta, GA.

American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning. (2001). Handbook: Fundamentals. *ASHRAE*. Atlanta, GA.

Bertrand, Michel Jean, et Hiéronim Listowski. (1984). Les Places dans la ville. Lectures d'un espace public, (Les pratiques de l'espace). *Dunod*. Paris.

Carricano, Manu, Fanny Poujol, et Laurent Bertrandias. (2010). Analyse de données avec SPSS. *Pearson Education*. France. P : 247.

Charles-Édouard Jeanneret-Gris (Le corbusier). (1933). *Charte d'Athènes*. *Marseille*.

Crauser Jean-Pierre, Harvatopoulos Yannis, et Sarnin Philippe. (1989). Guide pratique d'analyse des données. *D'organisation*. Paris. P: 140.

D'Alfonso Ernesto, et Danilo Samsa. (2000). L'architecture, Les formes et les styles, de l'antiquité à nos jours. *Solar*. Paris. P : 285.

De Farex A.S. Manuel. (2006). Guide technique de la diffusion d'air. *France air*. France. P :64.

Depecker P, Izard J, et Traisnel J. (1989). Qualité thermique des ambiances. *AFME*. Paris.

De Singly François. (2003). Les uns avec les autres: Quand l'individualisme crée du lien. *Armand Colin*. P: 272.

Duplay, Claire, et Duplay Michel. (1982). Méthode illustrée de création architecturale. *Le Moniteur*. Paris. P: 448.

Emmanuel M. Rohinton (2016). Urban Climate Challenges in the Tropics: Rethinking Planning and Design Opportunities. *New Jersey : Imperial College Press*. London. P: 384.

Galeau M, Grivel F, et Candas V. (1989). Le confort thermique : aspects physiologiques et psychosensoriels. *CNRS*. Stasbourg. P: 113.

Gandemer Jacques et Guyot Alain. (1976). Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti : Guide méthodologique et conseils pratiques. *Ministère de la qualité de la vie*. France. P :130.

Garbell. M. A. (1947). Tropical and Equatorial Meteorology.

Gauthier Bernard. (2003). Espace urbain - Vocabulaire et morphologie. *Patrimoine*. Paris. P : 496.

Germain, Annick. (2002). La redécouverte de l'espace public : regards d'architectes et de sociologues. *Amazon*. PP: 25-31

Givoni. Baruch. (1978). L'homme, l'architecture et le climat. *Le Moniteur*. Paris. P : 460.

Guyot Gérard. (1997). Climatologie de l'environnement de la plante aux écosystèmes. *Dunod*. Paris. P : 528.

- Herzog Thomas, Krippner Roland, et Lang Werner.** (2007). Construire des façades. *Presses polytechniques et Universitaires romandes*. Lausanne. P : 324.
- Hufty André.** (2001). Introduction à la climatologie: le rayonnement et la température, l'atmosphère, l'eau, le climat et l'activité humaine. *Presses Université Laval*. Québec. P :596.
- ISO 7730:2005.** (2005). Ergonomics of the thermal environment: Analytical determination and interpretation of thermal comfort using calculation of the PMV and PPD indices and local thermal comfort criteria. Suisse.
- ISO 7243, 2017.** (2017). Ergonomie des ambiances thermiques : Estimation de la contrainte thermique basée sur l'indice WBGT (température humide et de globe noir).
- Izard Jean Louis et Guyot Alain.** (1979). *Archi bio. Parenthèses*.
- Johansson Erik, et Moohammed Wasim Yahia.** (2011). Subjective Thermal Comfort in Urban Spaces in the Warm-Humid City of Guayaquil, Ecuador. *Presses universitaires de Louvain*. PP: 577-82.
- Kind-Barkauskas Friedbert, Kauhsen Bruno, Polonyi Stefan, et Brandt Jörg.** (2006). Construire en béton. *Presses polytechniques et Universitaires romandes*. Lausanne. P : 296.
- Koenigsberger O.H Ingersoll T.G. Mayhew A. et Szokolay S.V.** (1973). Manual of tropical housing and buimlding: Climatic design. *Universities Press*. India. P : 335.
- Krier, Rober.** (1980). L'espace de la ville: théorie et pratique. *Archives d'architecture moderne*. P: 181.
- Le Guay Michel.** (sans date). Confort thermique dans les lieux de vie.
- Léonardo Benevolo.** (1995). Histoire de la ville. *La parenthèse*. France. P: 509.
- Liébard, Alain, et André De Herde.** (1996). Guide de l'architecture bioclimatique : Tome 2, Construire avec le climat.. *Observ'ER, Systèmes solaires*. Paris. P : 114.
- Liébard, Alain, et André de Herde.** (2005). Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. *Observ'ER*. Paris. P : 768.
- Lynch Kévin.** (1971). L'image de la cité. *Dunod*. Paris. P: 222.
- MacIntyre D.A.** (1980). Indoor Climate. *Applied Science Publishers*. London. 1980.
- Mascaro, Lucia.** (1996). Urban environment. *Sagra-DC Luzzatto*. Porto Alegre: Sagra-DC Luzzatto.
- Merlin Pierre et Choay Françoise.** (1988). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. *Presse universitaire de France*. Paris. P : 723.
- Merlin Pierre et Choay Françoise.** (2000). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. *Presse universitaire de France*. Paris.
- Merlin Pierre et Choay Françoise.** (2010). Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. *Presse universitaire de France*. Paris.
- Milaret Gaston.** (2004). Méthodes de recherche en sciences de l'éducation. *Presse universitaire de France*. P: 128.
- Musy, Marjorie.** (2014). Une ville verte-Les rôles du végétal en ville. *Quae Gie*. Versailles. P : 196.

- Oke, T. R.** (1987). *Boundary Layer Climates*. *Routledge*. London. P: 460.
- Penicaud, H.** (1978). Microclimats Urbains. Étudiés sous l'angle du confort à l'extérieur des bâtiments. *Plan Construction*. Paris.
- Penwarden, A. D.** (1974). Acceptable Wind Speeds in Towns. *Building Research Establishment*. Garston.
- Pinon, Pierre.** (1991). Lire et composer l'espace public. Pour le Ministère de l'Équipement, du Logement, des Transports et de la Ville, Direction de l'architecture, Service technique de l'urbanisme. *STU*. Paris.
- Rémy Allain.** (2004). Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville. *Armand Colin*. Paris. P : 254.
- Rogers Richard, et Philip Gumuchdjan.** (2000). Des villes pour une petite planète. *Le Moniteur*. Paris. 2000. P : 216.
- Roulet, Claude-Alain.** (2012). Eco-confort: Pour une maison saine et à basse consommation d'énergie. *Presses polytechniques et Universitaires romandes*. Lausanne. P : 200.
- Sablet, Michel De.** (1988). Des espaces urbains agréables à vivre : Places, rues, squares et jardins. *Le moniteur*. Paris.
- Salomon Thierry et Aubert Claude.** (2004). Fraîcheur sans clim. *Terre vivante*. Mens, Francia. P : 160.
- Sid Boubekour.** (1986). L'habitat en Algérie. Stratégies d'acteurs et logiques industrielles. *Presses universitaires de Lyon*. Lyon. P: 256.
- Stafford Jean.** (2005). L'analyse multivariée avec SPSS. *Presses de l'université de Québec*. Québec. P : 245.
- Szokolay, Steven Vajk.** (1980). Environmental Science Handbook for Architects and Builders S.V. Szokolay. *The construction press*.
- Toussaint, Jean-Yves, et Zimmermann Monique.** (2001). User, observer, programmer et fabriquer l'espace public. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*. P: 292.
- Voogt, James A.** (2002). Urban Heat Islands. *CRC Press*.
- Weiller, Danièle.** (2000). La Cité des mots : Pour agir et vivre ensemble dans la ville. *PUCA*. Montreuil. P: 133.
- Zepf, Marcus.** (2004). Concerter, gouverner et concevoir les espaces publics urbains. *Presses Polytechniques et Universitaires Romandes*. Lyon. P: 164.
- Zucchelli, Alberto.** (1984). Introduction à l'urbanisme opérationnel et la composition urbaine. *Office des publications universitaires*. P: 428.

