

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département : D'architecture
Ref :.....



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

Thèse présentée en vue de l'obtention
Du diplôme de
Doctorat en: sciences

Spécialité (Option) : Architecture

L'impact de la végétation sur le microclimat et le confort extérieur des usagers dans les espaces publics : Cas de la ville de Biskra

Présentée par :

BADACHE Halima

Soutenue publiquement le 01/07/2021

Devant le jury composé de :

Dr. ZEMMOURI Nouredine	Professeur	Président	Université de Biskra
Dr. ALKAMA Djamel	Professeur	Rapporteur	Université de Guelma
Dr. MAHIMOUD Aissa	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Constantine 3
Dr. HAMOUDA Abida	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Batna 1
Dr. SRITI Leila	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra
Dr. BOUZAHER Soumia	Maitre de Conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Résumé

Depuis les dernières années, la relation et l'interaction existante entre la nature et la ville est considérée comme un sujet très important dans le domaine de l'environnement et le microclimat urbain dans les villes, où la présence du végétal dans les espaces publics urbains offre divers avantages aux usagers et citoyens de la ville, car la végétation en opposition au minéral offre de multiples bénéfices sociaux, psychologiques, environnementaux...etc. Dans un milieu urbain, les paramètres microclimatiques tels que la température, l'humidité...etc., ainsi que le confort des usagers, peuvent varier en fonction de la forme, de la densité de la végétation.

La ville de Biskra est connue par son climat chaud et aride; ses espaces publics connaissent des températures extrêmement élevées pendant la période estivale, celles-ci affectent le confort thermique, le bien-être, la satisfaction des usagers dans ces espaces, pour cela la présence de la végétation va contribuer positivement à la régulation thermique du microclimat dans ces espaces.

Cette recherche se base sur l'étude de l'influence de la *végétation* sur le *microclimat* dans les *espaces publics urbains de Biskra*, en analysant les changements et les variations des facteurs climatiques. De même que la recherche aborde l'impact de la végétation sur le confort et le bien-être des usagers. L'objectif primordial de cette étude est de mettre en évidence l'impact de la végétation sur la qualité environnementale, sur le confort et les activités des usagers dans les cinq espaces publics choisis comme corpus d'étude.

Pour cette raison la méthodologie de recherche implique une investigation sur terrain suivant différentes étapes: par la méthode d'enquête, et par la campagne de mesures utilisant différents instruments de mesures des paramètres climatiques (températures, vitesse de l'air, humidité) afin d'évaluer l'effet du végétal urbain sur les facteurs climatiques, le degré de confort et la satisfaction des usagers.

Par la suite une simulation numérique est faite à l'aide du logiciel Envi-met 4, afin d'évaluer les résultats de mesures, ainsi que d'améliorer et d'optimiser selon différents scénarios d'optimisation les conditions de confort thermique et de favoriser le rendement de la végétation dans ces espaces. Les résultats montrent l'effet significatif de la végétation au niveau horizontal et vertical sur la diminution du stress thermique et des degrés de température; et d'augmenter l'humidité, qui fournit un microclimat favorable dans ces espaces publics.

Cette recherche permet d'évaluer, contrôler et réguler les conditions microclimatiques sous l'effet de la présence du végétal urbain. Elle permet également de favoriser et d'améliorer la qualité de vie et le confort thermique extérieur des usagers dans les espaces publics urbains dans la ville de Biskra

Mots clés : La Végétation, Le Microclimat, Le Confort thermique extérieur, Le Climat Aride, L'usage, L'Espace Public, Biskra.

Abstract

In recent years, the relationship and the existing interaction between nature and the city is considered a very important subject in the field of the environment and the urban microclimate in cities, where the presence of plants in urban public spaces offers various advantages to users and citizens of the city, because the vegetation in opposition to the mineral offers multiple social, psychological, environmental benefits...etc. In an urban environment, microclimatic parameters such as temperature, humidity...etc., as well as user's comfort, may vary depending on the shape and density of the vegetation.

The city of Biskra is known for its hot and arid climate; its public spaces experience extremely high temperatures during the summer period, these affect thermal comfort, well-being, and user's satisfaction in these spaces, for this the presence of vegetation will positively contribute to the thermal regulation of the microclimate in these public spaces.

This research is based on the study of the influence of vegetation on the microclimate in the urban public spaces of Biskra, by analyzing the changes and variations of climatic factors. Likewise, research addresses the impact of vegetation on the comfort and well-being of users. The primary objective of this study is to highlight the impact of vegetation on the environmental quality, on the comfort and activities of users in the five public spaces chosen as case studies in the city of Biskra.

For this reason, the research methodology involves a field investigation following different stages: by the survey method, and by the measurement using different instruments for measuring climatic parameters (temperature, wind speed, humidity) in order to " assess the effect of urban vegetation on climatic factors, on the degree of comfort and user's satisfaction.

Afterwards, a numerical simulation is carried using the Envi-met 4 software, in order to evaluate the measurement results, as well as to improve and optimize, the conditions of thermal comfort and promote the yield of vegetation in these areas, , according to various optimization scenarios. The results show the significant effect of vegetation at horizontal and vertical level on the decrease of thermal stress and temperature degrees; and on the increase of the humidity, which provides a favorable microclimate in these public spaces.

This research makes it possible to assess, control and regulate microclimatic conditions under the effect of the urban vegetation. It also allows promoting and improving the quality of life and the outdoor thermal comfort of users in urban public spaces in the city of Biskra.

Keywords: Vegetation, Microclimate, Outdoor thermal comfort, Arid Climate, Usage, Public Space, Biskra.

المخلص

تعتبر العلاقة والتفاعل القائم بين الطبيعة والمدينة موضوعاً مهماً للغاية في مجال البيئة والمناخ الحضري المحلي في المدن ، حيث يوفر وجود النباتات في الأماكن العامة الحضرية مزايا مختلفة للمستخدمين والمواطنين للمدينة ، لأن الغطاء النباتي يوفر العديد من الفوائد الاجتماعية والنفسية والبيئية...الخ. في البيئة الحضرية ، مما قد يؤثر في تغيير العوامل المناخية مثل الحرارة والرطوبة...الخ، بالإضافة إلى راحة المستخدمين اعتماداً على شكل وكثافة الغطاء النباتي .

تتميز مدينة بسكرة بمناخها الحار والجاف . , حيث تتعرض فضاءاتها الخارجية لدرجات حرارة جد مرتفعة خلال فترة الصيف ، مما يؤثر على الراحة الحرارية ورفاهية المستخدمين ، ولهذا فإن وجود الغطاء النباتي سيساهم بشكل إيجابي في التعديل الحراري للمناخ المحلي في هذه الفضاءات العامة .

يرتكز هذا البحث على دراسة تأثير الغطاء النباتي على المناخ المحلي في الأماكن العامة الحضرية في مدينة بسكرة ، من خلال تحليل تغيرات العوامل المناخية ، حيث تهتم هذا الأبحاث بدراسة تأثير الغطاء النباتي على راحة ورفاهية المستخدمين. الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على تأثير الغطاء النباتي على جودة البيئة الخارجية ، وعلى راحة وأنشطة المستخدمين في الفضاءات العامة الخمسة المختارة كحالات دراسة في مدينة بسكرة.

منهجية البحث تتضمن عمل ميداني يتبع مراحل مختلفة: من خلال طريقة توزيع استمارات الاسئلة ، ومن خلال اخذ القياسات الميدانية لمختلف العوامل المناخية (درجة الحرارة ، سرعة الهواء ، والرطوبة) باستخدام أدوات قياس مختلفة ،من أجل تقييم تأثير الغطاء النباتي الحضري على العوامل المناخية ، و مستوى راحة المستخدمين. بعدها تم إجراء محاكاة رقمية باستخدام برنامج Envi-met 4 ، من أجل تقييم نتائج القياس الميداني، وكذلك لتحسين مستوى الراحة الحرارية ، وفقاً لسيناريوهات التعديل المختلفة، بهدف تعزيز دور الغطاء النباتي في هذه الفضاءات العامة. أظهرت النتائج التأثير البارز للمجال الاخضر(الممتد افقياً و عمودياً) في انخفاض درجات الحرارة. وزيادة نسبة الرطوبة، مما يوفر مناخاً محلياً مناسباً في هذه الفضاءات العامة.

هذا البحث يسمح بتقييم ومراقبة وتعديل العوامل المناخية تحت تأثير وجود الغطاء النباتي الحضري. كما يساعد على تعزيز وتحسين نوعية النشاطات والراحة الحرارية الخارجية للمستخدمين في الفضاءات العامة الحضرية لمدينة بسكرة.

الكلمات المفتاحية: الاخضرار ، المناخ محلي ، الراحة الحرارية الخارجية ،المناخ الجاف ، الاستعمال ، الفضاء العام ، بسكرة.

Sommaire

Remerciements	
Résumé	
Abstarct	
الملخص	
Sommaire	I
Liste des figures	X
Liste des Tableaux	XXI

Chapitre introductif 01

Introduction.....	02
Problématique.....	04
Hypothèses.....	06
Objectifs.....	06
Contexte d'étude.....	07
Méthodologie de la recherche	07
Structure de la recherche	08

Chapitre 01 : Microclimat et confort Thermique 11

Introduction.....	12
I – Climat et Microclimat.....	13
I.1- Le climat	13
I.1.1- Définition du climat.....	13
I.1.2- Les Grands Climats Mondiaux.....	14
I.1.3- les échelles climatique.....	15
I.1.4- Facteurs affectant le climat urbain.....	16
I.2 - Le Microclimat	17

I.2.1- Définition du microclimat.....	17
I.2.2 Les Paramètres du microclimat.....	18
II- Le confort Thermique.....	20
II.1- Définition du confort thermique	20
II.2- Les facteurs du confort thermique.....	20
II.2.1- Les facteurs liés à l’environnement	21
II.2.2- Les facteurs liés à l’individu	24
II.3. Les Indices du confort thermique	26
II.4.Les échanges de la chaleur entre le corps humain et son environnement	30
II.5. Des outils d’évaluation de l’environnement thermique.....	32
Conclusion.....	34

Chapitre 02 : la végétation urbaine : notions et bienfaits 35

Introduction.....	36
I. La notion d’espace vert urbain	37
III. Les éléments de l’espace vert	37
III.2. Les arbres	37
III.2. Les arbustes	39
III.3. Les Fleurs	39
III.4 Les plantes grimpantes	39
III.5 Les haies	40
III.6.L’enherbement	41
IV. Les bienfaits et les fonctions de l’espace vert	42
IV.1 L’effet sur l’écologie et la biodiversité	43
IV.2. L’effet sur l’économie.....	45
IV.3. L’effet sur la vie sociale	46

IV.4. L'effet sur la santé et le bien être	47
V.5. Les éléments nécessaires d'implantation d'un arbre	52
Conclusion.....	54

Chapitre 03 : l'espace public : concepts et usage 55

Introduction.....	56
I. L'espace urbain	57
II. L'espace public	57
III. Les types de l'espace public	58
V. L'usage la pratique et l'appropriation de l'espace public.....	60
V.1. L'usage.....	60
V.2.. La Pratique.....	62
V.3. L'appropriation.....	64
V.3.1. Typologies d'appropriation	65
V.4. Les modalités des pratiques et d'usage dans l'espace public	66
VI. La conception de l'espace public	68
VI.1.L'approche environnementale dans la conception de l'espace public	68
VI.2.Les indicateurs de confort d'un espace public.....	69
VI.3.Recommandations d'aménagement d'un espace public.....	71
VI.4.Les principes et les critères de la conception d'un espace public durable	73
Conclusion.....	77

Chapitre 04 : Etude épistémologique des méthodes d'évaluation du confort thermique 78

Introduction.....	79
I. Les Méthodes d'enregistrement des paramètres de l'environnement thermique.....	80

I.1.La Méthode des mesures sur terrain	80
I.2.La Méthode de simulation	80
I.3.La combinaison entre la méthode et la simulation	80
II- Outils et programmes d'évaluation du microclimat urbain.....	81
II.1. Simulation par Envi-Met	81
II.2.Le Programme Rayman	83
II.3.Le programme Soléne	84
II.4. Le programme Grasshopper / Rhino.....	85
II.5. La <i>Dynamique des Fluides Computationnelle</i> CFD	86
II.6. Le programme SPUCAL	87
II.7. Méthode COMFA	88
II.7.1.COMFA	88
II.7.2.COMFA+	89
III. Les stratégies d'optimisation de l'environnement thermique.....	91
III.1 Les éléments influant et nécessaires pour les stratégies d'optimisation....	91
III.2. La stratégie du Brown.....	92
III.3.La stratégie du Setaih	93
Conclusion.....	95
Chapitre 5 : le contexte d'étude	96
Introduction	97
I-Présentation de la ville de Biskra	98
I.1. La Situation géographique	98
II.2. Situation démographique	99
II.3. Les données climatiques de Biskra.....	101
II. L'évolution et le développement de la ville de Biskra	103

II.1 Epoque précoloniale	103
II.2 Epoque coloniale	104
II.3. Epoque de l'indépendance	105
II.4 Epoque Actuelle	106
III. la croissance et le développement de l'espace public de la ville de Biskra	107
IV. Présentation des terrains choisis (Corpus d'étude).....	109
IV.I. Les critères de choix	109
IV.II. La présentation du corpus d'étude (Les Cinq Cas D'étude)	110
IV.II.1. La place Dalaa.....	110
IV.II.2. Jardin Zidane Brahim.....	112
IV.II.3. Boulevard les Frères Saouli.....	113
IV.II.4. La placette de la révolution	114
IV.II.5. Boulevard les Frères Menani	116
Conclusion.....	118
Chapitre 06 : Méthodologie de recherche	119
Introduction.....	120
I. Le déroulement du travail	121
II. L'investigation sur terrain	121
II.1 L'enquête par questionnaire	121
II.2. La campagne de mesures.....	124
II.2.1.Les instruments de mesures	125
II.2.1.1.Le Thermo-hygromètre électronique HD 100.....	125
II.2.1.2.Le thermomètre CA 380.....	126
II.2.1.3. Le Testo 480	126

II.2.2. Le protocole de mesures	128
III. Utilisation du logiciel Ray Man Pro pour calculer le SVF.....	128
III.1.Le facteur de vue de ciel (SVF).....	128
III.2. Logiciel Ray Man Pro.....	129
IV. La Simulation Numérique.....	130
IV.1. La simulation de la validation des résultats de mesures –cas réel-.....	132
IV.2. La simulation des scenarios d’optimisation du corpus d’étude.....	134
IV.3.Le calcul de l’indice du confort fournis par le Bio-met.....	135
Conclusion	137

Chapitre 07 : Investigation sur terrain : résultats et Discussion 139

Introduction.....	140
I. Discussion des résultats du questionnaire.....	141
I.1. L’analyse Uni-variée	141
I.2 L’analyse Bi-variée	148
I.3. L’analyse Multivariée	151
II. Discussion et interprétation des résultats de la campagne de mesures.....	152
II.1. Les résultats de la campagne de mesures du jardin Zidane Brahim.....	152
II.2. Les résultats de la campagne de mesures de la place Dalaa.....	159
II.3. Les résultats de la campagne de mesures de boulevard les Frères Saouli....	163
II.4. Les résultats de la campagne de mesures de boulevard Frères Menani.....	166
II. 5. Les résultats de la campagne de mesure de la placette de la Révolution....	171
Conclusion.....	175

Introduction.....	178
I. La démarche et le processus de la simulation numérique appliquée.....	179
II. Résultats des simulations Numériques	180
II.1. Résultats de la simulation concernant les cas réels	180
II.1.1. Résultats de la simulation –cas réel- du jardin Zidane Brahim	181
II.1.2. Résultats de la simulation –Cas réel- de la place Dalaa	182
II.1.3. Résultats de la simulation –cas réel- du boulevard les frères Saouli	184
II.1.4. Résultats de la simulation –cas réel- de boulevard les frères Menani	186
II.1.5. Résultats de la simulation –cas réel- de la placette de la Révolution.....	187
II.2. Résultats de la simulation des cas d’optimisation.....	189
II.2.1. Résultats de la simulation d’optimisation du jardin Zidane Brahim	193
II.2.2. Résultats de la simulation d’optimisation de la place Dalaa	195
II.2.3. Résultats de la simulation d’optimisation du boulevard frères Saouli ...	197
II.2.4. Résultats de la simulation d’optimisation de boulevard frères Menani ...	199
II.2.5. Résultats de la simulation d’optimisation de la placette de la Révolution	201
III. Résultats de l’indice du confort (PET)	203
Conclusion.....	206
Conclusion générale	208
Bibliographie.....	220
Annexes.....	

Liste Des Figures

Fig 1 : schéma représente la structure de cette recherche. Source : Auteur	10
Fig 1.1, le système climatique Source : Kabat.P & al, 2004	13
Fig 1.2, les données climatiques représentatives de grands climats Source : Liébard. A et De Herde. A, 2005	14
Fig 1.3, Représentation schématique des échelles spatiales dans la modélisation du climat, avec des dimensions horizontales typiques Source : Toparlar.2017	15
Fig 1.4, Échelles climatiques dans les zones urbaines: méso, locale et micro-échelle Source : Johansson.2006	16
Fig 1.5, l'interaction entre la ville, le climat et l'être humain Source : Dayi Lai & al .2019	17
Fig 1.6 : Schéma de l'îlot de chaleur urbain Source : Marjorie .M, 2007	18
Fig 1.7 : Différents albédos de l'environnement urbain Source: APUR	19
Fig 1.8 : Diagramme conceptuel du SVF projeté sur un hémisphère Source White.M and Kimm.G.2015	20
Fig 1.9, Les six facteurs du confort thermique Source : Setaih .K.2013	21
Fig 1.10, variation de la tolérance de température avec le changement d'humidité relative	23
Fig 1.11 la relation entre l'habillement et l'activité Source : csbat.net	26
Fig 1.12.,La relation entre les indices PPD et PMV Source : Manuel Testo	27

Fig 1.13 : L'échelle de sensation thermique Source: Sayigh.A.&Hamid.A 1998	30
Fig 1.14, échange thermique entre le corps humain et son environnement Source : AGEDEN.org	31
Fig 1.15, Le différents types du rayonnement solaire Source : Liébard. A et De Herde. A, 2005	31
Fig 1.16, Les rayonnements solaires avec le corps humain Source : K.C.Parsons1998	31
Fig 1.17, Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air (d'après Olgyay) Source : Liébard. A et De Herde. A, 2005	33
Fig 1.17, Digramme de Givoni Source : Bornarel.A.2014	33
Fig 2.1.les éléments de l'espace verts Source : jardiner-autrement.fr	37
Fig 2.2 Une vue sur le palmier Source : le-semeur.net.2018	38
Fig 2.3 une série des arbustes Source : jardinaje.lemonde.fr	39
Fig 2.4 les plantes grimpantes sur une pergola Source : pinterest.fr	40
Fig 2.5 un exemple des haies détaillées Source : tripadvisor.fr	40
Fig 2.6. Les types de la végétation Source : Jianwei Li.2020	41
Fig 2.7 : une vision générale sur les fonctions de l'espace vert urbain Région li-de-France_2013	42

Fig 2.8 : l'arbre comme outil de préservation de l'écosystème Source : ademe.fr	44
Fig 2.9. : Jardin Potager en milieu urbain Source :treehugger.com	45
Fig2.10 : les activités sociales dans les espaces verts Source :alamy.com	46
Fig2.11 : les activités sportives dans l'espace vert urbain Source :theconversation.com	47
Fig2.12 : l'influence de la végétation sur les vents Source: Misni. Almah .2012	48
Fig2.13 : L'arbre un outil efficace contre les ICU Source: arbre-en-ville.fr	49
Fig2.14 : l'espace vert diminue la pollution sonore Source: developpement-durable.gouv.fr	50
Fig2.15 : Les toitures végétalisées dans les habitations Source : habitat-durable.com	51
Fig 2.16. : Les plantes grimpantes sur les façades Source : fassadengruen.de	51
Fig 2.17 : Influence de la hauteur et la forme de l'arbre sur l'ombre Source : Bouyer.J.2009	52
Fig 3.1 : Les indicateurs et sous-indicateurs de la perception des usagers Source : Montmarquet.E.2016	61
Fig 3.2 : Divers types des pratiques sociales dans les espaces publics Source : Carmona.M.2019	63
Fig3.3 : La place de la Comédie à Montpellier, un espace public vivant aux usages multiples Source : lagazettedemontpellier.fr	67

Fig 3.4 : Profil de diversité environnementale d'un espace ouvert Source : Nikolopoulou.M 2002	69
Fig3.5 : Les indicateurs de confort d'un espace public Source : Vukmirovic.M.2019	70
Fig. 4.1 les méthodes d'enregistrement des paramètres climatiques Source : Dayi Lai & al .2019	80
Fig 4.2. Différentes interfaces de du programme Envi-met Source : Envi-met.com	82
Fig 4.3. L'interface du programme du RayMan pro Source : Manuel du Programme RayMan	84
Fig 4.4. Flux solaire diffus calculé par SOLENE Source : Morille & al.2015	85
Fig 4.5 Un processus d'évaluation du confort thermique extérieur utilisant 12 indicateurs différents sous l'influence de la végétation Source : Ahriz .2018	88
Fig4.6 les stratégies d'optimisation de l'environnement thermique Source : Dayi Lai & al .2019	91
Fig 4.7 les solutions de la stratégie du Brown Source : Brown.2010	93
Fig 4.8. Outils de refroidissement urbain selon la stratégie du Setaih Source : Setaih & al.2013	94
Figure 5.1. La situation de Biskra en Algérie Source : liberte-algerie.com	98
Figure 5. 2 : Les communes de la wilaya de Biskra Source : Monographie de Biskra. 2013	99
Figure 5. 3 : Les taux de populations de Biskra Source : Monographie de Biskra. 2013	100

Fig 5.4 : Croissance démographique de la ville de Biskra. Source : Monographie de Biskra, 2013.	100
Fig 5.5 : Températures maximales, moyennes et minimales durant l'année de Biskra. Source : Urba.2016.	102
Fig 5.6 : l'humidité moyenne durant l'année de Biskra. Source : Urba.2016.	102
Fig 5.7 : Vitesse de vents, maximale, et minimale durant l'année de Biskra. Source : Urba.2016.	103
Figure 5.8 : Vieux Biskra en 1863 et les sept villages à l'époque précoloniale Source : Section cadastrale de Biskra - carte du génie militaire -	104
Figure 5.9 : La ville de Biskra à l'époque coloniale Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra	105
Figure 5.10 : La ville de Biskra à l'époque de l'Indépendance Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra	106
Figure 5.11 : l'espace public de Biskra à l'époque précoloniale Source : Archive	108
Figure 5.12 : vue sur les espaces verts et le Damier colonial Source : Archive	108
Figure 5.13: Vues ancienne et actuelle sur la place Dalaa, le jardin Zidane et Bd FrèresSaouli Source : Archive reproduit par auteur	110
Fig5.14 : Plan de Masse de la place Dalaa Source: BET Ariouet	114
Fig5.15 : Vues sur la place Dalaa Source: auteur	114
Fig 5.16.: Vue sur le jardin Zidane Brahim Source: Google earth.com	112

Fig5.17.: Vues sur le jardin Zidane Brahim Source: Auteur	113
Fig5.18: Boulevard Frères Saouli Source: Google earth	114
Fig5.19.: Vues sur le boulevard frères Saouli Source: Auteur	114
Fig5.20: Plan de masse de la placette de la révolution Source: BET Barkat	115
Fig5.21: Vue de Dessus sur la placette de la révolution Source: Google-Earth	115
Fig5.22.: Vues sur la placette de la révolution Source : auteur	115
Fig 5.23.: Boulevard Frères Menani Source: Google-Earth	116
Fig 5.24.: Vues sur le boulevard frères Menani Source: Auteur	116
Fig 6.1: Interface du logiciel Spss V25 Source : Logiciel SPSS V25	124
Fig 6.2. Le thermo-hygromètre Kimo, modèle HD100 Source: auteur, 2017	125
Fig 6.3.: Le thermomètre CA 380. Source: auteur, 2017	126
Fig 6.4 : Le Testo 480. Source: auteur, 2017	127
Fig 6.5 : L'interface du logiciel Ray Man PRO Source: Rayman PRO	129

Fig 6.6 : la fenêtre du SVF dans RayMan Pro Source: Manual Rayman Pro	130
Fig 6.7: les étapes de travail avec ENVI-met Source: Chatzinikolaou.E.2018	132
Fig 6.8: Modèle sur la modélisation de L'envi-met . Source Maleki,.2014	133
Fig 6.9.: L'interface de Leonardo Source Envi-met.com	134
Fig 6.10 : les étapes de calcul des indices de confort par le Bio-met Source : envi-met.com	135
Fig 7.1.Histogramme circulaire de l'analyse de la variable du genre Source : SPSS 25	141
Fig7.2.Histogramme circulaire de l'analyse de la variable d'âge Source : SPSS 25	142
Fig7.3.Histogramme de l'analyse de la variable de la position Source : SPSS 25	143
Fig7.4.Histogramme de l'analyse de la variable de la période Source : SPSS 25	144
Fig 7.5.Histogramme de l'analyse de la variable de l'activité Source : SPSS 25	145
Fig 7.6.Histogramme de l'analyse de la variable de la sensation thermique Source : SPSS 25	146
Fig 7.7.Histogramme de l'analyse de la variable de Rayonnement Solaire Source : SPSS 25	147
Fig 7.8.Histogramme de l'analyse de la relation entre (Genre X Sensation thermique) / Source : SPSS 25	148
Fig 7.9. Histogramme de l'analyse de la relation entre (Age X Sensation thermique) Source : SPSS 25	149

Fig 7.10.Histogramme de l'analyse de la relation entre (Activité X Sensation thermique). Source : SPSS 25	150
Fig 7.11.Cartes factorielles de la corrélation entre les variables (Age X Activité X Sensation) Source : SPSS 25 reproduit par auteur	151
Fig 7.12.Cartes factorielles de la corrélation entre les variables (Age X Genre X Activité X Période X Sensation) Source : SPSS 25 reproduit par auteur	153
Fig 7.13. La répartition des stations de mesure dans les Cinq terrains d'étude Source : auteur	154
Fig 7.14..localisation des deux stations de mesure dans le jardin Source : Auteur.	155
Fig7.15: Graphes des résultats de Mesure de Ta, dans le jardin Zidane Brahim Source : Auteur	156
Fig 7.16: Graphes des résultats de Mesure de Hr, dans le jardin Zidane Brahim Source : Auteur	157
Fig 7.17: Graphes des résultats de Mesures de Va, dans le jardin Zidane Brahim Source : Auteur	157
Fig 7.18: Graphes des résultats de Mesures de Ts, dans le jardin Zidane Brahim Source : Auteur	158
Fig 7.19: Graphes des résultats de Mesure de Tmrt, dans le jardin Zidane Brahim Brahim Source : Auteur	158
Fig7.20.localisation de deux stations de mesure la place Dalaa Source : Auteur.	159
Fig 7.21. Graphes des résultats de mesure de Ta, de la place Dalaa Source : Auteur	160
Fig 7.22. Graphes des résultats de mesure de Hr, de la place Dalaa Source : Auteur	160

Fig 7.23. Graphes des résultats de Mesures de Va, de la place Dalaa Source : Auteur	161
Fig 7.24. Graphes des résultats de Mesures de Ts, de la place Dalaa Source : Auteur	162
Fig 7.25. Graphes des résultats de Mesures de Tmrt, de la place Dalaa Source : Auteur	162
Fig 7.26..localisation des trois stations de mesures dans le boulevard Source : Auteur.	163
Fig 7.27. Graphes des résultats de Mesures de Ta, de la place Dalaa Source : Auteur	164
Fig 7.28. Graphes des résultats de Mesures de Hr, de la place Dalaa Source : Auteur	164
Graphe 7.29. Graphes des résultats de Mesures de Va de boulevard les frères Saouli Source : Auteur	165
Graphe 7.30.Graphes des résultats de Mesures de Ts de boulevard les frères Saouli Source : Auteur	166
Graphe 7.31. Graphes des résultats de Mesures de Tmrt de boulevard les frères Saouli Source : Auteur	166
Fig 7.32..localisation des trois stations de mesures dans le boulevard Menani Source : Auteur.	167
Fig 7.33. Graphe des résultats de Mesures de Ta, de Bd frères Menani Source : Auteur	168
Fig 7.34. Graphe des résultats de Mesures de Hr, de boulevard frères Menani Source : Auteur	169
Fig 7.35. Graphe des résultats de Mesures de Va, de boulevard frères Menani Source : Auteur	169
Fig 7.36. Graphe des résultats de Mesures de Ts, de boulevard frères Menani Source : Auteur	170

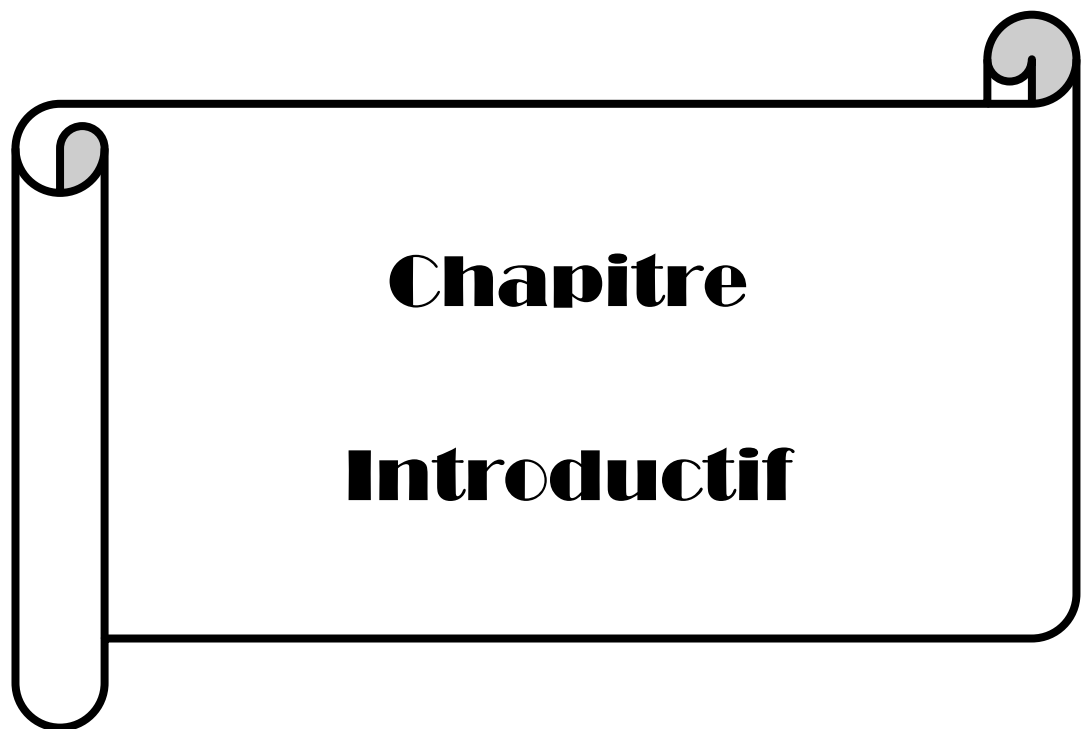
Fig 7.37. Graphe des résultats de Mesures de Tmrt, de boulevard frères Menani Source : Auteur	171
Fig7.38 .localisation des trois stations de mesures la placette de la révolution Source : Auteur.	171
Fig 7.39. Graphe des résultats de Mesures de Ta, de la placette de la révolution Source : Auteur	173
Fig 7.40. Graphe des résultats de Mesures de Hr, de la placette de la révolution Source : Auteur	173
Fig 7.41. Graphe des résultats de Mesures de Va, de la placette de la révolution Source : Auteur	174
Fig 8.1: Les étapes de travail de L'envi-met Source :Maleki.A.2014	180
Fig 8.2: Modélisation du cas réel du jardin Zidane Brahim /Source : Auteur	181
Fig 8.3: Graphes des résultats de simulation –cas réel- du jardin Zidane Brahim Source : Auteur	181
Fig 8.4: Modélisation du cas réel de la place Dalaa Source : Auteur	182
Fig 8.5: Graphes des résultats de simulation –cas réel- de la place Dalaa Source : Auteur	183
Fig 8.6: Modélisation du cas réel du Boulevard les frères Saouli Source : Auteur	184
Fig 8.7: Graphes des résultats de simulation –cas réel- du Bd les frères Saouli Source : Auteur	185
Fig 8.8: Modélisation du cas réel du Boulevard les frères Menani Source : Auteur	186
Fig 8.9 : Graphes des résultats de simulation –cas réel- du Bd les frères Menani Source : Auteur	187

Fig 8.10: Modélisation du cas réel de la placette de la révolution Source : Auteur	187
Fig 8.11: Graphes des résultats de simulation –cas réel- de la placette de la révolution Source : Auteur	188

Liste Des Tableaux

Tableau 1.1, Échelles horizontales et verticales de l'atmosphère urbaine Source : Johansson.2006	15
Tableau 1.2. Métabolisme thermique et activité Source : Depecker et al. 1989, cité par Vinet.J.2000	24
Tableau 1.3 : Valeurs d'index pour la gamme d'habillement (CLO) Source : K.C.Parson. 2002	25
Tableau 1.4 : Classification de perception thermique selon les valeurs PET Source : Matzarakis et Mayer.	28
Tableau 1.5, Les différents indices thermiques Source : Ali-Toudert.R.2005	29
Tableau 3.1 : le rapport entre les besoins humains et les qualités de la conception Source : Golkar, 2001 cité par Raeisi.I& al .2010	72
Tableau 4.1 : Comparaison entre les outils d'analyse environnementale existants pour Rhino / Grasshopper Source : Roudsari.M&Pak.M. 2013	86
Tableau 4.2 : Calibrage de l'indice du confort COMFA + en fonction de l'indice statistique STE. Source : Tebani .2016	90
Tableau 5.1 : Tableau récapitulatif concernant les cinq cas d'étude / Source : Auteur	117
Tableau 6.1: Echelle MTV (Mean Thermal Vote) Vote thermique moyen Source : Ashrae.2004	122
Tableau 6.2 : Les instruments de mesuré utilisées sur terrain Source : auteur	127
Tableau7.1. les caractéristiques des deux stations du jardin Source : Auteur.	155
Tableau. 7.2. les caractéristiques de deux stations de la place Dalaa Source : Auteur.	159

Tableau.7.3. les caractéristiques de trois stations de Bd Frères Saouli Source : Auteur.	163
Tableau7.4. les caractéristiques de trois stations de boulevard Menani Source : Auteur.	167
Tableau7.5. Les caractéristiques de trois stations dans la placette de la révolution Source : auteur	172
Tableau 8.1: Les alternatives d'amélioration de chaque scénario d'optimisation Source : Auteur	190
Tableau 8.2: Modélisations par Envi-met de trois scénarios d'optimisation Source : Auteur	191
Tableau 8.3: les résultats par Leonardo de différents scénarios d'optimisation Source : Auteur	192
Tableau 8.4: Graphes des résultats de simulation d'optimisation du jardin Zidane Source : Auteur	194
Tableau 8.5: Graphes des résultats de simulation d'optimisation de la place Dalaa Source : Auteur	196
Tableau 8.6: Graphes des résultats de simulation d'optimisation du Bd frères Saouli Source : Auteur	198
Tableau 8.7: Graphes des résultats de simulation d'optimisation du Bd frères Menani Source : Auteur	200
Tableau 8.8: Graphes des résultats de simulation d'optimisation de la placette de la révolution Source : Auteur	202
Tableau. 8.9 : Classification de perception thermique selon les valeurs PET Source : Matzarakis et Mayer.	204
Tableau 8.10: Graphes des résultats de l'indice de confort -PET- Source : Auteur	205



Introduction

Dans ces dernières années, l'urbanisation rapide des villes et l'utilisation de matériaux solides ont une influence directe sur le microclimat et augmentent les degrés de température dans les régions arides. Du fait de cette urbanisation rapide, les surfaces naturelles sont souvent remplacées par des surfaces solides, qui augmentent les températures. La croissance du chauffage de l'atmosphère urbaine par rapport à l'environnement rural non urbanisé génère le phénomène d'îlot de chaleur urbain (UHI), en raison de l'utilisation de matériaux de construction à faible réflectivité solaire, et du remplacement des surfaces vertes naturelles par d'autres surfaces solides (Kantzioura & al 2012).

Récemment, plusieurs recherches ont été orientées vers un enjeu majeur de rendre l'espace public urbain plus favorable à utiliser dans des conditions adéquates face à des problèmes climatologiques et de confort thermique. Tous cela, demande une grande importance vers l'utilité des espaces verts dans les espaces publics, qui offrent des endroits de relaxation, de méditation, et d'interaction sociale, qui contribuent également à la favorisation du microclimat urbain en particulier et agissent sur la ville et l'écologie urbaine en général, dont ils permettent de modifier le climat urbain et d'en améliorer les conditions de confort. L'espace vert sert en premier lieu à diminuer l'effet de l'îlot de chaleur urbaine (ICU). L'impact de la végétation peut être quantifié à différents niveaux, et à l'échelle microclimatique concernant les valeurs de rayonnement solaire, de vitesse de l'air, de l'énergie cinétique turbulente, de température de surface et d'air (Vinet.J 2000). Les surfaces vertes atténuent des aspects moins souhaitables de climat urbain, et réduisent le stress thermique produit par l'îlot de chaleur urbain (Helmut &al.1981)

Il existe également d'autres recherches qui s'intéressent à l'étude de l'efficacité et l'impact du végétal sur le confort thermique extérieur. Une étude de (Mahmoud.A.2011) dans un parc urbain du Caire, en Égypte, a révélé que les éléments du paysage servent à améliorer le confort humain, la combinaison de la végétation et de l'eau améliore l'environnement thermique et a amené les utilisateurs à signaler moins d'insatisfaction. L'utilisation de matériaux «froids» est suggérée pour contrôler l'absorption du rayonnement en saison estivale.

De plus, l'ombrage a un effet très significatif sur la réduction du rayonnement solaire des surfaces; les concepteurs doivent prendre en compte les caractéristiques de

l'ombrage pour améliorer le confort thermique à l'extérieur et atténuer l'effet de l'îlot de chaleur urbain (Ridha.S.2017). Une autre recherche dans un petit espace vert de 0,24 ha à Lisbonne; a enregistré une différence de température de 6,9°C dans cet espace vert (Parc) par rapport à sa zone environnementale pendant la période estivale (Oliveira et al.2011)

Dans un tissu urbain, à l'après-midi d'été, la température de l'air dans la ville est plus élevée de 2,5°C que dans les zones rurales environnantes, où la demande électrique maximale augmente de 2 à 4% pour chaque augmentation de 1°C de la température maximale quotidienne au-dessus d'un seuil de 15 à 20°C (Akbari & al 2001).D'après (Han.S-G.2007) dans les zones urbaines, les chaussées de (béton, asphalte ...etc) chauffent plus facilement sous le rayonnement solaire que la périphérie, la température peut être augmentée de 2 à 5 °C en ville.

Dans une rue plantée par d'arbres, la température de l'air est plus basse de 1,0 à 1,3 K que dans le cas d'une rue sans arbres, la vitesse du vent également, est un peu plus faible sous les arbres (Bruse,M 2000) cité par (Heidt & Neef.2008)

En ce qui concerne le rayonnement solaire, les forêts ne reflètent que 10 à 15%, et les prairies reflètent 15 à 25% de la lumière du soleil. (Barkman & al 2014)

Le feuillage d'un arbre peut filtrer de 60% à 90% du rayonnement solaire, empêchant ainsi l'augmentation des températures du sol. La végétation agit sur la qualité d'air, en captant le carbone par le phénomène de la photosynthèse, elle transforme le CO₂ en oxygène (De herde.A &Liébard 2005).

La végétation peut aussi être utilisée comme brise-vent. En hiver, le confort des piétons peut alors être amélioré et les bâtiments peuvent être protégés par rapport aux courants froids. Cependant, en diminuant de manière trop importante la circulation de l'air, on peut favoriser l'échauffement des surfaces urbaines en saison chaude durant la journée. Par exemple, dans les zones où les canopées végétales sont éparées, le rayonnement peut atteindre et chauffer les surfaces au sol ; en même temps, la canopée peut réduire le brassage atmosphérique tel que l'air plus frais ne puisse plus ventiler ces zones. Dans ce cas, l'ombrage et l'évapotranspiration ne peuvent pas forcément compenser l'augmentation des températures d'air dû au faible brassage (Bouyer.J2009)

Aux seins des tissus urbains, l'efficacité climatique de la végétation dépend du rapport : zone verte/zone bâtie, ainsi que la taille, l'emplacement et les caractéristiques

propres de la plante (espèces, densité, forme, taille, volume, etc.)(Ali Toudert.F. 2006)

La qualité des espaces verts urbains en tant que zones de compensation écologique dépend donc de plusieurs facteurs: les dimensions, la localisation et distribution dans la ville, la diversité dans la composition et la variation des types de structure de la végétation, la combinaison de différents types de zones vertes, la liaison et l'intégration dans les systèmes d'espaces verts (Heidt & Neef.2008)

En générale, la couverture végétale dense, protège contre diverses conditions climatiques : elle sert à diminuer la température, à éviter l'éblouissement contre le soleil, à retenir une grande part des précipitations grâce à ses feuilles, à diminuer la vitesse des vents en faisant obstacle aux déplacements de l'air. Ceci contribue donc à créer un microclimat plus agréable pour les citoyens.

Problématique :

Dans les zones urbaines arides à climat chaud et sec, comme la ville de Biskra, qui est caractérisée par des degrés de température très élevées notamment en été, dû à plusieurs causes telles que l'accroissement du taux d'urbanisation sur les terrains naturels, et le remplacement du paysage naturel et la végétation par des matériaux rigides comme l'asphalte, le béton...etc , cela va augmenter les valeurs de température dans la ville de Biskra, où on souligne un agrandissement du stress climatique et d'échauffement du microclimat, ainsi d'une sensation d'inconfort thermique par les citoyens de la ville.

Dans la ville de Biskra, cette augmentation flagrante des degrés de température et de surchauffe considérable durant la période estivale, va générer une augmentation du stress climatique, du réchauffement du microclimat, et de l'inconfort des ambiances pour les usagers de l'espace public extérieur, ce qui influe immédiatement sur les différentes catégories des usagers, sur leurs fréquentations, leurs activités, leurs périodes d'usage, leurs modalités d'usage, et sur leurs sensations et confort thermique dans les espaces publics de la ville de Biskra.