Articles et actes de colloques :

- Akbari, H, Pomerantz, M, et Taha, H.** (2001). Cool Surfaces and Shade Trees to Reduce Energy Use and Improve Air Quality in Urban Areas. *Solar Energy*. PP: 95-310.
- Anquez Philippe et Herlem Alicia.** (2011). Les îlots de chaleur dans la région métropolitaine de Montréal : causes, impacts et solutions. *UQAM*. P : 19.

- Arborio Anne-Marie.** (2007). L'observation directe en sociologie : quelques réflexions méthodologiques à propos de travaux de recherches sur le terrain hospitalier. *Recherche en soins infirmiers*. PP: 26-34.
- Besancenot. J.** (2002). Vagues de chaleur et mortalité dans les grandes agglomérations urbaines. *Environnement, risques et santé*. PP: 229-40.
- Blazejczyk, Krzysztof, Yoram Epstein, Gerd Jendritzky, Henning Staiger, et Birger Tinz.** (2012). Comparison of UTCI to Selected Thermal Indices. *International Journal of Biometeorology*. PP: 515-35.
- Bozonnet Emmanuel.** (2006). Les microclimats urbains et la demande énergétique du bâti. *XXIV^e Rencontres Universitaires de Génie Civil 2006. Prix Jeunes Chercheurs*. P : 8.
- Bröde, Peter, Dusan Fiala, Krzysztof Blazejczyk, Ingvar Holmér, Gerd Jendritzky, Bernhard Kampmann, Birger Tinz, et George Havenith.** (2012). Deriving the Operational Procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI). *International Journal of Biometeorology*. PP: 481-94.
- Cavaillès, Henri.** (1936). Comment définir l'habitat rural ?. *Annales de géographie*. PP: 561-69.
- Chantal Royer, Guillemette François, et Moreau Jocelyne.** (2004). L'instrumentation dans la collecte des données. *UQTR*. P: 1-4.
- Chen Liang et Ng Edward.** (2012). Outdoor Thermal Comfort and Outdoor Activities: A Review of Research in the Past Decade. *Cities*. PP: 118-25.
- Coccolo Silvia, Jérôme Kämpf, Scartezzini Jean-Louis, et Pearlmutter David.** (2016). Outdoor human comfort and thermal stress: A comprehensive review on models and standards. *Urban Climate*.
- Dibo, Suzanne.** (2012). Les marqueurs du pouvoir dans l'espace urbain Syro-mésopotamien au III^e millénaire av. J.-C. *Les marqueurs archéologiques du pouvoir*. La Sorbonne. Paris. PP: 199-219.
- Elnabawi, Mohamed H, Neveen Hamza et Steven Dudek.** (2016). Thermal Perception of Outdoor Urban Spaces in the Hot Arid Region of Cairo, Egypt. *Sustainable Cities and Society*. PP: 136-45.
- François Bédarida.** (sans date). L'espace collectif urbain à travers l'histoire.
- Garden, Maurice.** (1975). Quelques remarques sur l'habitat urbain. L'exemple de Lyon au XVIII^e siècle. *Annales de Démographie Historique*. PP: 29-35.
- Giguère, Mélissa.** (2009). Mesures de lutte aux îlots de chaleur urbains revue de littérature. *Institut national de santé publique du Québec*. Québec. P : 77.
- Givoni Baruch, Mikiko Noguchi, Hadas Saaroni, Oded Pochter, Yaron Yaacov, Noa Feller, et Stefan Becker.** (2003). Outdoor comfort research issues. *Energy and Buildings*. PP: 77-86.
- Grégoire Pigeon, Lemonsu Aude, Masson Valéry, et Hidalgo Julia.** (2008). De l'observation du microclimat urbain à la modélisation intégrée de la ville. *La Météorologie*. PP. 39-47.

- Hanafi, Abdel hakim et Alkama Djamel.** (2017). Stratégie d'amélioration du confort thermique d'une place publique dans une saharienne "Biskra/Algérie". *Revue des énergies renouvelables*. PP: 465-80.
- Huang Qiang, Xiangzhao Meng, Xiaohu Yang, Liwen Jin, Xing Liu, et Wenju Hu.** (2016). The ecological city: Considering outdoor thermal environment. *Energy Procedia*. PP: 177-82.
- Jojo Mayam, Nassopoulos Hypatia, Et Colombert Morgane.** (2015). Projet adaptation simulations effectuées avec le logiciel Envi-met sur le secteur de Tolbiac Chevaleret.
- Kadi, el-Galila.** (1997). Qualité de vie et habitat précaire dans quelques pays du monde arabe. *Espace Populations Sociétés*. PP: 35-47.
- Khandaker Shabbir, Ahmed.** (2003). Comfort in Urban Spaces: Defining the Boundaries of Outdoor Thermal Comfort for the Tropical Urban Environments. *Energy and Buildings*. PP: 103-10.
- Kottek, Markus, Jürgen Grieser, Christoph Beck, Bruno Rudolf, et Franz Rubel.** (2006). World Map of the Köppen-Geiger Climate Classification Updated. *Meteorologische Zeitschrift*. PP: 259-63.
- Lemieux N, Roy G, et Savard J.-G.** (1991). Méthodes quantitatives. *Université de Laval*.
- Lévy, Jacques, et Michel Lussault.** (2003). Dictionnaire de la Géographie et de l'espace des Sociétés. P : 1128.
- Lin, Tzu Ping.** (2009). Thermal perception, adaptation and attendance in a public square in hot and humid regions. *Building and Environment*. PP: 2017-26.
- Louafi Samira, Abdou Saliha, et Sigrid Reiter.** (2017). Effect of vegetation cover on thermal and visual comfort of pedestrians in urban spaces in hot and dry climate. *Nature & Technology Journal. Environnemental Sciences*. PP: 30-42.
- Louis Arnaud.** (2006). Ma jeunesse a la colonne Randon : La Colonne Randon. *La seybousse*.
- Matallah, Mohamed Elhadi, Djamel Alkama, Atef Ahriz, et Shady Attia.** (2020). Assessment of the Outdoor Thermal Comfort in Oases Settlements. *Atmosphere*. PP: 185.
- Mestayer, Patrice G., et Sandrine Anquetin.** (1995). Climatology of cities. *Springer Netherlands*. Dordrecht. PP: 165-89.
- Mialet Frédéric.** (2000). Le renouveau de l'habitat intermédiaire. *USH/ PUCA*. PP :1-6.
- Monteiro L.M.** (2013). Thermal comfort index for sustainable urban spaces. Presented at the Central Europe towards Sustainable Building. *Central europe towards sustainable building*.
- M'Sellem H. et Alkama Djamel.** (2009). Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique : Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec. *Revue des Energies Renouvelables*. PP: 471-88.
- Nedjraoui Dalila et Bédrani Slimane.** (2008). La désertification dans les steppes algériennes : causes, impacts et actions de lutte. *Vertigo : la revue électronique en sciences de l'environnement*.

Nikolopoulou, Marialena, Nick Baker, et Koen Steemers. (2001). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Understanding the Human parameter. *Solar Energy*. PP: 227-35.

Nikolopoulou, Marialena, et Koen Steemers. (2003). Thermal comfort and psychological adaptation as a guide for designing urban spaces. *Energy and Buildings*. PP: 95-101.

Nikolopoulou Marialena, et Spyros Lykoudis. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: Analysis across different European countries. *Building and Environment*. PP: 1455-70.

Oke, T. R. (1988). Street Design and Urban Canopy Layer Climate. *Energy and Buildings*. PP: 103-13.

Pantavou, Katerina, George Theoharatos, Mattheos Santamouris, et Dimosthenis Asimakopoulos. (2013). Outdoor thermal sensation of pedestrians in a mediterranean climate and a comparison with UTCI. *Building and Environment*. PP: 82-95.