Le couvert végétal est parmi les facteurs environnementaux influant sur le microclimat dans la ville est sur les citoyens. La végétation peut être d'un grand apport sur le confort humain physique et psychologique, elle contribue au refroidissement de l'air, et de la réduction de la surchauffe dans les tissus urbains. La

végétation est donc un facteur très efficace pour améliorer le microclimat urbain dans l'espace public. Les plantes des villes arides sont utilisées pour réduire le rayonnement solaire, fournir de l'ombre, augmenter l'évapotranspiration, améliorer les conditions de confort thermique des usagers (Obiakor & al 2012).

L'interaction entre la nature et la ville est une des préoccupations les plus importantes depuis quelques dizaines d'années. Les espaces publics urbains offrent divers avantages aux usagers. Ainsi que le confort des usagers peut indiquer le succès des espaces publics, où l'état thermique des usagers joue un rôle important dans le succès de ces espaces urbains.

Le confort thermique extérieur est l'un des objectifs les plus importants de tout urbaniste. Puisque il est essentiellement l'un des facteurs les plus importants qui favorise la notion de confort dans les espaces publics extérieurs. Les conditions de confort thermique des usagers dépendent principalement des paramètres environnementaux suivants : (Températures de l'air, humidité relative, vitesse de l'air et température moyenne radiante) et des paramètres de l'individu (l'habillement et le métabolisme), ces facteurs jouent un rôle primordial dans la sensation thermique des usagers au sein des espaces publics urbains.

Pour cela, dans les espaces publics d'une ville à climat chaud et aride comme la ville de Biskra (Algérie), il est très nécessaire de donner une grande importance à ses espaces urbains publics et assurer de meilleures conditions climatiques favorables, afin d'obtenir un bon rendement de ces espaces au niveau environnemental, social, et de santé physique ou psychique de l'habitant. L'existence et l'utilisation du végétal dans ces espaces publics va donner un cadre de vie préférable et confortable.

Donc ce qu'on cherche à travers cette étude, est d'évaluer l'influence de la végétation sur le confort thermique des usagers, cela dépend de la densité de végétation, de dimensions, d'emplacement...etc. Il y a donc des questions importantes à poser :

- Comment la présence de la végétation influe-t-elle sur le confort thermique extérieur et sur l'usage et l'appropriation de l'espace public dans la ville de Biskra?

- Comment peut-on rendre les dimensions et la densité de la végétation plus influente sur le microclimat urbain, pour assurer le confort extérieur des usagers, dans les espaces publics de la ville de Biskra ?

En réponse à ces questions on a proposé des hypothèses qui doivent être vérifiées

Hypothèses :

Afin de bien mener cette étude, il est indispensable de formuler les hypothèses qui constituent le début de cette investigation.

Alors cette recherche est fondée sur les hypothèses suivantes, qui seront testées :

- La présence de la végétation urbaine, selon ses différents types, formes, et emplacements, influe immédiatement sur le confort thermique des usagers dans les espaces publics extérieurs de la ville Biskra.
- Il semble que la morphologie, la taille, et la localisation de la végétation, ainsi que la densité de la couverture végétale, influent directement sur la modification du microclimat urbain et le confort thermique des usagers dans les espaces publics de la ville de Biskra.

Objectifs:

- Revaloriser la relation existante entre la disponibilité du végétal urbain et l'amélioration du confort thermique, et les conditions microclimatiques dans un espace public urbain, par une végétation adéquate et suffisante, pour assurer l'influence de l'espace vert sur le confort thermique dans l'espace public extérieur.
- Evaluer et quantifier l'impact de la végétation sur le confort thermique dans les espaces publics ciblés dans la de Biskra.
- Garantir une régulation thermique du microclimat urbain, dans l'espace public de la ville de Biskra qui est une région à climat chaud et sec à travers le bon choix de la taille, de la disposition et de la densité de la végétation.
- Revitaliser les espaces urbains publics de Biskra en améliorant leurs qualités d'usage, et d'appropriation à travers la création des endroits confortables pour toutes les catégories des usagers.

Le Contexte d'étude :

Le contexte d'étude de cette recherche portera essentiellement sur les espaces publics extérieurs de la ville de Biskra qui sont réalisés pendant diverses époques et connaissent une variété d'usage, et d'appropriation, ainsi que des conditions climatiques différentes selon leurs localisation, leurs composants, leurs aménagements, leurs couvertures végétales ...etc. Ils sont conçus selon des styles différents, ils possèdent différents types, espèces, formes du végétal, pour cela ils ont connu une variété des conditions microclimatiques entre eux. Pour cette étude on a sélectionné diverses catégories et types d'espaces publics de la ville de Biskra, lesquels : le jardin Zidane Brahim. La place Dalaa, Le boulevard les Frères Saouli, Le boulevard les Frères Mennani, et la placette de la révolution, tous ces espaces publics sont situés au centre-ville de Biskra, et représentent le corpus d'étude.

Méthodologie de la recherche :

Afin d'aboutir aux objectifs principaux, la méthode de cette recherche va se baser sur :

1. La première partie de l'investigation sur terrain se devise en :

A- L'enquête sur terrain à travers des formulaires de questions destinés et distribués aux usagers de ces espaces publics choisis, afin d'enregistrer leurs activités et leur évaluation et sensation thermique.

B- La campagne de mesures est lancée pour obtenir les données réelles des paramètres climatiques. Cette investigation est faite dans le mois de juillet en 2017 à Biskra, le travail de mesure se fait à l'aide des instruments de mesures (Testo 840) avec deux sondes : une pour la vitesse de l'air et l'autre pour la température d'air et l'humidité relative, l'appareil du Thermo-hygromètre électronique HD 100 pour enregistrer la température moyenne radiante, et l'instrument Cason CA 380 (pistolet laser thermomètre à infrarouge) pour capturer la température du sol. Les mesures sont prises chaque deux heures –bihoraire- durant tous les jours de mesures.

On a également utilisé le modèle RayMan afin de calculer le facteur d'ouverture au ciel (SVF) à partir des images fish-eye prises sur terrain pour chaque station de mesures.

2. Deuxième partie : la simulation numérique est divisée en deux niveaux : le premier niveau est consacré à la validation des résultats enregistrés lors de la campagne de mesures. Le deuxième niveau englobe divers scénarios d'optimisation des conditions climatiques afin d'obtenir des conditions favorables et confortables dans le corpus d'étude. La simulation se fait à l'aide du logiciel Envi-met 4. ENVI-met est un modèle tridimensionnel, non-hydrostatique et capable de calculer les différents processus dans, et entre différents éléments urbains avec une haute résolution (Bruse 1999) Ce modèle d'Envi-met permet d'analyser les interactions entre les différents composants de l'espace extérieur : la végétation, le sol, le bâti et l'atmosphère. Il permet de simuler les effets de la végétation dans l'espace urbain, et de contrôler les types, et les dimensions des plantes et ses opérations physiologiques dans l'atmosphère.

L'analyse des résultats se fait suivant une approche comparative entre les résultats d'investigation sur terrain et de la simulation numérique. Cette méthode permet de faire une comparaison entre les valeurs de température, d'humidité, de vitesse de l'air, obtenues lors de la campagne de mesures et les résultats des simulations numériques des différents scénarios de mesures.

Structure de la recherche :

On a structuré la présente thèse de la manière suivante :

- **Chapitre introductif :**

Il englobe les éléments primordiaux de la problématique à travers, les questions de recherche, les hypothèses de recherche, les objectifs de recherche, le contexte d'étude, la méthodologie ainsi que la structure de la recherche.

- **La première partie : la partie théorique :**

Elle est réservée au cadre théorique et conceptuel, elle se compose de :

- Le premier chapitre s'intéresse aux concepts de base de climat, et de microclimat, ainsi que le concept du confort thermique, ses significations multidisciplinaires, ses facteurs, et ces indices.
- Le deuxième chapitre introduit la définition de la végétation urbaine, l'espace vert, ses bienfaits et ses différents effets sur l'écologie, la sociologie, l'économie, l'environnement et sur le microclimat urbain.

- Le troisième chapitre présente le concept de l'espace public, ses significations, ses types, ses fonctions, ainsi que la définition des notions d'usage, d'appropriation, et de pratique.
- Le quatrième chapitre concerne l'étude épistémologique, en présentant différentes méthodes et outils, qui s'intéressent à l'évaluation et l'amélioration de l'environnement et le confort thermique de l'espace public urbain.

▪ **La deuxième partie : la partie pratique**

Elle est consacrée à la présentation du contexte d'étude, de l'investigation sur terrain et de la simulation numérique. Elle se compose de :

- Le cinquième chapitre est destiné à la présentation du cadre d'étude relatif à la ville de Biskra, et sa croissance urbaine. Ainsi que l'évolution de l'espace public de la ville de Biskra. Puis la présentation du corpus d'étude ciblé selon divers critères de choix.
- Le sixième chapitre présente : le processus méthodologique appliqué à travers cette recherche, les techniques d'investigations adoptées, ainsi que les outils et instruments utilisés dans cette recherche.
- Le septième chapitre englobe les résultats recueillis lors de l'investigation sur terrain, par la méthode d'enquête et de la campagne de mesures, afin d'analyser et d'interpréter ces résultats.
- Le huitième chapitre englobe les résultats des simulations numériques faites pour valider les résultats de mesures et pour optimiser l'environnement thermique du corpus d'étude.

• **Conclusion générale**

Cette étude va s'achever avec une conclusion générale, qui présente les principaux résultats de la recherche, et les recommandations afin d'obtenir des espaces publics préférables et confortables notamment dans une ville chaude et aride.

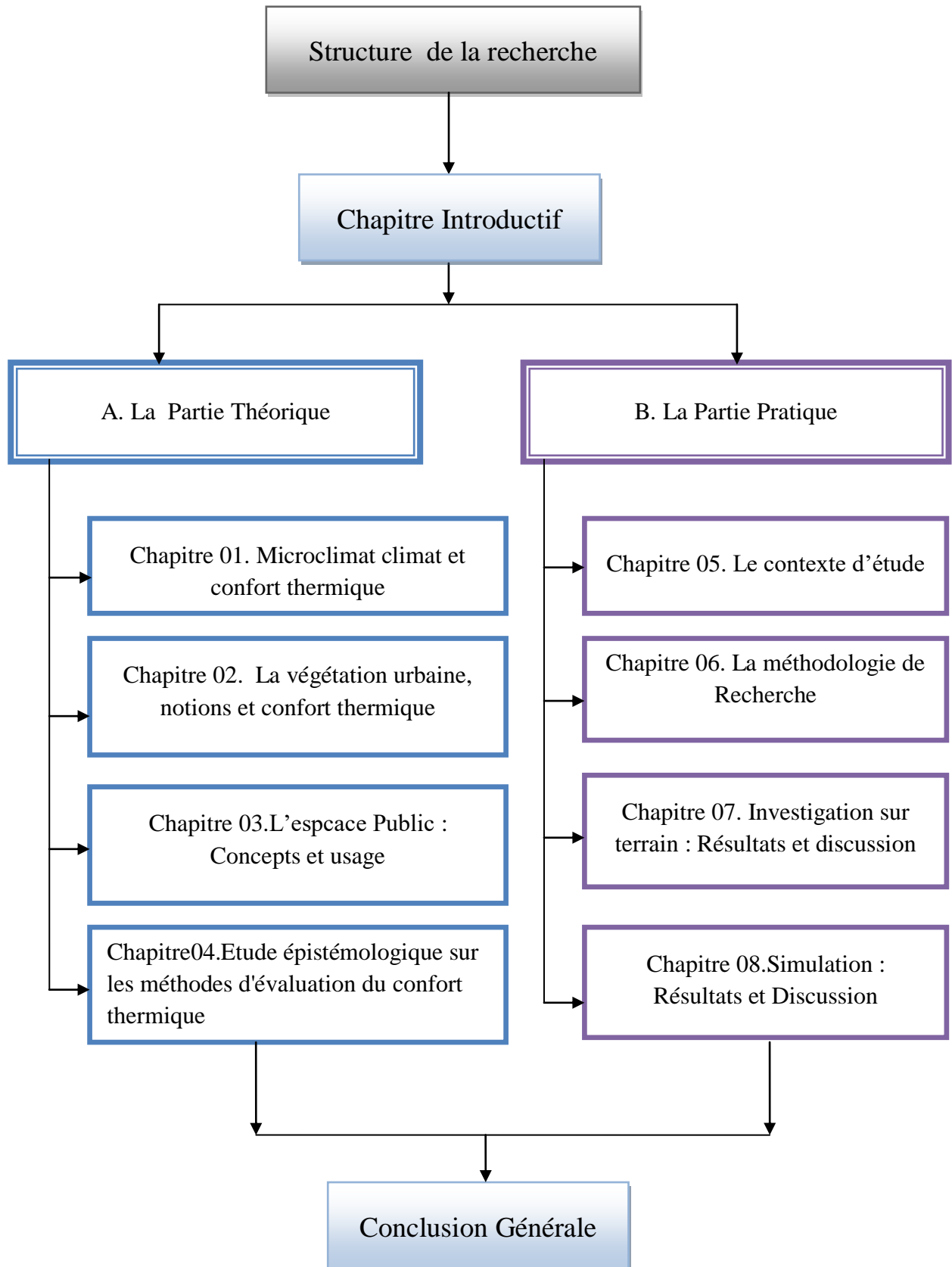
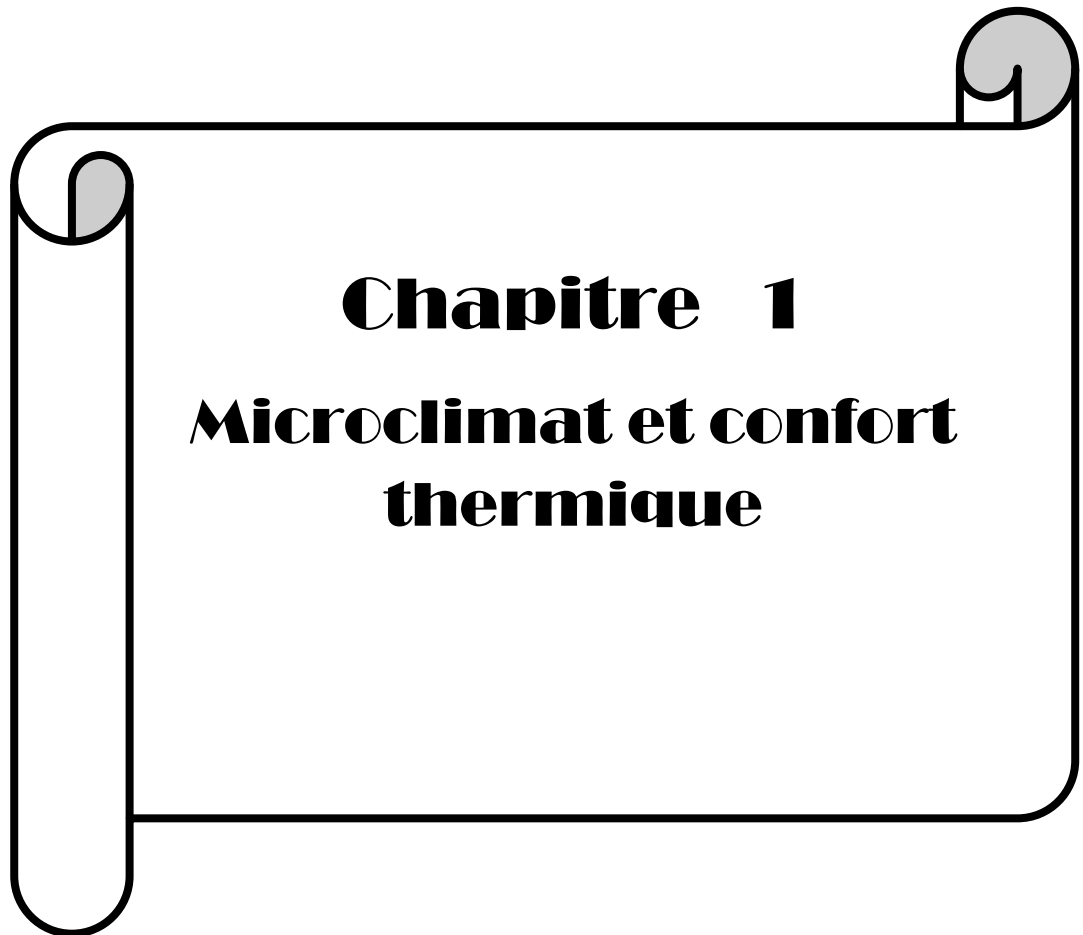


Fig 1 : schéma représente la structure de cette recherche
Source : Auteur



Chapitre 1
Microclimat et confort
thermique

INTRODUCTION

Au cours de ce chapitre on va présenter un aperçu général sur les significations des deux concepts de base de cette recherche (le microclimat et le confort thermique). Cette présentation est faite afin de bien comprendre et connaître les termes du climat, du microclimat urbain et du confort thermique notamment dans les espaces extérieurs de la ville

D'abord on va présenter la notion du climat, ses échelles et ses facteurs, ainsi que la définition et les différents paramètres du microclimat urbain notamment dans la ville.

Par la suite on abordera tout ce qui concerne l'environnement thermique notamment pour les espaces urbains extérieurs. Pour cette raison la notion du confort thermique sera expliquée largement avec leur facteurs, leur indices thermiques, ainsi que les modèles et programmes inventés par différents chercheurs dans le domaine de l'étude de l'environnement thermique.

I – Climat et Microclimat

I.1- Le climat

I.1.1- Définition du climat

Le climat est le maître de tous les facteurs environnementaux, il contrôle non seulement la croissance et le développement des plantes mais aussi leur répartition géographique (Zahran.2010)

Le climat est défini comme le résultat combiné de toutes les variables météorologiques, qui se produisent simultanément dans une zone géographique particulière: telle que la température, la radiation solaire, l'humidité relative et le mouvement du vent.

La figure suivante 1.1 démontre le système climatique en tant que système dynamique englobant le monde abiotique, parfois appelé système climatique physique, et le monde vivant, la biosphère. Les sous-composants du système climatique interagissent via des flux d'énergie, de quantité de mouvement, d'eau et de substances biogéochimiques telles que le carbone, les nutriments...etc. (Kabat.P& al,2004)

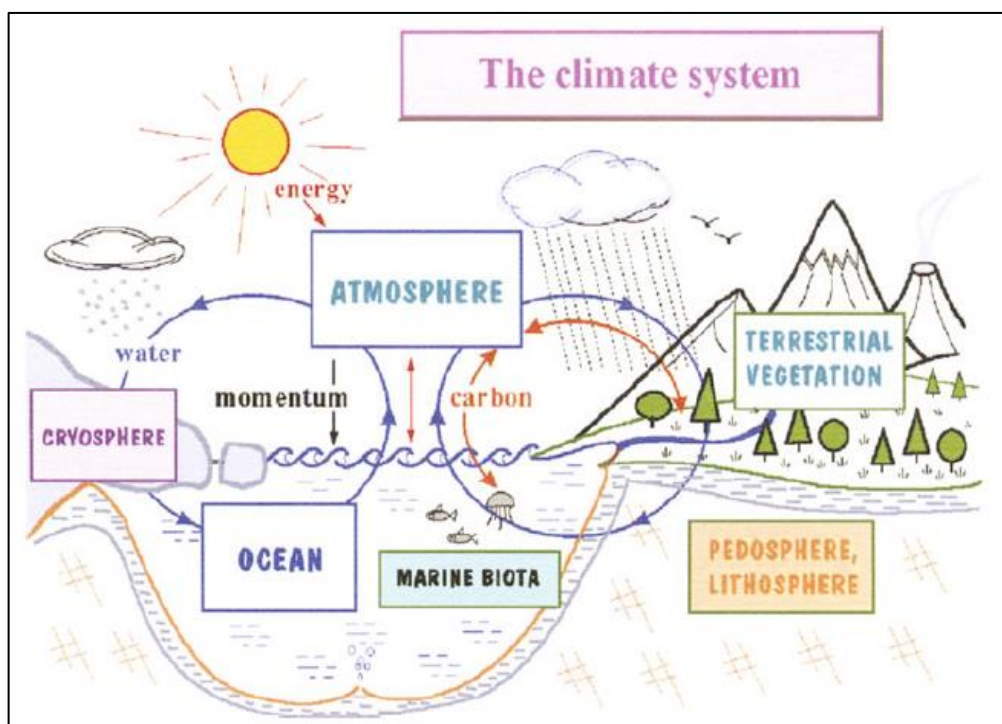


Fig 1.1, le système climatique
Source : Kabat.P& al, 2004

I.1.2- Les Grands Climats Mondiaux

La terre connaît cinq grands types de climats classés selon leur température et leur humidité, il y a : le climat tropical, le climat sec, le climat tempéré sec, le climat tempéré froid, et le climat froid (Liébard. A et De Herde. A, 2005) (Fig1.2)

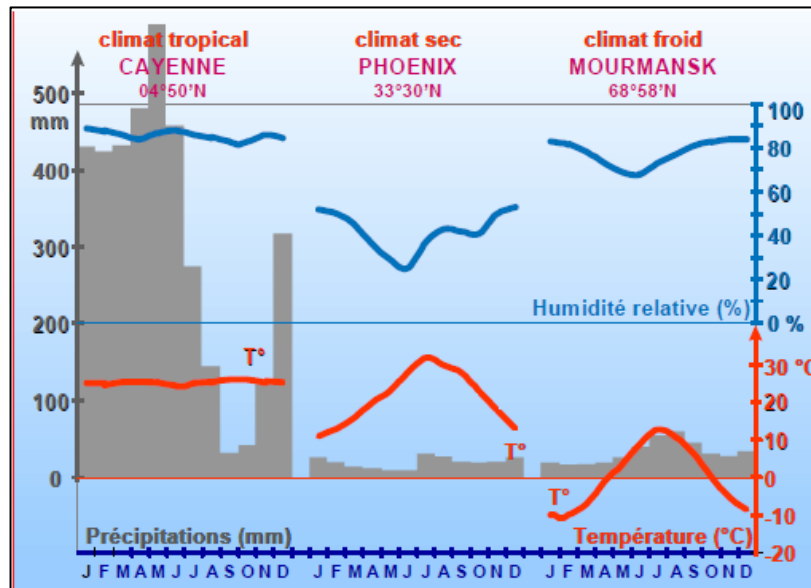


Fig 1.2 : Les données climatiques représentatives de grands climats

Source : Liébard. A et De Herde. A, 2005

- **Les climats tropicaux** : sont les climats de forêt humide, de mousson, ou de savane, ils sont caractérisés par une faible fluctuation saisonnière, avec une température d'air variant entre 27 et 32°C le jour et une humidité autour de 75% pour toute l'année.
- **Les climats secs** : sont les climats des steppes ou des régions désertiques, ils sont caractérisés par une saison chaude et une saison froide, avec une température de l'air, qui varie entre 43 et 49°C le jour, et où l'humidité relative est faible (10 à 55%).
- **Les climats tempérés (secs ou froids)** : ils regroupent une grande variété de climats locaux avec différentes températures, d'ensoleillement, et de précipitations, les climats tempérés en Europe se caractérisent par des températures inférieures ou égales à 10°C.
- **Les climats froids** : en Amérique du Nord et en Asie, ils connaissent un été très bref et humide et un hiver long et faiblement enneigé ou très sec et très froid (Liébard. A et De Herde. A, 2005).

I.1.3. les échelles climatiques

Selon Oke (2004), il y a trois échelles climatiques, elles s'appliquent dans les zones urbaines: les échelles micro, locale et méso (Fig 1.3). Les extensions horizontales et verticales de ces échelles sont présentées dans le tableau 1.1. L'échelle micro comprend les rues, les places, les jardins...etc. L'échelle locale représente les quartiers, tandis que l'échelle méso représente une ville entière. Cité par (Johansson.2006)

Echelle	Niveau urbain	Distance Horizontale
Micro	Canyons, squares, jardins	< 200 – 300 m
Locale	Quartier	100 – 10 Km
Méso	Ville	>10 Km

Tableau 1.1 : Échelles horizontales et verticales de l'atmosphère urbaine
Source : Johansson.2006

D'après (Johansson.2006) au-dessus de ces hauteurs dans le tableau, les effets de microclimat des bâtiments et des objets faibles sont progressivement supprimés. La zone entre le sol et le ciel est appelée couche de canopée urbaine. Cette couche qui constitue la partie inférieure de la sous-couche de rugosité, comprend les bâtiments et les zones qui les entourent, comme les jardins, les rues, les places et les parcs.(Fig1.4)

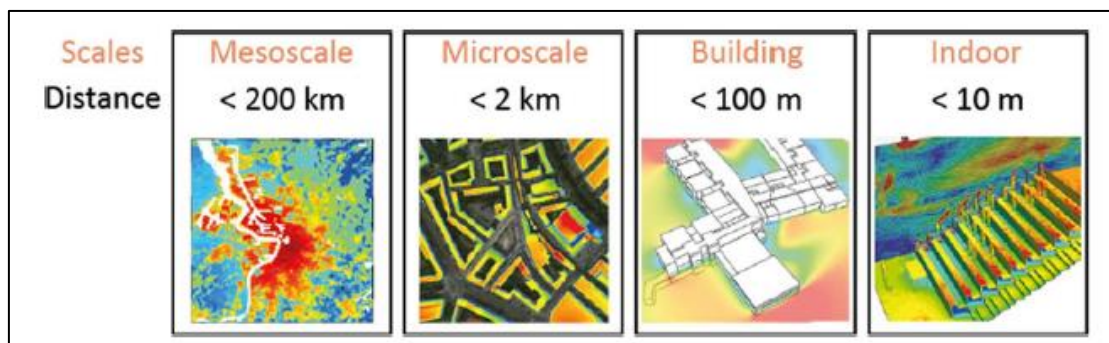


Fig 1.3 : Représentation schématique des échelles spatiales dans la modélisation du climat, avec des dimensions horizontales typiques
Source : Toparlar.2017

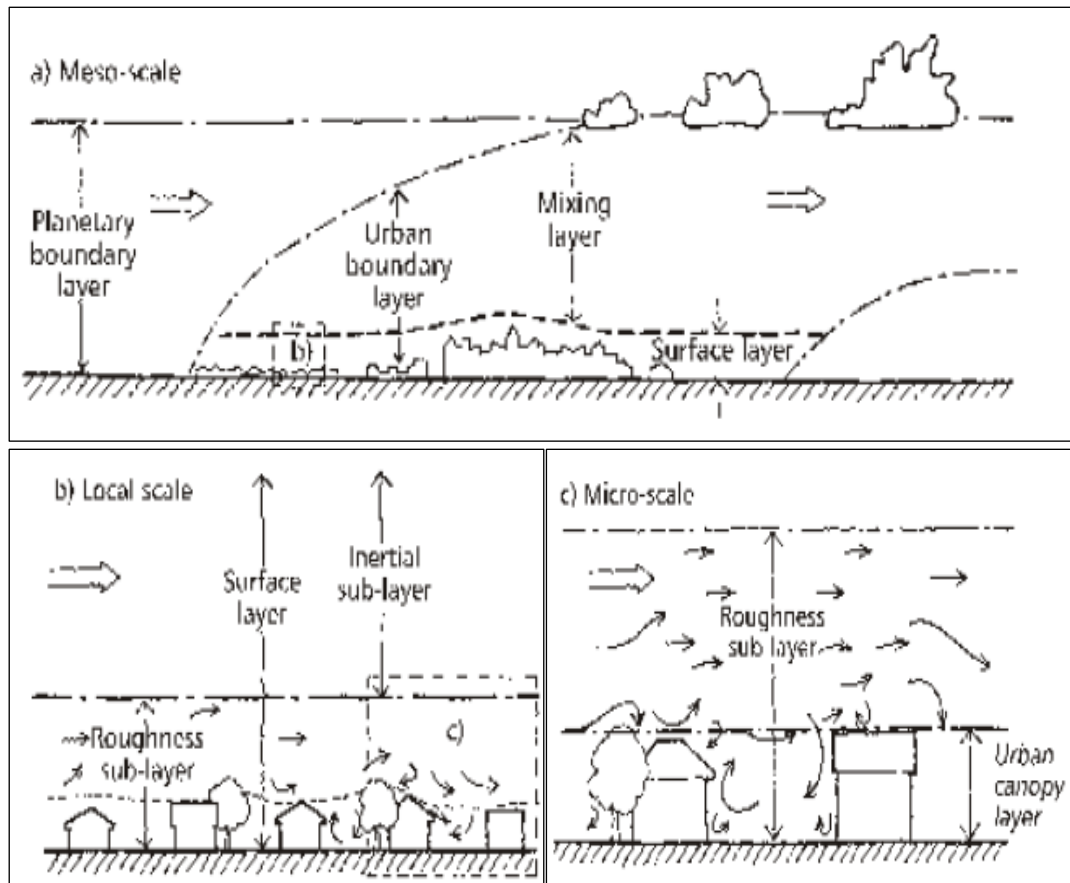


Fig 1.4 : Échelles climatiques dans les zones urbaines: méso, locale et micro-échelle
Source : Johansson.2006

I.1.4. Facteurs affectant le climat urbain

- **Les reliefs :** Les reliefs constituent des obstacles pour l'air qui doit les contourner ou les dépasser, ceci peut se manifester en deux manières différentes (La différence de rugosité, et la variation de l'altitude)

- **Les plans d'eau, les mers, les lacs**

L'eau en général présente un ensemble de caractéristiques :

- Elle se réchauffe et se refroidit plus lentement que l'air.
- Elle est plus humide.
- Sa rugosité est nulle ou très faible si les vagues sont importantes.

- **Le sol**

L'intervention du sol sur le climat local, est en fonction de son albédo, c'est-à-dire avec son pouvoir de réfléchir la radiation solaire, et sa perméabilité, ajoutons aussi

que l'albédo d'un sol dépend essentiellement de sa couleur, de l'eau contenue dans le sol, et l'angle d'incidence du flux solaire.

- La végétation

La couverture végétale modifie les conditions climatiques avec :

- Le changement de la rugosité.
- La variation de l'albédo selon le type de la plante.
- La modification de la température et l'humidité relative sous l'effet de l'évapotranspiration. (Mattalah.M.2015)

I.2 - Le Microclimat

I.2.1- Définition du microclimat

Selon la définition du dictionnaire Larousse, le microclimat est l'ensemble des conditions climatiques d'un espace homogène très restreint et isolé de son environnement général.

Selon Chatzinikolaou, le terme «microclimat urbain» désigne les variations locales de vent, d'humidité, de rayonnement solaire et de température, influencées par des paramètres de morphologie urbaine (infrastructures de construction, végétation, matériaux de surface). Des facteurs clés, comme l'étalement urbain dû à l'expansion rapide de la population humaine et les températures élevées des fréquentes vagues de chaleur, les dernières décennies, affectent le microclimat urbain et les conditions extérieures de confort humain (Chatzinikolaou.2018) (Fig1.5)

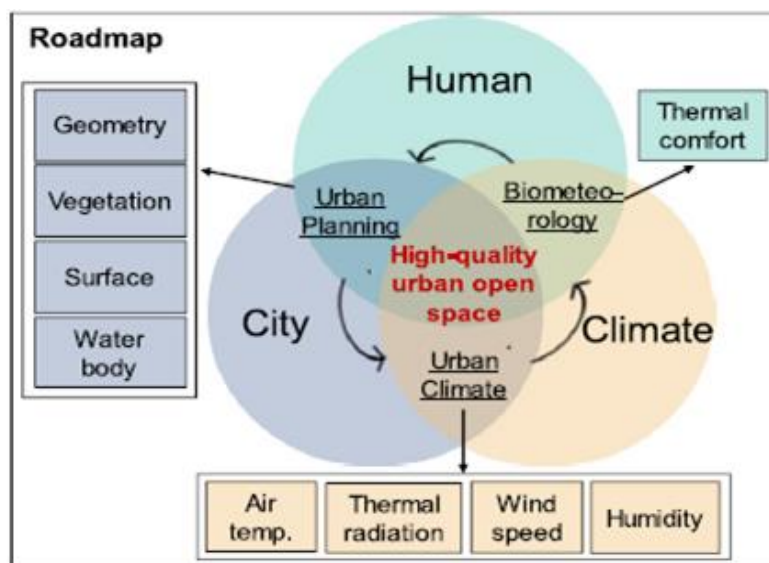


Fig 1.5 : l'interaction entre la ville, le climat et l'être humain

Source : Dayi Lai & al .2019

I.2.2 Les Paramètres du microclimat

Dans une toute petite zone ou quartier, un microclimat localisé peut se développer en fonction des caractéristiques propres au site. Les principaux facteurs contribuant au microclimat dans les zones urbaines comprennent: (Skelhorn.C.P2013)

- Topographie et rugosité aérodynamique, exprimées en longueur de rugosité et déplacement dans le plan zéro.
- Vitesse de l'air.
- Humidité relative.
- Morphologie urbaine, géométrie du canyon urbain et facteur de vue du ciel (SVF).
- Propriétés thermiques des tissus urbains, telles que l'albédo de surface et l'émissivité.
- L'activité humaine, et la chaleur résiduelle des bâtiments et des véhicules.

➤ Le phénomène d'îlot de chaleur urbain

L'îlot de chaleur urbain (ICU) est l'écart de température maximum entre la ville et la campagne environnante ! $T_u-r(max)$, les indices u et r respectivement pour urbain et rural. Cette dénomination vient du fait que la représentation de l'évolution spatiale de la température révèle un pic de température, semblable à un « îlot », au niveau des agglomérations (Fig 1.6). De plus, ce pic est constaté tant au niveau des températures de surface qu'à la température d'air. (Bouyer.J.2009)

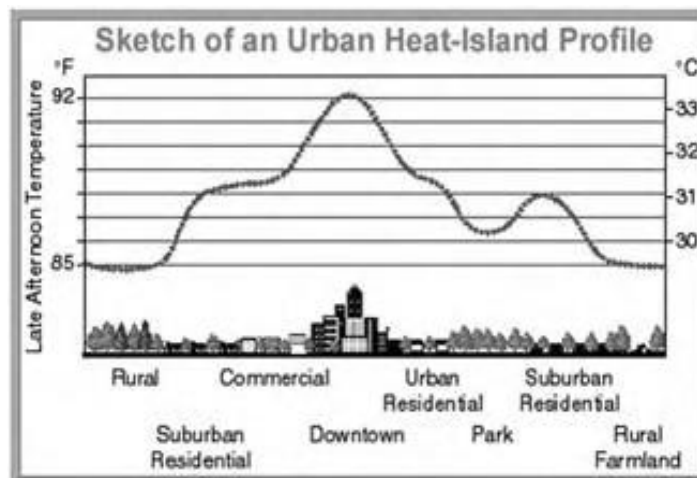


Fig 1.6 : Schéma de l'îlot de chaleur urbain
Source: Marjorie .M, 2007

➤ **L'albédo**

L'albédo est défini comme le rapport du rayonnement total réfléchi au rayonnement incident, c'est une mesure sans dimension de la réflectivité diffuse d'une surface. Il est également appelé coefficient de réflexion. Il est déterminé par les propriétés de surface du matériau. D'une manière générale, les surfaces spéculaires de couleur claire ont les albédos les plus élevés. La quantité de rayonnement réfléchi dépend de l'albédo de la surface (Timmeren. A. van & al.2015). Les surfaces avec un albédo proche de 1,0 reflètent presque toute l'énergie. Les surfaces avec un albédo proche de zéro absorbent la majeure partie du rayonnement. (Fig1.7)



Fig 1.7 : Différents albédos de l'environnement urbain
Source: APUR

➤ **Le facteur de vue du ciel (SVF)**

Le SVF est une mesure du degré auquel le ciel est obscurci par l'environnement, un site où une partie de l'hémisphère du ciel est obstruée par des bâtiments ou d'autres objets aura un SVF proportionnellement plus petit (Timmeren. A. van & al.2015)

Le ciel peut être recouvert de reliefs importants ou de végétation (qui varie d'une saison à l'autre), Le SVF peut également être utilisé pour indiquer la contribution / l'absence de rayonnement solaire et de lumière naturelle dans l'environnement intérieur en raison d'obstructions et cela affecte donc l'éclairage naturel avec une implication également sur le confort humain (López C & al .2016).Le SVF est une représentation en dimension réduite de la forme urbaine et l'une des principales variables des modèles de rayonnement qui estiment le confort thermique extérieur.(Fig1.8)

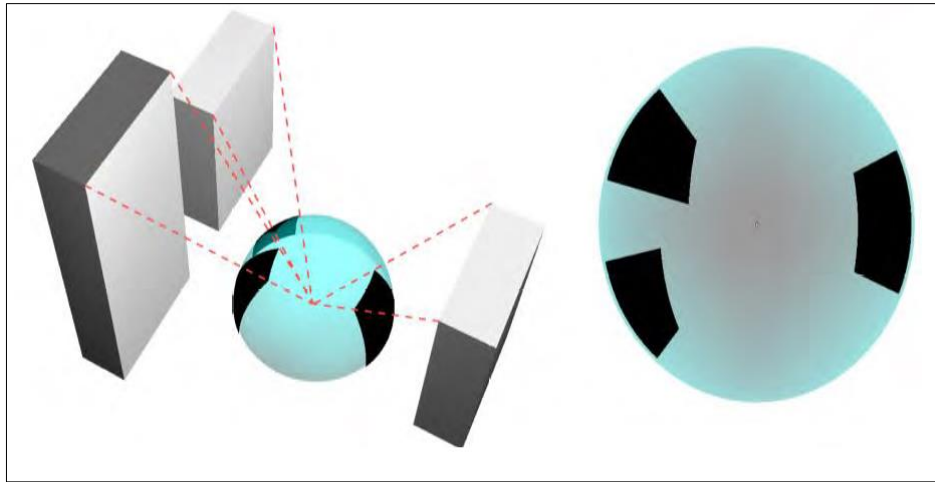


Fig 1.8 : Diagramme conceptuel du SVF projeté sur un hémisphère
Source White.M and Kimm.G.2015

II- Le Confort Thermique

II.1- Définition du confort thermique

Selon (ASHRAE.2004) le confort thermique exprime la satisfaction de l'environnement thermique, qui est estimée par une évaluation subjective, parce qu'il existe de grandes variations, à la fois physiologiques et psychologiques, d'une personne à l'autre, il est difficile de satisfaire tout le monde dans un espace. Les conditions environnementales requises pour le confort ne sont pas les mêmes pour tout le monde. Cependant, de nombreuses données de laboratoire et de terrain ont été collectées et fournissent les données statistiques nécessaires pour définir les conditions qu'un pourcentage spécifié d'occupants trouvera thermiquement confortables.

La zone du confort est définie comme la gamme de conditions climatiques dans lesquelles la majorité des gens ne ressentiraient pas d'inconfort thermique, que ce soit de chaleur ou de froid. (Sayigh,A.& Hamid.A.1998)

II.2- Les facteurs du confort thermique

D'après (ASHRAE.2004), il y a six facteurs principaux qui doivent être pris en compte lors de la définition des conditions de confort thermique. Un certain nombre d'autres facteurs secondaires affectent le confort dans certaines circonstances. 1. Métabolisme 2. Habillement 3. Température de l'air 4. Température radiante 5. Vitesse de l'air 6. Humidité (Fig1.9)

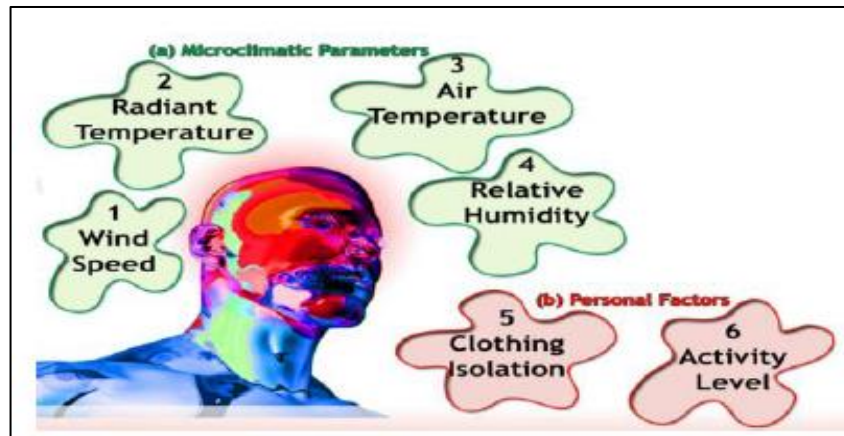


Fig 1.9, Les six facteurs du confort thermique

Source : Setaih .K.2013

D'un autre côté Gaitani et al. (2007) soulignent que la condition de confort thermique humain est déterminée par six facteurs d'interaction principaux, où quatre sont des paramètres physiques et deux sont des paramètres personnels qui devraient être pris en compte pour les calculs des conditions de confort thermique, à savoir

1. Température de l'air ambiant: elle influence le mode convectif de transfert de chaleur ainsi que l'échange d'air sec et humide
2. Vitesse de l'air: elle influence considérablement la convection de chaleur et le pourcentage de perte d'évaporation de notre corps
3. Humidité relative: elle influence la sensation thermique humaine lorsqu'il y a un pourcentage élevé d'humidité dans l'air, en particulier lorsqu'il y a une transpiration accrue;
4. Température moyenne radiante: elle influence le mode de rayonnement du transfert de chaleur.
5. Niveau d'activité: il influence le taux métabolique humain qui est la quantité d'énergie produite par unité de temps.
6. Rapport d'habillement: il influence les échanges thermiques et hydriques entre le corps humain et l'environnement en résistant à l'échange ou en l'aidant.

Ces facteurs sont divisés en deux parties :

II.2.1- Les facteurs liés à l'environnement

1- Température d'air (T_a)

Selon (Parsons. K.C.2002) la température d'air peut être définie comme la température de l'air entourant le corps humain qui est représentative de cet aspect de

l'environnement qui détermine le flux de chaleur entre le corps humain et l'air. La température de l'air à une grande distance du corps humain ne sera pas nécessairement représentative de celle qui détermine le flux de chaleur. La température de l'air très proche du corps (habillé) ne sera pas non plus représentative car elle sera influencée par les «conditions aux limites», par exemple, dans un environnement «froid», il y aura une couche d'air «plus chaud» entourera le corps.

2 -Température moyenne radiante (Tmrt)

La température moyenne radiante est définie comme la température d'une enceinte uniforme avec laquelle une petite sphère noire au point de test aurait le même échange de rayonnement qu'avec l'environnement réel. L'utilisation de la sphère dans la définition montre la moyenne en trois dimensions. Pour une forme non sphéroïdale tel que le corps humain, le concept de température moyenne radiante effective est utilisé: la température d'une enceinte uniforme avec laquelle la surface d'essai aurait le même échange de rayonnement qu'avec l'environnement réel. Cela dépendra sur l'orientation de l'objet dans l'environnement. (Parsons. K.C.2002). L'équation de la température moyenne radiante est comme suit :

$$MRT = \left[(T_g + 273.15)^4 + \frac{1.335 \times 10^8 V^{0.71}}{\varepsilon D^{0.4}} \times (T_g - T_a) \right]^{\frac{1}{4}} - 273.15$$

3- Vitesse de l'air

Le mouvement de l'air à travers le corps peut influencer le flux de chaleur vers et depuis le corps et donc la température corporelle. Le mouvement de l'air variera dans le temps, l'espace et la direction. Une description de la vitesse de l'air en un point pourrait donc être en termes de variation temporelle d'intensité selon trois axes orthogonaux. Le mouvement de l'air (en combinaison avec la température de l'air) affectera la vitesse à laquelle l'air chaud ou la vapeur est «évacuée» du corps, affectant ainsi la température corporelle. La vitesse moyenne de l'air, fournit une valeur globale couramment utilisée pour représenter cet effet sur le corps. (Parsons. K.C.2002)

4-Humidité Relative

C'est le rapport de la pression partielle (ou densité) de la vapeur d'eau dans l'air à la pression de saturation (ou densité) de vapeur d'eau à la même température et à la même pression totale (ASHRAE.2004)

La vapeur d'eau dans l'air exercera une pression de vapeur partielle (Pa). La pression de vapeur à ce stade est appelée pression de vapeur saturée. L'humidité relative à ce stade sera de 100%. La pression de vapeur partielle dans l'air saturé dépendra de la température de l'air: plus la température de l'air est élevée, plus l'air peut contenir de vapeur et donc plus la pression de vapeur partielle sera élevée. La pression de vapeur saturée, P_{sa} (mb) à une température t (° C) est donnée par l'équation d'Antoine:

$$P_{sa} = \exp\left(18.956 - \frac{4030.18}{t + 235}\right).$$

La température de l'air (T_a), la température moyenne radiante (T_{mrt}), la vitesse de l'air (V_a) et l'humidité (H_r) sont donc les quatre variables de base qui devraient être quantifiées (mesurées / estimées) si l'on considère les environnements thermiques humains (Fig1.10). Une dérivation de ce point, et du rôle de la production de chaleur métabolique et des vêtements, peut être faite en utilisant une analyse du transfert de chaleur entre le corps et l'environnement (Parsons. K.C.2002)

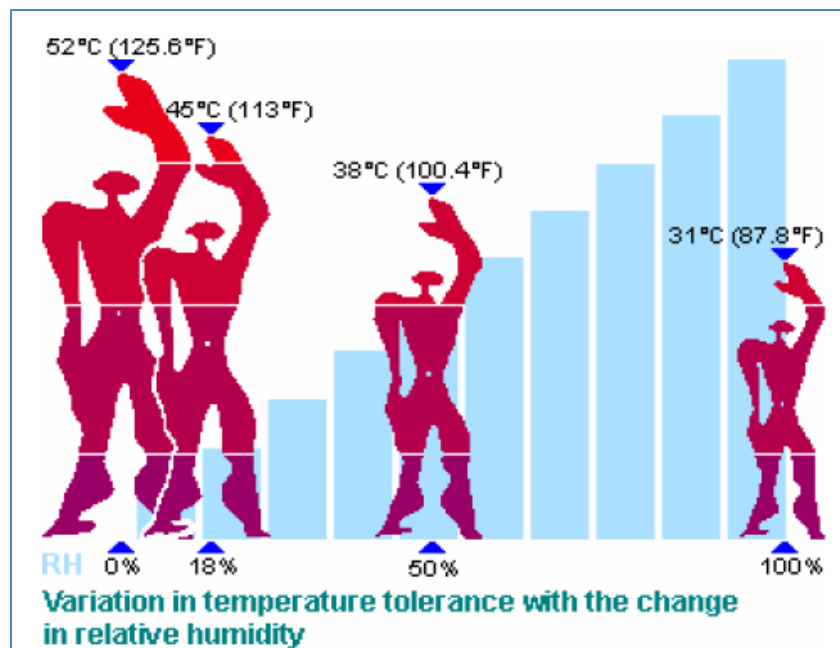


Fig1.10, variation de la tolérance de température avec le changement d'humidité relative

Source : healthyheating.com

II.2.2- Les facteurs liés à l'individu

5- Le Métabolisme (M)

Le taux métabolique (M) c'est le taux de transformation de l'énergie chimique en chaleur et en travail mécanique par les activités métaboliques au sein d'un organisme, généralement exprimé en termes de surface unitaire de la surface corporelle totale. Dans cette norme, ce taux est exprimé en unités métriques(ASHRAE.2004) (Tab1.2)

Activité	M (W)	Mth (W)	W (W)
Sommeil	75	75	0
Assis, au repos	105-110	105-110	0
Secrétariat	125	125	0
Danse 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 (4.8 km/h pente 5 %)	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 1.2 : Métabolisme thermique et activité
Source : Depecker et al. 1989, cité par Vinet.J.2000

6 – l'habillement

Lorsque l'environnement extérieur est respectivement chaud et frais, les niveaux d'isolation sont typiques pour les vêtements portés. La plage de température autorisée pour les valeurs d'isolation des vêtements peuvent être déterminées par l'interpolation entre les limites de 0,5 clo et 1,0 clo, en utilisant les relations suivantes:

$$T_{min, Icl} = [(Icl - 0.5 \text{ clo}) T_{min, 1.0 \text{ clo}} + (1.0 \text{ clo} - Icl) T_{min, 0.5 \text{ clo}}] / 0.5 \text{ clo}$$

$$T_{max, Icl} = [(Icl - 0.5 \text{ clo}) T_{max, 1.0 \text{ clo}} + (1.0 \text{ clo} - Icl) T_{max, 0.5 \text{ clo}}] / 0.5 \text{ clo}$$

Dont :

Tmax, Icl = température limite supérieure pour l'isolation des vêtements Icl,

Tmin, Icl = température limite inférieure de fonctionnement pour l'isolation des vêtements Icl, et Icl = isolation thermique du vêtement (CLO) (Ashrae.2004) (Tab1.3)

<i>Ensemble</i>	<i>Total evaporative resistance—$R_{e,t}$ (kPa m²/W)</i>	<i>Moisture permeability index—i_m</i>	<i>Evaporative resistance of clothing—$R_{e,cl}$ (kPa m²W⁻¹)</i>	<i>Moisture permeability index for clothing—i_{cl}</i>
Men's business suit	0.044	0.37	0.033	0.32
Women's business suit	0.039	0.40	0.028	0.35
Men's summer casual	0.027	0.43	0.015	0.36
Jeans and shirt	0.031	0.40	0.020	0.32
Summer shorts and shirt	0.023	0.42	0.010	0.34
Women's casual	0.026	0.45	0.014	0.41
Women's shorts and sleeveless top	0.022	0.40	0.009	0.27
Athletic sweat suit	0.029	0.45	0.017	0.41
Sleepwear and robe	0.035	0.41	0.024	0.37
Overalls and shirt	0.035	0.40	0.024	0.35
Insulated coverall and long underwear	0.048	0.39	0.037	0.35
Work shirt and trousers	0.037	0.40	0.025	0.34
Cleanroom coverall	0.039	0.38	0.028	0.32
Wool coverall	0.042	0.38	0.031	0.33
Firestop cotton coverall	0.038	0.40	0.027	0.35
Modacrylic coverall	0.038	0.41	0.027	0.36
Tyvak coverall	0.045	0.33	0.034	0.26
Gortex two-piece suit	0.044	0.38	0.033	0.33

Tableau 1.3 : Valeurs d'index pour la gamme d'habillement (CLO)

Source : K.C.Parson. 2002

Il existe un rapport très important entre deux facteurs d'habillement et du métabolisme, cette relation forte entre ces deux facteurs liés à l'individu influera principalement sur le degré de la satisfaction et le confort thermique ressenti (Fig1.11)

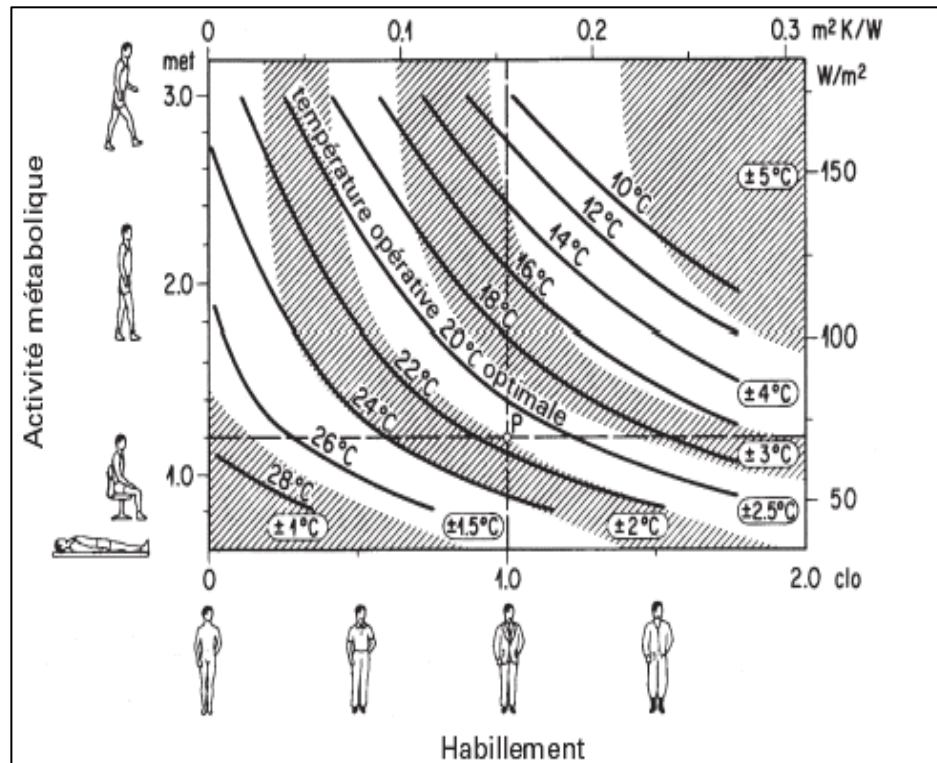


Fig 1.11 : La relation entre l'habillement et l'activité
Source : csbat.net

II.3. Les Indices du confort thermique

Les indices de confort thermique les plus couramment utilisés pour les applications en intérieur sont basés sur le bilan thermique du corps humain, par exemple : la température effective (ET), la température effective standard (SET), le vote moyen prévisible (PMV) et la valeur de la température équivalente physiologique (PET). Ces indices prennent en compte toutes les variables environnementales influençant le confort thermique (Johansson.2006)

A. Le Vote moyen prévisible (PMV) : c'est un indice qui prédit la valeur moyenne des votes d'un grand groupe de personnes sur les sept points de l'échelle de sensation thermique (ASHRAE.2004)

Pour l'indice PMV, Le score idéal est 0 ou neutre. Cela signifie qu'il y a un équilibre thermique du corps humain. Puisqu'un environnement neutre constant est impossible, l'objectif est un score entre +0,5 et -0,5.

B. Le pourcentage prévisible d'insatisfaits(PPD)

C'est un indice qui établit une prédiction quantitative du pourcentage de personnes insatisfaites déterminées par PMV. (Ashrae.2004). Il faut tenir compte qu'au minimum 5% de ces personnes seront toujours insatisfaites par la sensibilité thermique subjective. Une sensation d'inconfort thermique de moins de 10% est le niveau de confort acceptable (PMV +0,5 à -0,5)(Fig1.12)

Le PMV,est l'indice de confort thermique le plus utilisé, il s'est avéré fournir des résultats fiables pour des environnements thermiques proches du confort thermique. Le PMV inclut le niveau d'activité et l'isolation des vêtements

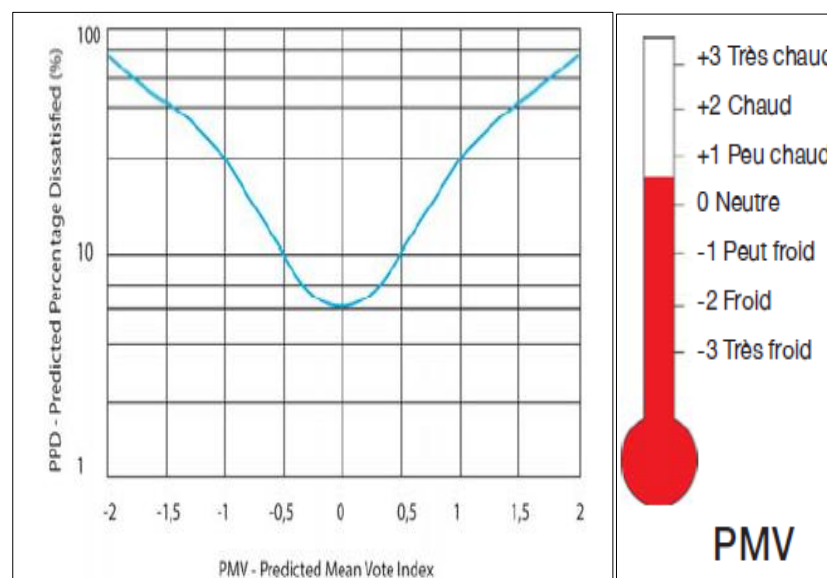


Fig 1.12., La relation entre les indices PPD et PMV

Source : Manuel Testo 480

C. La Température physiologique équivalente (PET)

LaTempérature physiologique équivalente (PET) est un autre indice rationnel. PET est défini comme la température de l'air à laquelle, dans un environnement intérieur typique, le bilan thermique d'un corps humain est maintenu par la température corporelle et cutanée dans des conditions extérieures (Tab1.4). Le PET est préféré à d'autres indices, comme le PMV, en raison de son unité de mesure (C °), ce qui permet aux urbanistes et aux concepteurs d'interpréter plus facilement sans avoir

besoin de connaissances météorologiques ou physiologiques avancées (Elnabawi .M. 2020)

PET (°C)	Perception thermique	Niveau de stress physiologique
< 4	Très froid	Stress -froid- extrême
4.1-8.0	Froid	Stress -froid -Fort
8.1-13.0	Froid modéré	Stress -froid- modéré
13.1-18.0	Légèrement frais	stress -froid-léger
18.1-23.0	Confortable	Pas de stress thermique
23.1-29.0	Légèrement chaud	Stress thermique léger
29.1-35.0	Chaud modéré	Stress thermique modéré
35.1-41.0	Chaud	Stress thermique fort
41.0	Très Chaud	Stress thermique extrême

Tableau 1.4 : Classification de perception thermique selon les valeurs PET

Source : Matzarakis & Mayer.1996

D. L'indice universel de climat thermique (UTCI)

L'indice universel de climat thermique (UTCI) est un indice de confort thermique. L'UTCI est défini comme la température de l'air équivalente d'un environnement isotherme à une humidité relative spécifique, dans laquelle un occupant, portant des vêtements à un niveau quantitatif et à un niveau d'activité, subit la même perte de chaleur totale de la peau par rapport à un occupant dans l'environnement réel. Essentiellement, l'UTCI est une mesure du stress perçu par la chaleur ou le froid des occupants, il est calculée en utilisant la température ambiante, la température moyenne radiante, l'humidité, l'activité des occupants, le niveau des vêtements ainsi que la vitesse d'air, tous mesurés à l'emplacement de l'occupant (Windtech.2020)

Le tableau (1.5) suivant présente les différents indices du confort thermique.

Indices	Définition
PMV: Vote moyen prévisible	Il sert à calculer le vote moyen de la sensation thermique des personnes en se référant à une échelle subjective de 7 points (de -3 à +3) allant du « très chaud » au « Très froid »
PET: Température physiologique équivalente	C'est la température dans laquelle un environnement typique intérieur:

	Tmrt = Tair ; P = 12h Pa, Vair = 0,1 m/s, avec un état thermique du corps humain (activité légère, 0.9clo) est maintenu sous la température du corps.
ET*: Température effective	C'est une température d'un environnement standard (HR=50%, Ta=Tmrt, Vair < 0,15 m/s), Il est calculé pour une activité légère et des vêtements légers.
SET*: Température effective standard	Similaire à ET*, à prendre en compte la variation de l'habillement.
Out_SET*: Température effective standard extérieure	Tout à fait comme la température effective standard, elle est adaptée au niveau de l'espace extérieur, en prenant en considération les flux solaires.
RT: Température résultante	Similaire à la température effective, mais elle est estimée dans une durée plus longue, pour atteindre l'équilibre thermique assumé.
HOP: Température opérative humide	Température dans un environnement uniforme mené par une humidité relative HR=100%, dans laquelle une personne perd la même quantité de chaleur cutanée comme celle d'un environnement réel.
OP: Température opérative	Représente la moyenne de la température de l'air (Ta) et la température moyenne radiante (Tmrt), incluant les rayons solaires et infrarouges pondérés par les coefficients d'échange.
WCI: Indice de refroidissement éolien	Basé sur le taux de perte de chaleur d'une peau exposée, causée par le vent et le froid, et dû en fonction de Ta et Va, adapté aux conditions hivernales.

Tableau 1.5 : Les différents indicis thermiques
Source : Ali-Toudert.R.2005

➤ **L'échelle de la sensation thermique**

La sensation thermique est liée à la façon dont les gens «se sentent», elle est donc une expérience sensorielle et un phénomène psychologique. Il n'est pas possible de définir la sensation en termes physiques ou physiologiques. Cependant, de nombreuses études ont corrélé les conditions physiques et la réponse physiologique à la sensation thermique et c'est à partir de ces études que des modèles de prédiction de la sensation thermique de groupes d'individus ont été basés (K.C.Parsons 2002)

Les échelles de la sensation thermique supposent des intervalles égaux entre les expressions de la sensation thermique. Ainsi, le degré d'écart par rapport aux conditions neutres ou optimales de confort thermique est transféré en nombres, plutôt qu'en expressions. Une telle transformation des faits d'expressions en nombres a permis aux travailleurs d'enquêter plus avant sur les pourcentages de réponses des individus à certaines conditions. Les conditions varient en fonction de l'environnement, du niveau d'activité humaine et des facteurs d'ensoleillement. Fanger a suggéré cette échelle de sensation thermique, avec une neutralité à zéro, avec des valeurs négatives dans le froid et positives sur le chaud (Sayigh,A. &Hamid.A. 1998)(Fig1.13)

Expression	Cold	Cool	Slightly cool	Neutral	Slightly warm	Warm	Hot
ASHRAE	1	2	3	4	5	6	7
Fanger	-3	-2	-1	0	1	2	3

Fig 1.13 : L'échelle de sensation thermique
Source: Sayigh.A.&Hamid.A 1998

II.4. Les échanges de la chaleur entre le corps humain et son environnement

Le confort thermique dépend, dans une large mesure, de l'équilibre entre la chaleur produite par le corps, le rayonnement reçu et perdu par le corps vers l'environnement environnant par : **le rayonnement, la convection, l'évaporation et la conduction.** Les activités, l'âge, les vêtements, jouent un rôle important dans la perception du confort thermique. Les gens perçoivent le confort thermique différemment selon leurs stratégies et circonstances d'adaptation particulières. (UNDP. 2005)

La détermination du transfert de chaleur entre un corps humain et son environnement nécessite non seulement des paramètres humains tels que l'habillement ou l'activité, mais aussi des paramètres physiques décrivant l'environnement thermique. Il existe quatre paramètres de base qui sont les plus couramment utilisés pour décrire l'environnement thermique urbain, la température de l'air, le rayonnement thermique, la vitesse du vent et l'humidité, sont nécessaires pour décrire l'environnement thermique humain dans les espaces ouverts urbains. Le paramètre le plus compliqué parmi les quatre paramètres de base c'est la Radiation thermique. Le rayonnement thermique dans un espace ouvert urbain est généralement décrit par la température radiante moyenne T_{mrt} , qui est définie comme la

température de surface uniforme d'un espace imaginaire où le filet de transfert de chaleur rayonnante entre un corps humain et l'espace est égal au transfert de chaleur dans une enceinte réelle avec des températures non uniformes (Dayi Lai.2019) (Fig1.14)

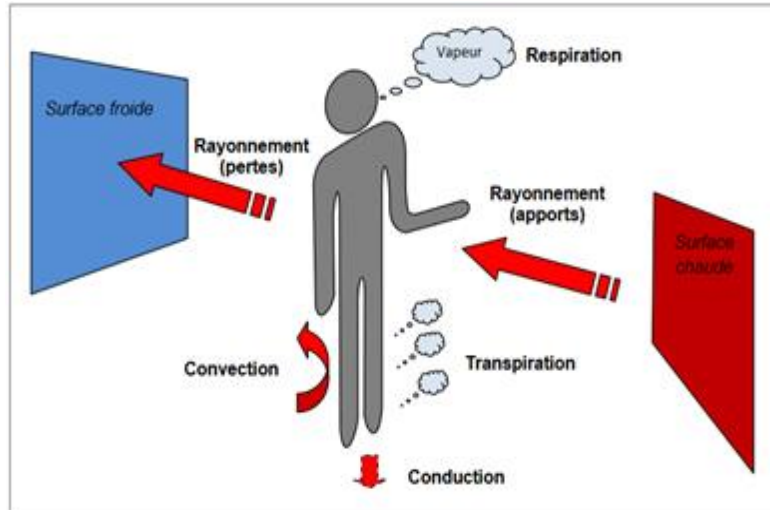


Fig 1.14, échange thermique entre le corps humain et son environnement
Source : AGEDEN.org

Le rayonnement à ondes courtes comprend le rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi du soleil, tandis que le rayonnement à ondes longues provient du ciel et de surfaces solides telles que les façades de bâtiments et le sol (Fig1.15). En conséquence, la température de surface de l'environnement, comme la chaussée et les murs des bâtiments, peut être utilisée comme une indication du niveau de rayonnement à ondes longues. (Dayi Lai.2019) (Fig1.16)

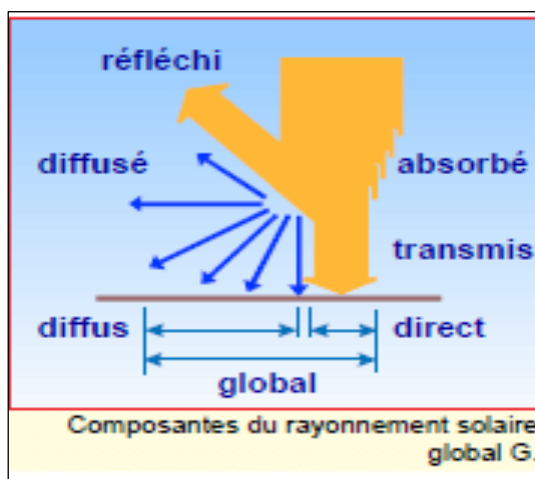


Fig 1.16, Les différents types du rayonnement solaire
Source: Liébard. A et De Herde. A, 2005

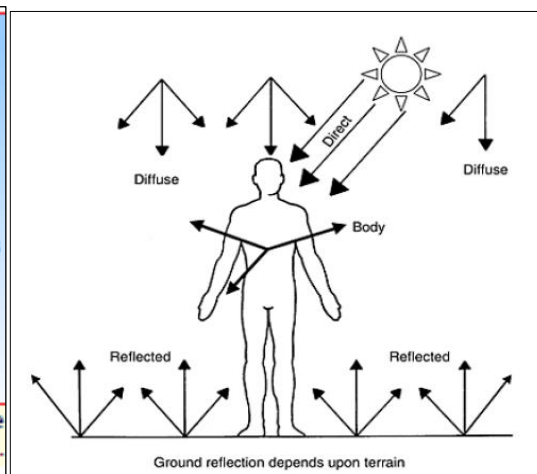


Fig 1.15, Les rayonnements solaires avec le corps humain
Source : K.C.Parsons1998

II.5. Des outils d'évaluation de l'environnement thermique

A- Le modèle de Fanger

L'équation de Fanger (1972) s'applique à l'intérieur et suppose des conditions de confort. La résolution de cette équation fournit le vote moyen prévu (PMV), le PMV indique le confort lorsqu'il est autour de zéro (-0,5 à +0,5). L'écart par rapport à zéro est appelé contrainte thermique et varie sur une échelle de sept points de -3 (contrainte à froid) à +3 (contrainte thermique) (Latini.G& al.2010)

L'équation de confort de Fanger est la plus couramment adoptée. Elle est basée sur des expériences avec des personnes, d'âge universitaire américain, exposées à un environnement uniforme dans des conditions d'équilibre. L'équation de confort établit la relation entre les variables d'environnement, le type de vêtements et les niveaux d'activité. Elle représente le bilan thermique du corps humain en termes d'échange thermique net résultant des effets des six facteurs. La satisfaction de l'équation est une condition nécessaire pour un confort optimal (Sayigh.A& Hamid.A.1998)

$$\begin{aligned} & (M/A_{Du})(1-\eta) - 0.35[43 - 0.061(M/A_{Du})(1-\eta) - P_a] \\ & - 0.42[(M/A_{Du})(1-\eta) - 50] - 0.0023(M/A_{Du})(44 - P_a) - 0.0014(M/A_{Du})(34 - t_a) \\ & = 3.4 \times 10^{-8} f_{cl} [t_{cl} + 273]^4 - (t_{mrt} + 273)^4 + f_{cl} h_c (t_{cl} - t_a) \end{aligned}$$

Le modèle de Fanger traduit l'équation de l'équilibre thermique du corps humain. Il combine les six facteurs déjà cités pour calculer l'indice de confort. L'indice de PMV se mesure sur une échelle de sensation thermique à 7 niveaux. Il a été validé, à la fin des années 70 par enquête statistique sur un grand nombre de personnes (500) placées dans des conditions thermiques données. Il permet de mesurer une sensibilité à différents paramètres comportementaux et d'ambiance (Bornarel.A.2014).

B- Le diagramme d'olgay

Olgay définit d'abord une «zone de confort» en termes de température (axe vertical) et d'humidité relative (axe horizontal). La méthode Olgay, basée sur une carte bioclimatique, a été la première tentative de systématisation de l'intégration des conditions climatiques dans la conception des bâtiments. C'est une méthode utile pour évaluer les conditions de confort ou d'inconfort pour un environnement ciblé. Il recommande également les exigences de confort appropriées pour chaque zone hors de la zone de confort (Fig 1.17). Malgré son objectif principal, évaluer les critères de

confort pour les environnements extérieurs et intérieurs, la méthode d'Olgay a prouvé son application majeure pour les environnements extérieurs (Lapithis.P.2018)

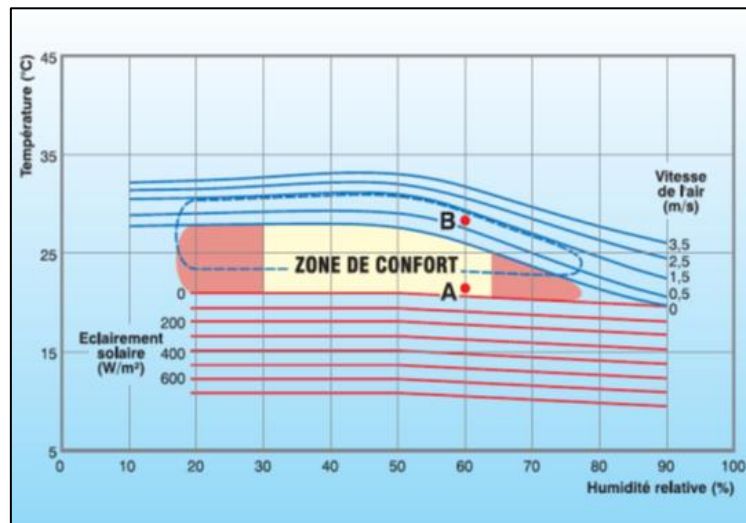


Fig 1.17, Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air (d'après Olgay)
Source : Liébard. A et De Herde. A, 2005

C- Le diagramme de givoni

La méthode Givoni consiste à définir une zone de confort sur la carte psychrométrique. Cette zone de confort représente la gamme des conditions climatiques extérieures dans lesquelles une personne se sentirait à l'aise. Il délimite les plages acceptables de température et d'humidité relative pour chaque zone. Les caractéristiques climatiques des conditions climatiques extérieures inconfortables sont également indiquées sur le graphique(UNDP.2005) (Fig1.18)

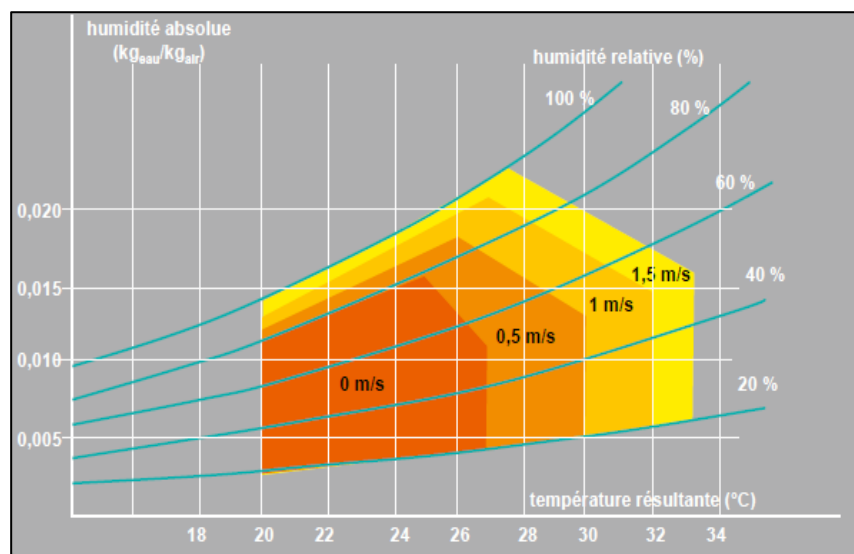


Fig 1.18, Diagramme de Givoni
Source: Bornarel.A.2014

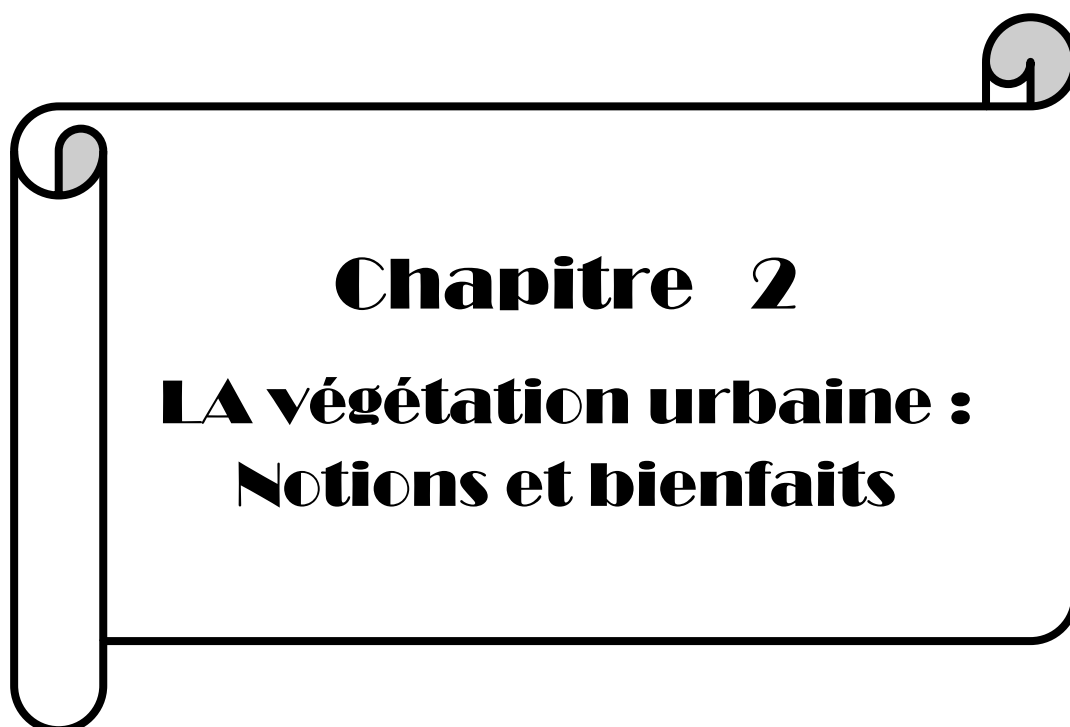
CONCLUSION

Ce chapitre englobe une vision globale et générale sur les concepts de base et qui touche essentiellement les concepts primordiaux de climat, de microclimat, et de confort thermique.

En premier, on a abordé la notion du climat, en distinguant l'existence de plusieurs catégories de climats différents (sec, tempéré, froid...), ainsi qu'on a vu les échelles de classification des climats et leurs différents facteurs, qui influent directement sur la transformation et le changement des climats. Par la suite on a présenté une signification du terme microclimat urbain ainsi que leurs différents paramètres et facteurs variés.

Après, la notion du confort thermique a été bien expliquée. Le confort thermique est basé sur six facteurs primordiaux, qui sont la température de l'air, la température moyenne radiante, la vitesse de l'air, l'humidité relative, l'habillement et le métabolisme, dont la température moyenne radiante est considérée comme un paramètre très important pour contrôler le confort thermique.

Différents indices thermiques ont été présentés, notamment les indices les plus connus PMV, PPD, PET, SET, UTCI, ET...etc. Ces indices servent immédiatement à tester, estimer, évaluer le degré du confort thermique extérieur des usagers dans l'espace public à travers divers outils et programmes.



Chapitre 2
LA végétation urbaine :
Notions et bienfaits

INTRODUCTION

A travers ce chapitre, on va aborder la notion de la végétation urbaine en général, et de l'espace vert en particulier, On va donc entamer la présentation de cette notion, ainsi que noter et montrer les différents éléments constituant l'espace vert dans toutes ses formes et typologies.

Il est évident que la végétation joue un rôle très important lors de sa présence dans les espaces publics de la ville. Considérée comme étant le poumon de la ville, elle joue également, plusieurs rôles et fonctions qui agissent sur la ville en général et les usagers en particulier.

La deuxième partie du chapitre sera consacrée à la présentation de l'importance des espaces verts en général dans la ville, en mettant la lumière sur ses multiples fonctions et rôles urbanistiques, économiques, sociologiques,...etc , en notant également les bienfaits de la végétation urbaine au sein des tissus urbains, ainsi que sur la population, notamment son effet sur l'écologie urbaine et sur le microclimat et l'environnement thermique dans les espaces extérieurs.

I. La notion d'espace vert urbain

L'espace vert est un terrain partiellement ou complètement recouvert d'herbe, d'arbres, d'arbustes ou d'autres végétaux.

La notion d'espace vert est un terme couramment utilisé pour désigner toute terre végétalisée telle que les parcs, les voies vertes, les espaces ouverts, les terres vacantes, les jardins...etc. Les espaces verts comprennent une grande variété de sites et d'usage; Il y a les jardins public où se rencontrent les usagers, le parc où les enfants du quartier jouent, les terrains de jeux et des sports récréatives et l'organisation de compétition, le jardin potager donnant des produits alimentaires...etc (Rakhshandehroo .M. 2017)

III. Les éléments de l'espace vert

L'espace vert englobe des éléments primordiaux constitutifs, qui sont: les arbres, les arbustes, les fleurs, les plantes grimpantes, les haies et les enherbements. (Ali-Khodja .A 2011) (Fig 2.1)

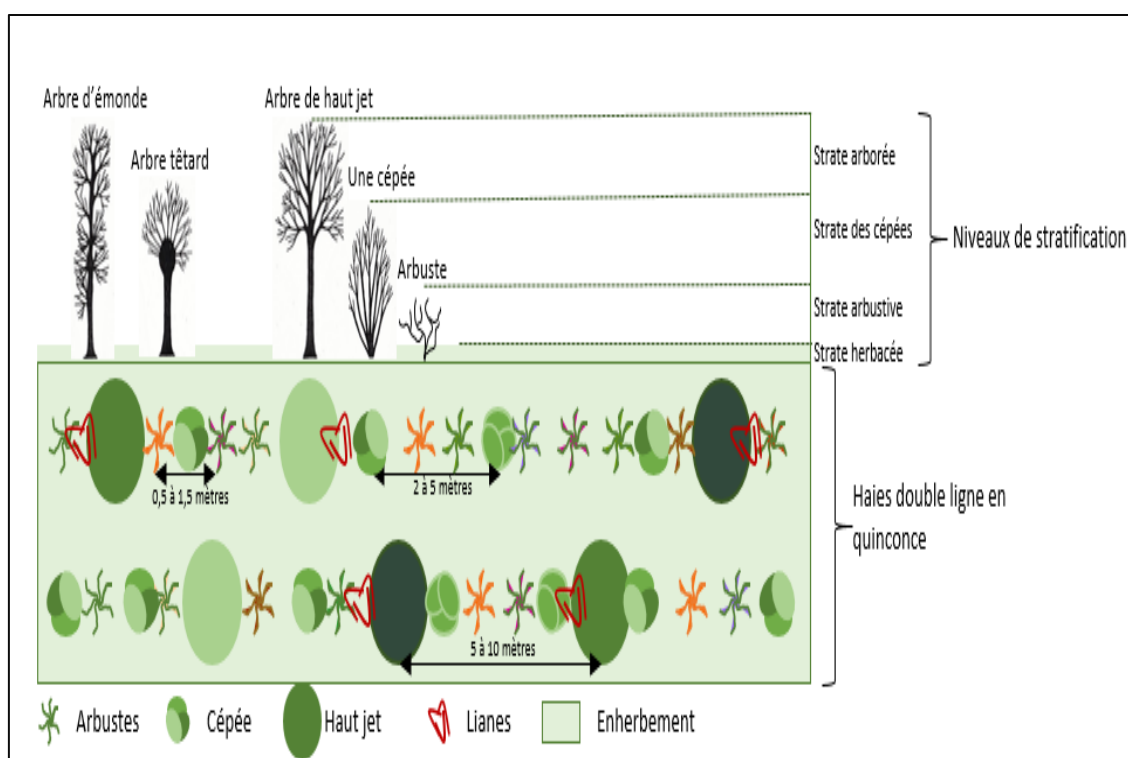


Fig 2.1.les éléments de l'espace verts

Source : jardiner-autrement.fr

III.1.Les arbres

Un arbre est une espèce végétale caractérisée par un tronc et des branches ramifiées, il se fixe dans la terre grâce à ses racines.

Les arbres sont en majorité des angiospermes et peuvent avoir un feuillage caduc ou persistant selon les espèces.

➤ **Le palmier**

Le palmier est considéré comme le type d'arbre le plus abondant dans les régions arides.

Le palmier est le principal composant de l'oasis, car c'est celui qui garantit son existence écologique, et il garantit la protection nécessaire et suffisante pour faire face aux divers phénomènes naturels du climat rigoureux du désert (Fig 2.2). Le palmier est considéré comme un arbre très sensible et nécessite des quantités d'eau considérables, mais il peut résister au soleil du désert, et en plus de ses hauteurs considérables, il crée en même temps un espace spacieux et ombragé. Les palmiers sont des forêts agricoles à plusieurs étages. Ces espaces que l'homme peut exploiter dans plusieurs domaines tels que l'agriculture, et planter différents arbres fruitiers tels que grenadiers, oliviers, figuiers et quelques autres arbres qui se sont adaptés à l'atmosphère ombragée créée par les palmiers, et sous ces arbres fruitiers il y a des types de cultures et certains travaux d'horticulture et généralement représentée par des herbes, comme les herbes médicinales, les mauvaises herbes pour animaux...etc. Ce type d'agriculture a été appelé agriculture à plusieurs étages, qui est une exploitation réelle et complète du sol et de l'eau disponible dans le sol (Ahriz.A. 2018)



Fig 2.2 Une vue sur le palmier
Source : le-semeur.net.2018

III.2. Les arbustes

Les arbustes peuvent s'élever jusqu'à quatre mètres de hauteur et définir l'espace de façon efficace. Les arbustes épineux peuvent augmenter l'effet de barrière, constituant des clôtures naturelles hermétiques ou des écrans. (Fig2.3)

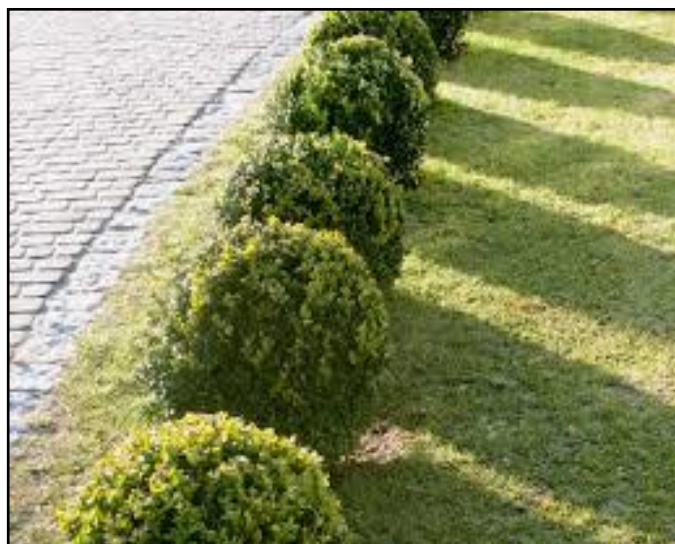


Fig 2.3 une série des arbustes
Source : jardinaje.lemonde.fr

III.3. Les Fleurs

Les fleurs qui présentent une variété infinie peuvent agrémenter l'espace urbain. Elles peuvent enjoliver, par leurs taches colorées les pelouses. Lorsqu'elles ne constituent pas un motif décoratif en elle-même; une surface de pelouse ou de plantes tapissantes peut également contribuer à mettre en relief les massifs de fleurs.