Prochaska, David. (2004). Making Algeria French: Colonialism in Bône, 1870-1920. *Cambridge University Press*.

Roger Le Tourneau. (1957). Les villes musulmanes de l'Afrique du Nord, Alger. *La maison des livres*. P: 304-305.

Sakhy Ariane, Madelin Malika, et Beltrando Gérard. (2011). Les échelles d'étude de l'îlot de chaleur urbain et ses relations avec la végétation et la géométrie de la ville : exemple de Paris. *Université Paris Diderot-Sorbonne*. Paris. P : 9.

Talhi, Assia, Aline Barlet, Denis Bruneau, et Boudjamâa Aichour. (2020). Towards a Prediction of Outdoor Human Thermal Comfort Adapted for Designers of Urban Spaces: Examining UTCI and APCI in the Context of Algiers (Algeria). *International Journal of Biometeorology*. PP: 651-62.

Tebbani, Habiba, et Yasmina Bouchahm. (2016). Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs : Cas de la ville d'Annaba. *Nature and technology*. PP: 14-25.

Travers Lucette. (1958). Bône la formation de la ville et les facteurs de son évolution. *Annales de Géographie*. PP : 498-520.

Trottier Antoine. (2008). Toitures végétales : implantation de toits verts en milieu institutionnel Étude de cas : UQAM. *UQAM*. Québec. P :82.

Zepf, Marcus. (2009). L'espace public en expérimentation: penser et réinterpréter l'urbain en permanence. *Revue de Sciences Humaines*. PP: 1-5.

Thèses et mémoires :

Badache Halima. (2014). L'espace public entre conception et usage : cas des jardins publics de Biskra. *Université Mohamed Khider*. Biskra.

Bonnefoy, Cyril. (2013). Observation et modélisation spatiale de la température dans les terroirs viticoles du Val de Loire dans le contexte du changement climatique. *Université Rennes 2*.

- Boukhabla, Moufida.** (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. *Université Mohamed Khider, Biskra.*
- Boumaaza Wafa.** (2010) Identité morphologique des façades néo-classiques du centre-ville d'Annaba. *Université Badji Mokhtar. Annaba.*
- Boussoualim, Aïcha.** (2002). Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur : Etude de cas à Blagnac. *Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.*
- Bouyer Julien.** (2009). Modélisation et simulation des microclimats urbains-Etude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments. *Université de Nantes. Nantes.*
- Grosdemouge, Virginie.** (2020). Proposition d'indicateurs de confort thermique et estimation de la température radiante moyenne en milieu urbain tropical. Contribution à la méthode nationale d'évaluation des ÉcoQuartiers. These de doctorat, *La Réunion.*
- Kettaf Fadila.** (2013). La fabrique des espaces publics : conceptions, formes et usages des places d'Oran (Algérie). *Université Paul Valéry. Montpellier III.*
- Khadraoui Mohamed Amine.** (2019). Étude et Optimisation de la façade pour un confort thermique et une efficacité énergétique : Cas des bâtiments tertiaires dans un climat chaud et aride. *Université Mohamed Khider Biskra.*
- Laouar Dounia.** (2018). La configuration spatiale des espaces publics urbains ouverts et le comportement des usagers: l'accessibilité visuelle, la sécurité et la coprésence. Cas de la ville d'Annaba. *Université Badji Mokhtar. Annaba.*
- Matallah, Mohamed Elhadi.** (2015). L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur : Cas d'étude ville de Tolga. *Université Mohamed Khider. Biskra.*
- Mazouz Said.** (2000). L'intégration des facteurs physiques de l'environnement dans le processus de conception architecturale. *Université de Mentouri de Constantine.*
- Mebirouk. Hayet.** (2002). Les espaces publics dans les grands ensembles (rapport entre espaces conçus et espaces vécus), cas d'Annaba. *Université Mentouri, Constantine.*
- Montero Avila, et Monica Ines.** (2001). Factors That Influence the Social Life and Vitality of Public Open Spaces in Maracaibo - Venezuela. Case Study: Plaza de La Madre and Plaza de La República. *Virginia Tech.*
- Ouameur, Ahmed Fouad.** (2007). Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics : étude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec. *Université Laval.*
- Sedira Sara.** (2020). Caractérisation du confort thermique en espaces extérieurs. le cas d'un ksar du bas-sahara. *Université Mohamed Khider. Biskra.*
- Sigrid Reiter.** (2007). Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes. *Université catholique de Louvain. Belgique. P : 643.*
- Tebbani Habiba.** (2006). Impact de la végétation sur le microclimat et le confort thermique des espaces urbains publics : Cas du cours de la révolution d'Annaba. *Université Mentouri. Constantine.*

Vinet Jérôme. (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. *Université de Nantes*. Nante.

Rapports et dictionnaires :

Dictionnaire de Français Larousse.

Dictionnaire de Français Le petit Robert.

Encyclopédie de Larousse.

Groupe d'experts intergouvernemental sur l'évolution du climat (GIEC). (2001). Bilan 2001 Des changements climatiques: Rapport de synthèse. *OMM, PNUE*. P :103.

Les guides BIO-TECH: Ouvrage réalisé à la suite d'un groupe de travail de l'ICEB, expertise et ressources pour un développement durable.(2014). *Avec « Ile de France »*. France.

Ministère de l'habitat d'Algérie, recommandations architecturales. (1993). Algérie: ENAG.

OMM .Organisation météorologique mondiale. 2019.

Pachauri R.K et Reisinger A. (2007). Climate Change: The Physical Science Basis: Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Rapport de synthèse. *Intergovernmental panel on climate change*. Geneva.

Soares Isabelle et Vandroux Béatrice. (2010). Lutte contre les îlots de chaleur urbains: Référentiel conception et gestion des espaces publics. *Grand Lyon*. P : 5.

Thornthwaite C.W et Kenneth. F. (Sans date). Classification climatologique et forestière. Archive de document de la FAO.

Instruments d'urbanisme et administration:

Direction de l'environnement d'Annaba. 2020.

Direction des forêts d'Annaba. 2020.

PDAU, intercommunal d'Annaba. (2008). Phase II. Annaba: direction de l'urbanisme et de la construction, wilaya d'Annaba.,

POS de la vieille ville d'Annaba. (2001). Bureau d'étude A. Hafiane.

Station météorologique de l'Aéroport Rabah Bitat d'Annaba. 2005- 2015.

Cours :

Diaz. LZ. (Sans date). Sciences et techniques pour l'architecture, des ambiances thermiques. *Ecole nationale supérieure d'architecture de Paris la Villette*. France.

Gaspard Claude. (2019). La méthode de l'observation pour vos recherches : définition, types et exemple. Cours en ligne.

Khan Academy. (Sans date). Les méthodes d'échantillonnage.

Lafont, Françoise. (2017). Techniques simples d'échantillonnage.

Page Web :

www.googleearth.annaba2018.com

www.googleearth.annaba2021.com

www.carte-du-monde.net.

www.notre-planete.info.

www.hannainstruments.com

www.directindustry.fr

www.trotec24.fr, 2016

Annexes :

Annexe 01 :

Ce questionnaire est proposé dans le but d'évaluer le confort thermique et l'usage des espaces publics extérieurs, dans la ville d'Annaba.