La présence de fleurs apparaît nécessaire sur les lieux très fréquentés tels que les gares, les mairies, les postes, écoles, crèches, les squares ou les places. Les axes de circulations comme l'entrée de la ville, les carrefours, les rues principales, les rues piétonnes peuvent être aussi agréablement soulignées par des massifs de fleurs. (Ali-Khodja .A 2011)

III.4 Les plantes grimpantes

Les plantes grimpantes, généralement utilisées afin de tapisser les parois minérales et les sols contre l'ensoleillement, et pour réduire l'éblouissement ou pour masquer et verdier des surfaces qui ne sont pas agréables au regard (Fig 2.4)

Parmi les plantes grimpantes, on peut distinguer les plantes dites radicales qui s'attachent aux constructions grâce à de petites racines aériennes, les plantes volubiles

dont les tiges s'enroulent autour des supports, les plantes à vrilles dont certaines feuilles se transforment en filaments et les arbustes sarmenteux dont les branches longues et fines peuvent être palissées (Ali-Khodja .A 2011).



Fig 2.4 les plantes grimpantes sur une pergola
Source : pinterest.fr

III.5 Les haies :

Les haies correspondent à des écrans de verdure destinés à protéger, à limiter ou à séparer. Ainsi définie, la haie peut avantageusement remplacer des clôtures ou murs dans l'espace urbain. Il existe plusieurs types de haies : les haies taillées formées de plantes de même espèce pouvant atteindre deux mètres de hauteur, les haies libres dont la plantation est laissée libre de se développer naturellement, les haies vives constituées d'arbres et d'arbustes non taillés et les massifs composés (Fig2.5).



Fig 2.5 un exemple des haies détaillées
Source : tripadvisor.fr

III.6.L'enherbement :

Le terme enherbement comprend le gazon, la pelouse et la prairie.

- Le gazon est un tapis vert à l'aspect visuel compact, uniforme. Il est constitué d'une espèce ou une association de deux ou trois espèces essentiellement de la famille des graminacées dont la hauteur ne dépasse pas trois à cinq centimètre.
- La pelouse est un tapis étendu plus ou moins régulier composé principalement de graminacées. Elle est utilisée pour les espaces verts périurbains et les espaces verts d'accompagnement de voiries suburbaines.
- La prairie est en grande partie ou totalement dépourvue d'arbres, couverte d'une végétation basse et continue où les graminées sont prédominantes. L'utilisation de la prairie est une réalité très récente et encore peu pratiquée du paysage urbain (Ali-Khodja .A 2011)

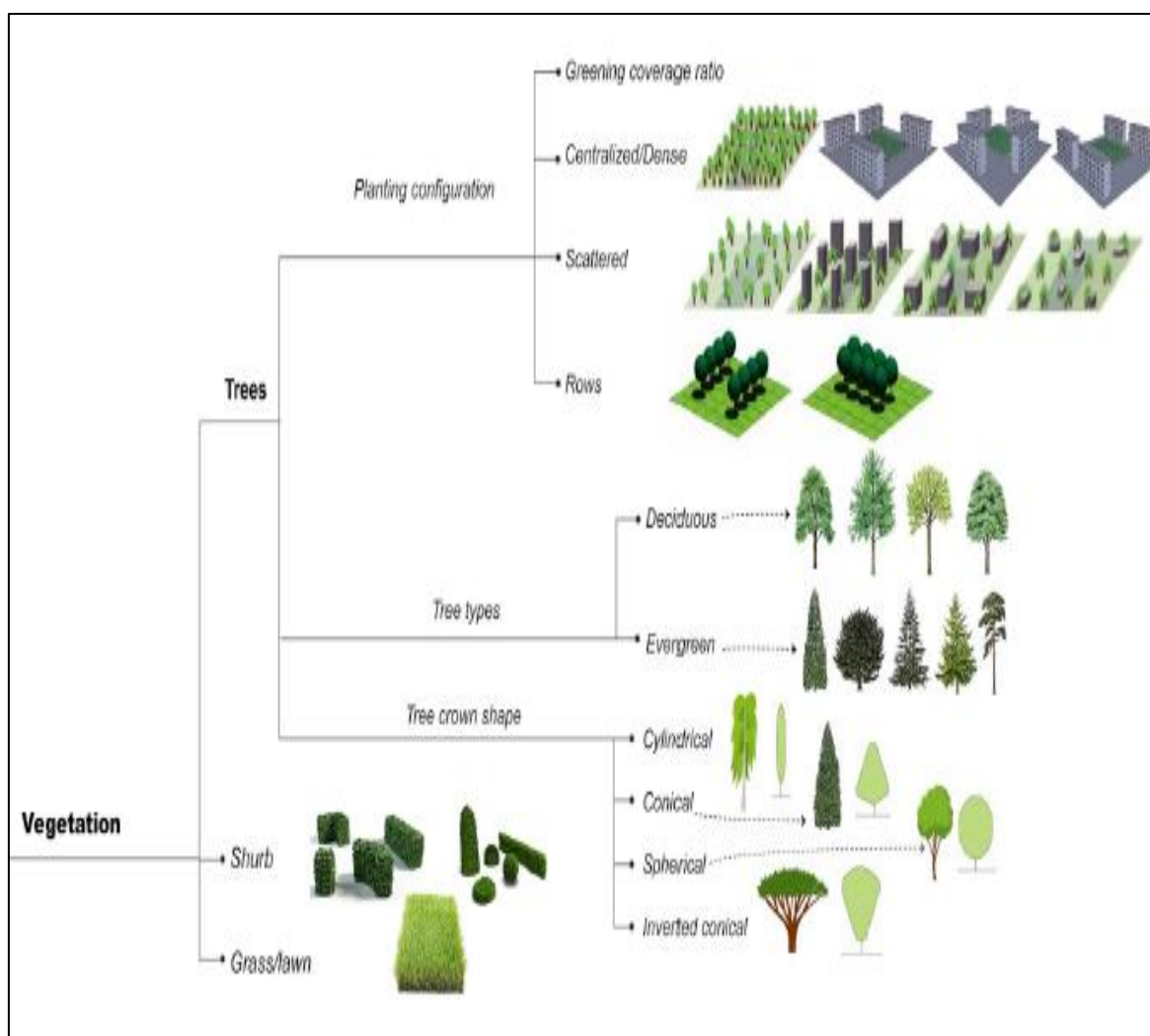


Fig 2.6. Les types de la végétation
Source : Jianwei Li.2020

IV. Les bienfaits et les fonctions de l'espace vert :

Les espaces verts fournissent des endroits de différentes fonctions : sociales, économiques, éducatives, écologiques....etc, et divers effets significatifs sur la biodiversité, sur le microclimat et la diminution de l'effet d'îlot de chaleur urbain par une plus grande évapotranspiration. De plus, les effets de la végétation sur le climat urbain sont importants même dans le cas de petits espaces verts, comme les jardins et squares de quartier (Fig2.7). Les espaces verts du centre-ville sont particulièrement importants pour améliorer la qualité de l'air grâce à l'absorption de gaz polluants comme l'ozone et à la forte capacité de fixation des poussières particulaires des feuilles. (Heidt.V and Neef.M.2008)

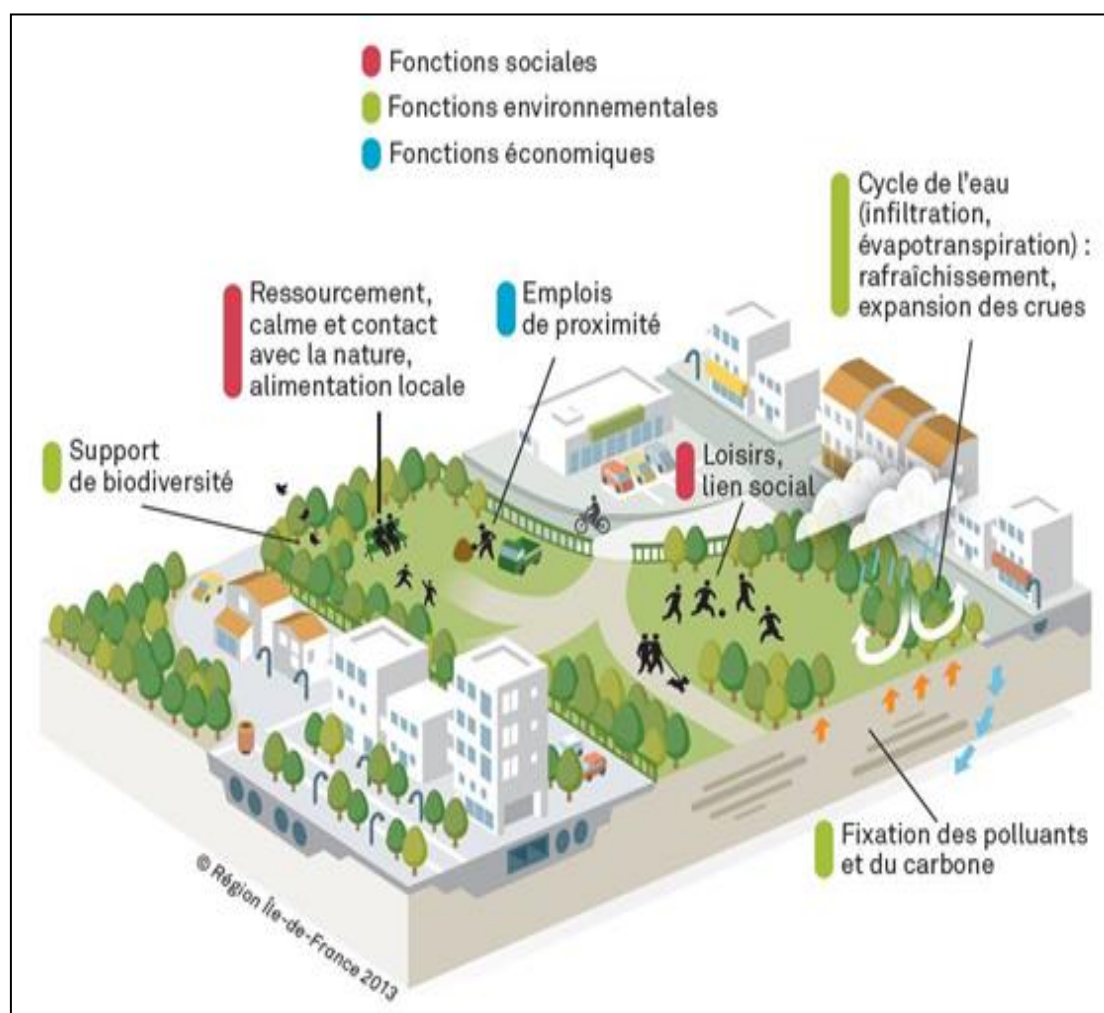


Fig 2.7 : Une vision générale sur les fonctions de l'espace vert urbain
Source : Région Île-de-France_2013

IV.1 L'effet sur l'écologie et la biodiversité

Les arbres sont les éléments fondamentaux de l'écosystème urbain ils permettent la présence de nombreux êtres vivants en ville comme : insectes, oiseaux, mammifères et communautés végétales. La diversité des espèces d'arbre contribue à la diversité de la faune et de la flore dans le tissu urbain de la ville.

La végétation peut jouer un rôle à la fois pourvoyeur (émission) et épurateur (dépôt) de polluants. Ces processus de dépôt et d'émission sont sous l'influence du microclimat notamment le rayonnement, le vent, la température et l'humidité. Leur bilan est donc très variable selon les saisons et les quartiers, en fonction des espèces présentes et de leur densité, des conditions météorologiques et de la morphologie du tissu urbain (Brunet.Y.2017)

Les feuilles qui sont en plein soleil «feuilles de soleil» sont plus épaisses avec plus de couches de cellules photosynthétiques emballées, pour profiter de la lumière abondante. Sur une feuille de soleil, il y a plus de stomates - les pores qui s'ouvrent pour laisser entrer le CO₂ - afin que la feuille puisse profiter de niveaux de lumière élevés pour apporter plus de CO₂ pour la photosynthèse lorsqu'elle a suffisamment d'eau. (Jonathans A.2007)

Les bienfaits des arbres sont reconnus tant en ce qui concerne leur action sur le climat, notamment pour l'atténuation des pics de chaleur ou la séquestration du gaz carbonique, que pour leur rôle dans la gestion de l'eau pluviale ou la lutte contre l'érosion (Maaoui .M.2014)

D'une manière globale la présence de la végétation et les arbres contribuent à l'absorption du gaz carbonique et à l'enrichissement de l'atmosphère en oxygène, Ils produisent l'oxygène nécessaire à tout être vivant qui respire grâce aux mécanismes de la photosynthèse. Ils filtrent également les petites poussières dans l'air. Les plantations réduisent les polluants. (Fig 2.8)

Ainsi que la végétation contribue au rafraichissement de l'air ambiant en modifiant le degré d'humidité locale grâce à la production de la vapeur d'eau dans l'atmosphère par l'évapotranspiration.

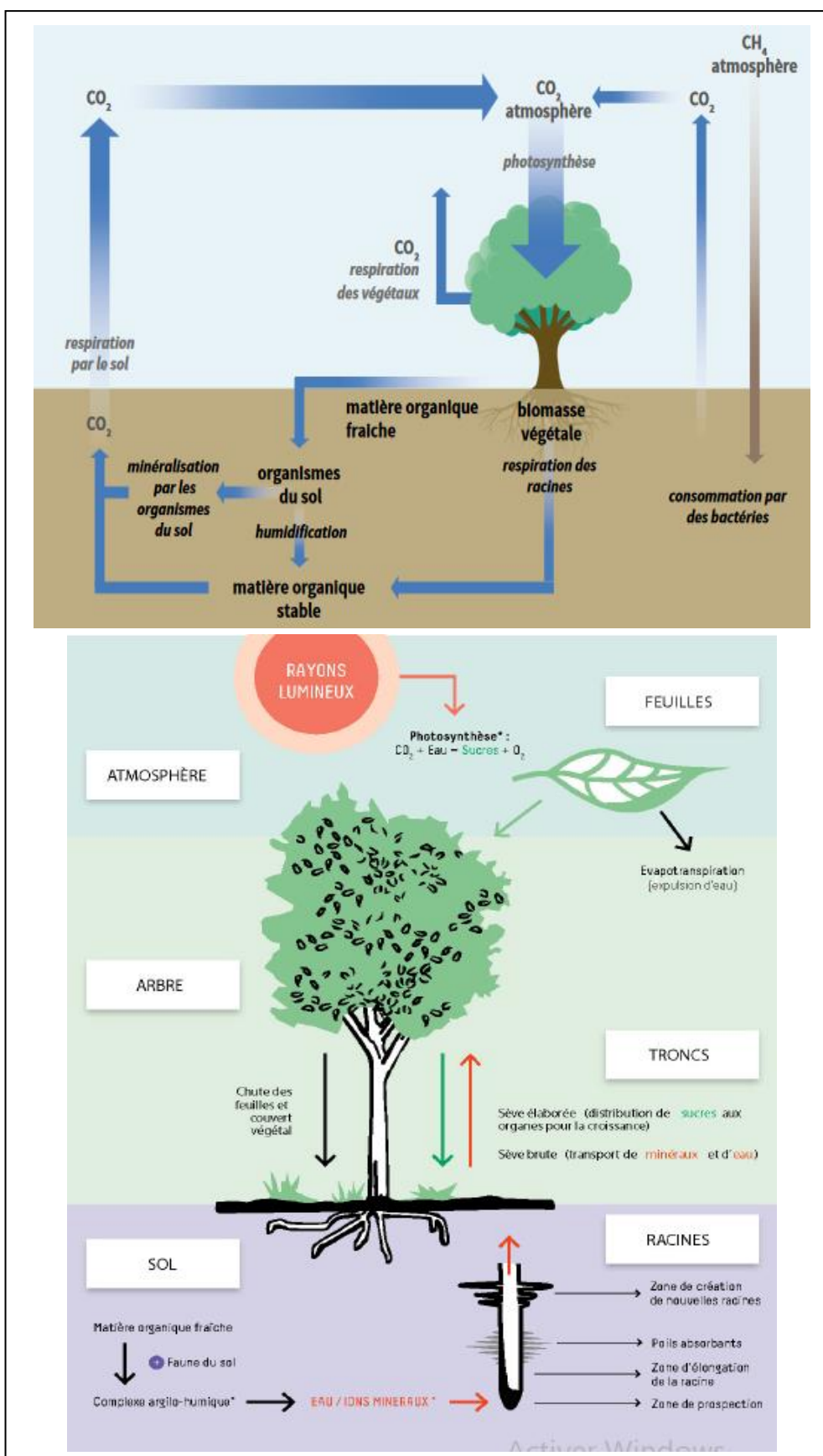


Fig 2.8 : l'arbre comme outil de préservation de l'écosystème
Source : ademe.fr / arbres.grenoblealpesmetropole.fr

IV.2. L'effet sur l'économie

Les espaces verts diminuent les coûts de climatisation et de chauffage, lorsqu'ils sont choisis en fonction des caractéristiques recherchées et qu'ils sont plantés à des endroits stratégiques qui tiennent compte de la direction des vents dominants et de l'orientation de la maison.

Les espaces verts génèrent de l'emploi par des services offerts par les entreprises spécialisées dans le domaine de l'arboriculture, et de la foresterie urbaine. Parce que la création, l'entretien et la gestion des espaces verts créent également des opportunités d'emploi et peuvent avoir des avantages indirects pour les économies locales en encourageant de nouveaux investissements et le développement immobilier dans l'espace (UBOC.2014)

L'espace vert aussi sert à l'augmentation de la valeur d'un lieu. Par la demande supérieure des lieux procurant un niveau de qualité de vie plus élevé la valeur foncière des terrains situés dans un environnement arboré augmente. Un quartier boisé ou végétalisé bénéficie donc d'une amélioration de son image (Fig2.9). Les retombées sont tangibles en termes touristiques ou d'implantation de site économique (OGE ,2014)



Fig 2.9. : Jardin Potager en milieu urbain
Source :treehugger.com

IV.3. L'effet sur la vie sociale :

Les espaces verts publics créent des opportunités de contact entre des personnes de milieux sociaux. Ces interactions sont autant de moyens de participer à la vie des citadins et développer un sentiment de convivialité. L'attachement communautaire semble renforcé par la présence d'espaces verts de qualité à proximité des zones de résidence denses.

Les espaces verts permettent aussi l'organisation d'événements, d'actions pédagogiques participatives dans les jardins et les parcs sont autant d'opportunités de rencontres et d'échanges. (Pauline.L& al.2013).

Les espaces verts urbains jouent également un rôle dans l'amélioration de la vie sociale des citoyens. De plus, les espaces verts urbains, en particulier les parcs urbains de toutes tailles, servent de ressource à proximité pour la détente et les loisirs. Les espaces verts des villes permettent le contact avec la nature. Ainsi les espaces verts et les arbres apportent une chaleur émotionnelle et une douceur à la vie citadine, par opposition à la dureté du béton et du pavé (Heidt.V et Neef, M.2008) Ils peuvent également ajouter un sentiment d'intimité aux usagers d'un côté et d'interaction sociale d'un autre côté entre toutes les catégories des citadins de la ville (Fig2.10).



Fig2.10 : les activités sociales dans les espaces verts
Source : alamy.com

IV.4. L'effet sur la santé et le bien être

La fréquentation des espaces verts améliore le bien-être mental, réduisant l'anxiété et les problèmes de santé mentale. Les espaces verts urbains offrent des espaces agréables pour se détendre et méditer. Les espaces verts encouragent l'activité physique en offrant un environnement agréable dans lequel on fait de l'exercice; les sentiers forestiers linéaires encouragent la marche et le vélo, tandis que les grands parcs sportifs et communautaires encouragent une activité physique plus formelle, favorisant une plus grande activité sociale et des relations de voisinage plus solides. Cela peut être particulièrement important pour maintenir une qualité de vie élevée pour les personnes âgées (UBOC.2014)

Ainsi que, la pratique d'une activité physique accrue et la réduction de l'obésité sont les deux bienfaits les plus communément associés à la présence de parc ou de square de proximité. Un espace vert est donc un lieu d'activité mais peut aussi être une motivation, surtout si la qualité du site, perçue par les usagers, est bonne (Fig2.11). La fréquentation des espaces verts sert à un cadre de vie agréable, longévité, réduction des troubles respiratoires, réduction des troubles de l'attention, amélioration de la capacité de concentration, réduction du stress et amélioration de l'état de santé ressenti et de la santé mentale (Pauline.L& al.2013).



Fig 2.11 : les activités sportives dans l'espace vert urbain
Source : theconversation.com

IV.5. L'effet sur le microclimat urbain

Les effets de la végétation sur le climat urbain sont importants même selon différents niveaux :

A. L'effet sur les vents et l'écoulement d'air

L'effet de la végétation sur les conditions de vent dépend dans une large mesure du type de végétation et du modèle de plantation. Par exemple les arbres à feuilles persistantes et les arbustes plantés au sud et au sud-est du bâtiment sont le type de brise-vent le plus courant. Les arbustes sont souvent plantés ensemble pour bloquer le vent du niveau du sol sous les arbres.

Les arbres et les arbustes peuvent être plantés pour canaliser ou détourner le vent de ou vers des zones spécifiques, car les concentrations verticales et horizontales de feuillage peuvent modifier la direction de mouvement de l'air. La densité de plantation d'un groupe d'arbres ou d'arbustes, ainsi que leur emplacement, déterminent le niveau de réduction du vent. Par exemple, des grappes denses d'arbres peuvent réduire la vitesse du vent par rapport à une zone dépourvue d'arbres (Fig2.12). (Misni.A. 2012)

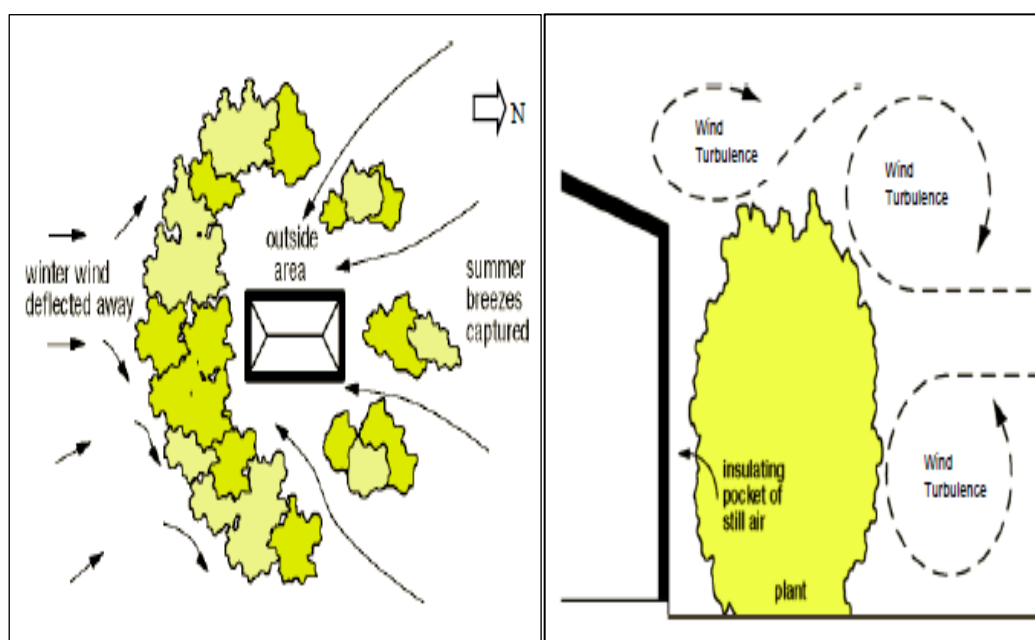


Fig2.12 : l'influence de la végétation sur les vents
Source: Misni. Almah 2012

B. L'effet sur l'îlot de chaleur urbain :

La végétation ou bien l'arbre est considéré comme un outil de rafraîchissement de la ville. La présence d'arbres matures est l'un des moyens les plus efficaces pour réduire le phénomène d'îlots de chaleur urbains :

- **Par l'évapotranspiration :**

L'arbre rafraîchit l'air ambiant par évapotranspiration : en pratique, l'arbre prélève de l'eau dans le sol et la rejette dans l'air sous forme de vapeur d'eau.

- **Par ombrage direct au sol ou sur les bâtiments :**

L'arbre en ville a d'abord un effet d'ombrage local, limitant l'apport d'énergie radiative sur le piéton, mais aussi sur les surfaces du sol et des bâtiments. Les feuilles des arbres empêchent les rayons du soleil de passer et projettent de l'ombre sur le sol et les surfaces environnantes (Fig2.13).

Cette baisse de rayonnement incident dépend notamment de la densité de feuillage, de la taille des feuilles et de la géométrie de la couronne ; elle peut entraîner une baisse significative de la température de surface des bâtiments, et donc des dépenses de climatisation et du transfert de chaleur à l'atmosphère, ce qui tend à diminuer le phénomène d'îlot de chaleur urbain. (Brunet.Y .2017)

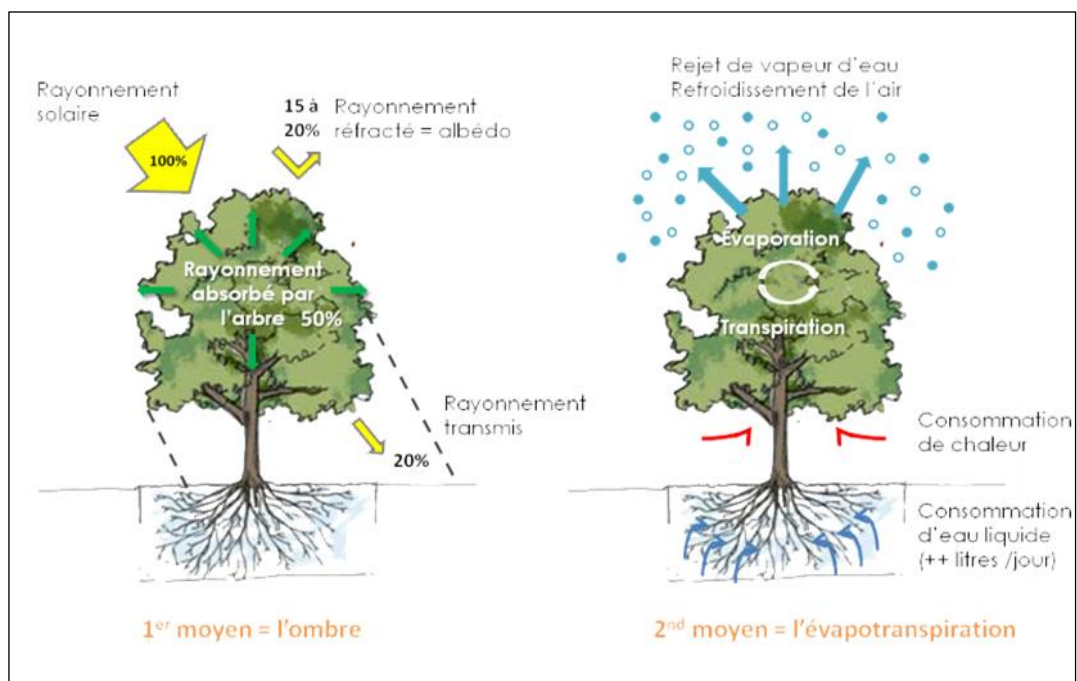


Fig2.13 : L'arbre un outil efficace contre les ICU
Source: arbre-en-ville.fr

C. L'effet sur la pollution sonore

La végétation dense et épaisse permet de diminuer la pollution sonore, et de réduire les troubles psychologiques et physiologiques engendrés par le bruit.

On estime qu'un talus planté de végétaux sur une longueur de 30 m et une hauteur de 15 m réduit le bruit de 6 à 8 décibels, ce qui correspond à une sensation de diminution du bruit de 30 à 40 %. Le bruissement des feuilles, contribuent également à masquer les bruits de la ville (Fig2.14) (Lessard, G et Boulfroy. E, 2008)

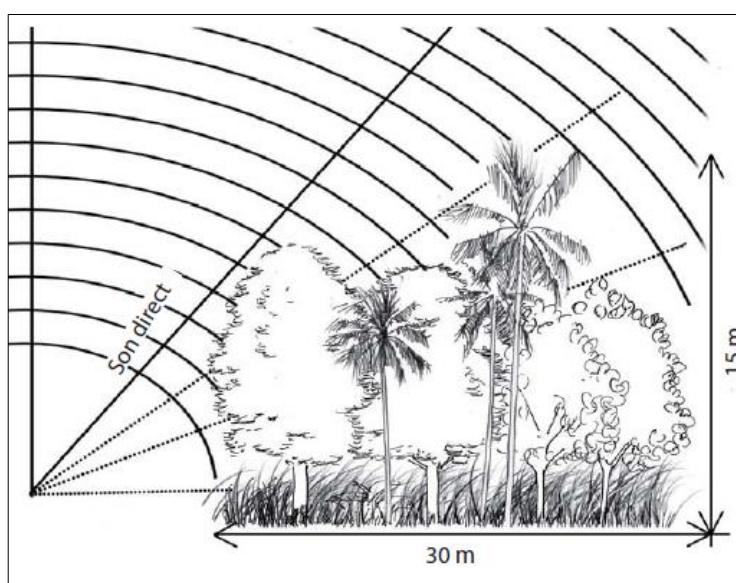


Fig2.14 : l'espace vert diminue la pollution sonore
Source: developpement-durable.gouv.fr

D. L'effet sur le bâtiment

La végétation autour d'un bâtiment est importante. On constate plusieurs formes de végétation telles que les toitures et les murs végétalisés qui contribuent à l'atténuation des îlots de chaleur urbains. L'implantation de toitures végétalisés augmente l'albédo du toit des bâtiments et limite l'énergie emmagasinée par ceux-ci.

L'effet des toits et murs végétalisés varie en fonction du type de climat : plus il est chaud et sec, plus l'effet sera important (Fig2.15). Il semble que les murs végétaux aient un effet rafraîchissant plus important que les toits végétalisés dans les rues encaissées. Mais le rafraîchissement maximal de l'air dans ces rues comme sur les toits des bâtiments adjacents est obtenu en végétalisant les toitures et les murs (APPA .2014).



Fig2.15 : Les toitures végétalisées dans les habitations
Source : habitat-durable.com

Les végétations grimpantes, en agissant comme des dispositifs «d’ombrage biologique» peuvent également atténuer les îlots de chaleur urbains. La végétalisation des façades a un impact sur la température de l’air extérieur et agit comme un isolant thermique, ce qui régule la température à l’intérieur des bâtiments (Fig2.16) (APPA .2014)



Fig 2.16. : Les plantes grimpantes sur les façades
Source : fassadengruen.de

V. Les éléments nécessaires à l'implantation d'un arbre

La conception et l'aménagement d'un espace planté est lié essentiellement au type d'espèce, type de croissance et emplacement. Chaque espèce de végétation a des capacités différentes à absorber le rayonnement solaire, dont les caractéristiques intrinsèques les plus influentes sont:

- L'évolution de la croissance : le temps nécessaire pour une taille suffisante pour apporter à la fois l'ombre et les avantages de refroidissement.
- La morphologie (forme, diamètre et hauteur du houppier) : l'implication pour l'espacement des arbres, la distance avec les bâtiments, l'étendue de l'ombre à maturité. Lorsque le concepteur envisage la plantation d'arbres à proximité des bâtiments, il doit s'intéresser au diamètre de la couronne et à sa hauteur par rapport à l'emplacement des ouvertures. (Fig 2.17)
- La durée de foliation : calendrier relatif aux périodes de chauffe et de climatisation, les implications quant à l'accessibilité solaire et à l'apparence des arbres en hiver.
- La résistance à la pollution : des espèces durables sont nécessaires dans les zones urbaines ; les espèces locales ont généralement une plus forte résistance aux pesticides et conditions climatiques locales, exigeant moins d'entretien que les espèces exotiques (Bouyer.J.2009)

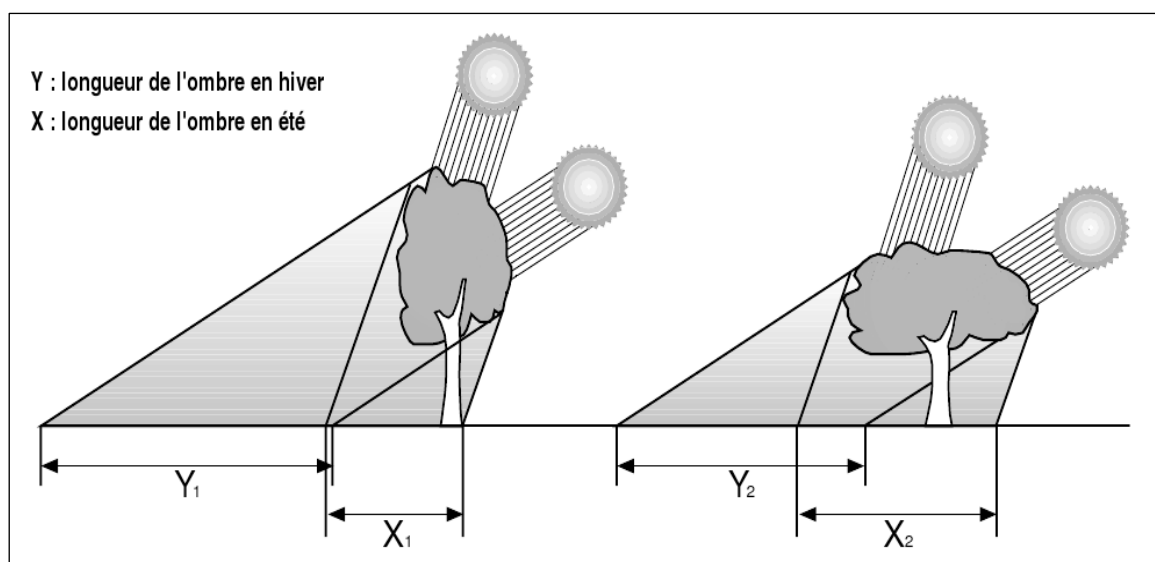


Fig 2.17 : Influence de la hauteur et la forme de l'arbre sur l'ombre
Source : Bouyer.J.2009

Alors, la conception d'espaces verts urbains consiste à utiliser différents éléments ou types d'espaces verts (parcs naturels / forêts urbaines, jardins, parcs paysagers...) qui sont des éléments verts solitaires, souvent isolés spatialement. De manière optimale, ces éléments solitaires devraient être connectés à l'aide d'éléments linéaires qui rassemblent le système vert urbain pour améliorer les effets sur l'environnement, la biodiversité, le bien être ou le climat urbain. Les éléments linéaires (comme les sentiers, les voies vertes, les voies navigables, les accotements d'autoroute et les couloirs verts) peuvent servir à relier les parcs urbains entre eux et également pour relier le centre-ville avec les zones de sa périphérie. En fonction de leur structure, les éléments linéaires servent de conduits pour les organismes, de barrières ou de filtres pour les polluants, et peuvent séparer différentes zones urbaines pour améliorer la structure de la ville. (Heidt.V and Neef.M.2008)

La qualité des différents éléments verts urbains dépend ainsi de plusieurs facteurs:

- Taille
- Localisation et distribution dans la ville
- Diversité dans la composition et la variation des types de structure de la végétation
- Combinaison de différents types d'espaces verts
- Liaison et intégration dans les systèmes d'espaces verts

Dans le cas des petits jardins, la quantité, le type et le ratio d'arbres et d'arbustes sont importants. Une «plantation de protection» composée d'arbres formant de grands murs avec des haies plus courtes entre les arbres est plus efficace pour filtrer les particules d'air qu'une forêt de la même taille constituée uniquement d'arbres. Un petit parc avec des arbres et des arbustes peut retenir jusqu'à 68 tonnes métriques de poussière par hectare et par an. Une rue avec des arbres et de petits parcs contient environ 25% et 20% de la charge de poussière atmosphérique trouvée dans le centre-ville sans arbres. Même certains arbres dans les quartiers à haute densité réduisent la quantité de poussière dans l'air. Les espaces verts de 50 à 100 m de profondeur améliorent la qualité de l'air jusqu'à 300 m de distance dans leurs quartiers(Meyer.1997) cité par (Heidt.V and Neef.M.2008)

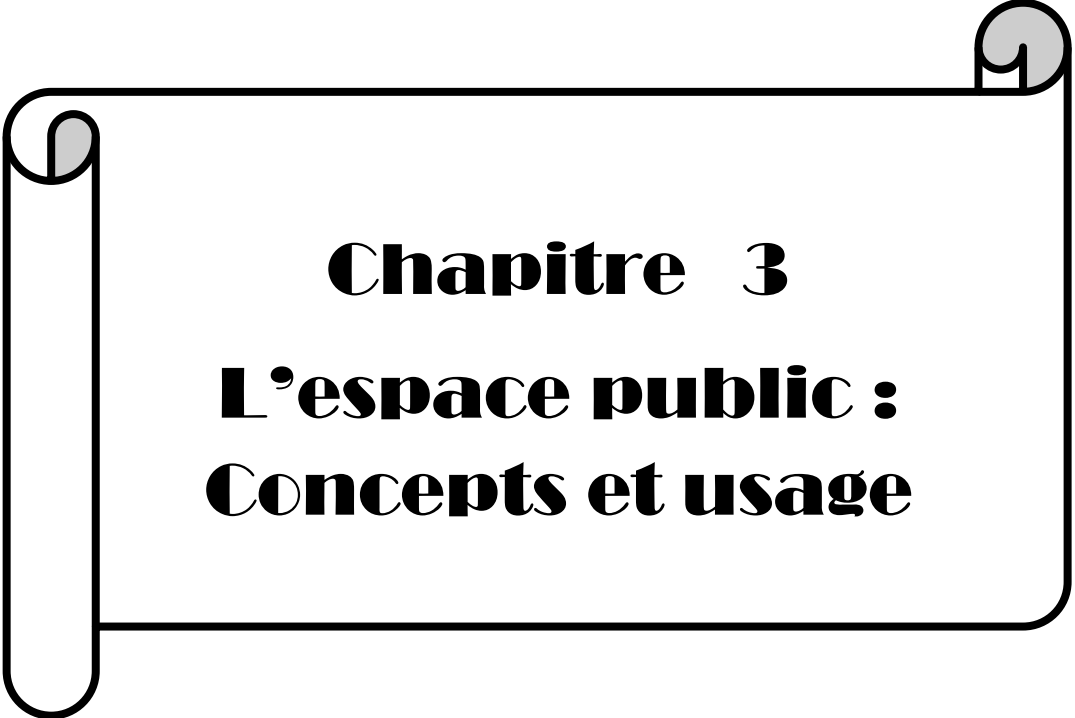
CONCLUSION

Au cours de ce chapitre on a approché la signification de la notion de l'espace vert qui constitue un grand intérêt de plusieurs chercheurs sur la ville. Comme on a démontré et présenté les différents éléments constituant les espaces verts, lesquels : les arbres, les arbustes, les haies, les fleurs, les plantes grimpantes, l'enherbement et la pelouse...etc, qui se diffèrent selon leur emplacement, leur forme, leur fonction...etc

L'espace vert offre des aires de loisirs aux résidents et contribue à améliorer la qualité environnementale des tissus urbains

Alors dans la deuxième partie du chapitre, on a essayé de montrer et expliquer l'importance et le rôle des espaces verts dans la ville en général ainsi que sur les citoyens. On résume les bienfaits d'espace vert sur la biodiversité, l'économie, la vie sociale, la santé et le bien-être des individus. On se focalise essentiellement sur les effets de la végétation urbaine sur l'écologie et sur le microclimat urbain et l'environnement thermique dans l'espace public l'extérieur.

La végétation urbaine dans la ville peut donc influencer le microclimat urbain. Cependant, évaluer la réduction de température de l'air par les végétaux reste complexe car ceci dépend à la fois de la surface végétalisée et des surfaces environnantes. En effet, différents facteurs viennent moduler les effets de la végétation sur le climat.



Chapitre 3
L'espace public :
Concepts et usage

INTRODUCTION

Au fil de ce présent chapitre on va aborder la présentation des concepts de base de l'espace urbain en général, et l'espace public en particulier. Selon différents chercheurs spécialistes dans le domaine, on va présenter également ses différents types et catégories, sa genèse, sa croissance historique, ainsi que ses divers fonctions sur la ville et sur les habitants.

Par la suite, la deuxième partie de ce chapitre va se consacrer à l'identification et la présentation de différents concepts, d'usage, d'activité, de pratique, et d'appropriation reliés aux différentes catégories d'usagers de l'espace public. On va présenter également les différents critères et principes de l'aménagement et de la conception de l'espace public selon différentes manières et méthodes, cela permet à concevoir et réaliser des espaces publics durables selon les conditions de l'approche environnementale.

I. L'espace urbain

L'espace urbain est caractérisé par ce qu'on appelle une «ville»; une ville est un ensemble de personnes et de structures institutionnelles qui favorisent une interaction efficace entre les personnes et le lieu. Les zones urbaines sont très développées, ce qui signifie qu'il existe une densité de structures humaines telles que des maisons, des bâtiments commerciaux, des routes, des ponts et des voies ferrées.. L'espace urbain a souvent augmenté en population au point qu'il sert de force synergique pour la construction sociale de la banlieue. (Rakhshandehroo .M. 2017)

II. L'espace public

La notion de l'espace public est un terme multidisciplinaire, avec divers significations, selon différentes sciences (historiques, culturelles, économiques, architecturales, et d'urbanisme...etc.)

L'espace public est considéré comme la partie du domaine public non bâti, affecté à des usages publics ; donc l'espace public est formé par une propriété et par une affectation d'usage. L'espace public s'oppose, au sein du domaine public, aux édifices publics, mais il comporte aussi bien des espaces minéraux des espaces verts ou des espaces plantés (Choay .F et Merlin .P, 2010)

L'espace public est un concept à double détente, il est apparu dans les années soixante selon une philosophie politique. La notion d'espace public est ambiguë par sa nature spatiale et politique .cette ambiguïté semble être constituée de son élaboration ou plutôt de son réélaboration dans les années 1950-1960 en philosophie politique (Zimmerman.M et Toussaint.J-Y, 2001)

L'espace public comprend l'ensemble des voies : rues et ruelles, boulevards et avenues, parvis et places, promenades et esplanades, quais et ponts mais aussi rivières et canaux, berges et plages. Cet ensemble s'organise en réseau afin de permettre la distribution et la circulation. Le réseau est continu et hiérarchisé, c'est-à-dire qu'un boulevard, une avenue, une rue principale organisent une portion du territoire urbain plus vaste qu'une rue de lotissement ou qu'une ruelle. Les jardins publics constituent un cas particulier ambigu, certains sont l'aménagement planté d'une partie de l'espace

public (promenades sur les contre-allées d'une avenue ou square au centre d'une place), d'autres sont en vérité des jardins privés (parfois liés à des institutions) ouverts au public, d'autres enfin de vrais morceaux de campagne insérés dans la ville. (Panerai. P, 2002)

(Bassand.M, & al 2001) a défini l'espace public comme un lieu accessible à toutes les catégories des citoyens, où ceux-ci peuvent se rencontrer, échanger, et débattre. Les espaces publics ne peuvent donc se réduire simplement aux réseaux de rues, des places, les espaces couverts sont plus ou moins du droit public et donc accessibles dans une certaine mesure à tous, tels les gares, les cafés, les magasins, les églises, les services publics sont aussi à prendre en considération.