Questions générales :

01 Vous êtes :

- Homme Femme

02 Votre âge :

- Moins de 15 ans 15 – 25 ans 26 – 35 ans 35 – 50 ans
 plus de 50 ans

03 Votre fonction :

- Etudiant Employeur libre Fonctionnaire Retraité
 Chômeur

Questions relatives au confort thermique :

01 Pourquoi vous fréquentez cet espace public ?

- Proximité de la maison Bien équipé Valeur touristique / historique
 Densité végétale Confort thermique

02 En général, comment sentez-vous le confort dans cet espace?

Très inconfortable Inconfortable Neutre

Confortable Très confortable

03 Selon vous, Etes-vous satisfaits de la température ambiante ?

Très insatisfait Plutôt insatisfait Ni satisfait, ni insatisfait

Plutôt satisfait Très satisfait

04 Comment percevez-vous les courants d'air dans cet espace public?

- Très faible Faible Neutre (Bien)
- Fort Très fort

05 Dans quelle mesure pouvez-vous qualifier l'humidité relative dans cet espace ?

- Très humide Humide Neutre (Supportable)
- Sec Très Sec

Questions relatives à l'usage de l'espace public :

01 Quand fréquentez-vous cet espace ?

- Week end Jour de semaine Après heure de travail
- Pendant les vacances Autres

02 A quel moment de la journée fréquentez-vous cet espace ?

- Matin Midi Après-midi
- Soir Nuit

03 Combien de temps restez-vous dans cet endroit?

- Moins de 1h 1h-2h 2h-3h
- 3h-4h Plus de 5 h

04 Que faites-vous dans cet espace ?

- Repos Rencontre Loisir
- Marche Autre

05 Qui vous accompagne à cet endroit?

- Seul En couple Avec les enfants
- Avec les amis Avec la famille

Annexe 02 :

- La date :
- L'espace public :

Activité	Catégorie / Période	07 :00 - 10:00	10 :00 - 12:00	12 :00 - 16:00	16 :00 - 19:00	Observer
Marche	Homme					
	Femme					
	Enfant					
Repos	Homme					
	Femme					
	Enfant					
Rencontre	Homme					
	Femme					
	Enfant					
Loisir	Homme					
	Femme					
	Enfant					
Travail	Homme					
	Femme					
	Enfant					

La grille d'observation

Annexe 03 :

Cours de la révolution		Square el Houria		Jardin Boukhatouta Houcine	
Symbole	Nom scientifique	Symbole	Nom scientifique	Symbole	Nom scientifique
PL	Palmier phœnix	PL	Palmier phœnix	PL	Palmier phœnix
FR	Ficus retusa	FR	Ficus retusa	FR	Ficus retusa
PB	Palmier benjamin	PP	Peuplier	PP	Peuplier
CL	Chêne liège	LR	Laurier Rose	LR	Laurier Rose
PW	Palmier washingtonia	PW	Palmier washingtonia	PW	Palmier washingtonia
/	/	Fr	Frêne	Fr	Frêne
AR	Araucaria	AR	Araucaria	LT	Lantava
/	/	RO	Robinia	ML	Mélea
/	/	AC	Acacia	ER	Erasle
CA	Caoutchou	CA	Caoutchou	CAR	Carmentine
EUC	Eucalyptus	EUC	Eucalyptus	LL	Lila d'été
/	/	CYP	Cypres	CYP	Cypres
/	/	TR	Troène	TR	Troène

Types de végétation dans les aires d'investigation selon les directions de l'environnement et des forêts, 2020.

Annexe 04 :

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	21.7	23.6	24.1	25.6	26.0	26.9	30.0	32.1	32.9	33.4	34.9	35.5	30.4	31.2	31.7	30.5	32.0	32.7	26.2	27.8	28.6	25.9	26.2	26.9
S2	21.9	23.9	24.2	27.4	27.0	27.0	27.2	32.5	33.3	31.6	32.1	32.6	31.8	33.6	34.0	32.7	32.0	32.3	26.3	28.0	28.8	25.3	27.0	28.0
S3	21.9	23.2	23.9	25.2	25.4	25.5	26.4	28.5	29.1	29.5	30.4	30.9	27.5	32.7	33.3	27.7	29.7	30.1	26.4	27.8	28.5	25.4	26.3	27.4
S4	22.1	22.9	23.6	25.3	25.4	25.5	27.4	28.8	29.1	28.9	30.0	30.7	27.6	29.2	30.0	28.2	29.9	30.8	26.8	27.9	28.9	25.5	26.0	27.2
S5	21.9	23.0	23.6	24.8	26.9	27.8	27.0	28.4	28.7	29.0	30.8	31.4	27.7	34.2	35.2	30.4	33.1	33.7	27.3	27.7	28.8	24.7	25.8	26.8
S6	21.9	23.2	23.7	25.1	25.9	26.0	27.4	30.0	30.5	26.8	32.5	33.2	30.0	31.5	31.9	27.0	31.9	32.7	25.3	27.8	29.3	24.5	25.5	26.7

Tableau : Température de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au cours de la révolution.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	61.0	55.7	50.8	62.1	60.3	58.6	53.1	50.0	46.6	46.4	46.9	47.5	50.3	53.4	55.7	52.4	51.6	50.5	62.4	54.6	42.7	61.1	61.0	61.3
S2	69.6	61.0	51.4	57.5	59.8	61.5	56.6	54.4	51.3	44.1	47.3	51.4	50.4	50.0	49.9	45.4	47.0	48.9	60.2	51.4	40.3	64.4	63.5	62.8
S3	68.4	59.8	52.7	61.5	62.5	63.5	60.0	56.3	52.5	46.5	48.8	51.4	55.6	53.6	49.7	53.6	53.1	53.0	59.9	52.7	40.0	64.6	64.5	64.8
S4	72.1	66.7	54.1	63.0	63.0	63.1	57.0	54.8	51.5	48.0	49.2	51.8	55.0	55.0	54.9	51.4	50.9	50.5	59.3	51.9	38.4	64.6	64.5	64.6
S5	71.1	66.0	55.0	65.7	65.1	64.8	56.7	55.0	52.1	49.8	50.7	51.4	54.4	51.0	47.6	48.3	48.5	48.7	57.9	50.1	37.8	64.5	65.7	66.3
S6	71.2	66.3	57.1	64.5	63.4	62.6	55.1	53.2	50.3	51.0	51.4	51.8	49.5	49.6	49.9	53.5	50.3	47.7	60.0	50.3	37.9	65.7	66.4	67.0

Tableau : Humidité relative mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au cours de la révolution.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	0.30	0.25	0.12	0.35	0.46	0.50	0.90	0.84	0.64	1.21	1.14	0.99	0.84	1.23	1.50	1.10	1.58	1.71	1.83	1.66	1.18	0.22	0.97	1.30
S2	1.00	0.83	0.60	1.15	0.84	0.53	1.65	1.25	0.73	0.84	1.00	1.14	1.45	1.64	1.83	1.10	1.10	1.05	1.03	1.70	1.80	0.25	1.58	2.00
S3	0.54	0.50	0.40	0.28	0.25	0.30	0.95	0.77	0.47	2.10	1.98	1.60	1.50	1.55	1.44	4.11	3.20	1.79	1.80	2.65	3.50	1.45	2.80	3.55
S4	0.11	0.19	0.26	0.27	0.70	1.00	1.65	1.19	0.58	0.80	1.53	1.71	2.00	2.46	2.30	1.17	1.24	0.98	0.80	2.17	3.00	0.57	2.55	3.20
S5	0.21	0.19	0.14	1.00	0.80	0.38	0.80	0.69	0.55	1.60	1.65	1.64	0.47	1.02	1.10	3.06	2.33	0.76	0.53	1.50	1.80	0.58	1.32	1.95
S6	0.21	0.36	0.35	1.20	1.19	1.17	1.12	1.22	1.43	3.50	2.95	1.83	1.83	2.19	2.30	6.78	3.50	0.94	3.94	2.73	0.80	1.10	1.30	1.15

Tableau : Vitesse de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au cours de la révolution.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	22.2	23.2	24.2	24.6	25.3	26.4	28.2	29.5	30.0	29.8	31.0	32.1	27.5	32.5	33.6	27.2	28.7	29.7	26.7	28.1	29.5	25.5	26.7	27.5
S2	22.2	22.5	23.6	25.0	25.7	26.2	27.7	29.0	30.5	29.1	30.9	32.4	28.4	33.0	34.5	28.0	29.6	30.4	26.2	27.9	29.4	25.0	26.9	27.7
S3	22.1	23.8	24.9	29.9	28.9	28.1	29.6	30.6	31.1	32.2	33.7	34.0	30.4	34.3	36.6	30.0	30.9	31.7	26.4	28.3	29.3	25.2	27.2	27.2
S4	22.0	23.3	24.7	27.8	27.5	27.2	31.0	32.2	33.0	33.0	34.1	35.2	35.5	35.0	34.0	32.1	32.8	33.1	26.5	29.0	30.9	25.4	27.5	27.9