L'aperçu historique sur la croissance et le développement des espaces publics au fil des années, a permis de distinguer les différents changements de ces derniers, en mettant la lumière sur les types des espaces publics qui existaient depuis l'antiquité tels que : l'agora Grecque qui était le centre de la cité, et abritait les principales fonctions de la ville. Le Forum Romain qui avait également les mêmes aspects, est considéré comme un endroit où se rencontraient et se rassemblaient les habitants pour leurs différents travaux et besoins. Au moyen âge, l'espace public se résumait en des rues et ruelles étroites et des places souvent de dimensions réduites tels que les parvis. Après, avec la renaissance l'espace public apparut en tant que grandes places publiques destinées aux manifestations royales. Les premières formes de jardins publics virent le jour à la période classique. Le XX^{ème} siècle marqué par la charte d'Athènes issue du C.I.A.M portait le principe de zonage en découpant l'espace urbain en quatre zones indépendantes selon les quatre fonctions clefs définies par l'urbanisme moderne. (Badache.2014)

III. Les types de l'espace public

D'après (F.Choay et P.Merlin.2010) l'espace public est une notion de laquelle découle différentes typologies spatiales, cet espace comporte aussi bien des espaces minéraux, des espaces verts, et des espaces plantés.

On peut également ajouter les bâtiments publics (mairie, mosquée, école, centre commercial...etc.) Comme une autre catégorie de l'espace public.

Parmi les différents types de l'espace public, dont les caractéristiques sont spécifiques, il y a : les espaces minéraux tels que, la rue, la ruelle, l'avenue, le

boulevard, le passage, les voies urbaines, la place, la cour publique, l'esplanade, et le marché ou la place marchande. Il y a également les espaces verts tels que, la promenade publique, le jardin public, le parc urbain, le square et le cimetière.

IV. Les Fonctions de l'espace public

L'espace public est un élément indispensable dans ville, il influe principalement sur l'aménagement et l'organisation des tissus urbains et sur les différentes relations sociales et culturelles entre les habitants de la ville.

A. Un élément structurant la ville

(Zepf.M, 1999) souligne que l'espace public est « constitué d'une des assises majeures de l'urbanité » il structure et assure les liaisons entre les différentes parties de la ville, en garantissant une continuité et assurant une intégration des divers secteurs de la vie urbaine.

L'espace public est à la fois un lieu où s'exercent les fonctionnalités de la ville circulation, déplacements, et où se développent les innombrables pratiques de la vie urbaine : commerce, services, détente, loisir, rencontre.

B. Un lien de mixité et de cohésion sociale

L'espace public assure la mixité sociale, qui apparaît par la diversité d'appropriation et pratiques des enfants, des jeunes, des hommes, des femmes, en garantissant des échanges, des interactions, et de vie des groupes ou d'intimité (UNIL, 2007)

Il est le lieu où les relations sociales peuvent prendre des aspects très contrastés, c'est un lieu de mixité sociale et d'appropriation par des groupes sociaux, il est considéré comme un espace d'enclavement ou de convivialité et un lieu de culture et de spectacle ou lieu sans vie.

C. Un lien de représentation, de mise en scène de la vie de la collectivité :

L'espace public est considéré comme le support des identités urbaines, théâtrales, des fêtes, des manifestations, et des événements. Il est également le support des différentes fonctions collectives telles que : commerces, cafés, places de jeu où se tissent les échanges culturels et commerciaux...etc.

Les espaces publics peuvent être la matérialisation d'un cadre de vie urbain de qualité, et contribuent ainsi à l'attractivité de la ville contre l'indéfini du périurbain. (UNIL, 2007)

V. L'usage la pratique et l'appropriation de l'espace public

V.1. L'usage

D'après (Zepf. M, 1999), le concept d'usage désigne l'ensemble des pratiques sociales se déroulant dans un espace donné. L'usage se traduit par une forme d'appropriation spatiale plus ou moins marquée et durable de la part d'individus ou de groupes, qui donne sens à l'espace public. En fonction du contexte ou des périodes d'utilisation, les attitudes et pratiques de ces derniers se modifient. Les pratiques urbaines conditionnent dans cette perspective, la perception qu'a le citoyen de l'espace urbain, sachant qu'elles participent à l'image véhiculée par l'espace public.

L'usage de la ville n'est donc pas seulement défini par les lieux d'usage mais aussi par les moments de l'usage. Et l'accessibilité n'est pas seulement physique mais aussi psychologique. L'espace public est avant tout un espace social et culturel. C'est un espace de sens, de pratique, d'usage, de perception et d'appropriation.

La perception de l'espace c'est d'abord l'objet d'une expérience vécue : par définition, l'espace vécu est l'espace perçu ; on ne peut séparer le fait que l'individu vit, ou utilise (CERTU. 99).

- Donc la perception représente l'image que l'usager se fait de l'espace public lorsqu'il se trouve en sa présence, la manière dont il le comprend. Pour Fischer, le concept de perception, dans ce contexte d'appropriation de l'espace public, doit aussi inclure la notion de relation d'attachement (Montmarquet. E.2016) (Fig 3.1)

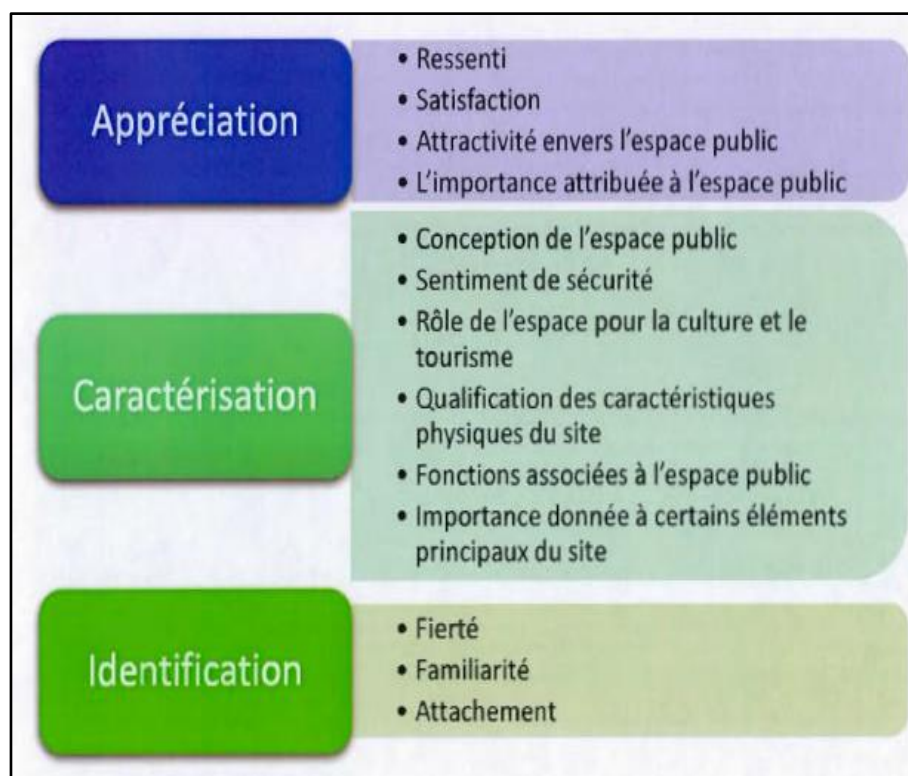


Fig 3.1 : Les indicateurs et sous-indicateurs de la perception des usagers
Source : Montmarquet.E.2016

D'une autre part (Ripoll.F et Veschambre.V.2005) soulignent que l'usage est divisé en deux parties :

- **L'usage exclusif** : Cette exclusivité peut être individuelle, mais elle est plus souvent collective, fondée sur des groupes concrets mais restreints (comme la famille) ou sur des catégories sociales plus larges (comme le genre). Elle peut provenir de raisons strictement matérielles ou fonctionnelles, mais aussi de raisons plus directement sociales : l'appropriation est alors synonyme de clôture par le biais de divers dispositifs matériels.
- **L'usage autonome** : correspondant au fait d'user de l'espace librement ou du moins sans contrainte sociale explicite. Cette autonomie (ou maîtrise de l'espace) est plus ou moins forte selon les groupes et les espaces. Elle peut aussi concerner des pratiques plus ou moins massives ou visibles, de la production à la simple occupation de l'espace.

Alors l'usage ainsi que les différentes catégories d'usagers sont utiles pour évaluer la réussite d'un espace public ainsi que son impact et son importance chez les citoyens et

les usagers, est évaluée à travers leur présence, leur absence, leur fréquentation, de cet espace public.

Alors l'usage ainsi que les différentes catégories d'usagers sont utiles pour évaluer la réussite d'un espace public ainsi que son impact et son importance chez les citoyens et les usagers, à travers leur présence, leur absence, leur fréquentation, qu'ils qualifient l'espace public.

V.2.. La Pratique:

La pratique sociale comprend les activités quotidiennes et concrètes : travail, non-travail, consommation, fréquentation, trajets, relations sociales, rites, représentations, qui engagent et influencent la vie quotidienne. Elle s'exprime à travers la pratique de l'espace. Appropriation, familiarisation, concentration en certains points; la pratique de l'espace est ce qu'Henri Lefebvre appellerait l'espace concret (Panerai. P, 2002)

Selon (Bertrand.M.J et Listowski. H, 1984) la pratique de l'espace dépend de la perception et la compréhension des espaces publics, de façon que notre perception résulte d'un mélange entre les éléments caractérisant la forme de l'espace et les événements qui s'y déroulent. Cette perception nous permet de pratiquer l'espace. Donc la pratique de l'espace résulte de l'image perçue qui est déterminée essentiellement par la forme construite.

Les activités socio-culturelles des citoyens peuvent potentiellement se développer dans un espace public urbain selon sa fonction dans le cadre de la communauté. Les usagers révèlent les vues pratiques qu'ils ont de l'espace public, par exemple : il devrait y avoir des activités prévues pour leurs enfants. Ainsi, les services offerts aux citoyens, l'infrastructure socio-économique du site, constituent une question très importante pour les usagers (Fig 3.2). Ils ont des attentes pour plus de confort social, de sécurité, et pour des raisons de contrariétés, comme la propreté de l'espace. (Nikolopoulou.M.2002)

Pour cela les pratiques des usagers évoluent selon différentes considérations, qui marquent une évolution importante des pratiques de l'espace public, lesquelles :

- La variété de la fréquentation des espaces publics par différents types d'utilisateurs, due notamment à l'amélioration des conditions de transport à travers la ville (mélange de catégories sociales et de modes de vie différents).
- La multiplicité des usages, pas toujours concordant avec le statut juridique de l'espace. Ex (espace de droit privé mais qui remplit une fonction publique) et les objectifs ou principes d'aménagement imaginés au moment de la conception (lieux pensés pour un certain public et appropriés par d'autres)
- L'évolution des repères et des activités urbaines, ne faisant plus forcément de la rue, en tant que voie de circulation, le lieu le plus important de la ville sur le plan utilitaire et sur le plan symbolique.
- Fort développement et recherche collective de temps forts. (Bernardin, G. & al. 2005)



Fig 3.2 : Divers types des pratiques sociales dans les espaces publics
Source : Carmona.M.2019

V.3. L'appropriation

S'approprier un espace veut dire acquérir des connaissances théoriques et pratiques, des savoirs et des savoir-faire, qui permettent de s'y mouvoir sans s'y perdre, mais aussi d'en user de façon pertinente ou stratégique.

L'appropriation est juste affaire d'usages et de bien-être, ce qui est fondamentalement vrai. On peut même affirmer que le bien-être, dans un espace donné, est la caractéristique d'une appropriation réelle, de même que le fait de l'user à loisir. On voit bien que l'usage n'est pas forcément synonyme d'appropriation. C'est en réfléchissant sur les caractéristiques du bien-être à l'espace que l'on pourra discerner des processus d'appropriation sur lesquels l'action est possible. (Boyer.J.2011)

Pour qu'un lieu soit approprié, il faut qu'il soit appropriable. Il ne s'agirait pas d'occulter qu'il y a quelque chose dans la « nature ».

La définition de « **l'espace appropriable** » est plus large, et concerne aussi des espaces publics que privés. On remarque que n'importe quel lieu, selon cette définition, est appropriable, pourvu que l'individu ou le groupe y trouve une des trois dimensions (ceux qui travaillent dans un échangeur, finalement, ont très bien pu s'approprier l'endroit en tant que leur lieu de travail) (Boyer.2011)

L'appropriation d'un espace correspond alors à la construction d'un chez soi, c'est à-dire à l'ensemble des pratiques et des marquages qui confèrent à un lieu un caractère personnel (Raymond, 1984) cité par(Montmarquet.E.2016)

L'appropriation se comprend donc en partie par les actions et les usages de l'espace, faits observables, mais inclut aussi un aspect personnel à l'utilisateur et sa relation à l'espace. (Montmarquet.E.2016)

De sa part (Fischer, 1992) définit, l'appropriation comme «un processus psychologique fondamental d'action et d'intervention sur un espace pour le transformer et le personnaliser : ce système d'emprise englobe les formes et les types d'intervention sur l'espace qui se traduisent en relation de possession et d'attachement
»

Le concept d'appropriation est employé depuis plus d'une vingtaine d'années dans les domaines et disciplines qui s'intéressent aux territoires, il ne s'agit pas d'une appropriation au sens d'une prise de possession physique ou légale, mais bien des mécanismes par lesquels les populations s'approprient un site ou un territoire plus vaste et apprennent à s'y repérer et s'y sentir à l'aise. Cette appropriation est une construction sociale qui se réalise dans le temps, à travers la fréquentation des lieux et en fonction de diverses variables (Simard.M & al. 2009)

V.3.1. Typologies d'appropriation

Selon (Montmarquet .E.2016), l'appropriation est devisée en :

- **Appropriation fonctionnelle**

Se caractérise par une quasi-absence d'aménagement de l'espace ainsi que par une exploration réduite au strict nécessaire. L'individu sait ce qu'il vient faire et se dirige directement où il veut se rendre. En somme, les usages de l'environnement sont principalement des usages pratiques, ainsi que la forme bâtie a le rôle de conséquence de l'usage. L'individu perçoit l'espace comme utile et en a une appréciation neutre.

- **Appropriation ludique**

Les usages reliés à cette appropriation sont les usages de loisirs et de détente. La forme bâtie peut avoir autant le rôle de support que de constituant. Pour leur part, les usagers auront tendance à avoir une appréciation positive de l'espace et à le caractériser comme un espace ludique.

- **Appropriation concrète**

Les usages modificateurs ainsi que les actions observables (en opposition aux actions minimales de l'appropriation symbolique) sont associés à l'appropriation concrète. La forme bâtie peut être le support ou le constituant de l'usage. L'utilisateur a une appréciation positive de l'environnement, qui le caractérise comme un espace ludique ou utile et s'identifie à celui-ci.

○ **Appropriation symbolique**

Pour ce genre d'appropriation, les actions des usagers sont minimales et la forme bâtie a un rôle de support de l'usage. Les individus ont une appréciation positive de l'espace et ont tendance à le décrire comme étant emblématique. Comme pour l'appropriation concrète, les usagers tendent à s'identifier à celui-ci.

○ **Appropriation passive**

Les usages de l'espace sont divers, le rôle de ce dernier est la conséquence de l'usage, son appréciation est nulle ou même négative et il n'y a aucune identification.

D'une manière globale, l'analyse de la dimension sociale s'articule sur deux principaux champs d'étude associés respectivement à la composition et aux pratiques sociales visibles dans l'espace public.

V.4. Les modalités des pratiques et d'usage dans l'espace public

L'attention aux usages a aussi été un moyen de répondre à des besoins spécifiques en fonction de catégories d'usagers. Ces usagers sont définis par leur genre (Femme, homme) et par leurs âges (enfants, adolescents, adultes...etc)

On peut constater clairement une multiplicité d'usages dans les espaces publics de la ville : ils se trouvent soumis à des rythmes d'animations et d'usages journaliers, hebdomadaires, saisonniers ou annuels, étant aussi parfois sollicités pour l'accueil d'événements exceptionnels. Ils se doivent donc d'être flexibles ou clairement à mono-usage. L'usage peut se varier entre : les usages pérennes renvoient aux promenades dans les espaces verts, aux jeux d'enfants, aux manifestations, ...etc. et les usages temporaires correspondent aux pratiques sportives, au passe-temps, et à la détente. (Arrif. T, 2009)

L'espace public est un lieu qui englobe les manifestations, les interactions sociales de toutes tranches ou catégories d'usagers, il permet aux citoyens de s'exprimer, d'habiter

L'espace public, s'il est un lieu de rencontre, il n'en est pas moins un espace de simple côtoiement sans échange, ni discrimination. Françoise Navez Bouchanine écrit que « l'on n'approprie que les espaces dans lesquels on éprouve le sentiment d'être à sa place

». Or tout le monde n'éprouve pas ce sentiment dans tous les espaces de la ville. L'espace urbain, s'il est théoriquement ouvert à tous, est en pratique, fragmenté et les espaces publics ne sont pas fréquentés en réalité de la même manière par toutes les couches de la population. (Gillot, G, 2002).

L'espace public est un vaste champ de libertés, beaucoup plus large que la seule liberté de circuler : liberté de manifestation, liberté d'expression (Fig3.3)

Les espaces publics de la ville permettent aux gens de se rencontrer sur un terrain apparemment neutre dans des moyens imprévus, d'interagir avec les autres dans le contexte de l'ensemble de la communauté. Celles-ci incluent les relations familiales les groupements culturels, les liens sociaux locaux et des groupes se réunissant par intérêt commun. En facilitant ce mélange, les espaces publics peuvent contribuer à la cohésion des communautés. (Holland.C. 2007)



Fig3.3 : La place de la Comédie à Montpellier, un espace public vivant aux usages multiples (transports, culture, consommation, terrasses, flânerie...)

Source : lagazettedemontpellier.fr

VI. La conception de l'espace public :

L'espace public a été, tout au long de l'histoire des villes et de l'aménagement urbain, à la fois objet de toutes les attentions. De tous les domaines politiques, sociaux, économiques, urbaines...etc

Pour l'aménageur de l'espace public (urbanistes, collectivités locales...etc.), il s'agit de savoir comment peser sur les relations interpersonnelles (créer des liens, des espaces protégés, etc.) au moyen d'équipements ou d'aménagements spécifiques :

- Cibler l'affectation de ces espaces (affecter les espaces publics à des usages spécifiques et bien délimités : jeux, espaces de sports, parcs, pistes cyclables, etc.)
- D'encourager et de pousser les gens à se rencontrer dans l'espace public
- L'intégration et les besoins des usagers, il doit répondre à leurs attentes et leurs demandes (Bernardin,G. & al. 2005)

VI.1.L'approche environnementale dans la conception de l'espace public

La conception environnementale des espaces publics dans un contexte urbain est la création de zones urbaines offrant des espaces extérieurs confortables. De ce fait les paramètres microclimatiques jouent un rôle important pour la détermination de l'usage dans l'espace public. Les réponses au microclimat sont la plupart du temps inconscientes mais montrent néanmoins souvent des usages différents associés à des conditions climatiques différentes.

Pour cette raison, les caractéristiques microclimatiques d'un espace extérieur en milieu urbain, ouvre de nouvelles possibilités au développement des espaces urbains. Les paramètres influençant les conditions thermiques à l'extérieur bien que semblables à ceux rencontrés à l'intérieur, occupent une plus grande palette et sont plus variables. Cette complexité en termes de variabilité, temporelle et spatiale aussi offre du grand nombre d'activités humaines impliquées, les tentatives de compréhension du confort en conditions extérieures demeurent peu nombreuses. (Nikolopoulou.M 2002)

Lors de la conception d'espaces urbains ouverts, il est important de se rappeler qu'il est préférable de créer une variété de conditions environnementales car c'est la façon naturelle dont les choses se présentent dans les espaces extérieurs. En faisant cela, on

sera capable de créer toute une variété de conditions environnementales favorables adaptées à une plus large gamme de préférences personnelles (Fig 3.4)

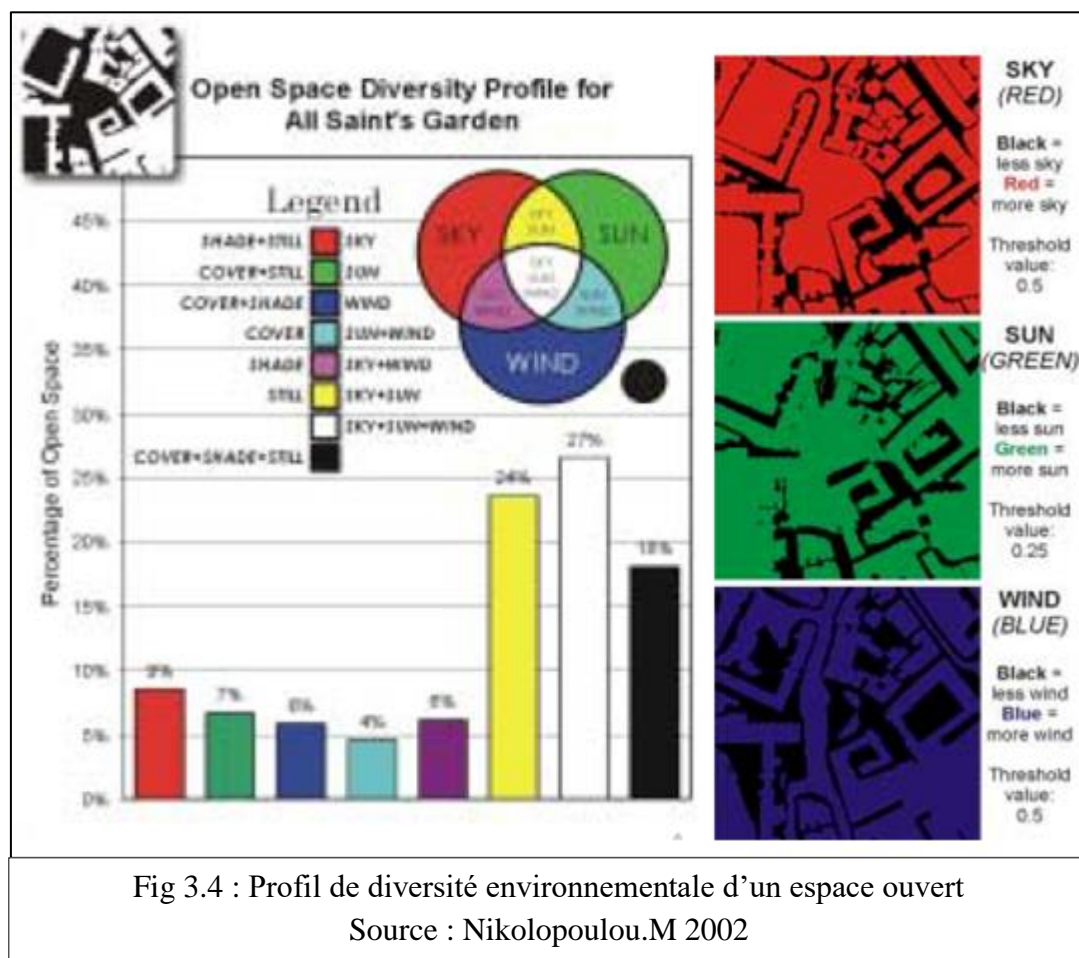


Fig 3.4 : Profil de diversité environnementale d'un espace ouvert
Source : Nikolopoulou.M 2002

VI.2. Les indicateurs de confort d'un espace public

Afin d'assurer un confort thermique des usagers dans l'espace urbain public, on doit prendre en compte les différents facteurs sociologiques, psychologiques et physiques, afin de répondre aux besoins des usagers et rendre les espaces public extérieur plus confortable.

Les espaces publics confortables doivent réduire les risques potentiels, l'insécurité, les influences sensorielles désagréables et les effets négatifs du climat, car ce n'est pas faisable sans autre intervention spécifiée dans les espaces publics ouverts. Bien que les usagers aient des critères individuels et vues personnelles sur des espaces confortables ou moins agréables, beaucoup conviendront que la clé du succès de la conception de l'espace public respecte les besoins et les attitudes des usagers, dont

L'objectif de la conception de l'espace public est la mise en place d'espaces publics habitables, ce qui n'est possible que si l'espace est confortable, attrayant et inspirant. Le confort de l'espace public se caractérise par la présence de verdure, l'effet de l'eau et du bruit, la protection contre la pluie et le vent, la lumière du soleil en hiver ou l'ombre pendant les journées chaudes d'été. Conformément à ce point de vue, un cadre d'évaluation de la qualité de l'espace public est développé afin de présenter les indicateurs répartis en quatre groupes, à savoir la végétation, les équipements urbains, les éléments d'eau et la morphologie urbaine (Vukmirovic.M.2019) (Fig 3.5)

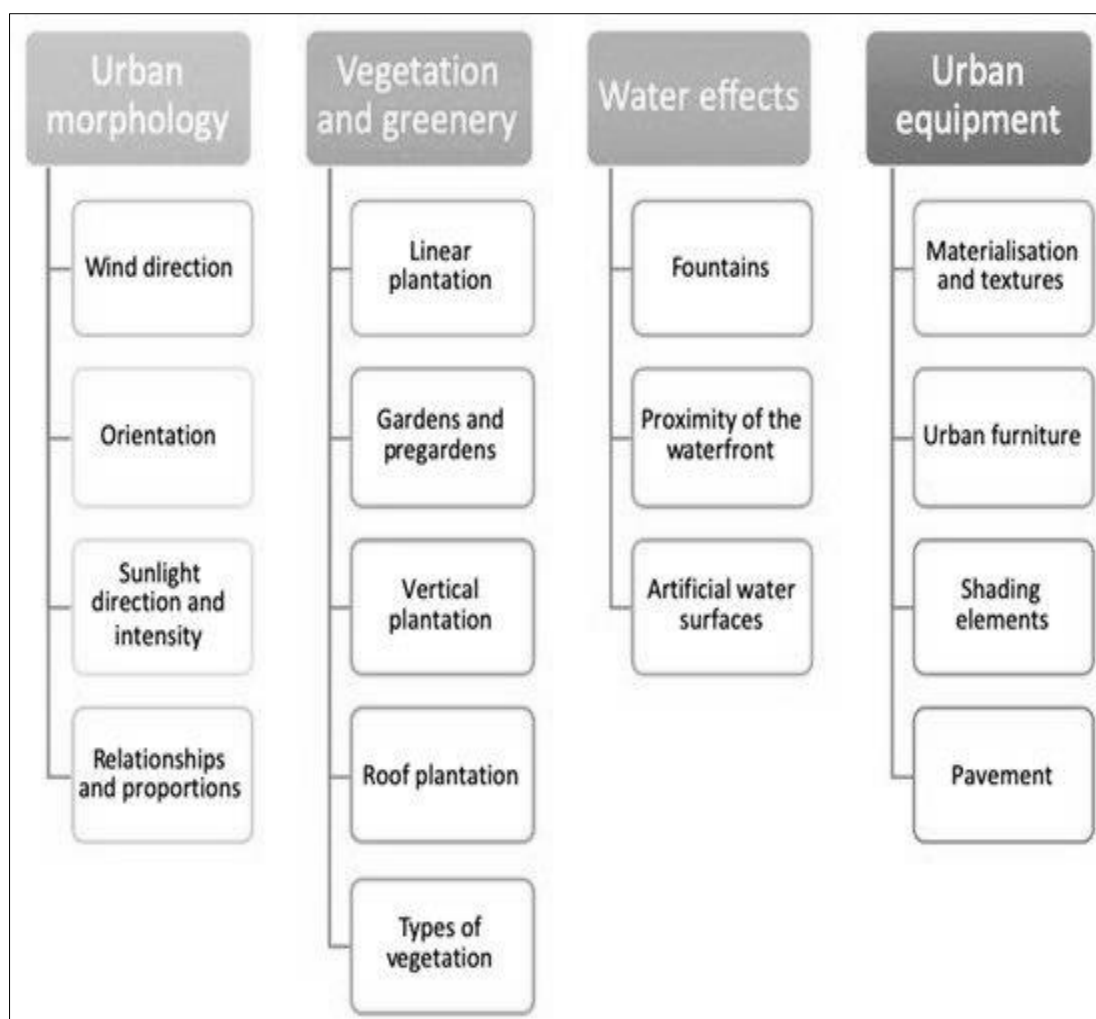


Fig3.5 : Les indicateurs de confort d'un espace public

Source : Vukmirovic.M.2019

VI.3.Recommandations d'aménagement d'un espace public:

Il est important de considérer chaque espace comme un cas unique. Il est ainsi difficile de proposer des recommandations détaillées pour l'aménagement des espaces urbains. Cependant, il est possible de proposer des recommandations à propos des aspects sur lesquels les concepteurs doivent prêter attention

Selon (Nikolopoulou.M 2002), il existe un nombre de paramètres généraux à prendre en considération en vue de l'évaluation des conditions de vent dans un espace ouvert

- La localisation géographique, ou la zone climatique à laquelle l'espace ouvert appartient.
- Le type d'espace, ex : la forme de l'espace ainsi que les caractéristiques des environs).
- Le type d'utilisation (qui utilise cet espace, quand est-il fréquenté et pourquoi).

Ainsi que la pénétration de la lumière naturelle à l'intérieur du tissu urbain est considéré comme un important facteur de qualité nécessitant des moyens de préservation, particulièrement dans les villes très denses.

Alors, la conception d'un espace public peut offrir la possibilité d'améliorer les conditions de confort extérieur. Les solutions possibles aux problèmes spécifiques auxquels fait face le site en question sont illimitées et dépendent de la morphologie locale, du climat et de la nature esthétique du projet envisagé.

Donc il y a certaines considérations que le concepteur doit absolument prendre en compte de manière à proposer avec succès un environnement attractif et confortable, lors du processus de conception. Notamment le profil saisonnier de l'usage de l'espace public extérieur.

- En été, le contrôle de la température est essentiel afin d'atteindre le confort. L'ombre est le facteur le plus important permettant le contrôle de la température ainsi qu'un facteur déterminant du confort visuel.
- En hiver, le point principal du processus de conception est de protéger l'espace extérieur du vent froid et de la pluie et de favoriser l'ensoleillement. (Nikolopoulou.M 2002)

D'après (Raeisi.I& al .2010) La durabilité sociale au niveau architectural de l'espace est examinée par les besoins et les comportements humains, en gérant le projet de manière à ce que la relation entre l'humain et l'espace puisse durer longtemps. Pour atteindre la durabilité non physique dans un espace, à la première étape, l'espace doit avoir la capacité de répondre aux besoins humains primaires et fondamentaux (Tableau 3.1) La hiérarchie des besoins humains, fournie par Maslow, peut être considérée plus que d'autres modèles à cet égard. Tous les besoins suggérés par Maslow sont des besoins humains généraux, D'autre part, il a été mentionné que les qualités spatiales sont définies en fonction des besoins humains. En d'autres termes, les qualités spatiales peuvent émerger d'une manière ou d'une autre en reflétant ces besoins dans la conception de l'espace.

Besoins Humains	Qualités spatiales dans la conception
Besoins psychologiques	Des équipements suffisants <ul style="list-style-type: none"> • Confort (température, soleil, pluie, adaptation microclimat, ...) • Equilibre basé sur l'écologie.
Besoins de sécurité	Sécurité de passage <ul style="list-style-type: none"> • Intendance et soins • Intimité • Perméabilité et flexibilité
Besoins d'appropriation	Equipements sociaux <ul style="list-style-type: none"> • Sens du lieu et identité • Intelligibilité et proportions visuelles
Besoins d'estimation	<ul style="list-style-type: none"> • attachement à l'espace • Personnalisation et appartenance à des groupes
Besoins d'auto-actualisation	Créer des opportunités pour un espace personnalisé et pour participer à la conception <ul style="list-style-type: none"> • Diversité
Besoins d'esthétique	<ul style="list-style-type: none"> • Richesse visuelle Façade et volumétrie

Tableau 3.1 : le rapport entre les besoins humains et les qualités de la conception
Source : Golkar, 2001 cité par Raeisi.I& al .2010

VI.4. Les principes et les critères de la conception d'un espace public durable :

L'existence d'espaces publics durables dans les villes est essentielle pour prévenir et prévoir les préjudices sociaux dans la société, afin de réduire la dépression et la violence. La qualité d'un espace urbain est atteinte à partir des résultats des composants, qui en identifiant les fonctions et les impacts appropriés de chacun de ces éléments sur l'espace, certaines solutions peuvent être présentées pour améliorer la qualité de l'espace ouvert. On peut dire que les critères de l'espace urbain durable sont divisés en deux catégories: les composantes qui ont un effet direct sur les enjeux environnementaux, sociaux et économiques et celles qui ont des effets indirects. Il est clair que les éléments de la deuxième catégorie jouent également un rôle majeur dans les classifications de durabilité sociale, économique et environnementale.

Pour cela, les éléments suivants sont notés par cette recherche, comme les critères nécessaires pour avoir des espaces urbains durables : (Sanei, M,2017)

VI.4.1. Les critères avec des effets directs

A. les critères sociaux

Un espace public durable doit être un espace dans lequel:

- Les gens ont un engagement social et un sentiment d'appartenance et ils sont diligents pour le maintenir.
- Les gens participent aux activités urbaines et se familiarisent les uns avec les autres et des interactions sociales sont faites.
- Les gens se sentent responsables de ses problèmes d'hygiène et d'environnement urbain.
- Certaines solutions ont été utilisées pour accroître la vitalité et la sécurité des zones urbaines.
- Soutenir les groupes communautaires, aider à résoudre les problèmes sociaux, intégrer les réseaux sociaux et des programmes de sensibilisation pour les quartiers ont été mis en place.
- La réduction des anomalies sociales, la promotion du légalisme dans la ville et les quartiers, et le développement et la promotion des habitudes d'acceptation des gens sont promus.

B. les critères économiques

Un espace public durable doit être un espace dans lequel:

- Les gens peuvent investir et contribuer à la prospérité économique.
- Des mesures de conservation de l'énergie, de l'eau et des matériaux sont observées.
- La productivité de l'économie locale est possible.
- Il est possible de réutiliser les restes environnementaux.
- Il y a une attraction qui attire les investisseurs non autochtones dans la ville et la région.

C. les critères environnementaux

Un espace public durable doit être un espace dans lequel:

- Des méthodes de conception pour la réutilisation et la recyclabilité ainsi que l'atténuation et l'adaptation aux changements climatiques, y compris le passage à une économie à faible émission de carbone, sont appliquées.
- Des mesures ont été pensées pour réduire les déchets et la pollution (fumée, pollution sonore, etc.), utiliser des matériaux de construction et de maçonnerie vernaculaires et respectueux de l'environnement, améliorer l'hygiène des espaces et sensibiliser les gens aux problèmes environnementaux.
- Les mesures ont été considérées comme offrant un confort climatique efficace dans les espaces et les microclimats, et une absorption de la lumière, une projection d'ombre, une ventilation naturelle, une végétation et des espaces verts et des systèmes de gestion de l'eau plus efficaces.
- Le taux d'utilisation de la consommation de ressources renouvelables ne dépasserait pas le taux de régénération.
- Les taux de production de déchets issus des projets ne dépasseraient pas la capacité d'assimilation de l'environnement.
- L'épuisement des ressources non renouvelables exigerait un développement comparable de substituts renouvelables pour cette ressource.

VI.4.2. Les critères avec des effets indirects

Les instructions suivantes définissent un espace urbain durable en trois catégories fonctionnelles, esthétiques et physiques.

A. les critères fonctionnels

- Les conditions de commodité et de confort des personnes doivent être préparées, par exemple être capable de s'asseoir et de marcher et de répondre aux besoins quotidiens des citoyens.
- L'accessibilité pour les piétons et les cyclistes, la connexion aux services de la ville, aux nœuds du système de transport et aux quartiers environnants devraient être assurées.
- Les espaces polyvalents devraient être conçus pour les sports, les divertissements, les loisirs et les activités attrayantes.
- L'emplacement doit être à proximité des rues principales, dans les routes urbaines très fréquentées et les centres d'activités quotidiennes.

B. les critères esthétiques

- L'espace attractif doit être conçu en fonction de la variation de la qualité esthétique des espaces, du mode d'éclairage nocturne des espaces et de l'utilisation des couleurs pour embellir les espaces.
- Le dynamisme et la vitalité doivent être fournis en utilisant des espaces mémorables et flexibles, en rendant l'espace adapté à différentes activités et en créant de la diversité et du bonheur.

C. les critères physiques

- L'espace doit être lisible et clair dans l'esprit des utilisateurs en utilisant des éléments de guidage à différents endroits, en créant une proportion visuelle dans les espaces et en faisant attention à l'échelle humaine.
- Le mobilier urbain doit convenir à différents âges et sexes.
- L'aménagement du mobilier, les trottoirs et les façades doivent être bien conçus.
- L'espace doit être perméable et donner aux gens le pouvoir de se déplacer entre deux endroits et de choisir leurs modes de déplacement.
- Les normes de sûreté et de sécurité devraient être prises en compte dans les fonctions de nuit et l'accessibilité des personnes handicapées afin d'accroître la sécurité sociale (Sanei, M,2017)

D'une manière générale, la conception d'espaces extérieurs, le contact avec la nature est un des objectifs prioritaires en vue de l'usage de l'espace et doit être mis en valeur par la conception.

Les activités sociales et optionnelles dans les espaces publics dépendent directement du confort physique et psychologique de leurs usagers et sont étroitement liées aux mesures de la durée du séjour et de l'intensité d'utilisation. Le confort physique fait référence aux conditions climatiques et microclimatiques de l'environnement.

Pour cela, un espace public doit offrir une meilleure protection contre les conditions environnementales et les intempéries désagréables, comme une protection contre le rayonnement solaire excessif pendant l'été. En conséquence, les espaces publics doivent être conçus de manière à rendre la plus grande partie de leur espace agréable et thermiquement acceptable pour tous les usagers (Vukmirovic.M.2019)

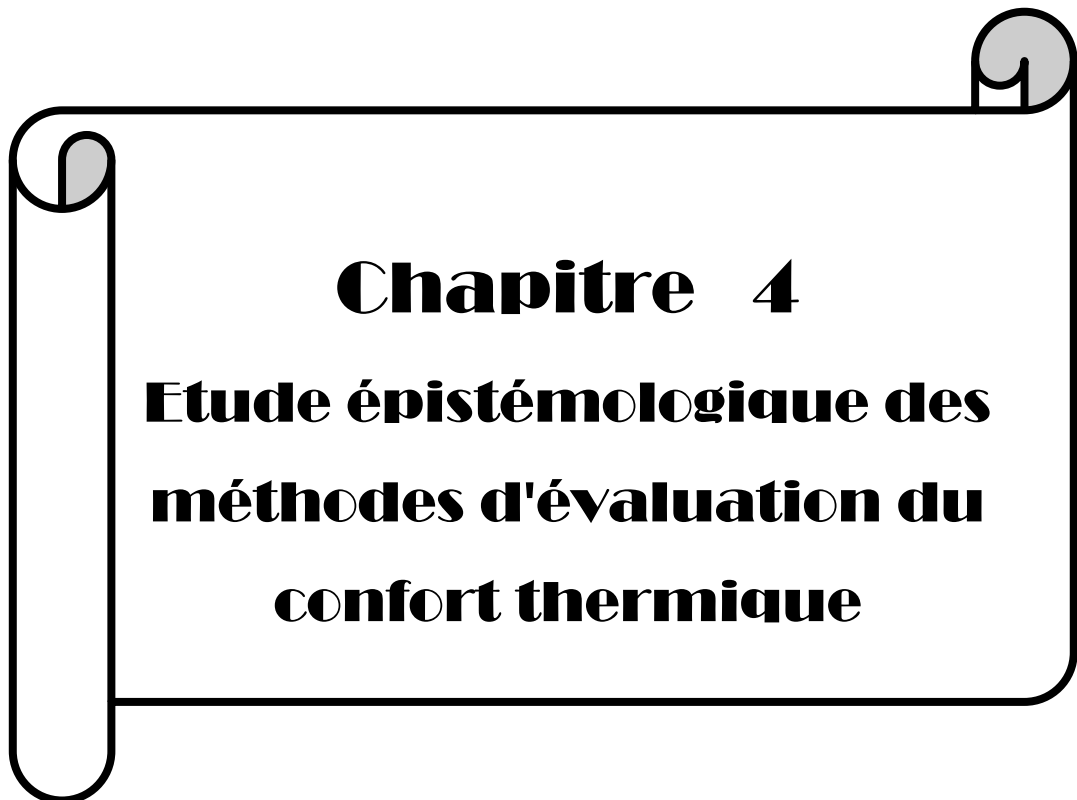
Enfin, la conception de l'espace public est un paramètre important qui peut améliorer considérablement les conditions microclimatiques. Il est important que les espaces extérieurs dans les zones à climat chaud soient conçus pour accueillir diverses activités afin d'encourager les gens à visiter et à rester plus longtemps.

CONCLUSION

Au fil de ce chapitre, on a montré les différentes significations de l'espace urbain, ainsi que la notion de l'espace public selon divers auteurs et spécialistes. Ensuite on a divergé vers la présentation des différentes typologies de l'espace public, ainsi que ses fonctions et rôles fondamentaux au sein de la ville en général et les citoyens de la ville en particulier. Par la suite on a présenté brièvement un aperçu historique sur la genèse et la croissance et le développement de l'espace public dans les villes depuis les anciennes époques et dynasties historiques

La deuxième partie du chapitre a été consacrée à la présentation et l'éclaircissement de différents concepts d'usage, de pratique, d'appropriation, et de fréquentation englobant les activités des usagers, se déroulant au sein des espaces publics, qu'ils ont conçus, plantés et équipés, et destinés dans leur principe à ses usagers. Tous ces concepts reliés principalement aux usagers de l'espace public, sont considérés à la fois comme des facteurs principaux pour tester les succès et l'efficacité de l'espace public dans la ville et son rendement sur le confort physique et psychique des usagers.

En dernier, on a également visé les critères et les principes pour réaliser, aménager, et concevoir un espace public durable selon les différents besoins et aspirations de toutes les catégories d'usagers, qui fréquentent et s'approprient ces espaces publics urbains.



Chapitre 4
Etude épistémologique des
méthodes d'évaluation du
confort thermique

INTRODUCTION

Ce présent chapitre englobe et montre les différentes méthodes et outils qui s'intéressent à l'étude du confort thermique extérieur dans la ville.

D'abord on entame la présentation des multiples manières et méthodes d'enregistrement des différents paramètres de l'environnement thermique, ainsi que les facteurs principaux du confort thermique extérieur.

Après on diverge vers la présentation et l'explication des divers programmes, logiciels et outils qui servent à l'évaluation des conditions du microclimat urbain, où on met la lumière sur les programmes et logiciels les plus utilisés dans le domaine de l'environnement thermique extérieur

Ensuite, on aborde les différentes stratégies et méthodes diversifiées d'optimisation et d'amélioration des conditions du confort thermique extérieur

Cet aperçu sur l'état de l'art des méthodes et des outils d'évaluation et d'optimisation de l'environnement thermique extérieur, a pour objectif le choix de la méthode appropriée à cette recherche.

I. Les Méthodes d'enregistrement des paramètres de l'environnement thermique

Afin d'analyser l'environnement thermique urbain, il existe plusieurs méthodes d'analyse et d'enregistrements des différents paramètres de l'environnement thermique. Selon la recherche de Dayi Lai & al. 2019, il y a deux méthodes principales qui permettent d'enregistrer les paramètres climatiques (Fig 4.1) :

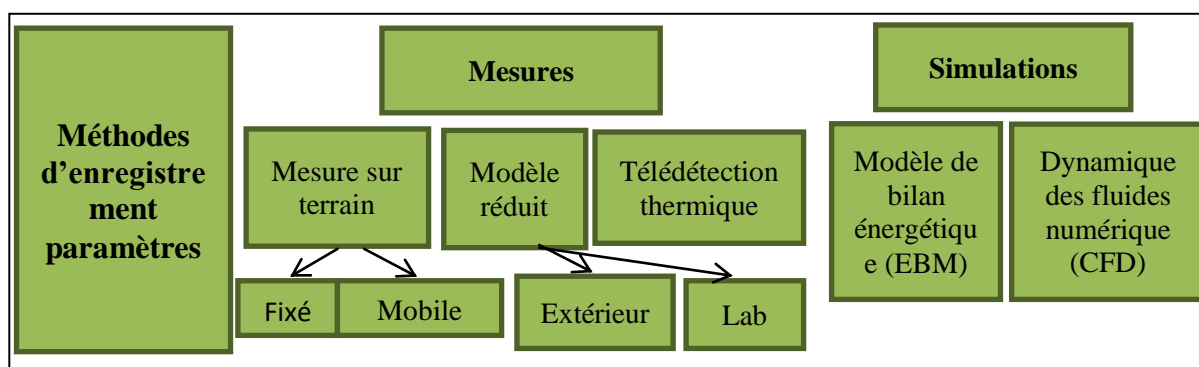


Fig. 4.1 : les méthodes d'enregistrement des paramètres climatiques

Source : Dayi Lai & al. 2019

I.1. La Méthode des mesures sur terrain :

Les mesures généralement effectuées sur terrain, permettent l'enregistrement «réel» de l'environnement thermique urbain, afin d'étudier l'effet des facteurs climatiques sur les paramètres environnementaux thermiques.

I.2. La Méthode de simulation :

Il y a différents modèles pour cette méthode comme ; les modèles de bilan énergétique (EBM) et la dynamique des fluides computationnelle (CFD), ces deux modèles permettent d'enregistrer des résultats plus fiables et plus satisfaisants (Mirzaei et Haghighat, 2010).

Les simulations de l'environnement thermique extérieur urbain peuvent être réalisées à différentes échelles de la ville, du quartier, de la maison, à un ou plusieurs bâtiments. (Dayi Lai & al. 2019)

I.3. La combinaison entre la méthode des mesures et la simulation :

Les simulations peuvent compléter les mesures dans certains cas, si on n'avait pas d'instrument pour mesurer la température radiante moyenne ou bien la vitesse du vent.

II- Outils et programmes d'évaluation du microclimat urbain

II.1. Simulation par Envi-Met

ENVI-met est un programme d'informatique qui prédit le microclimat dans les zones urbaines. Il est basé sur un modèle de CFD et de bilan énergétique tridimensionnel, il est développé par Bruse Michael.1999 (Fig 4.2).

Le modèle d'ENVI-met prend en compte les processus physiques entre l'atmosphère, le sol, les bâtiments et la végétation, il simule le climat dans une zone urbaine définie avec une haute résolution spatiale et temporelle, en une étude détaillée des variations microclimatiques.

Les données entrées se composent des propriétés physiques de la zone urbaine d'étude et des données géographiques et météorologiques limitées. Les données d'entrée requises pour les bâtiments sont les dimensions, la réflectivité, la température. Le modèle utilise des données détaillées sur les surfaces de sol, y compris les propriétés thermiques et d'humidité. L'évapotranspiration et l'ombrage de la végétation sont pris en compte. (Johansson.2006)

ENVI-met permet d'analyser les effets des changements à petite échelle dans la conception urbaine (par exemple, les arbres, le verdissement de la cour, les nouvelles constellations de bâtiments) sur le microclimat dans différentes conditions à méso-échelle. (Bruse. M, 1999).

Le modèle ENVI-met se compose d'un modèle principal tridimensionnel qui est encapsulé dans un modèle unidimensionnel, qui fournit les conditions aux limites. Le modèle unidimensionnel simule les processus atmosphériques au sein de la couche limite jusqu'à une hauteur de 2500 m. Le modèle tridimensionnel est subdivisé en mailles (Wania.A & al.2012) Les différentes équations du modèle sont résolues sur une grille rectangulaire tridimensionnelle avec un espacement variable dans les directions x, y et z. (Bruse. M, 1999).

Selon (Johansson.2006) le modèle ENVI-met à une limitation majeure il ne prend pas en compte la masse thermique des enveloppes de construction (la capacité thermique n'est incluse que pour le sol). Une autre limitation est le fait que la température intérieure des bâtiments doit être constante pendant la période de simulation.

A l'aide du programme d'informatique ENVI-met, Ali-Toudert & al (2005, 2006) ont simulé le microclimat de la ville désertique de Beni Isguen (32 ° N), en Algérie. Ils ont constaté que pendant les conditions estivales chaudes et sèches, la température diminuait d'environ 3 ° C lorsque le rapport H / W passait de 0,5 à 4 et que les rues nord-sud étaient légèrement plus fraîches que celles orientées est-ouest. Leurs enquêtes se sont limitées à la saison estivale.

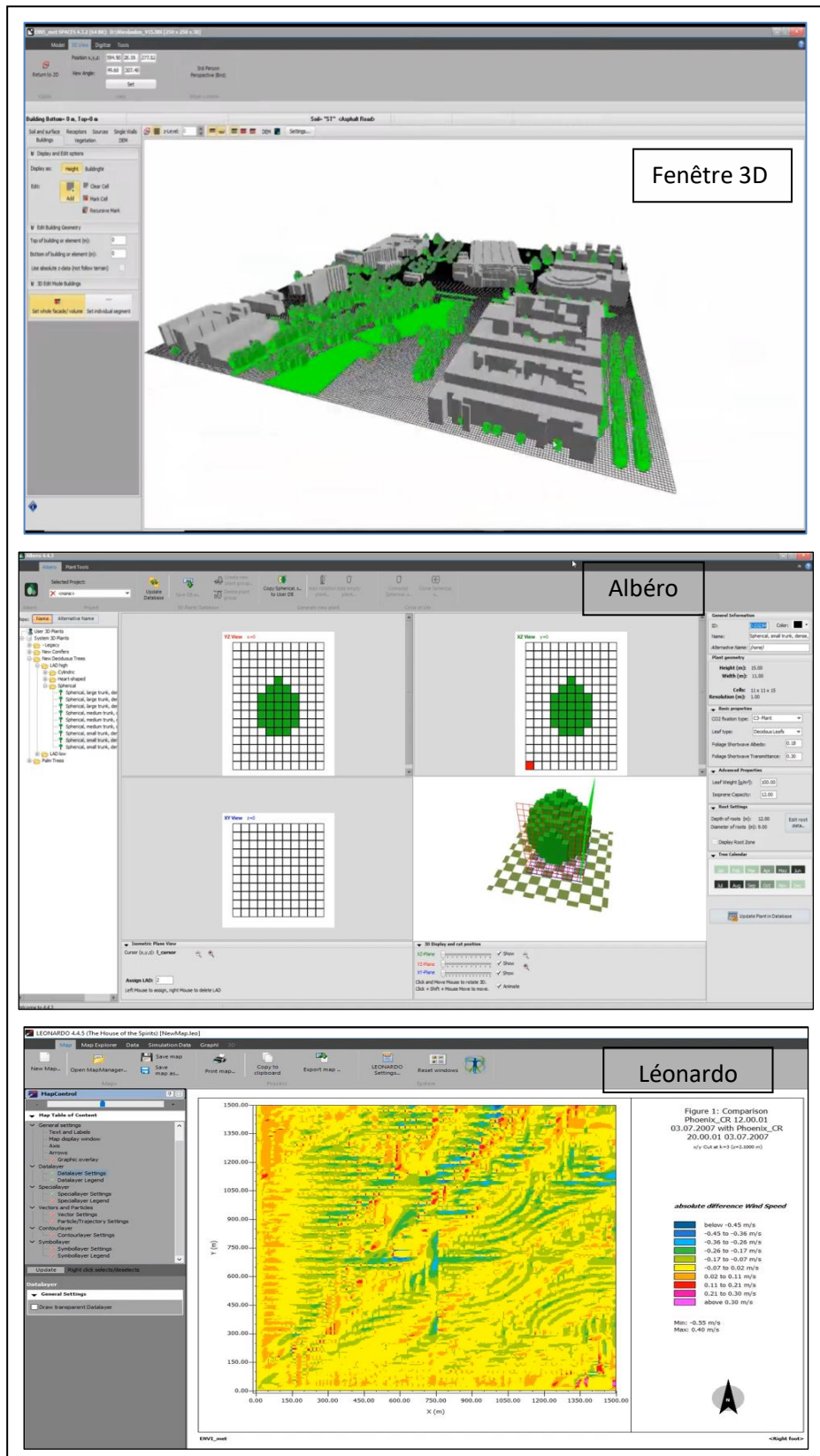


Fig 4.2. Différentes interfaces de du programme Envi-met
Source : Envi-met.com

II.2.Le Programme RayMan :

Le modèle RayMan a été développé par (Matzarakis et al 2007), comme un outil d'estimation de la climatologie urbaine. RayMan est un outil de prédiction basé sur la physique, il est capable de prédire T_{mrt} , SVF, le rayonnement global et certains indices thermiques tels que PMV, PET, SET, UTCI et la température perçue (PT). Les données introduites sont des données météorologiques de localisation, des facteurs humains, de la topographie, du contexte urbain (bâtiment et arbres) et des images pour calculer le (SVF) (Aydin.E.2019)(Fig4.3)

Ce modèle du «RayMan» est développé pour calculer les flux de rayonnement à ondes courtes et longues qui affectent le corps humain. «RayMan» estime les flux de rayonnement et les effets des nuages sur les flux de rayonnement à ondes courtes et longues. Il peut également calculer plusieurs indices thermiques (du vote moyen prévu, de la température effective standard, de la température physiologiquement équivalente, de l'indice climatique thermique universel et de la température perçue), qui facilitent l'évaluation de l'environnement thermique du climat. «RayMan» propose plusieurs options pour la détection et l'inclusion de structures urbaines (bâtiments, feuillus et résineux), la possibilité de dessiner librement et la sortie de l'horizon (naturel ou artificiel) sont incluses pour l'estimation des facteurs de vue du ciel), et la mise en œuvre de photographies fish-eye pour le calcul du facteur de vue du ciel est également possible (Matzarakis.A.2012)

Les modèles RayMan et Sky Helios -complément du RayMan-, sont deux modèles à micro-échelle disponibles gratuitement pour le calcul et l'estimation du facteur de vue du ciel, de la durée d'ensoleillement, de l'ombre et en général des flux de rayonnement.

De plus, RayMan est capable d'estimer les indices thermiques les plus modernes utilisés en biométéorologie humaine. Les deux modèles ont la possibilité de faire correspondre et de lier plusieurs formats de données afin de produire et de transférer des informations pour un traitement ultérieur dans les études et problèmes climatologiques urbains. (Matzarakis.A.2012)

Selon l'étude de (Nasrollahi.N& al. 2020) sur les différentes recherches faites concernant l'étude du confort thermique extérieur. Ils déclarent que l'ENVI-met puis le RayMan, sont les outils de simulation les plus utilisés et appliqués dans les travaux sur le microclimat et le confort extérieur. De plus, les indices PET et PMV sont largement utilisés pour évaluer les environnements thermiques dans diverses études. Ainsi que pour de nombreuses études

menées ces dernières années, l'évaluation du confort thermique extérieur a été réalisée sur la base de l'indice PET. A travers ces études, des tableaux ont été réalisés afin de définir la relation entre la perception thermique et l'indice de PET ou température acceptable dans le climat.

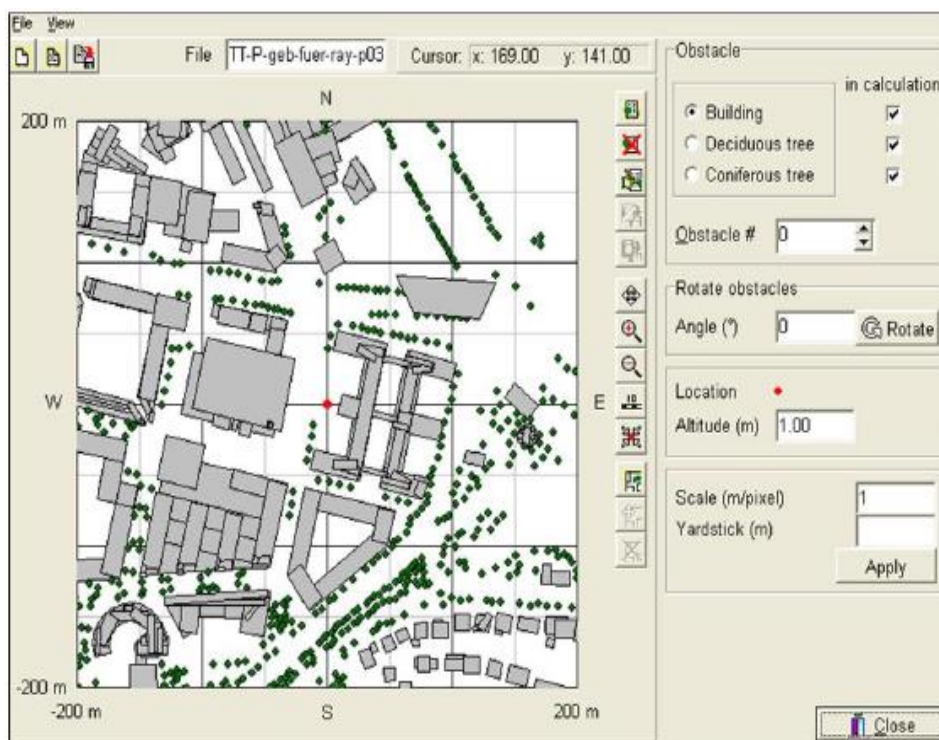


Fig 4.3.L'interface du programme du Ray-Man
Source : Manuel du Programme Ray-Man

II.3.Le programme Solène :

SOLENE est un outil de simulation qui a d'abord été développé au laboratoire CERMA afin d'évaluer le processus de rayonnement en situation urbaine à partir d'un maillage de surface 3D, et une géométrie hémisphérique représente la voûte céleste, qui a également été maillée pour tenir compte de l'anisotropie du rayonnement solaire diffus. Solène permet de calculer l'irradiance du ciel (flux direct et diffus) qui peut être évaluée à partir des données de mesure ou à partir d'un modèle de ciel. (Morille & al.2015)

SOLENE permet de simuler également l'influence des différents choix d'aménagement urbain sur la température de surface, le confort extérieur, la consommation énergétique des bâtiments, l'atténuation de l'effet de l'îlot de chaleur urbain, et la transformation des lieux et des paysages urbains (par des analyses systématiques des visibilitées) (Laboratoire AAU) (Fig4.4)

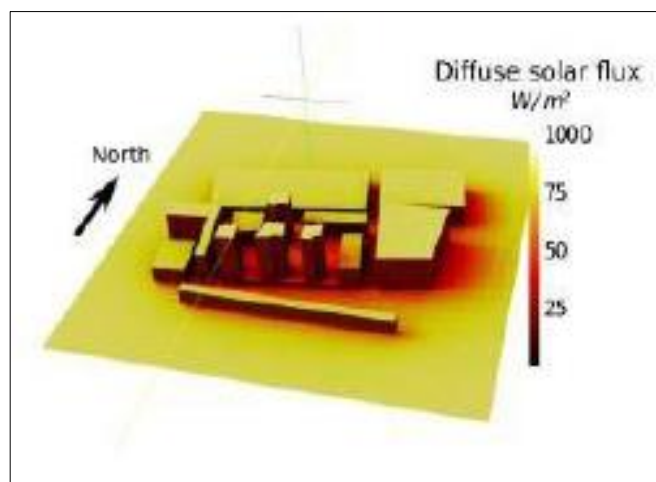


Fig 4.4. Flux solaire diffus calculé par SOLENE
Source : Morille & al.2015

II.4. Le programme Grasshopper / Rhino

Grasshopper est un langage ou un environnement de programmation visuelle qui s'exécute dans l'application de conception assistée par ordinateur (CAO) Rhinoceros 3D. Le programme a été créé par David Rutten chez Robert McNeel & associates.

La conception de haute performance devient de plus en plus souhaitable dans le domaine de l'architecture, et le besoin de soutenir les architectes avec des outils d'analyse environnementale est augmenté. Alors aujourd'hui Grasshopper / Rhino est l'une des plateformes les plus utilisées par les concepteurs. Il existe déjà un certain nombre de plugins environnementaux développés pour Rhino / Grasshopper. Cependant, Ladybug offre plusieurs avantages qui ne sont actuellement pas offerts par les plugins de conception environnementale existant liés à Rhino / Grasshopper. Ladybug est un plugin environnemental gratuit et open source pour Grasshopper3D.

Grasshopper3D, est un plugin «éditeur d'algorithme graphique» pour Rhino, c'est un outil de modélisation 3D qui devient un outil de modélisation de plus en plus préféré pour les concepteurs, les architectes et les étudiants. Ladybug profite de la plate-forme paramétrique de Grasshopper pour permettre au concepteur d'explorer la relation directe entre les données environnementales et la génération de la conception grâce à des sorties de données graphiques hautement intégrées à la géométrie du bâtiment. (Roudsari.M & Pak.M. 2013)

Actuellement, Il existe quatre outils d'analyse environnementale, pour Rhino / Grasshopper, accessibles au public (à l'exception de Ladybug). Le tableau suivant (4.1) compare les outils

d'analyse environnementale existants pour Rhino / Grasshopper en fonction des types d'analyse qu'ils fournissent au cours des différentes étapes d'un processus de conception environnementale. Comme le montre ce tableau, aucun des outils ne fournit le spectre complet des études environnementales, et il n'y a presque aucun support pour l'analyse des données météorologiques.

PROCESSES		ANALYSIS TOOLS				
		Ladybug	Heliotrope	Geco	Gerilla	Diva-for-Rhino
Climate Analysis	Analysis	✓				
	Visualization	✓	✓**			
Massing/Orientation Study		✓		✓		✓
Daylighting Study		✓		✓		✓
Energy Modeling		✓			✓	✓*

* Limited to one thermal zone
 ** Only daily sun path diagram

Tableau 4.1 : Comparaison entre les outils d'analyse environnementale existants pour Rhino / Grasshopper
 Source : Roudsari.M&Pak.M. 2013

II.5. La Dynamique des Fluides Computationnelle CFD

Le modèle CFD est une technique de modélisation par simulation qui a été développée en tant qu'outil de conception en génie mécanique.

La CFD permet au concepteur d'obtenir une résolution spatiale très élevée du champ de flux dans des zones d'intérêt spécifiques en utilisant la discrétisation spatiale. Un autre avantage de cette technique est que l'écoulement de fluide, les scalaires actifs et passifs tels que la chaleur, l'humidité et les polluants peuvent être résolus en même temps.

Pour la conception urbaine extérieure, la simulation CFD peut être appliquée pour évaluer les effets du gain de chaleur provenant de la géométrie du bâtiment, des matériaux de construction et d'autres sources de chaleur externes telles que les unités de climatisation. (Setaih. K & al. 2013)

CFD est capable d'obtenir des informations plus précises sur la distribution UHI à l'intérieur et au-dessus des auvents du bâtiment que l'UCM. Le problème théorique est lié à la résolution temporelle et spatiale inégale des phénomènes qui se produisent dans la ville. Par exemple, la turbulence atmosphérique à l'échelle du couvert ne peut pas être modélisée sur une même échelle de temps et de longueur. Par conséquent, les simulations CFD sont le plus souvent séparées en différentes échelles, deux échelles sont généralement utilisées dans la littérature UHI: méso-échelle et micro-échelle (échelle urbaine) (Mirzaei & Haghighat, 2010).

De nos jours, les simulations avec la dynamique des fluides computationnelle (CFD) sont fréquemment utilisées pour évaluer le microclimat urbain. La CFD peut résoudre le transfert de chaleur et de masse et leur interaction avec des obstacles individuels tels que les bâtiments, compte tenu de l'augmentation rapide des études CFD sur le microclimat urbain.

Les études CFD sur la microscopie météorologique, où les distances spatiales typiques sont inférieures à 2 km, gagnent en popularité en raison de leurs avantages tels que la modélisation explicite de la géométrie urbaine et du bâtiment et la résolution du champ d'écoulement avec une haute résolution spatiale (Toparlar.Y.2016)

Le CFD peut être utilisé pour analyser les modèles de ventilation et de concentration de chaleur à l'étape de la conception urbaine afin de faciliter la conception et le développement d'espaces extérieurs offrant à l'usagers un environnement urbain confortable.

II.6. Le programme SPUCAL :

Selon l'étude de (Ahriz.2018) SPUCAL (Simulation Platform of Urban Climate in Arid Lands) c'est un nouveau modèle mathématique développé par le chercheur Ahriz, le modèle simule le climat urbain dans les terres arides en fournissant des analyses pour évaluer le confort thermique extérieur, et en dirigeant les chercheurs et les concepteurs urbains pour prendre des décisions sur la sélection de la quantité et le type de végétation à cultiver dans l'espace urbain ouvert étudié. Enfin, SPUCAL peut prédire l'efficacité des décisions sur la modification du climat urbain et son impact sur le confort thermique extérieur.

Après avoir mené une expérience scientifique sur un échantillon d'oasis chaudes du désert de la vallée du Righ au nord du SAHARA Algérien, il a prouvé l'hypothèse que la capacité de la végétation à modifier le climat urbain a une limite à un certain pourcentage du vert ratio de couverture (GCR), où la performance positive atteint son maximum à 60% du GCR. Ensuite, il a distingué deux cas: soit la stabilité des performances jusqu'à l'utilisation de 100% de GCR,

soit la baisse des performances lors d'une utilisation excessive de la couverture verte, il a interprété scientifiquement un phénomène de serre locale. En conclusion, il a développé de nouvelles équations mathématiques pour prédire et évaluer les performances climatiques positives de la végétation avec une précision de 96% en fonction du ratio utilisé de GCR et des performances climatiques atteignant l'état de confort thermique extérieur avec une précision de 95% selon le ratio GCR.(Fig4.5)

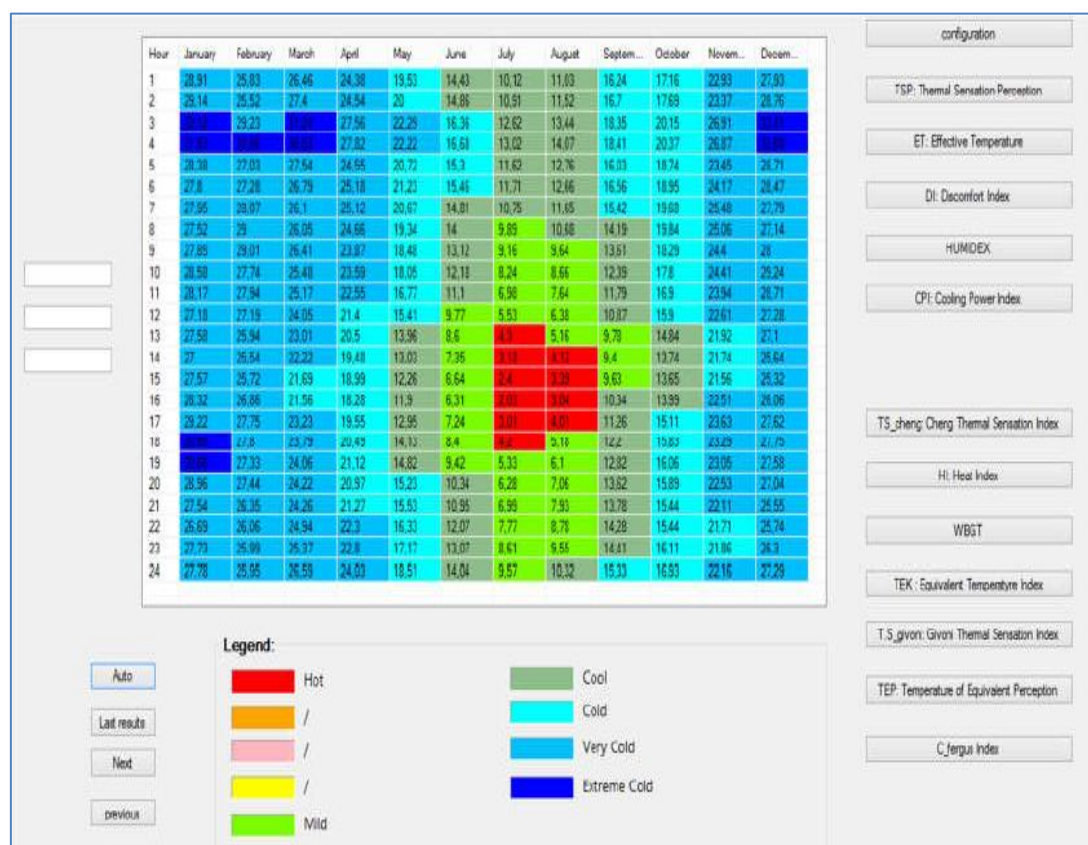


Fig 4.5 : Un processus d'évaluation du confort thermique extérieur utilisant 12 indicateurs différents sous l'influence de la végétation
Source : Ahriz.A.2018

II.7-Méthode COMFA :

II.7.1.COMFA :

La méthode COMFA consiste principalement à suivre la formule de base exprimant l'énergie métabolique d'une personne dans un environnement extérieur. COMFA est développé par Brown et Gillespie selon l'équation suivante :

$$\text{Budget} = M + \text{Rabs} - \text{Conv} - \text{Evap} - \text{Tremitted}$$

Où : M: l'énergie métabolique d'une personne utilisée pour s'échauffer.

Rabs: le rayonnement solaire et terrestre absorbé

Conv: la chaleur sensible perdue ou gagnée par convection

Evap: la perte de chaleur par évaporation

TRemitted: le rayonnement terrestre émis

Lorsque le budget est proche de zéro, on peut s'attendre à ce qu'une personne soit thermiquement à l'aise. Si le budget présente une valeur positive importante, la personne reçoit plus d'énergie que perdue (Gaitani & al. 2005)

Le bilan thermique COMFA représente un moyen d'intégrer les interactions complexes qui se produisent entre le corps humain et l'environnement thermique ambiant, et les perceptions de la sensation thermique (Natasha K. & al 2009)

II.7.2.COMFA+ :

D'une autre part le modèle (Comfa+) a été réadapté aux espaces urbains grâce aux travaux des chercheurs Angelloti, Dessi et Scuda

Les chercheurs ont créé une nouvelle version du Comfa, pour qu'elle prenne en compte l'impact maximal des bâtiments sur le climat urbain, où ils ont proposé d'inclure de nouveaux paramètres visuels qui interféreraient avec la quantité de rayonnement solaire et terrestre dans l'espace urbain *BVF* : (*Building View Factor*), *SVF* (*SkyView Factor*), *GVF* (*Ground View Factor*), *OVF* (*object View Factor*))(Angelloti & al.2007) :

$$\Sigma_i BVF_i + SVF' + GVF + OVF = 1$$

$$SVF' = 1/2 \cdot SVF,$$

$$OVF = 1/2 \cdot (1 - SVF),$$

$$GVF = 1/2.$$

La différence entre Comfa et Comfa+ et l'introduction de l'effet des bâtiments dans le calcul du rayonnement dans l'équation du bilan d'énergie.

Le modèle initial a été également repris par Kenny et d'autres chercheurs. Ces chercheurs ont trouvé que Comfa sous-estime l'effet du vent et la vitesse de l'activité lorsqu'il s'agit des activités très importantes, les modifications concernant l'évaluation de la résistance des vêtements et de leurs imperméabilités à la vapeur r_{c} et r_{cv} respectivement (Tebbani.H & Bouchahm.Y. 2016)

STE	Comfa+(w/m2)	Interprétation
-4	<-150	Extrêmement froid
-3	-150 à -100	Très froid
-2	-100 à -50	Froid
-1	-50 à +50	Un peu froid
0	+50 à +120	Confort
1	+120 à +180	Un peu chaud
2	+180 à +220	Chaud
3	+220 à +260	Très chaud
4	>+260	Extrêmement chaud

Tableau 4.2 : Calibrage de l'indice du confort COMFA + en fonction de l'indice statistique STE.
Source : Tebbani .H & Bouchahm.Y. 2016

La méthode COMFA+ est l'un des modèles les plus simples d'évaluation du confort extérieur, mais aussi suffisamment sensible aux variations physiques pour atténuer les conditions microclimatiques. La sensation de confort est évaluée à travers la valeur du bilan thermique du bilan énergétique (TB), qui donne des conditions de confort en fonction du «montant» des échanges énergétiques entre une personne et l'environnement. COMFA + peut être utilisé pour évaluer les effets de la présence de végétation dans un espace urbain, de l'ombrage local sur la personne, de la position de la personne par rapport aux bâtiments et de l'albédo des matériaux de pavage. (Latini.G & al.2010).

III. Les stratégies d'optimisation de l'environnement thermique

Plusieurs recherches se sont intéressées aux méthodes et stratégies d'optimisation du milieu urbain et de favoriser l'environnement thermique notamment dans les espaces extérieurs, (Dayi.L& al .2019) cite les importants éléments d'optimisation de l'environnement thermiques (Fig 4.6) :

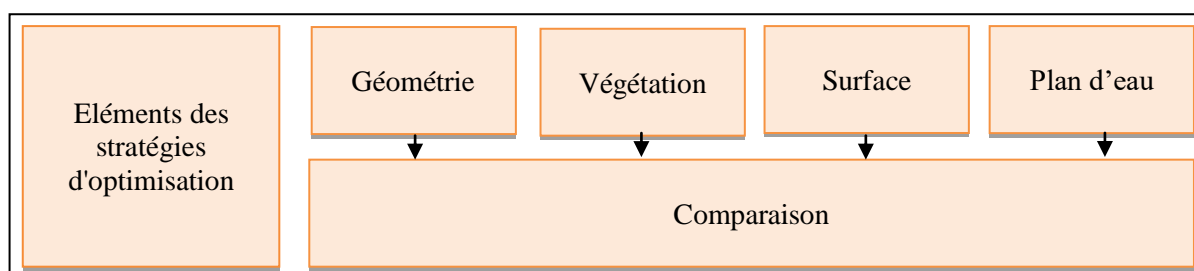


Fig4.6 : les éléments nécessaires d'optimisation de l'environnement thermique
Source : Dayi Lai & al .2019

III.1 Les éléments influant et nécessaires pour les stratégies d'optimisation

A. L'effet de la géométrie

Les espaces ouverts urbains sont caractérisés par diverses géométries. Le principal effet de la géométrie urbaine sur l'environnement thermique urbain est de modifier les échanges thermiques radiatifs et convectifs dans les espaces ouverts urbains. La morphologie urbaine haute et dense bloque souvent le rayonnement solaire et réduit la vitesse du vent.

B. L'effet de la végétation

Les arbres réduisent efficacement le rayonnement thermique dans les espaces ouverts urbains. Par réflexion et absorption, les arbres peuvent éliminer une grande quantité de rayonnement solaire à ondes courtes entrantes.

C. L'effet de la surface du sol

Les matériaux froids réduisent la température de la surface, diminuent le transfert de chaleur par convection de la surface à l'air, produisant ainsi des températures d'air plus froides que la surface traditionnelle.

D. L'effet de l'eau

L'évaporation de l'eau élimine la chaleur ambiante. En outre, l'air ambiant est refroidi en raison du transfert de chaleur par convection entre l'air ambiant et la surface de l'eau. (Dayi Lai & al .2019)

III.2. La stratégie du Brown :

Dans son célèbre ouvrage « Design with microclimate » sur la conception des zones urbaines, Brown a mentionné une stratégie basée sur la création d'un microclimat utilisant les éléments suivants: rayons solaires, rayons du sol, vents, température et humidité relative. Les solutions sont présentées comme suit:

- La stratégie de traitement du rayonnement solaire dépend de l'augmentation du taux d'ombrage pour le refroidissement et de l'augmentation du taux d'ouverture et de réflexion pour le chauffage.
- Quant aux rayons terrestres, la stratégie parle de l'effet de serre, et plus le degré de fermeture de la zone urbaine est élevé, plus sa température est élevée.
- Quant au vent, il se partage entre la technologie de focalisation, la direction et les pare-air au cas où l'on voudrait chauffer le champ.
- Température: Sa stratégie est claire et connue, qui consiste soit à ombrager soit à humidifier pour le refroidissement et vice versa pour le chauffage.
- Enfin, en ce qui concerne l'humidité relative, la solution pour refroidir les espaces ouverts dépend des champs verts et des plans d'eau comme sources de vapeur d'eau.

La figure ci-dessous (Fig4.7) montre la stratégie où se trouvent les solutions proposées. Si on les lit de droite à gauche, on utilise des solutions de refroidissement. Si la lecture est de gauche à droite, les solutions sont orientées vers l'augmentation des températures dans les espaces urbaines. (Brown .2010)

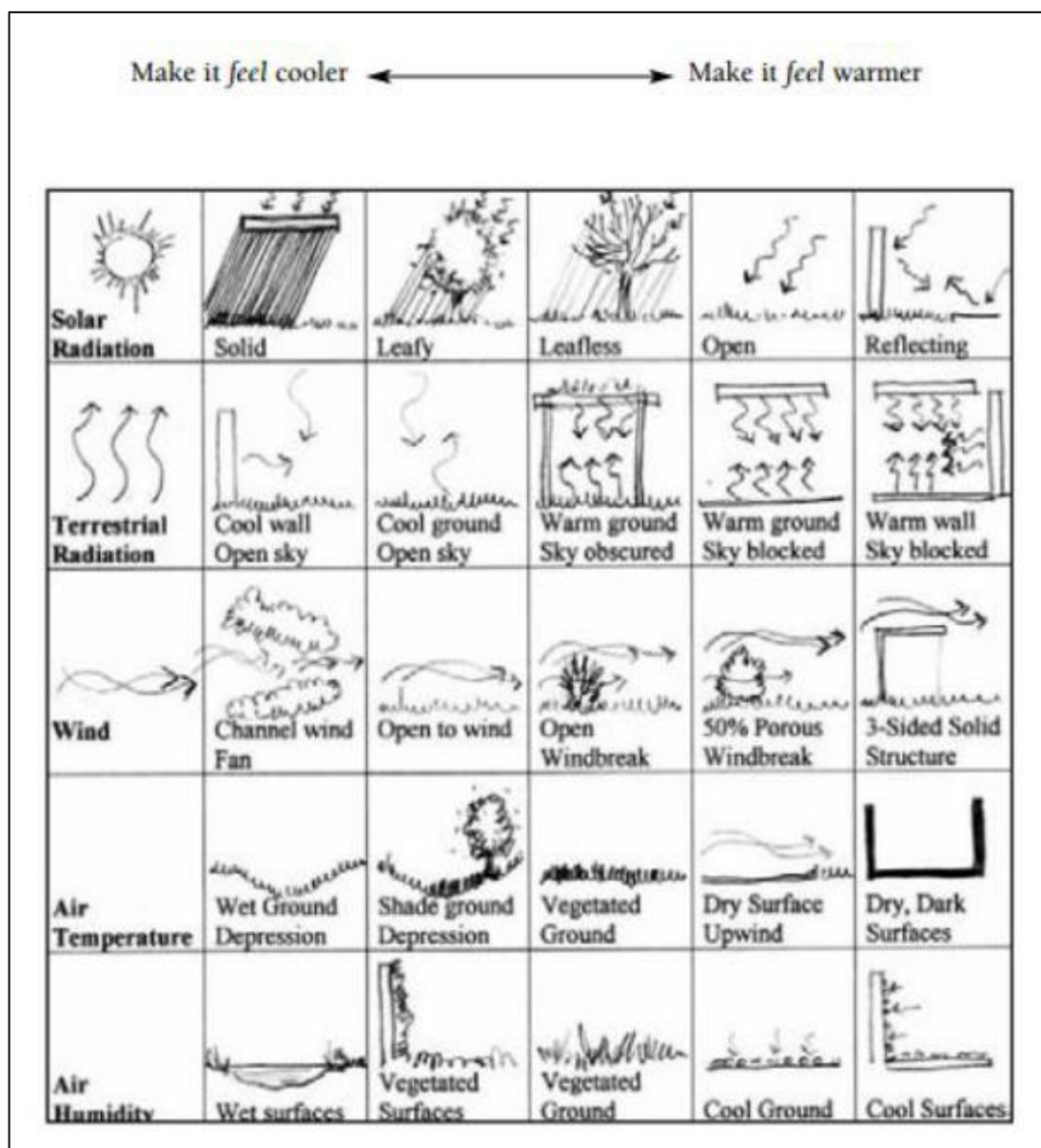


Fig 4.7 : Les solutions de la stratégie du Brown
 Source : Brown.2010

III.3.La stratégie du Setaih :

C'est une stratégie en cinq solutions pour refroidir les zones urbaines ouvertes dans les régions chaudes, en fonction de l'évolution des éléments climatiques importants dans la zone urbaine: température moyenne radiante, vent, température et humidité relative (Setaih & al.2013), selon les stratégies suivantes (Fig 4.8) :

- Refroidissement en utilisant différents éléments d'ombrage (arbres, pergolas...etc) afin d'ombrager les surfaces du sol et des bâtiments voisins.

- Concevoir des éléments architecturaux saillants afin de déplacer, de diriger et de contrôler le parcours et la vitesse des vents.
- L'utilisation de matériaux froids, qui sont caractérisés par des surfaces et des couleurs à très haute réflectivité au rayonnement solaire.
- L'utilisation de plans d'eau ou de sources d'eau pour profiter du phénomène de refroidissement par évaporation.
- L'utilisation d'espaces verts pour profiter du phénomène d'ombrage et d'évapotranspiration.

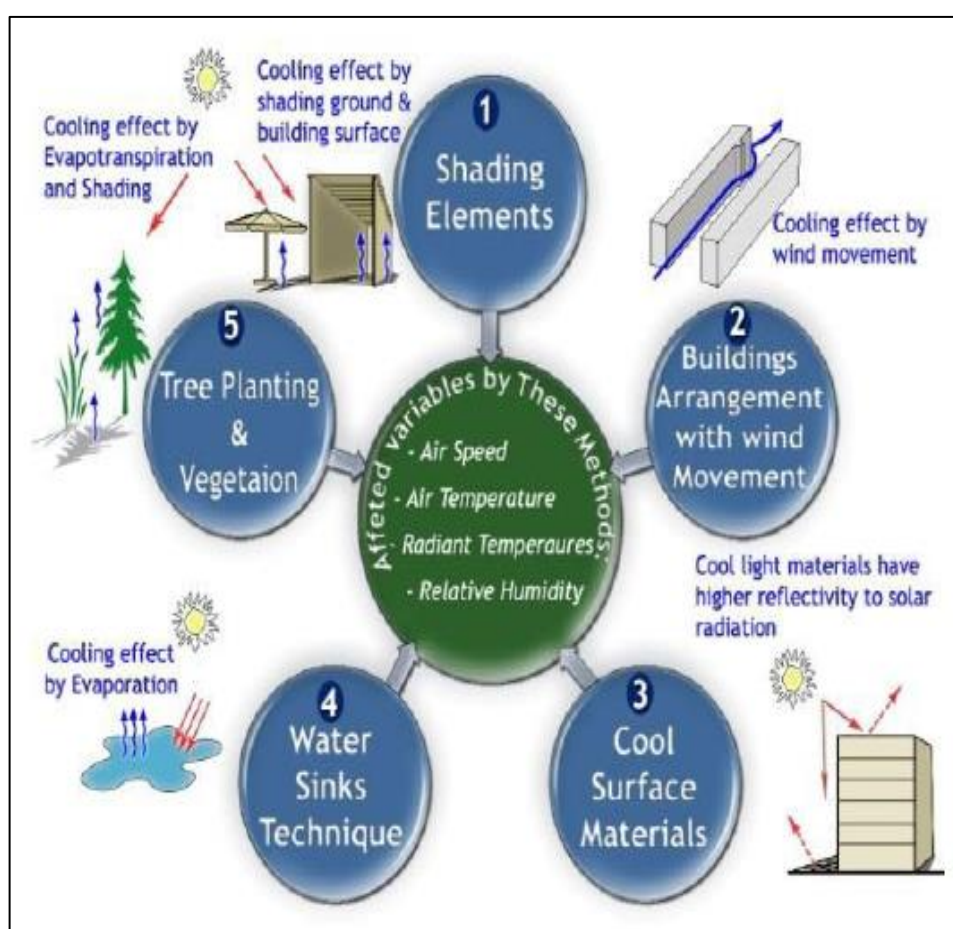


Fig 4.8 : Outils de refroidissement urbain selon la stratégie du Setaih

Source : Setaih & al.2013

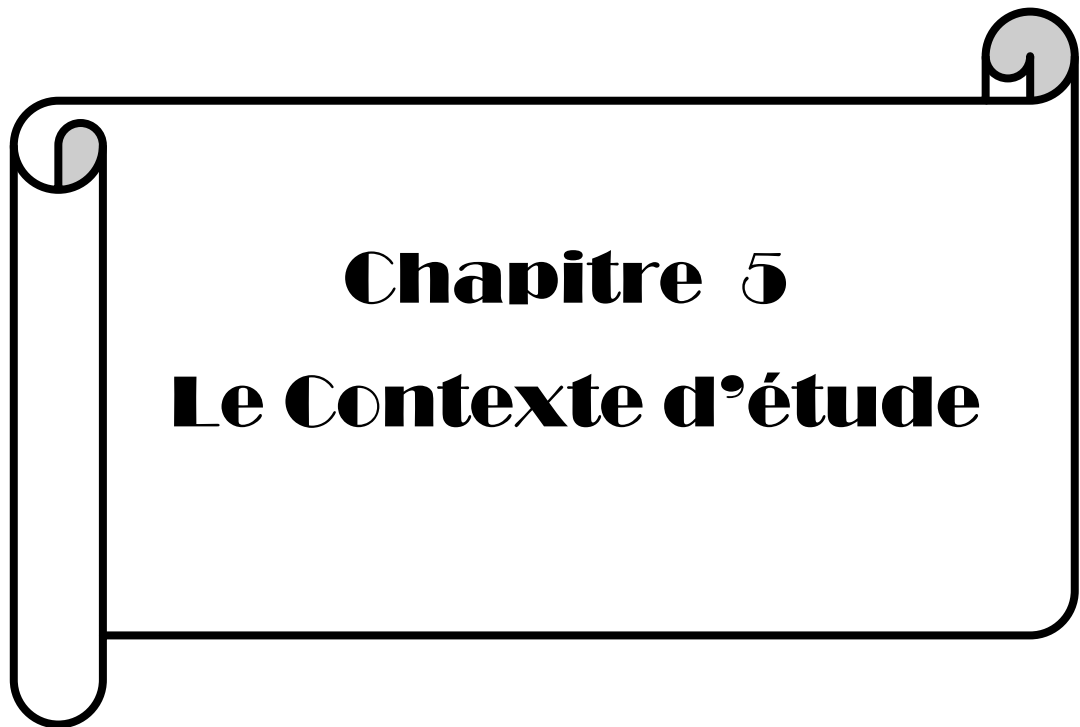
CONCLUSION

Ce chapitre d'état de l'art a permis de présenter une étude épistémologique englobant les différentes méthodes et outils de l'évaluation et d'optimisation du confort thermique de l'espace urbain public en particulier, et de la ville en général. On avait présenté brièvement au cours de ce chapitre, les méthodes principales pour l'enregistrement des paramètres de l'environnement thermique : la méthode des mesures sur terrain et la méthode de simulation, ou bien la combinaison entre ces deux méthodes.