Température de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au square el Houria.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	54.6	52.3	50.6	65.8	63.4	59.2	54.6	53.3	49.7	52.0	51.0	50.5	55.7	53.6	47.1	53.6	54.9	56.0	51.5	50.4	48.0	54.8	56.3	57.5
S2	53.7	53.1	52.8	64.6	63.9	63.0	56.4	53.0	47.6	52.0	50.8	49.5	52.9	50.4	47.0	50.6	54.2	55.3	61.3	55.0	46.1	63.2	57.6	53.1
S3	53.9	52.4	51.0	56.2	58.2	59.1	52.4	50.8	48.2	49.9	48.3	47.6	50.9	47.0	42.6	47.7	50.1	51.7	60.8	52.7	40.6	61.0	55.4	48.2
S4	54.3	54.0	54.3	61.4	62.8	60.6	51.8	47.9	44.8	44.1	45.0	45.9	42.2	43.7	45.5	44.2	48.9	51.4	61.2	52.1	40.9	62.4	53.9	49.0

Humidité relative mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au square el Houria.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	0.49	0.58	0.63	0.83	0.85	0.72	0.90	1.00	1.11	0.80	1.79	2.56	3.41	2.20	0.97	2.75	2.00	1.17	1.30	1.55	1.80	1.7	1.88	2.06
S2	0.55	0.81	0.97	0.80	1.23	1.60	2.45	1.89	0.50	1.75	1.63	1.43	1.40	1.75	2.86	1.48	2.13	2.99	1.52	2.30	3.10	1.95	2.50	3.14
S3	0.20	0.65	0.80	0.35	0.64	0.74	0.88	1.09	1.24	0.63	1.70	2.20	1.83	1.80	1.63	1.25	1.42	1.63	2.26	2.42	2.60	2.55	2.67	2.95
S4	0.49	0.37	0.21	0.24	0.30	0.28	0.66	0.90	0.95	0.48	0.88	1.22	0.75	1.66	2.06	1.85	1.57	1.32	1.13	0.98	0.67	1.50	1.45	1.40

Vitesse de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au square el Houria.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	22.2	23.4	24.2	25.4	26.0	26.5	30.8	30.0	30.4	30.5	32.7	34.0	28.9	30.9	32.0	28.1	29.7	30.5	26.4	28.2	29.6	25.4	26.5	27.4
S2	22.3	22.9	23.4	24.2	25.1	25.8	27.5	28.8	29.8	27.5	31.0	32.0	27.6	29.4	30.9	27.9	29.1	29.8	27.7	28.0	29.4	25.4	26.3	27.2
S3	22.1	24.0	24.8	25.2	26.9	27.8	27.4	30.9	32.1	28.9	33.3	34.7	29.4	33.0	34.5	30.8	31.0	31.2	25.9	27.9	29.4	25.6	26.5	27.7

Température de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au jardin Boukhatouta Houcine.

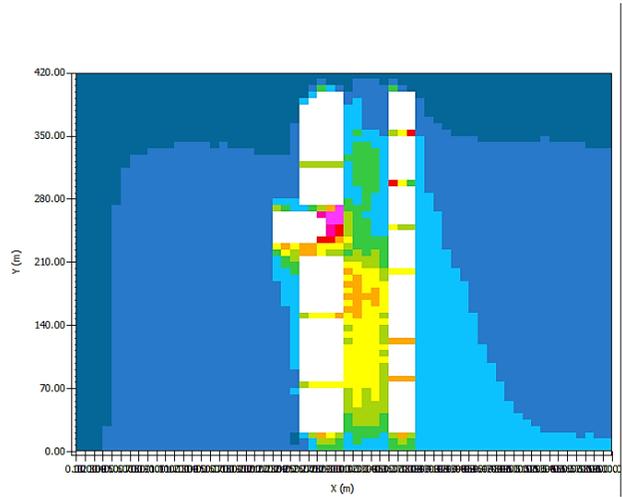
Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	53.7	53.7	53.9	65.3	64.1	62.9	50.8	50.1	49.0	50.4	47.8	45.6	54.1	50.9	44.6	55.0	55.5	55.6	62.0	57.1	47.4	64.8	51.0	56.4
S2	54.5	54.7	54.6	66.9	64.4	62.6	58.0	53.5	49.9	52.4	51.0	48.2	55.5	51.5	46.6	53.4	56.1	57.2	58.6	52.5	41.9	63.8	58.4	51.3
S3	55.8	53.5	50.8	63.8	62.5	59.8	57.7	52.6	47.5	50.8	47.7	44.6	53.4	48.3	42.6	49.8	52.2	54.6	62.1	53.6	42.8	63.4	57.9	50.0

Humidité relative mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au jardin Boukhatouta Houcine.

Stat	06 :00			08 :00			10 :00			12 :00			14 :00			16 :00			18 :00			20 :00		
	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08	03-08	04-08	05-08
S1	0.23	0.24	0.26	0.60	0.57	0.45	0.73	1.10	1.55	0.95	0.85	0.70	0.81	0.97	1.01	0.91	1.29	1.80	1.46	1.25	1.05	0.22	0.84	1.20
S2	0.45	0.33	0.10	0.33	0.29	0.19	1.51	1.69	1.86	2.24	1.82	0.92	1.57	2.14	2.71	0.52	0.96	1.32	1.04	1.06	1.10	0.86	1.06	1.27
S3	0.58	0.47	0.32	0.53	0.49	0.43	1.81	1.05	0.44	3.51	2.35	1.24	1.20	1.25	1.26	0.35	0.77	1.01	1.65	1.93	2.15	1.18	1.66	2.00

Vitesse de l'air mesurée pendant les trois journées d'investigation (03-04-05 Aout 2016) au jardin Boukhatouta Houcine.

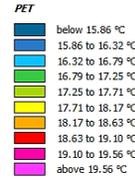
Annexe 05 :



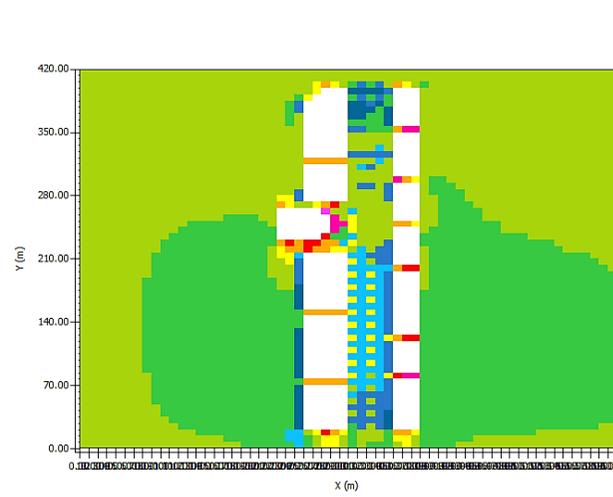
06 :00

Figure 1: Cours 03-08-2016
06.00.01 03.08.2016

xy Cde at k=0 (z=1.0000 m)



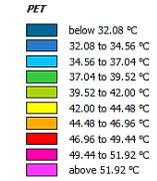
Min: 15.40 °C
Max: 20.02 °C



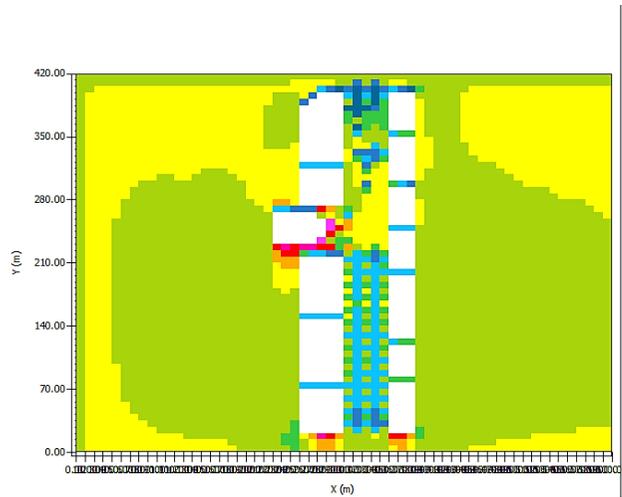
12 :00

Figure 1: Cours 03-08-2016
12.00.01 03.08.2016

xy Cde at k=0 (z=1.0000 m)



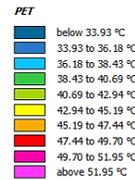
Min: 29.60 °C
Max: 54.40 °C



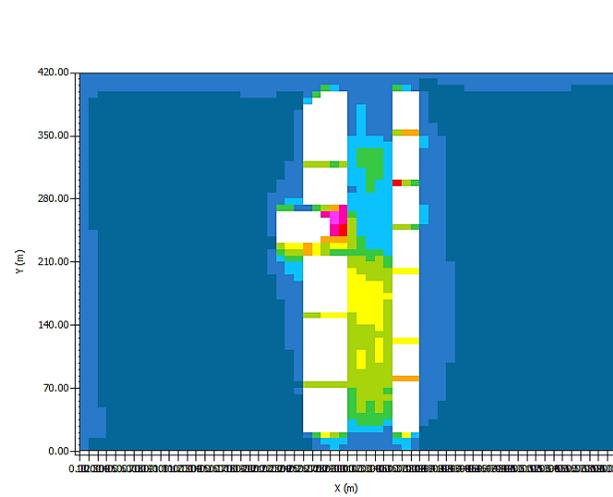
14 :00

Figure 1: Cours 03-08-2016
14.00.01 03.08.2016

xy Cde at k=0 (z=1.0000 m)



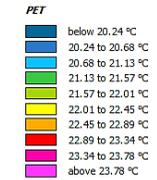
Min: 31.68 °C
Max: 54.20 °C



20 :00

Figure 1: Cours 03-08-2016
20.00.01 03.08.2016

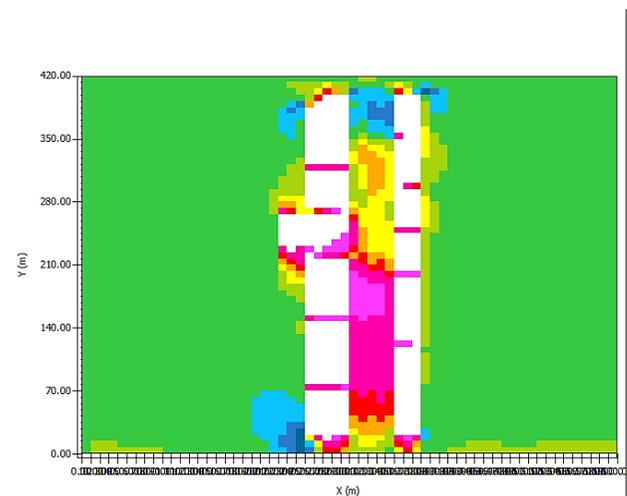
xy Cde at k=0 (z=1.0000 m)



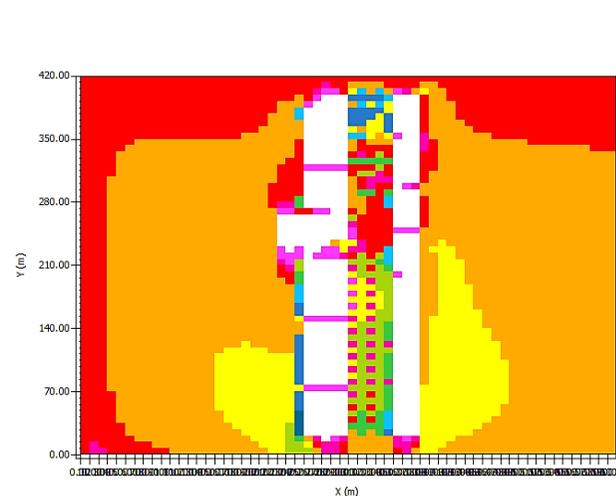
Min: 19.80 °C
Max: 24.22 °C

Simulation du cours de la révolution pour l'obtention de l'indice PET.

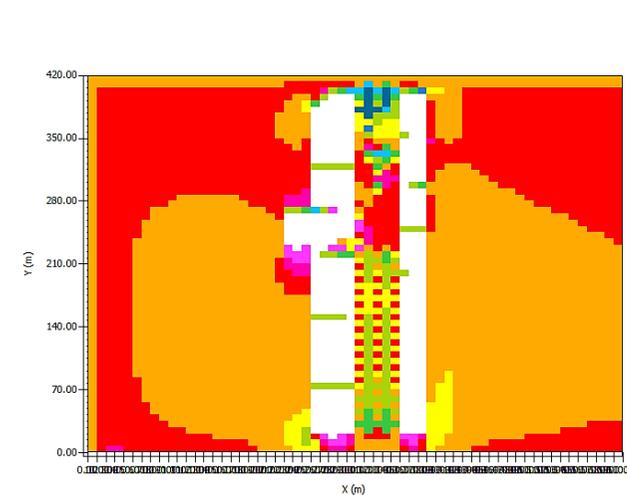
Annexe 06 :



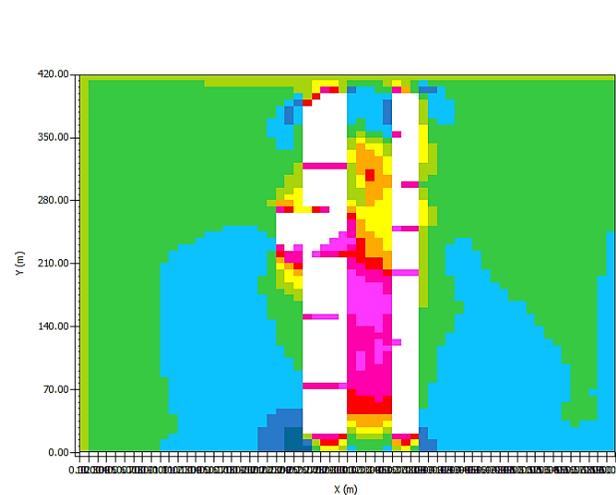
06 :00



12 :00



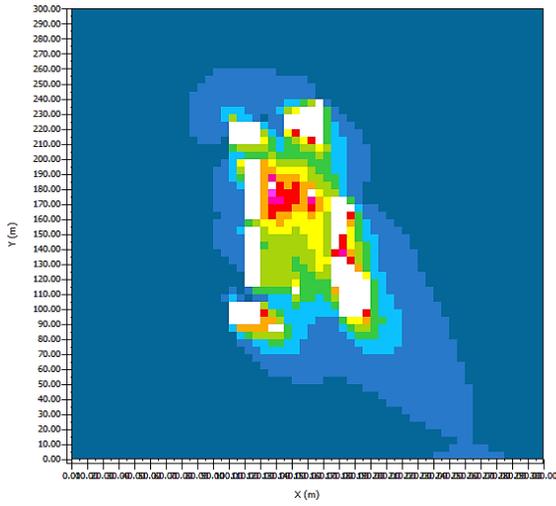
14 :00



20 :00

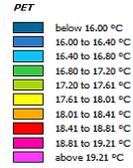
Simulation du cours de la révolution pour l'obtention de l'indice UTCI.