Par la suite on a abordé les multiples outils et programmes d'évaluation du confort thermique tels que : le logiciels Envi-Met, le logiciel Ray Man, le programme Solène, le programme Grasshopper\Rhino, le programme SPUCAL, la méthode de la *Dynamique des Fluides Computationnelle* CFD, Méthode de COMFA et COMFA+. Tous ces outils et programmes sont destinés particulièrement à l'évaluation et l'estimation du confort thermique extérieur dans les tissus urbains. .

On a également entamé les éléments et méthodes nécessaires des stratégies d'optimisation et d'amélioration de l'environnement thermique dans les espaces extérieurs urbains, tels que la stratégie du Brown et la stratégie du Setaih, sachant que la géométrie urbaine, la végétation, les matériaux des surfaces et l'élément d'eau sont les éléments les plus influents dans l'amélioration du confort thermique extérieur. Lors du choix d'une stratégie, il faut tenir compte du climat local, la faisabilité des différentes stratégies et comportement des usagers

Toutes ces différentes méthodes et outils peuvent être exploités pour évaluer et améliorer le confort thermique des usagers de l'espace urbain extérieur, notamment dans le design et l'aménagement de l'espace public extérieur dans les villes.



Chapitre 5
Le Contexte d'étude

INTRODUCTION

A travers ce chapitre, on présente la ville d'étude, ainsi que les espaces publics urbains constituant le corpus d'étude.

En premier lieu, le chapitre englobe la présentation de la ville de Biskra selon différentes visions, par la représentation de la ville, selon ses diverses caractéristiques géographiques, démographiques, et climatiques. Ensuite on met en lumière la genèse et la croissance urbaine de la ville durant plusieurs époques historiques, où chacune de ses dernières a laissé ses traces et ses impacts témoignant sur le caractère et le style architectural et urbain de la ville.

Après, pour le deuxième volet de ce chapitre, on entame une présentation ou bien une identification des espaces publics de la ville de Biskra en général, à travers son évolution historique marquée par les transformations et mutations des différents types et formes de l'espace public, accompagnant le développement de la ville à travers les différentes périodes.

En dernier, on entame et vise particulièrement le corpus d'étude, qui présente les cinq cas d'étude choisis dans la ville de Biskra, où on présente tout d'abord les critères de choix de ces espaces, suivi d'un aperçu général sur ces espaces, afin de bien comprendre et connaître ces espaces d'étude choisis..

I-Présentation de la ville de Biskra

I.1. La Situation géographique

La wilaya de Biskra constitue un trait d'union phare entre le nord, le sud et l'ouest du fait de sa situation du côté sud-est de l'Algérie. Elle occupe une zone stratégique entre le nord et le sud aux « portes du Sahara » (Fig 5.1)

La wilaya de Biskra est située au sud - est de l'Algérie. Avec une altitude de 112 m, ce qui fait d'elle l'une des villes les plus basses d'Algérie.

Le Chef-lieu de la wilaya est situé à 400 km au Sud-est de la capitale Alger. Elle s'étend sur une superficie de 21 509,80 km², Elle est située dans une région à climat chaud et aride, elle a une latitude de (34.51) et une longitude de (5.43).

Elle est limitée :

Au nord par la wilaya de BATNA / Au nord-est par la wilaya de KHENCHELA, / Au nord-ouest par la wilaya de M'SILA, / Au sud-ouest par la wilaya de DJELFA, / Au sud par la wilaya d'EL OUED.

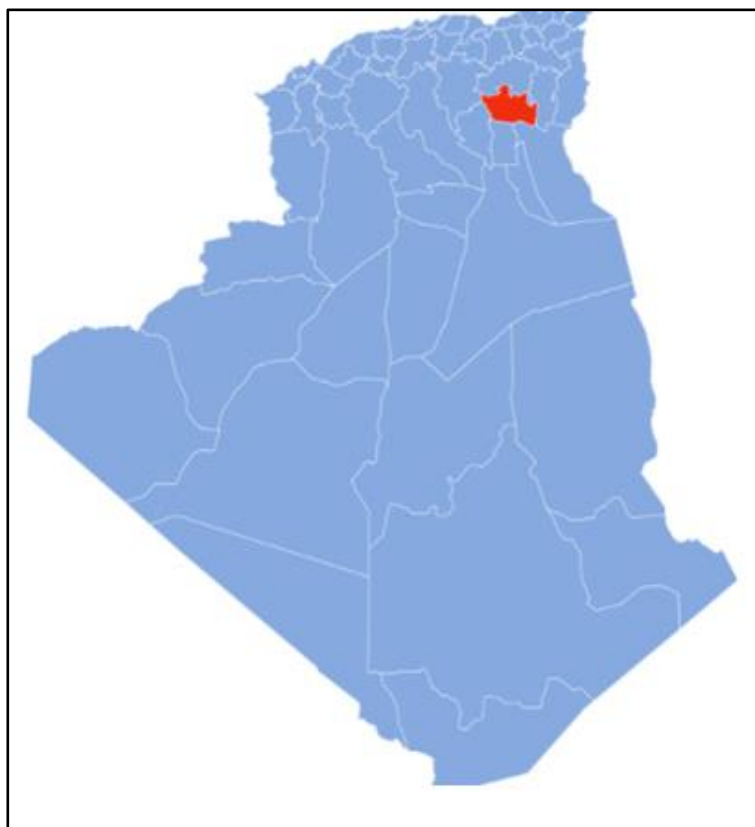


Figure 5.1. La situation de Biskra en Algérie
Source : liberte-algerie.com

Après l'indépendance, Biskra est déclarée oasis bénéficiant du statut administratif de sous-préfecture rattachée à la wilaya des Aurès, jusqu'à 1974.. La wilaya de Biskra compte actuellement douze daïras et trente-trois communes, dont la commune de Biskra avec une superficie de 127,70 Km² limitée au Nord par la commune de Branis, au Nord-Ouest par la commune d'El Outaya, à l'Est par la commune de Chetma, au Sud- Est par la commune de Sidi Okba, au Sud par la commune d'Ouméche et à l'Ouest par la commune d'El Hadjeb (Fig5.2).

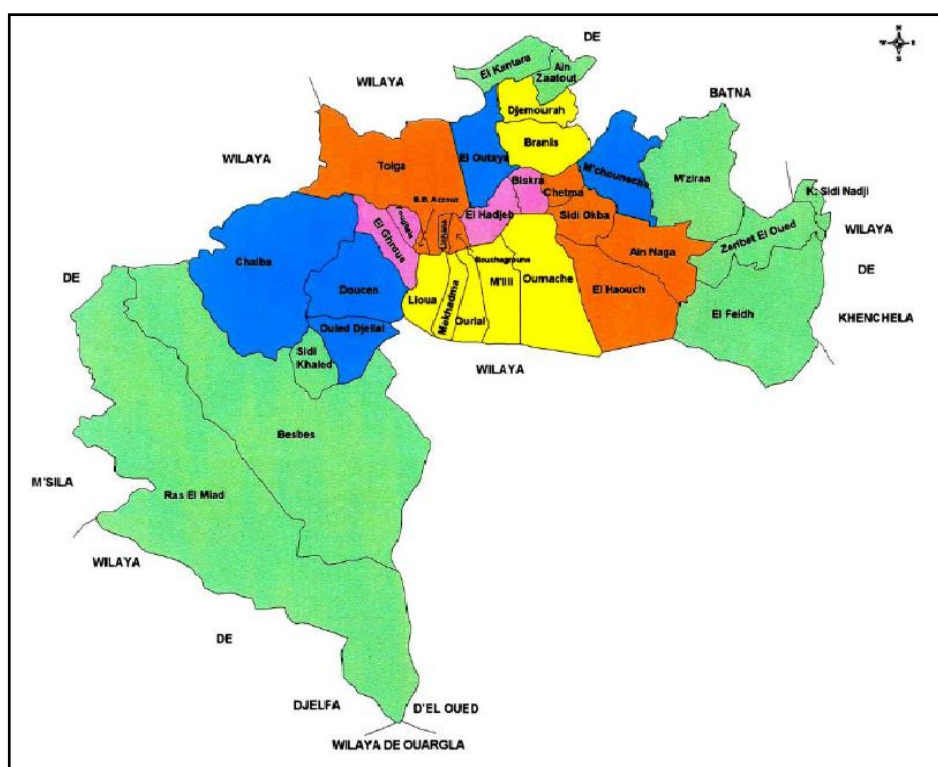


Figure 5. 2 : Les communes de la wilaya de Biskra
Source : Monographie de Biskra. 2013

II.2. Situation démographique

Les estimations démographiques au 31 décembre 2013 ont donné les résultats suivants:

Le taux de croissance annuel est de 2,30%

La densité de population est de 39 habitants / km²

- L'effectif total de la population était de 830569, dont :

*/ 420 312 hommes, soit 51%

*/ 410 257 femmes, soit 49%

La Répartition de la population de l'État par dispersion (Fig 5.3):

*/ Le siège municipal regroupe 640 572 personnes, soit 77,12%

*/ Rassemblements secondaires de 67891 personnes, soit 8,17%

*/ Zones dispersées 111 079 personnes, soit 13,49%

*/ La population nomade 10027 habitants, soit 1,22%.

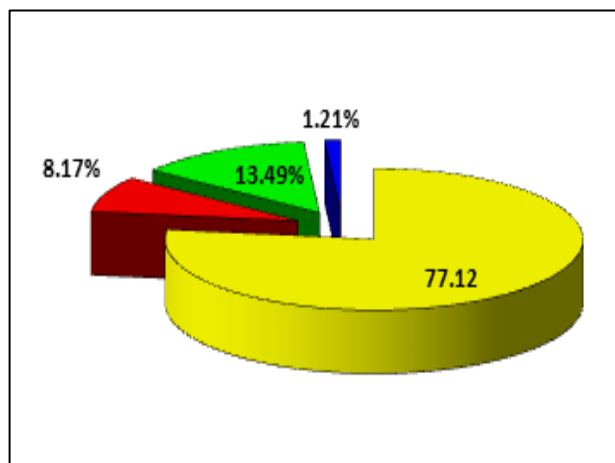


Figure 5. 3 : Les taux de populations de Biskra
Source : Monographie de Biskra. 2013

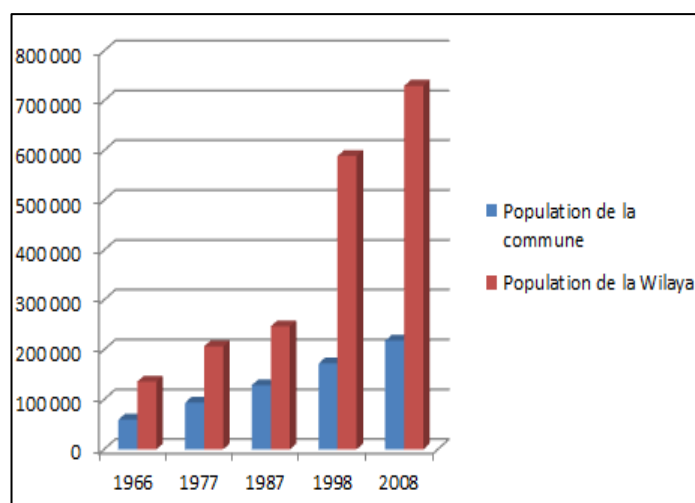


Fig 5.4 : Croissance démographique de la ville de Biskra.
Source : Monographie de Biskra, 2013.

En appliquant le taux de croissance annuel de l'Etat estimé à 30,2% (entre le recensement de 1998 et le recensement de la population et des logements de 2008), la population est estimée à 830569 personnes au 31/12/2013, avec une densité de population de 39 habitants/km², qui varie d'une commune à l'autre, atteignant jusqu'à 1832 habitants / km² dans la commune de Biskra (Fig 5.4)).

II.3. Les données climatiques de Biskra

Le climat est considéré comme un élément important dans les études urbaines en raison de son influence sur le choix du style de construction, de son ingénierie et des matériaux utilisés pour son achèvement. La ville de Biskra se caractérise par un climat semi-aride à aride avec des étés chauds et secs et des hivers froids et secs également. (Urba.2016)

D'après Marc Cote, dans son livre intitulé « les mutations rurales en Algérie », suivant la carte bioclimatique de l'est algérien, Biskra est classée dans la zone du climat aride. La ville de Biskra est caractérisée par un climat rigoureux qui reprend, d'une façon générale, les principales caractéristiques des climats chauds et arides.

- Précipitations

Lorsque l'on prend en compte les taux de précipitations au cours des 25 dernières années, Biskra se situe dans la région du 0-200mm, à part les régions montagneuses.

Cependant, ce taux de pluie n'est pas un indicateur fort du climat de la région, car les quantités sont très importantes. Il peut s'agir de 60 à 70% de la quantité de pluie confinée pendant la saison froide qui descend sous la forme de pluies torrentielles dans un déluge qui provoque l'érosion des sols et des dommages à l'agriculture.

- La température

Le taux mensuel moyen dans la région varie entre 12,2 C° en janvier et 33,7 ° en juillet, tandis que le taux annuel est estimé à 22,8 C° (Fig5.5).

La température maximale est atteinte au mois de juillet, elle dépasse généralement 40°C (sous abri). La température la plus basse est quant à elle, enregistrée aux côtes du mois de janvier, et peut descendre au-dessous de 8°C. Par ailleurs, du fait des conditions climatiques locales, la région de Biskra présente une grande amplitude de température diurne qui, généralement, avoisine les 10°C. (Urba.2016)

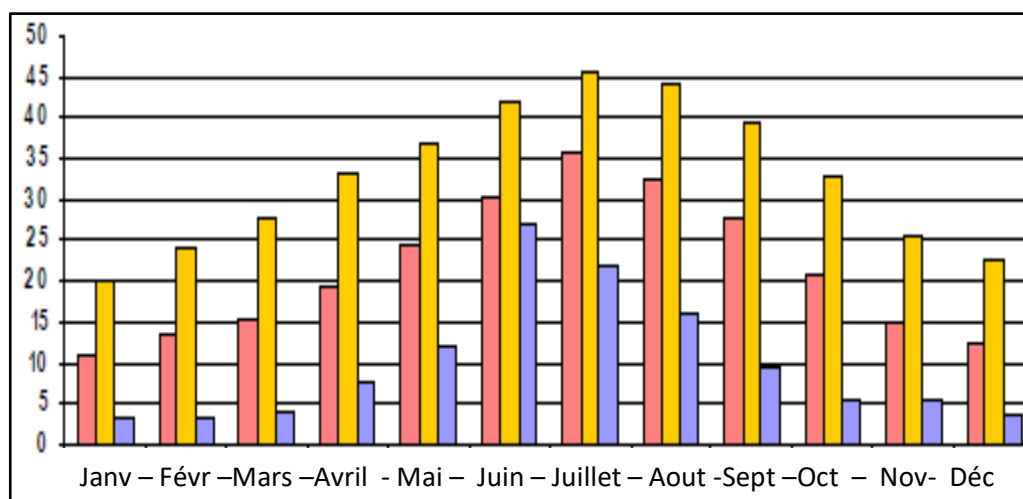


Fig 5.5 : Températures maximales, moyennes et minimales à Biskra.
Source : Urba.2016.

- **L'humidité**

Cette variable reste l'une des plus faibles qui caractérise ce climat ; en plus, cette région connaît une évaporation importante qui atteint les 2600 mm comme moyenne annuelle (Fig5.6).

L'amplitude journalière à Biskra, pour la saison chaude avoisine 22 °C, le rayonnement solaire est intense, il avoisine 3500 h/an. L'humidité relative moyenne est de l'ordre de 47 % et reste faible, ne dépassent guère 60%. A Biskra le phénomène de l'évapotranspiration atteint son paroxysme au mois de juillet avec 426 mm, notant une irrégularité et une faiblesse des précipitations (120mm) (Cote.M, 2005)

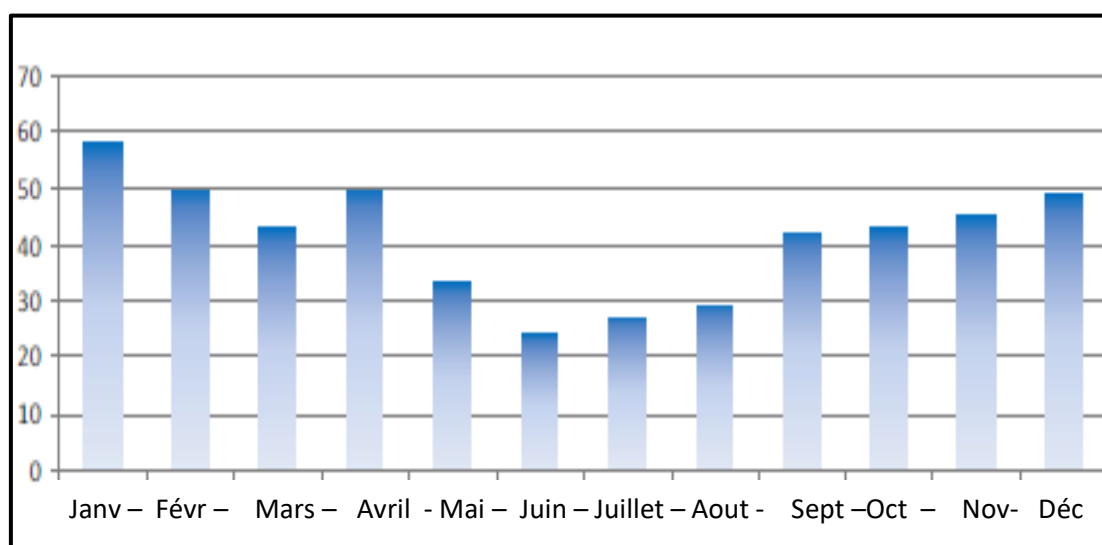


Fig5.6 : l'humidité moyenne durant de Biskra.
Source : Urba.2016.

- **La vitesse des vents**

Les vents qui soufflent sur la ville de Biskra sont multiples au cours de l'année, on retrouve donc des vents forts et froids en hiver venant des hautes plaines du nord-ouest, et des vents sableux au printemps venant du sud-ouest en général.

Quant à la saison estivale, elle se caractérise par les vents chauds du Sirocco qui prennent leur origine au sud-est et soufflent fréquemment au mois de juillet (Fig5.7).

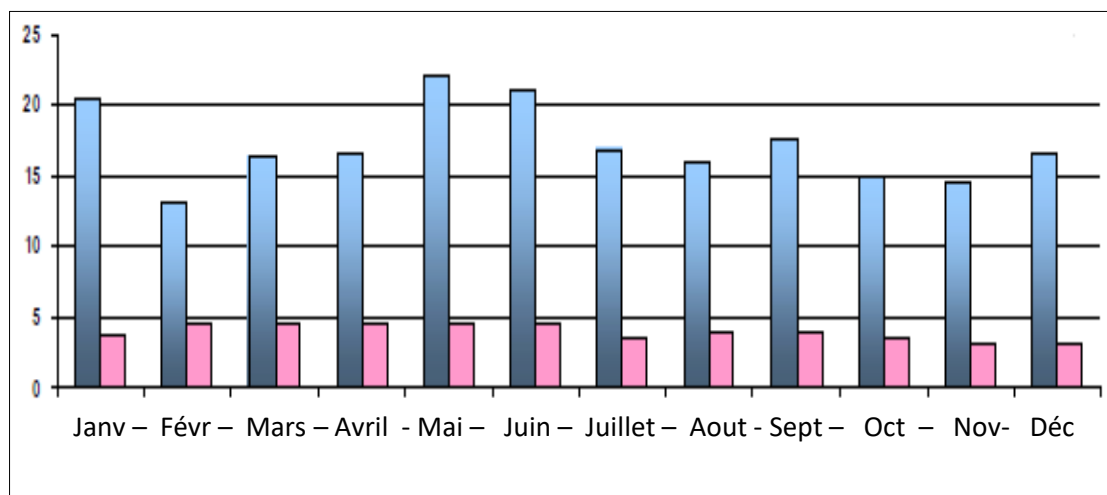


Fig 5.7 : Vitesse de vents, maximale, et minimale à Biskra.
Source : Urba.2016.

II. L'évolution et le développement de la ville de Biskra

II.1 Epoque précoloniale

Biskra a été nommée « Vescera », elle est considérée comme la capitale de Numidie. L'époque romaine est marquée par l'édification de sites dont témoignent les vestiges archéologiques découverts lors de la mise en chantier de l'extension de Biskra dans sa partie Est, en particulier dans l'université.

Biskra Legdima ou bien l'ancienne ville de Biskra revenant à la période turque, la ville était bâtie sur une colline entourée d'espaces verts et palmeraies. Après qu'une épidémie de peste a frappé la ville vers 1670, engendrant 07 villages distribués au milieu de la palmeraie (M'cid, BabDarb, Bab El Fath, Guedacha, Ras El Gueria, Mejniche et Korra). (Alkama.DJ, 1995) (Fig 5.8)

Les sept villages ont été organisés selon le parcours des cours d'eau (Seguias) qui irriguent l'oasis de palmeraie. Les Z'gags (ruelles étroites) dans ces villages obéissent aux

formes onduleuses des cours d'eau. Ces ruelles jouent le rôle de tracé régulateur de la structure du tissu urbain, lieu de rencontre et de circulation, de même que les espaces publics près des mosquées.

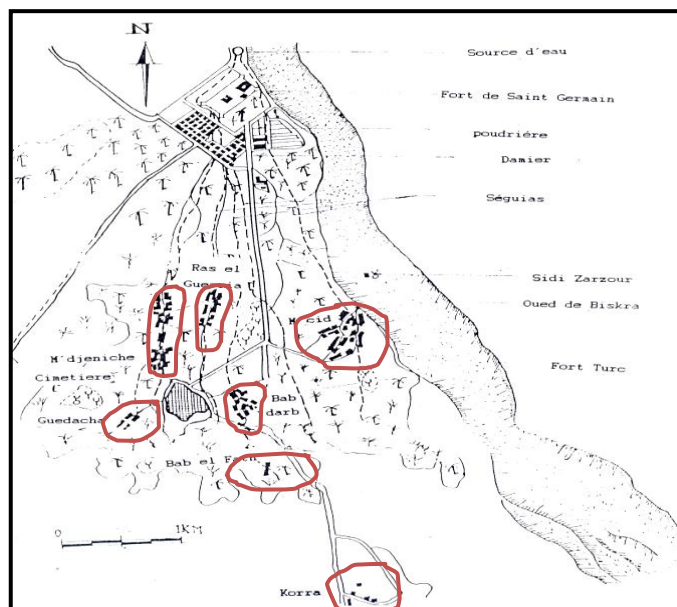


Figure 5.8 : Vieux Biskra en 1863 et les sept villages à l'époque précoloniale
Source : Section cadastrale de Biskra - carte du génie militaire -

II.2 Epoque coloniale :

D'après (Sriti. L, 2013), l'évolution du tissu urbain de la ville de Biskra, pendant l'époque coloniale est passée par trois phases : Epoque coloniale I (1844-1865) marquée par l'installation de la colonisation à l'ancien Fort Turc au Nord. Après la réalisation du plan damier, morphologiquement, ce damier colonial est constitué d'un ensemble d'îlots disposés suivant une trame en échiquier. L'Epoque coloniale II(1865-1932), est caractérisée par l'extension du Damier du côté de la voie ferrée, l'apparition du «quartier de la Gare» dont la structure urbaine reprend celle du damier. En 1932, elle est marquée par : la constitution du premier plan d'aménagement global de Biskra « Plan Dervaux » afin d'embellir la ville, la restructuration urbaine, la réorganisation de la circulation, et la transformation de Biskra en une ville thermale et touristique. Ensuite, l'Epoque Coloniale III (1932-1962), qui est distinguée par : la réalisation de grands et importants axes urbains, la route de Touggourt (Hakim Saadane), Salah Bey et l'actuel Emir Abd El Kader, la création des quartiers (Z'mala, Farhat, Châtegnier), ainsi que l'extension du quartier Star Melouk. (Fig5.9).



Figure 5. 9 : La ville de Biskra à l'époque coloniale
 Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra

II.3. Époque de l'indépendance

Après la révolution algérienne et le départ des colons, leurs habitations furent occupées par les citoyens de la ville, qui laissèrent à leur tour leurs habitations en terre, à l'intérieur de la palmeraie, et les ruraux nouvellement installés). Le parc de l'habitat s'est développé à cette période d'une façon vertigineuse et anarchique, sans aucune orientation ni urbanisation, dans un cadre de spéculation foncière.

Cela a donné un caractère anarchique à la ville de Biskra, avec une extension urbaine vers la voie ferrée du côté Ouest, et la palmeraie du côté sud et aux dépens des jardins de Bengana. A cette époque, on commence à noter les constructions illicites à l'intérieur de la palmeraie. Ceci a généré un tissu hétéroclite, formé par un habitat peu planifié, aux dépens de la palmeraie (Fig 5.10).

En réalité, cet habitat constitue une vraie pathologie urbaine de la ville de Biskra notamment par le manque d'équipements et d'infrastructures, à l'instar de toutes les villes algériennes qui souffrent de cette pathologie urbaine (Alkama.Dj, 1995).

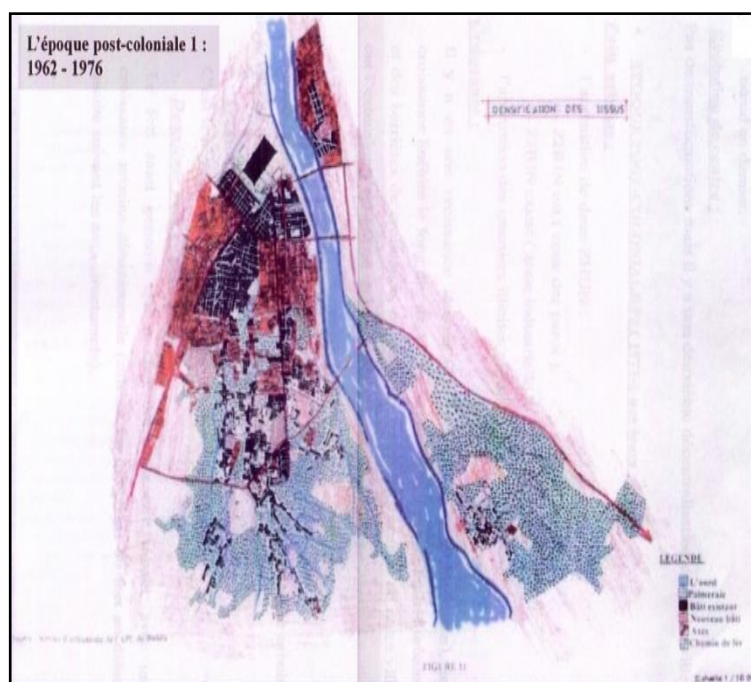


Figure 5.10 : La ville de Biskra à l'époque de l'Indépendance
Source : service d'urbanisme de l'APC de Biskra

II.4 Epoque Actuelle

Ce n'est qu'à partir de la promotion de la ville de Biskra en chef-lieu de wilaya (1974), que la ville fut dotée d'un PMU (plan de modernisation urbaine), et d'un PUD. Ce n'est qu'à ce moment, qu'elle a connu une nouvelle époque de croissance urbaine. Elle bénéficie de deux programmes de ZHUN (zone d'habitat urbaine nouvelle) implantés l'un à l'est de la ville (El Alia), et l'autre à l'ouest (au-delà de la voie ferrée). Ce programme de logement et d'équipement, dans le cadre des ZHUN, fut lancé en 1977. Il devait comporter l'habitat collectif (secteur public), et l'habitat individuel (production privée) sous forme de lotissements communaux. D'une manière systématique, en utilisant le zoning qu'on définit généralement à partir d'une approche quantitative dans le cadre des ZHUN, par application des orientations d'une politique de développement national du secteur urbain, on détermine la composition urbaine de la ville, en négligeant qu'elle fait partie d'une zone géographique spécifique, riche en potentialités naturelles et touristiques, qui font d'elle une oasis, où la nécessité d'une prise en charge particulière est évidente.

De plus, cette morphogenèse basée sur des outils non appropriés au contexte, donne un cachet d'une ville qui n'a rien à voir avec la ville traditionnelle ou celle de l'époque coloniale. (Alkama.Dj, 1995).

Cette époque est caractérisée par deux tendances d'aménagement de la ville de Biskra. La première c'est la tendance volontariste, dont la forme urbaine se fait selon un urbanisme normatif, et la deuxième tendance est populaire, c'est la société, qui fait la ville selon sa façon, méthode, et mode de vie, qui sont connus d'habitude par les tissus illicites ou les tissus informels. Donc l'esprit de faire la ville en cette logique c'est comment avoir une parcelle à bâtir, à habiter (Badache.H.2014).

III. la croissance et le développement de l'espace public de la ville de Biskra

A travers les périodes et les époques de croissance de la ville de Biskra, l'espace public a connu une transformation remarquable durant ces périodes :

A. l'époque précoloniale

L'espace public traditionnel de la ville traditionnelle est hiérarchisé du plus public au plus privé. **Les places** ou bien « *Rahba* », distribuées généralement dans chaque quartier se distinguent par leurs formes, emplacements et fonctions. Généralement de forme irrégulière, elles sont situées à côté de la mosquée du quartier ou bien du marché (Souk). Ces places englobent plusieurs activités ,religieuses, commerciales, sociales...etc. **Les rues** dans le tissu traditionnel obéissent généralement au parcours des cours d'eau les Seguias, ce qui a influé sur leur tracé géométrique onduleux et courbé. Même remarque pour **les ruelles** souvent appelées « *Zegag* », qui servent aux groupements d'habitation (Ilots). Ils sont moins larges que les rues. **L'impasse** est un espace très étroit comparé aux ruelles, elles conduisent aux habitations, elle est de forme irrégulière. L'espace vert à cette époque a pour origine la végétation dense de la palmeraie (Fig5.11). Il sert de couverture à l'habitat et constitue une enveloppe bioclimatique. Il est un espace de bien-être thermique et aussi un soubassement économique, puisque la palmeraie était la base et la source de la vie. On en déduit que l'espace vert a une double vocation, primo celle d'enveloppe bioclimatique, secundo de soubassement économique (Badache.H.2014).

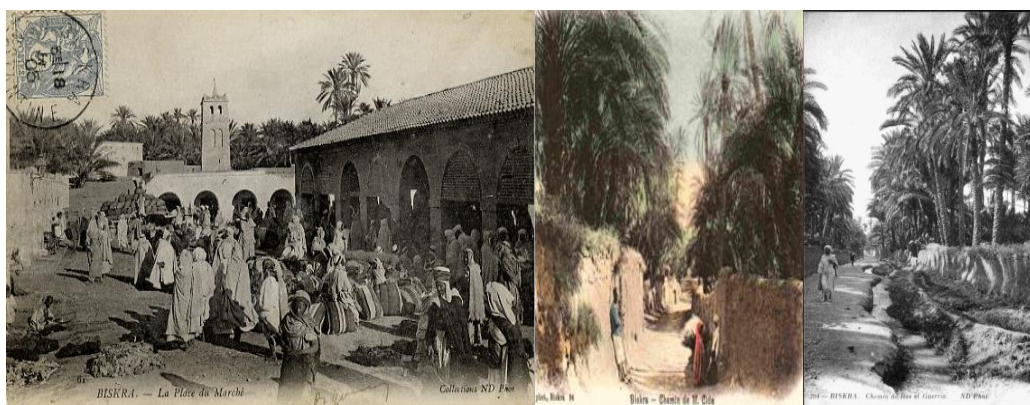


Figure 5.11 : l'espace public de Biskra à l'époque précoloniale
Source : Archive

B. L'époque coloniale

La ville de Biskra est marquée par une nouvelle manière d'aménagement, selon la trilogie de l'eau, la végétation et le bâti, ainsi que l'introduction de la forme du parcellaire, où l'espace vert est réalisé et organisé sous forme de parcelles, tel est le cas des jardins publics et les squares. Les places, sont souvent entourées d'aires de stationnement et de voies de circulation. (Sriti.L.2002) La place du marché constituait le seul point de rencontre entre la communauté locale et européenne. Cette tendance s'est matérialisée en 1932 avec «le plan Dervaux».



Figure 5.12 : vue sur les espaces verts et le Damier colonial
Source : Archive

III.3. L'époque post coloniale

L'espace public de la ville de Biskra après l'indépendance connaît une marginalisation par les autorités publiques suite à leur intention de bâtir et d'offrir des habitations aux citoyens, ou bien, suite à la tendance populaire, de constituer la ville, ou la société, ils conçoivent et construisent leurs maisons à leur manière, ce qui a engendré le rejet total de l'espace vert et l'eau à cette période.

Actuellement, l'espace public de la ville de Biskra connaît un grand développement et progrès. On constate une progression dans la réalisation, de l'aménagement et de la conception de divers projets aux différentes catégories d'espace public comme les places, les placettes, les rues, les jardins publics, les squares....etc. On constate également plusieurs projets de réaménagement et d'embellissement qui sont faits aux niveaux des espaces publics excitants afin de les revitaliser et les rendre plus attractifs, à travers la réalisation d'autres formes et modèles d'aménagement, de mobilier urbain, et d'éléments composants. (Badache.H.2014)

IV. Présentation des terrains choisis (Corpus d'étude)

IV.I. Les critères de choix

Choisir des cas d'études multivariés de différentes catégories de l'espace public (**Place, Jardin, Boulevard, Placette**), et opter pour des espaces publics minéraux et végétaux afin de bien évaluer l'effet de la végétation.

- Sélectionner des cas d'étude qui se différencient par leur densité végétale existante, par leurs espèces, type de plantes et de végétation, ainsi que par leur orientation, leur organisation et morphologie (linéaire ou surfacique), leur aménagement, leurs matériaux, et leurs composants. Ils se varient et se distinguent également par leurs activités pratiquées, leur modalité d'usage et catégorie d'usagers.

- Choisir les terrains d'étude qui sont proches, afin de bien maîtriser et faciliter le processus de la campagne de mesures dans ces espaces.

On a opté pour le jardin Zidane Brahim, la place Dhalaa et le boulevard les frères Saouli qui sont très proches les uns des autres (Fig 5.13). On a sélectionné le boulevard les frères Menani qui se distingue par sa morphologie, organisation et usage distincts notamment par l'espace central de rencontre de différents usagers. On

a sélectionné également la placette de la révolution, c'est une placette de forme particulière, elle est considérée à la fois comme un nœud très important faisant fonction de rondpoint-, elle est marquée par une forme et un aménagement très particulier et spécifique.

Toutes ces multiples raisons à mener de bien cibler les cinq cas d'étude représentatifs pour cette étude, et qui sont très différents et diversifiés selon plusieurs niveaux, formel, fonctionnel, environnemental, architectural, social...etc.

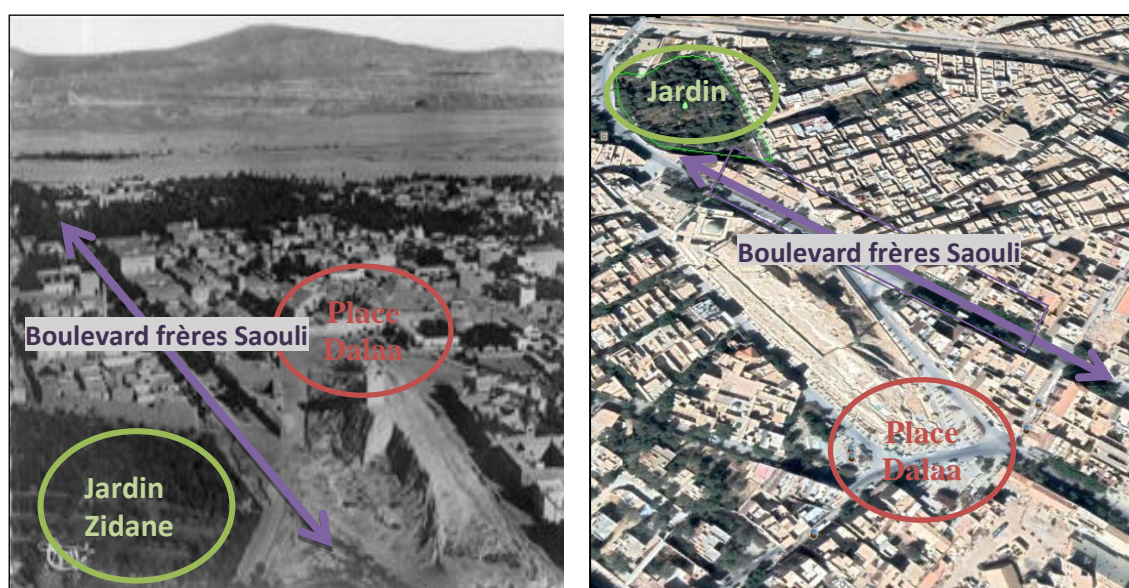


Figure 5.13: Vues ancienne et actuelle sur la place Dalaa, le jardin Zidane et Bd Frères Saouli
Source : Archive reproduit par auteur

IV.II. La présentation du corpus d'étude (Les Cinq Cas D'étude) :

IV.II.1. La place Dalaa

La place Dalaa est située au centre-ville de Biskra, à proximité de deux rues principales de la ville, le boulevard Zaatcha à l'ouest et le Bd El Emir Abdelkader au nord. Elle se caractérise par sa forme irrégulière résultant de la présence d'une colline rocheuse « *Djabel Dalaa* ».

La place Dalaa n'a pas été conçue pour être telle. Elle est le résultat de la croissance urbaine des différents tissus urbains de la ville. La place est reliée à son environnement par un certain nombre de rues (Bada.Y.2012)

La place est divisée en trois zones de forme quasi-triangulaire de différentes tailles et composantes, elle englobe des kiosques, des jets d'eau, des fontaines, des aires de repos et de regroupements (Fig 5.14) et (Fig 5.15).



Fig5.14 : Plan de Masse de la place Dalaa
Source: BET Ariouet



Fig5.15 : Vues sur la place Dalaa
Source: auteur

IV.II.2. Jardin Zidane Brahim

Le jardin est situé au centre-ville, à côté de la direction des anciens Moudjahidines, entre les deux quartiers El Dalia et Dhalaa, en face du centre musical (El Moutrabia) et le siège d'un équipement de police. Il s'ouvre sur un point de convergence de trois axes mécaniques importants, le Boulevard les Frères Saouli, la rue Boucetta Mouhamed Moukhtar, et la rue Bouhil Hocine (Fig 5.16).

Le jardin Zidane Brahim qui portait le nom de son ancien propriétaire Rodari à l'époque de la colonisation, était un jardin forestier contenant des arbres fruitiers tels que des palmiers, des citronniers, des oliviers, des abricotiers...etc (Fig 5.17).

Après l'indépendance de l'Algérie en 1962, le jardin est rattaché et géré par (l'office Nationale des Légumes Algérien. OFLA) nommé actuellement (Office Nationale des Dattes. OND), le jardin occupait une surface de forme triangulaire.

Ensuite, la surface du jardin a été réduite suite à la réalisation du boulevard les Frères Saouli ainsi que le centre musical (El Moutrabia).

En 1994, la direction des anciens Moudjahidines a bénéficié d'une superficie de 2000 m² pour la construction de son siège.

Le jardin était aménagé et organisé par la séparation en ilots bordés et d'autres cheminements, il est équipé par des volières contenant plusieurs types d'animaux, et de mobilier urbain, par la conservation des forêts. Il est ouvert au public en 1999 (Badache.H.2014)



Fig5.16: Le jardin Zidane Brahim

Source: google earth



Fig5.17.: Vues sur le jardin Zidane Brahim
Source: Auteur

IV.II.3. Boulevard les Frères Saouli

Le boulevard les frères Saouli est situé au centre de la ville de Biskra entre les quartiers «El Dalia», « Dhalaa » et «la Gare». Il a été réalisé à l'époque coloniale suite au projet du damier colonial. Le boulevard joue un rôle primordial dans la structure de la ville, il relie le jardin «Zidane Brahim -Ex Rodari-» et le jardin «5 juillet 1962», il est considéré comme un axe urbain très important dans la ville de Biskra avec une largeur importante qui dépasse les 20m, marquée par du végétal et des arbres revenant à l'époque coloniale sur les deux côtés (Fig5.18) et (Fig5.19).