Annexe 07 :

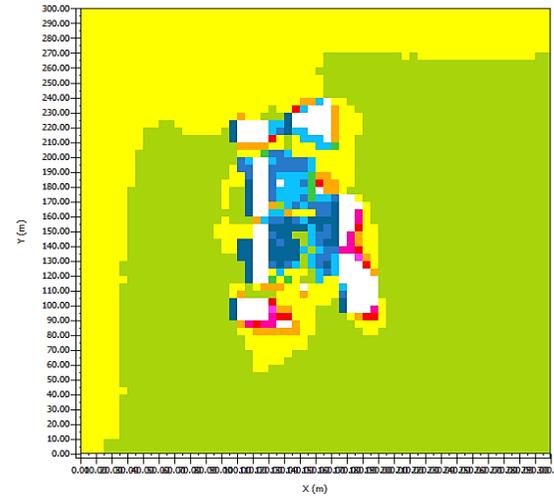


06 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
06.00.01 03.08.2016
xy Cut at z=0 (z=0-2000 m)

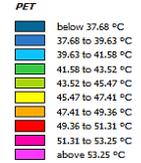


Mini: 15.60 °C
Max: 19.61 °C

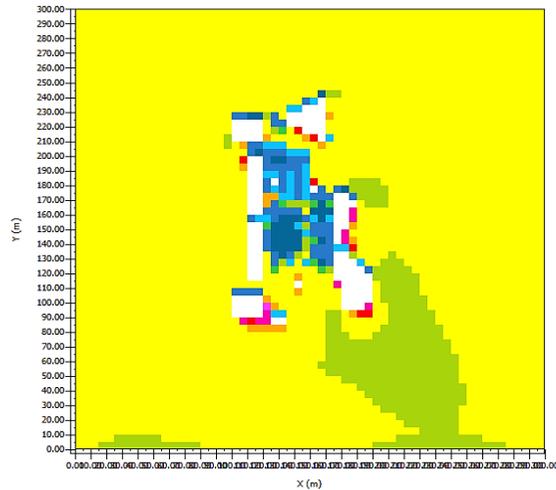


12 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
12.00.01 03.08.2016
xy Cut at z=0 (z=0-2000 m)

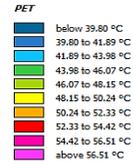


Mini: 35.74 °C
Max: 55.20 °C

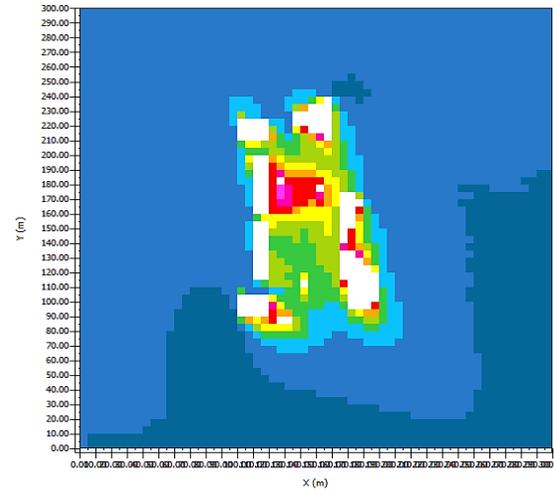


14 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
14.00.01 03.08.2016
xy Cut at z=0 (z=0-2000 m)

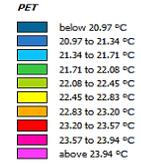


Mini: 37.71 °C
Max: 56.60 °C



20 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
20.00.01 03.08.2016
xy Cut at z=0 (z=0-2000 m)

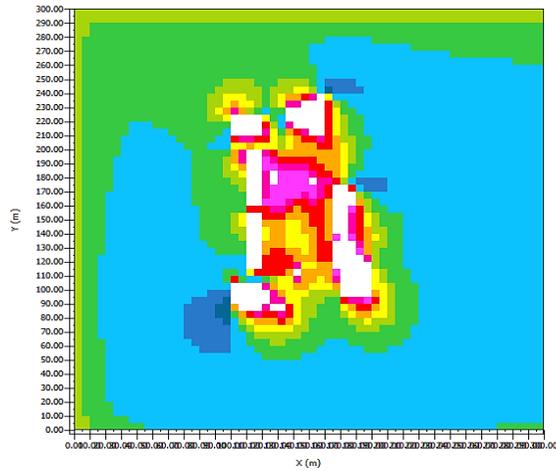


Mini: 20.60 °C
Max: 24.31 °C



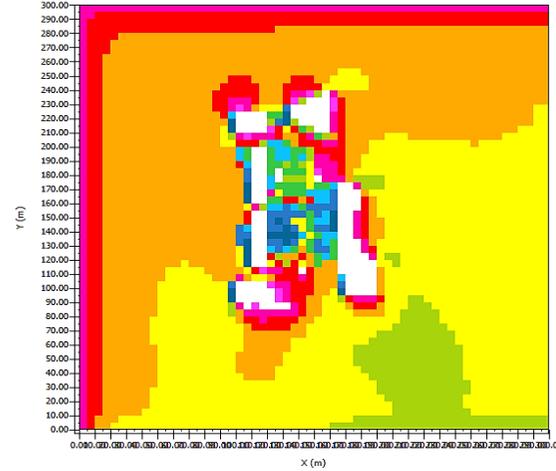
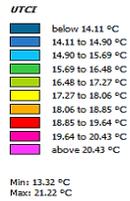
Simulation du square el Houria pour l'obtention de l'indice PET.

Annexe 08 :



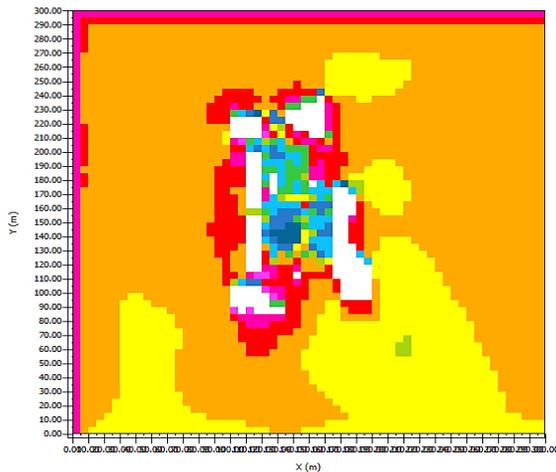
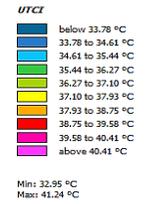
06 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
06.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.2000 m)



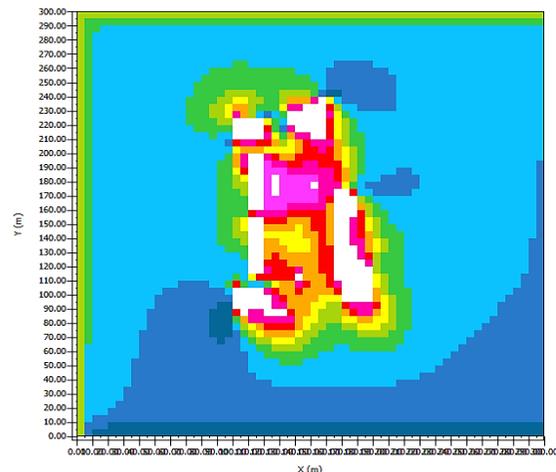
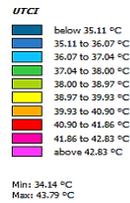
12 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
12.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.2000 m)



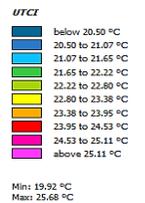
14 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
14.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.2000 m)



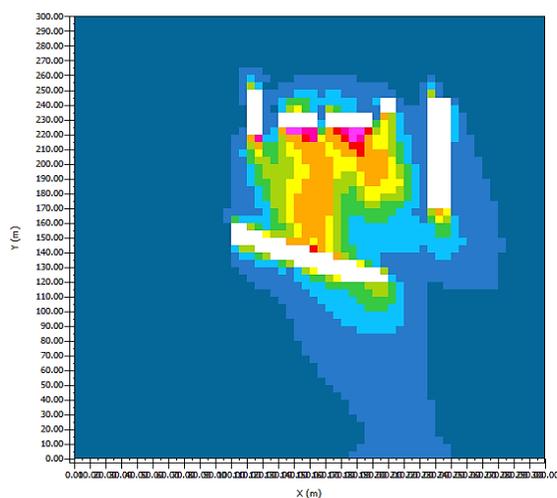
20 :00

Figure 1: Square 03-08-2016
20.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.2000 m)



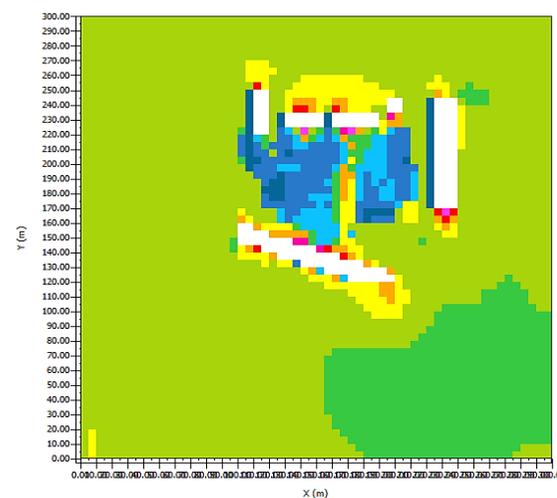
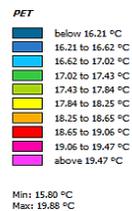
Simulation du square el Houria pour l'obtention de l'indice UTCI.

Annexe 09 :



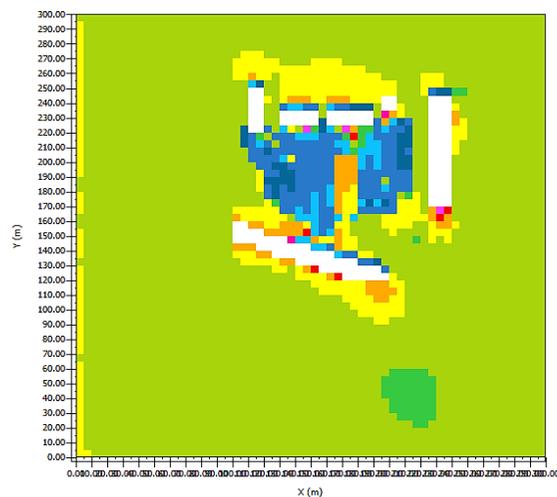
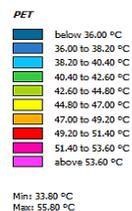
06 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
06.00.01 03.08.2016
xy Cut at = 0 (z=+0.5000 m)

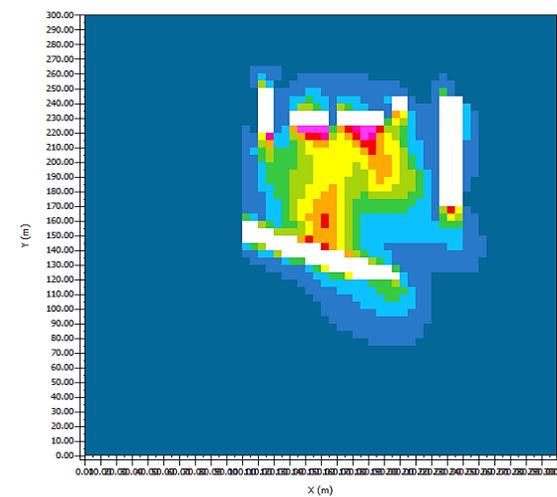


12 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
14.00.01 03.08.2016
xy Cut at = 0 (z=+0.5000 m)



14 :00



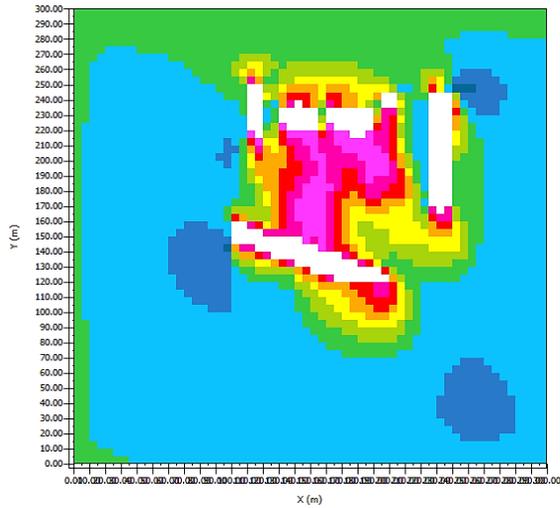
20 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
20.00.01 03.08.2016
xy Cut at = 0 (z=+0.5000 m)



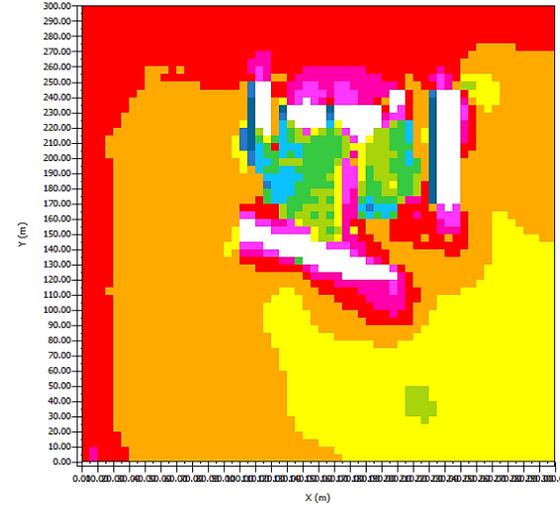
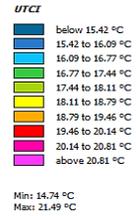
Simulation du jardin Boukhatouta Houcine pour l'obtention de l'indice PET

Annexe 10 :



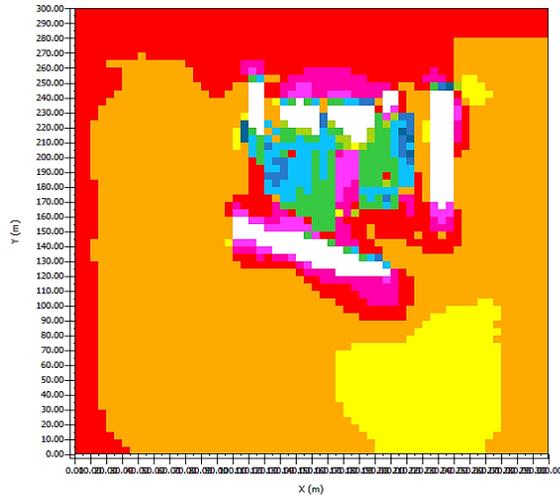
06 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
06.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.5000 m)



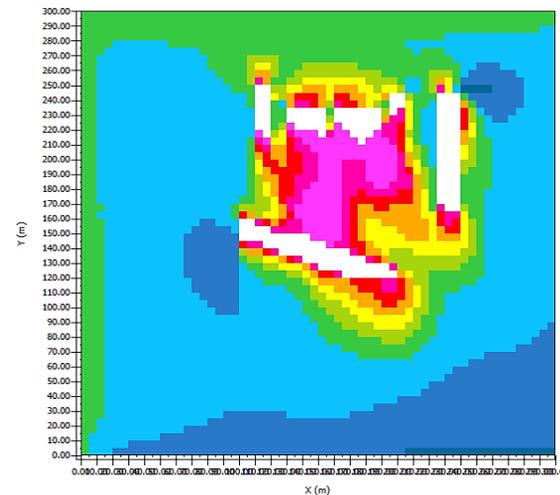
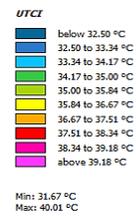
12 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
12.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.5000 m)



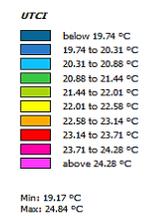
14 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
14.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.5000 m)



20 :00

Figure 1: Jardin 03-08-2016
20.00.01 03.08.2016
xy Cut at h=0 (z=0.5000 m)



Simulation du jardin Boukhatouta Houcine pour l'obtention de l'indice UTCI.