Fig5.18: Boulevard Frères Saouli
Source: Google earth



Fig5.19.: Vues sur le boulevard frères Saouli
Source: Auteur

IV.II.4. La placette de la révolution

Ce cas d'étude est un rond-point très important, Il se présente sous forme de placette nommée placette de la révolution. Elle est divisée en trois parties quasi-triangulaires similaires qui entourent un grand cercle (Fig 5.20) et (Fig 5.21).

La placette est située dans un axe mécanique très important « Zaatcha, » elle est située juste à côté du tunnel de la ville de Biskra, et connaît un flux mécanique très fort, elle assure une bonne accessibilité dans la ville. La placette de la révolution attire beaucoup de citoyens et cela est dû à son aménagement et mobilier qui offre des endroits de regroupement des citoyens de la ville, ainsi que sa couverture végétale qui offre des espaces favorables de rencontre et de repos (Fig 5.22).

La végétation de la placette est variée entre des arbres de ficus, de Palmier, faux olivier, faux Acacia, de différentes tailles et densité.

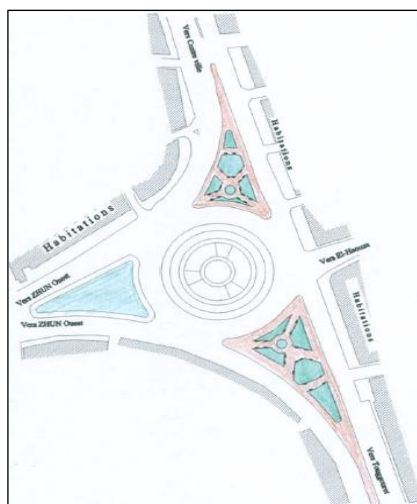


Fig5.20: Plan de masse de la placette de la révolution / Source: BET Barkat



Fig5.21: Vue de Dessus sur la placette de la révolution / Source: Google-Earth



Fig5.22.: Vues sur la placette de la révolution
Source : auteur

IV.II.5. Boulevard les Frères Menani

Le boulevard les Frères Menani (anciennement nommé Souk Elhechich) est un axe urbain très important, marqué par l'existence de la végétation urbaine au milieu de cet axe et sur les deux côtés (Fig 5.23). Il est orienté Nord-Sud. C'était un marché populaire local hebdomadaire réservé à la vente de dattes, de grains, et des fruits frais, il est situé entre le quartier (Hai El Oued Nord) et le centre-ville. Ce boulevard contient plusieurs équipements de différentes fonctions. On y trouve : deux écoles, un équipement du trésor public, une mosquée, une caserne, des magasins, des bureaux d'études et des habitations....etc. Ce boulevard a connu des travaux de réaménagement aux années 2000, il contient plusieurs types d'espèces végétales notamment dans la partie centrale du boulevard (Fig 5.24).



Fig 5.23.: Boulevard Frères Menani
Source: Google-Earth



Fig 5.24.: Vues sur le boulevard frères Menani
Source: Auteur

	Réalisation	Localisation	Caractéristiques	Végétation
Jardin Zidane Brahim	Il date de l'époque coloniale. Il portait le nom de son propriétaire Rodari. Depuis 1999, il est ouvert au public.	Situé au centre-ville, à côté de la direction des Moudjahidines. entre les deux quartiers El Dalia et Dalaa.	A l'origine c'était un jardin forestier contenant des arbres fruitiers. Il est équipé par des volières d'animaux	Citrus, Oliviers, Abricotiers Citronniers, Jacaranda, Ficus washingtonia, palmier.
Place Dalaa	Elle a été aménagée en 2007 par les architectes Arioutte et Oumane	Située au centre-ville de Biskra, proche de deux boulevards importants, Zaatcha et El Emir Abdelkader	Une forme irrégulière résultant d'une colline rocheuse « <i>Djabel Dalaa</i> ». elle est divisée en trois parties quasi-triangulaires.	Densité végétale très minime, hormis la présence de quelques arbres de ficus et de palmier
Boulevard Frères Saouli	Il a été réalisé à l'époque coloniale suite au projet du damier colonial	Situé au centre de la ville entre les quartiers «El Dalia», « Dhalaa » et «la Gare»	Axe urbain très important, il joue un rôle primordial dans la structure de la ville (marqué par une largeur plus de 20m)	Eucalyptus Palmiers, Ficus. et des arbres revenant à l'époque coloniale.
Boulevard Frères Menani	Nommé Souk Elhechich. Il a connu des travaux de réaménagement aux années 2000.	Situé entre le quartier (Hai El Oued Nord) et le centre-ville	Aux années 60.70. Il était un marché populaire local hebdomadaire réservé à la vente de dattes, de grains, et de fruits.	Divers espèces des Eucalyptus plus de 20 m Palmier, ficus. washingtonia, Laurier rose
Placette de la révolution	Elle a été aménagée entre 2005 et 2007 par l'architecte Barkat	Située dans un axe mécanique très important « Zaatcha, », à côté du tunnel	C'est un rond-point très important. Il connaît un flux mécanique et assure une bonne accessibilité.	Variée entre ficus, Palmier, faux olivier, Acacia, et une pelouse.

Tableau 5.1: Tableau récapitulatif concernant les cinq cas d'étude

Source: Auteur

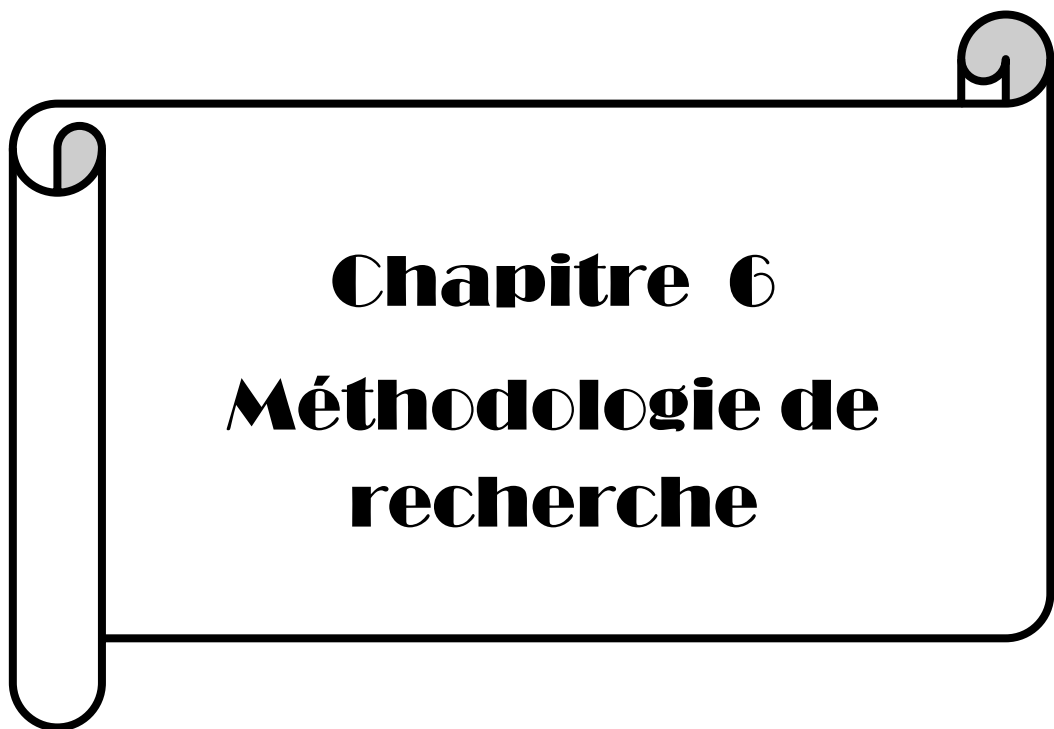
CONCLUSION

Ce chapitre, a été réservé à l'identification et la présentation de la ville, ainsi que le corpus d'étude.

En premier, on a abordé la ville de Biskra par la présentation de ses données géographiques, administratives, démographiques et climatiques, et de sa genèse et développement urbain durant les périodes historiques successives.

A partir de l'étude de la croissance et le développement urbain de la ville de Biskra, on peut synthétiser les différentes mutations et transformations de l'espace public de la ville durant les diverses périodes historiques : A l'époque précoloniale, la morphologie et la forme urbaine ainsi que la trame de voirie dans la vieille ville obéit aux parcours des cours d'eau à l'intérieur d'un habitat, entouré par les palmeraies de tout coté, créant un micro climat favorable. Durant la période coloniale, de nouveaux types et formes d'espaces publics ont été conçus, ce qui indique le nouveau mode de conception et d'aménagement. Pendant l'époque postcoloniale, on constate une marginalisation de l'espace public suite à une urbanisation populaire, qui a pour seul objectif bâtir et habiter. Cependant dans les dernières années l'espace public de la ville de Biskra connaît une importance dans les travaux de conception et aménagement de la ville, par la réalisation des places, placettes, et des jardins distribués dans toute la ville et la réhabilitation des espaces déjà existants.

Cette étude s'achève par la présentation des cinq cas d'étude (le Jardin Zidane Brahim, la Place Dhalaa, le Boulevard les frères Saouli, le Boulevard les frères Menani, et la Placette de la révolution) qui constituent le corpus d'étude, en expliquant les critères de choix et de sélection de ces espaces publics.

A decorative scroll graphic with a black outline and grey shading on the rolled-up ends. The text is centered within the scroll.

Chapitre 6
Méthodologie de
recherche

INTRODUCTION

Le présent chapitre est consacré à la présentation du processus méthodologique adopté pour cette recherche. On présente la méthode scientifique choisie, à travers la méthode d'investigation sur terrain selon différentes étapes : d'enquête, et de campagne de mesures. On va donc expliquer et montrer le processus et le protocole suivi pour chaque étape, dont l'objectif principal est de noter et évaluer les pratiques et les activités des usagers, ainsi qu'enregistrer les différentes valeurs des différents facteurs et paramètres climatiques aux espaces publics ciblés.

Dans la deuxième partie de ce chapitre on met la lumière sur la deuxième méthode appliquée : la simulation numérique, qui est faite en deux niveaux ; le premier pour valider et vérifier les résultats mesurés ; le deuxième niveau pour améliorer et optimiser l'environnement thermique dans les cinq cas d'étude à travers la modélisation des différents scénarios d'optimisation.

On va présenter alors la technique du questionnaire, ainsi qu'on présente les instruments et les outils utilisés pour faire la campagne de mesures sur terrain, ainsi que les modèles et les logiciels utilisés et appliqués pour cette recherche.

I. Le déroulement du travail :

L'objectif principal de cette recherche est d'évaluer l'effet de la végétation urbaine sur le confort thermique et ses principaux facteurs environnementaux, alors le but est d'évaluer l'effet de la végétation et des plantes sur la régulation thermique et le confort thermique humain dans l'espace public urbain avec ses différentes catégories d'usagers, dans la région chaude et sèche comme la ville de Biskra.

Pour atteindre les objectifs de recherche et afin de répondre aux questions de recherche, il est nécessaire de constituer un processus méthodologique bien défini, qui combine entre les diverses méthodes de recherche suivantes :

II. L'investigation sur terrain :

Pour la première méthode on se base sur l'investigation sur terrain, elle se devise également en deux étapes principales :

II.1. L'enquête par questionnaire

Le choix de la technique d'enquête est défini en fonction des objectifs de la recherche et du type de données que l'on doit recueillir. On doit choisir la technique de recherche la plus adéquate et pour cela on a opté pour le questionnaire.

- Le questionnaire :

Le questionnaire est composé d'un ensemble de questions liées de manière structurée, afin de permettre la collecte méthodique d'informations dans le cadre d'une enquête, de façon directe ou par l'intermédiaire d'un enquêteur. Il vise à la vérification de l'hypothèse théorique. Il permet d'obtenir des données précises et exploitables, souvent présentées sous forme de tableaux ou graphiques.

Selon (Ashrae 2004) le but d'enquête par questionnaire des usagers est d'assurer qu'une pièce, un bâtiment... etc est confortable pour une majorité substantielle (au moins 80%) des usagers. Par conséquent, l'enquête par questionnaire est un moyen efficace d'évaluer les conditions environnementales et de surveiller les usagers. Cela nécessite un formulaire de question d'enquête à fournir par l'équipe chargée de valider l'environnement thermique de l'espace.

Alors le questionnaire consiste à obtenir la préférence d'usage et les votes de sensation thermique demandés aux usagers de l'espace public dans les conditions

microclimatiques. Pour cette raison, parallèlement au questionnaire, les données climatiques ont été enregistrées : la température, l'humidité relative, la vitesse de l'air, la température moyenne radiante, et la température de surface.

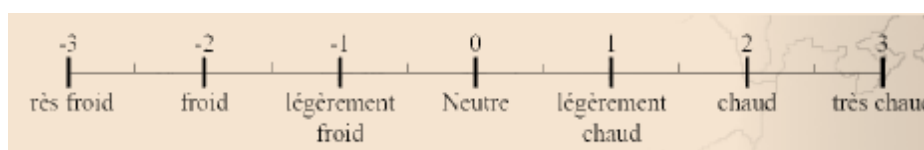
Le formulaire des questions se compose de maintes questions, dont la première partie est réservée aux informations générales de l'interrogé. La deuxième partie concerne les types, les périodes, les modalités d'usage et de fréquentation. Par la suite la troisième partie s'intéresse à l'évaluation et l'estimation de l'environnement thermique, des facteurs climatiques et de la sensation thermique de l'interrogé au moment de sa présence dans l'espace, pour cela, on a sélectionné les questions à choix multiples selon deux échelles : échelle de LIKERT de 5 points, et l'échelle d'ASHRAE de 7 points.

- L'échelle de LIKERT

L'échelle de LIKERT : est une échelle nominale et ordinale, le choix de cette échelle répond aux besoins de recherche, afin de mesurer les attitudes (elle varie souvent de 1 à 5 point).

-L'échelle ASHRAE (l'échelle de sensation thermique)

C'est une méthode d'évaluation du degré de confort hygrothermique d'une ambiance donnée, par une échelle de points à voter, avec un choix judicieux à l'aide d'un échantillonnage représentatif.



-3	très froid
-2	froid
-1	légèrement froid
0	Neutre
+1	légèrement chaud
+2	chaud
+3	très chaud

Tableau 6.1: Echelle MTV (Mean Thermal Vote) Vote thermique moyen
Source : Ashrae.2004

L'échantillonnage globale est divisé en cinq échantillons représentatifs, dont la taille des échantillons de chaque terrain est relative au nombre des usagers selon l'observation et l'estimation du nombre globale des usagers. Pour cela l'échantillon aléatoire simple est opté pour cette recherche, dont on a essayé de prendre un pourcentage avoisinant les (10 % ou plus), du nombre approximatif des usagers.

La taille d'échantillon semblait représentative. Elle a été distribuée aux corpus d'étude, comme suit :

Place Dhalaa 70 échantillons / Jardin Zidane Brahim 70 échantillons / Placette de la révolution 70 échantillons / Boulevard les frères Saouli 50 échantillons / Boulevard les frères Menani 50 échantillons.

La distribution du formulaire de questions s'est faite dans les mêmes jours de mesures afin de tester précisément le degré de sensation thermique des usagers, leur état de satisfaction, leur appréciation et leur évaluation de l'environnement thermique.

Le traitement des résultats récoltés par la technique du questionnaire se fait par le logiciel SPSS V25.

SPSS signifie "Statistical package for the Social Sciences". Le logiciel SPSS est un instrument particulièrement adapté à la mise en œuvre de techniques d'analyse des données statistiques. Il permet de traiter les données avec efficacité et d'effectuer des analyses sur de grandes bases de données. Il offre plusieurs possibilités pour organiser et synthétiser les informations statistiques. Le logiciel SPSS fonctionne dans un environnement graphique Windows, son utilisation repose largement sur la manipulation de fenêtres et de menus déroulants. (Fig 6.1).

SPSS présente toutes les fonctionnalités requises pour effectuer le travail d'exploitation et de traitement statistique des données d'enquête sur terrain, il suppose toujours un travail préalable d'organisation et de restructuration des informations. Le rôle et l'utilité du SPSS comme étant un logiciel de représentation des données statistiques, est l'étude comportementale des phénomènes en économie, en sciences sociales et en psychologie. (Bako.D.2018)

	sexe	Age	Position	Vetement	Santé	Residence	Activité	Période	Sensation	Température	vitesse_a	Humidité	Rayonnement	var
1	femme	10-20	marche	clair et léger	malade	depuis la nai...	passage	matin	neutre	moyenne	moyenne	baisse	moyen	
2	femme	10-20	debout	clair et léger	malade	depuis la nai...	passage	matin	neutre	moyenne	moyenne	moyenne	Fort	
3	homme	60-80	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	repos	matin	chaud	élevée	faible	moyenne	Faible	
4	homme	20-40	debout	clair et léger	Bonne santé	moins de 5...	repos	matin	neutre	moyenne	très faible	élevée	moyen	
5	homme	10-20	debout	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	rencontre	matin	peu chaud	moyenne	moyenne	baisse	Faible	
6	homme	60-80	assis	Foncé et le...	malade	depuis la nai...	rencontre	matin	très chaud	élevée	moyenne	moyenne	Faible	
7	homme	60-80	assis	clair et léger	Bonne santé	plus de 20 ans	rencontre	soir	neutre	moyenne	moyenne	baisse	moyen	
8	homme	60-80	assis	clair et léger	malade	depuis la nai...	rencontre	soir	peu chaud	élevée	faible	moyenne	Fort	
9	femme	20-40	debout	Foncé et le...	Bonne santé	depuis la nai...	passage	soir	très chaud	très élevée	moyenne	baisse	Très fort	
10	homme	60-80	assis	clair et léger	Bonne santé	plus de 30 ans	repos	matin	chaud	élevée	faible	moyenne	Faible	
11	femme	60-80	debout	clair et léger	Bonne santé	plus de 30 ans	passage	soir	très chaud	très élevée	moyenne	très baisse	Fort	
12	homme	20-40	assis	Foncé et le...	Bonne santé	depuis la nai...	repos	nuit	neutre	moyenne	faible	moyenne	très faible	
13	homme	20-40	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	repos	nuit	neutre	moyenne	moyenne	moyenne	très faible	
14	homme	40-50	debout	clair et léger	malade	depuis la nai...	rencontre	soir	peu chaud	élevée	moyenne	baisse	Fort	
15	homme	50-60	debout	clair et léger	Bonne santé	plus de 20 ans	rencontre	soir	chaud	élevée	faible	baisse	Fort	
16	homme	40-50	marche	Foncé et le...	Bonne santé	depuis la nai...	passage	Après midi	très chaud	très élevée	faible	très baisse	moyen	
17	homme	40-50	marche	Foncé et le...	Bonne santé	depuis la nai...	passage	matin	chaud	élevée	moyenne	baisse	Très fort	
18	homme	20-40	debout	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	rencontre	matin	très chaud	très élevée	faible	moyenne	Fort	
19	homme	20-40	assis	clair et léger	Bonne santé	plus de 20 ans	repos	soir	chaud	élevée	moyenne	baisse	Fort	
20	homme	20-40	assis	Foncé et le...	Bonne santé	plus de 30 ans	rencontre	nuit	peu chaud	élevée	moyenne	élevée	très faible	
21	femme	50-60	assis	clair et léger	malade	depuis la nai...	repos	matin	chaud	élevée	faible	moyenne	Très fort	
22	femme	60-80	assis	Foncé et le...	malade	depuis la nai...	repos	matin	très chaud	élevée	faible	moyenne	Très fort	
23	homme	50-60	assis	clair et léger	malade	plus de 30 ans	rencontre	matin	très chaud	très élevée	faible	baisse	Fort	
24	homme	60-80	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	rencontre	matin	chaud	élevée	moyenne	élevée	moyen	
25	homme	20-40	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	repos	soir	peu chaud	élevée	moyenne	baisse	Faible	
26	homme	20-40	assis	Foncé et le...	Bonne santé	depuis la nai...	repos	soir	chaud	élevée	faible	moyenne	Fort	
27	homme	40-50	assis	Foncé et le...	malade	depuis la nai...	rencontre	nuit	peu chaud	moyenne	moyenne	moyenne	Faible	
28	homme	40-50	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	rencontre	nuit	chaud	moyenne	faible	élevée	Faible	
29	femme	20-40	marche	Foncé et le...	Bonne santé	plus de 30 ans	passage	soir	chaud	élevée	faible	baisse	Très fort	
30	homme	40-50	debout	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	rencontre	soir	chaud	élevée	faible	moyenne	Fort	
31	femme	10-20	marche	clair et léger	malade	depuis la nai...	passage	matin	neutre	moyenne	moyenne	baisse	moyen	
32	femme	10-20	debout	clair et léger	malade	depuis la nai...	passage	matin	neutre	moyenne	moyenne	moyenne	Fort	
33	homme	60-80	assis	clair et léger	Bonne santé	depuis la nai...	repos	matin	chaud	élevée	faible	moyenne	Faible	
34	homme	20-40	debout	clair et léger	Bonne santé	moins de 5...	repos	matin	neutre	moyenne	très faible	élevée	moyen	

Fig 6.1: Interface du logiciel Spss V25
Source : Logiciel SPSS V25

II.2. La campagne de mesures

Selon (AHSRAE .2004) lors de l'évaluation de l'environnement et le confort thermique, on doit prendre en compte les facteurs principaux du confort, qui sont les éléments suivants: les températures (air, radiante, surface), l'humidité, et la vitesse de l'air. Parmi les facteurs clés du confort thermique humain, il y a les facteurs environnementaux, qui sont : la température de l'air, l'humidité relative, le mouvement de l'air, et la température moyenne radiante.

Le travail d'investigation se présente sous forme d'une campagne de mesures qui a été faite au mois de juillet 2017, c'est le mois le plus chaud de la période estivale de la ville de Biskra. On a choisi 03 jours successifs -20, 21, 22- juillet 2017 pour faire les mesures aux niveaux de la place Dhalaa, le jardin Zidane Brahim et le boulevard les frères Saouli. Par la suite on a sélectionné deux jours typiques les 24 et 27 juillet 2017 pour la placette de la révolution et le boulevard les frères Menani. La prise de mesures se fait suivant une manière bi-horaire (chaque 2 heures) du lever du soleil (6h) jusqu'à la nuit (22h).

Cette opération, se fait à l'aide de différents instruments de mesures, afin de prendre les valeurs : de la température de l'air (T_a), l'humidité relative (H_r), la vitesse de l'air (V_a), la température moyenne radiante (T_{mrt}), et la température de surface du sol (T_s)

II.2.1. Les instruments de mesures :

La campagne de mesures se fait à l'aide de trois appareils de mesures : l'appareil du Testo 480, avec deux sondes (une pour l'enregistrement des mesures de la vitesse de l'air (V_a), et une autre sonde pour mesurer la température de l'air (T_a) et l'humidité relative H_r). L'instrument du Thermo-hygromètre, qui enregistre la température moyenne radiante (T_{mrt}), et Le pistolet de Cason CA 380 pour enregistrer la température de la surface du sol (T_s).

II.2.1.1. Le Thermo-hygromètre électronique HD 100 :

Il permet de mesurer plusieurs paramètres climatiques tels que les températures, le point de rosé, et l'humidité relative. L'appareil est doté d'un tube de 5 mm de diamètre contenant une cellule très sensible sur laquelle les données sont prises à l'aide de la sonde.



Fig 6.2. Le thermo-hygromètre Kimo, modèle HD100

Source: auteur, 2017

II.2.1.2. Le thermomètre CA 380 :

Le thermomètre CA 380, est un thermomètre à infrarouge qui mesure seulement la température surfacique. Ce thermomètre à infrarouge permet de mesurer la température sans contact à travers la radiation infrarouge d'un corps. Il intègre un rayon laser pour pouvoir indiquer le point de mesure. Cet outil a facilité la connaissance de la température des matériaux constructifs dans tous les bâtiments et les surfaces intérieures et extérieures.

Il est caractérisé par : des mesures précises sans contact, un pointeur laser incorporé, la sélection automatique de la gamme et la résolution jusqu'à 0.1° ou 1°.



Fig 6.3.: Le thermomètre CA 380.

Source: auteur, 2017

II.2.1.3. Le Testo 480 :

C'est un anémomètre multifonctions destiné à mesurer tous les paramètres importants pour les CTA : débit, température, humidité, pression, température rayonnante, turbulence, CO₂, indices PMV /PPD et WBGT.

Il contient des programmes de mesure dédiés pour :

- La mesure PMV/PPD selon la norme ISO 7730
- Mesure du degré de turbulence selon la norme EN 13779
- Mesure WBGT selon les normes ISO 7243 / DIN 33403
- Mesure en gaine selon EN 12599
- Mesure du CO₂
- Mesure de lux.

L'instrument Testo 480 enregistre tous les paramètres importants en matière de climat :

- Température de l'air
 - Température du globe
 - Température de contact
 - Humidité de l'air
 - Ecoulement (degré de turbulence, courant d'air)
 - Dioxyde de carbone CO₂
 - Intensité lumineuse
 - Autres grandeurs calculées, telles que le point de rosée, la température différentielle,
- Le Testo480 peut ici être doté de sondes différentes en fonction des tâches de mesure.



Fig 6.4 : Le Testo480 avec deux sondes
Source: auteur, 2017

Testo 480 +deux sondes	Afin de mesurer les valeurs de la température d'air, l'humidité relative et la vitesse de l'air.
Cason CA 380	Afin de mesurer les valeurs de température de surface de sol.
Thermo-hygromètre électronique HD 100	Afin de mesurer les valeurs de température moyenne radiante.
Appareil photo avec <i>fish-eye</i> lentille	Afin d'enregistrer des images <i>fish-eye</i> et des photos des cas d'étude.

Tableau 7.2 : Les instruments de mesures utilisés sur terrain
Source : auteur 2017

II.2.2. Le protocole de mesures

- Définir le corpus d'étude selon les critères des choix bien précis, les cinq cas d'étude sont de types différents les uns des autres, par rapport à leur catégorie, leurs dimensions, leur orientation, leur emplacement, leurs composants, leurs matériaux, leur densité végétale, et leur usage. Pour cela, on a choisi le jardin Zidane Brahim, la place Dhalaa, et le boulevard les frères Saouli, qui sont très proches les uns des autres, ainsi que la placette de la révolution et le boulevard les frères Menani.
- Définir les paramètres climatiques nécessaires afin de les mesurer lors de la campagne de mesures, et qui sont : (Ta, Hr, Va, Ts, et Tmrt) ainsi que l'enregistrement des images fish-eye pour chaque station de mesures.
- Choisir les instruments de mesures, afin d'enregistrer les différents paramètres climatiques ciblés, on a choisi l'appareil Testo 480 avec deux sondes, le pistolet CA 380, l'appareil du Thermo-hygromètre, et l'appareil photo avec fish-eye lentille.
- Sélectionner la période de mesures, pour cela on a choisi la dernière semaine du mois du juillet -le plus chaud- à partir du jeudi 20/07/2017 à jeudi 27/07/2017 pour faire les mesures sur terrain : 03 jours successifs (Le 20/21/22 juillet 2017) pour la place Dhalaa, le jardin Zidane Brahim et le boulevard les frères Saouli, qui sont proches entre eux. Ainsi que deux autres jours typiques (le 24/07/2017) pour la placette de la révolution et (le 27/07/2017) pour le boulevard les frères Menani.
- Prendre les mesures chaque deux heures (bi-horaire) à partir de 6 heures du matin jusqu'à 22 heures, durant tous les jours de la campagne de mesures et pour les cinq cas d'étude.

III. Utilisation du logiciel Ray Man Pro pour calculer le SVF

III.1.Le facteur de vue de ciel (SVF):

Le facteur de vue du ciel est défini comme l'angle solide sous lequel le ciel est vu depuis un espace urbain, sa valeur varie de 01, lorsque la vue du ciel est dépourvue de toutes obstructions, jusqu'à 0 où la vue du ciel est totalement obstruée.

D'après Oke un faible SVF conduit au piégeage du rayonnement de longueur d'onde et empêche le refroidissement nocturne. Il peut être calculé par des algorithmes, évalué à l'aide des photos Fish-eye prises par rapport à un angle qui dépasse 183°, ou par la simulation du modèle à l'aide des logiciels.

III.2. Logiciel Ray Man Pro:

Ray Man est un modèle micro-échelle développé à la Chaire de Météorologie Environnementale, ancienne Chaire pour la météorologie et la climatologie de l'Université Albert-Ludwigs de Fribourg pour calculer le flux du rayonnement dans des environnements simples et complexes (Matzarakis et al.2007). Cela permet le calcul de Tmrt, qui est un paramètre d'entrée important dans le calcul des indices biométéorologiques comme PT, UTCI, PET...etc. L'objectif de RayMan est de calculer la température moyenne radiante et différents indices thermiques pour la quantification des conditions thermiques (confort thermique, stress froid et stress thermique) pour différents climats et régions. Le logiciel peut calculer aussi :

- Durée d'ensoleillement
- Chemins de soleil ou orbite solaire
- Ombre - Rayonnement global -Température radiante moyenne (Tmrt)
- Vote moyen prévu (PMV) –
- Température physiologique équivalente (PET)
- Température effective standard (SET)
- Température perçue (PT)
- Indice universel de climat thermique (UTCI) (RayMan manual.2018)

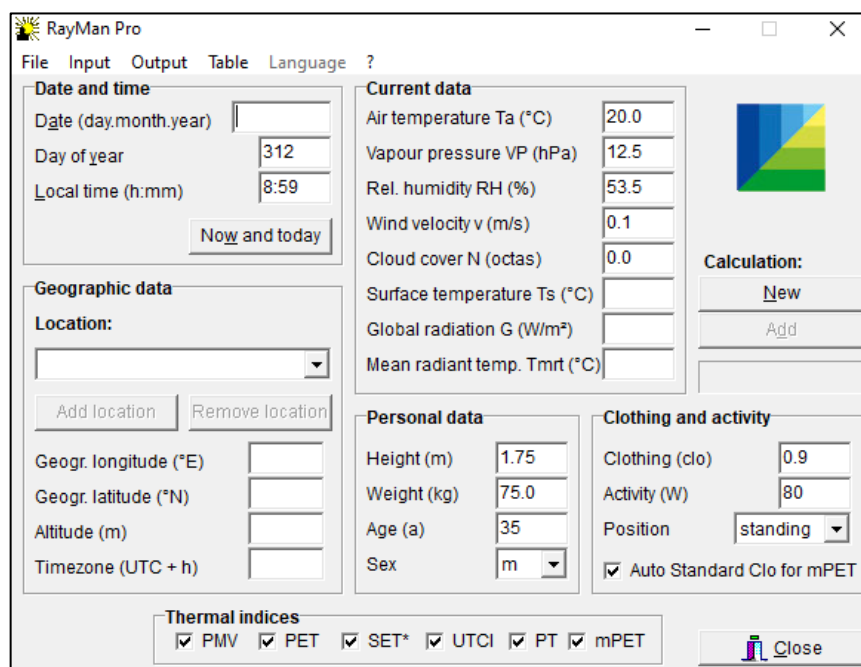


Fig 6.5: L'interface du logiciel Ray Man PRO

Source: Ray man PRO

L'une des principales caractéristiques de RayMan est la détermination de SVF. Cela peut être fait sur la base d'images Fish-eye, d'un dessin libre de la limitation d'horizon, d'un raster topographique ou d'un jeu de données d'obstacles (Matzarakis et al. 2007). Les fichiers d'obstacles RayMan sont un type spécial de fichiers vectoriels spatiaux basés sur des fichiers texte délimités par des points-virgules, qui peuvent être créés manuellement à l'aide de l'éditeur d'obstacles RayMan ou automatiquement basés sur des fichiers de formes à l'aide du plugin «Shp to Obs». Pour l'une ou l'autre des possibilités d'entrée, un graphique Fish-eye binaire est rendu en tenant les valeurs 1 pour le ciel libre et 0 pour les pixels obstrués.

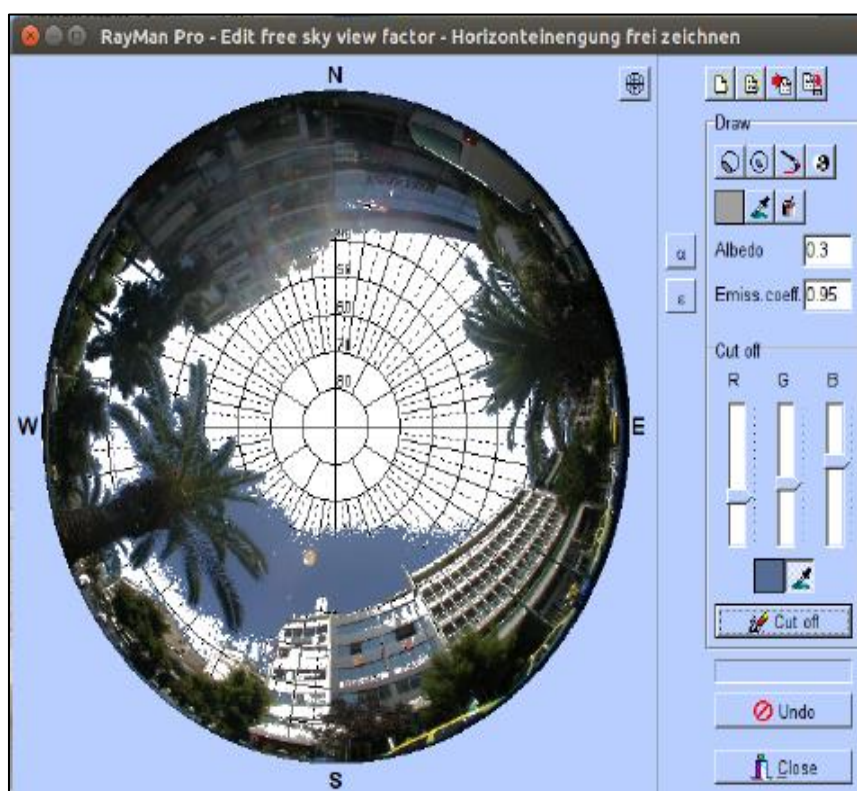


Fig 6.6 : la fenêtre du SVF dans RayMan Pro
Source: Manual Rayman Pro.2018

IV. La simulation Numérique :

Cette recherche a adopté l'Envi-Met comme logiciel de la simulation numérique. C'est un modèle informatique tridimensionnel qui sert à analyser les interactions thermiques à micro-échelle dans les environnements urbains. Le modèle ENVI-met est constitué de quatre systèmes principaux: sol, végétation, atmosphère et bâtiment.

Concernant les sols naturels, les transferts de chaleur et la vapeur d'eau, tous sont pris en compte alors que le simple transfert de chaleur est envisagé pour les matériaux scellés. ENVI-met permet d'analyser les effets des changements de conception urbaine sur le microclimat dans différentes conditions. Il simule les interactions entre les surfaces, la végétation et l'atmosphère. Ce logiciel utilise à la fois le calcul des caractéristiques de la dynamique des fluides telles que l'écoulement du vent et la turbulence ainsi que les processus thermodynamiques se déroulant à la surface du sol, au niveau des murs et des toits. Le modèle est capable de simuler diverses formes géométriques urbaines complexes telles que des galeries suspendues, des balcons, des passages couverts / ouverts ou des gratte-ciel (Chatzinikolaou.E.2018)

Le logiciel ENVI-met simule d'abord les données des microclimats, puis estime l'indice de confort thermique sélectionné, à travers l'indice de vote moyen prévisible (PMV), cet indice PMV évalue le confort thermique extérieur et résume l'impact des 4 principales variables atmosphériques: température de l'air, température radiante, vitesse de l'air et humidité sur la sensation thermique humaine. Le calcul de l'indice PMV prend également en compte les variables faisant référence aux caractéristiques humaines. Les valeurs d'indice sont comprises entre -4 (conditions fraîches) et +4 (conditions chaudes), tandis que la valeur 0 est caractérisée comme condition de confort thermique neutre. Parfois, les valeurs d'indice peuvent varier, car le modèle PMV est basé sur le modèle de confort de Fanger (1972) et relie le bilan énergétique du corps humain à l'impression thermique humaine (Chatzinikolaou.E.2018)

Au niveau micro-échelle, le modèle simule ce qui suit:

- Flux de rayonnement à ondes courtes et à ondes longues (direct, diffus et réfléchi) et prend en compte l'ombrage, la réflexion et le rayonnement des surfaces horizontales et verticales et de la végétation actuelle.
- Flux de chaleur sensible, transpiration et évaporation de la végétation, y compris toutes les plantes physiques.
- Températures des murs et des surfaces.
- Simulation de la vitesse de l'air et de la turbulence tridimensionnelle.
- Échange d'eau et de chaleur dans le système de sol interne.
- Calcul de la température radiante moyenne.
- Simulation de la valeur du vote moyen prévu (PMV).

- Dispersion de gaz inertes et de particules, y compris la sédimentation des particules au niveau des feuilles et des surfaces.
- Simuler le système climatique complet, y compris la mécanique des fluides, la thermodynamique et la dispersion des polluants. (Bruse 2013 cité par Rosheidat 2014)

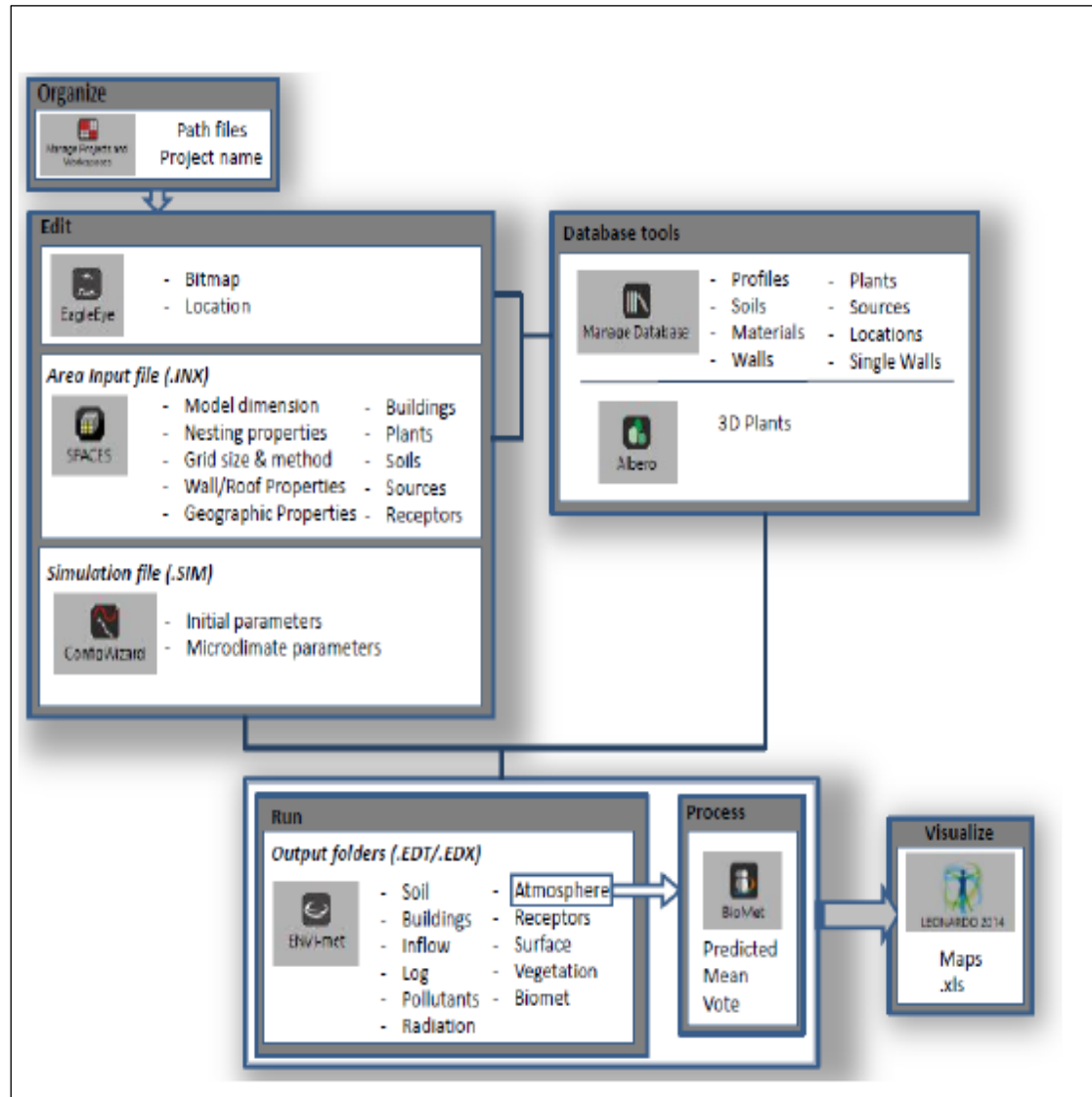


Fig 6.7: les étapes de travail avec ENVI-met
Source: Chatzinikolaou.E.2018

IV.1. La simulation de la validation des résultats de mesures –cas réel- :

La première étape de la simulation est faite pour la validation des résultats de mesure du cas réel des cinq cas d'étude. Pour cela, on a choisi pour lancer la simulation les mêmes jours de mesures. Les résultats de simulation sont pris également chaque deux heures durant tous les jours choisis pour la simulation. On a ciblé les paramètres

climatiques suivants : températures d'air (T_a), température de la surface du sol (T_s), et température moyenne radiante (T_{mrt})

Le processus de la simulation numérique par l'Envi-met se fait selon trois étapes :

A/ Modélisation : c'est la représentation de 2D et 3D avec les coordonnées géométriques de tous les composants de terrain en cas réel, la végétation (types et dimensions), les bâtiments et leurs dimensions (L, H, l), et les matériaux de construction. La modélisation par le modèle ENVI-met se compose de trois composants principaux: le modèle de limite 1D, le modèle atmosphérique 3D et le modèle de sol 1D.

B/ Configuration : par l'introduction des données et les caractéristiques climatiques (input) nécessaires pour l'analyse.

C/ Simulation : sert à analyser et faire les interactions entre les données introduites pour arriver aux résultats finaux.

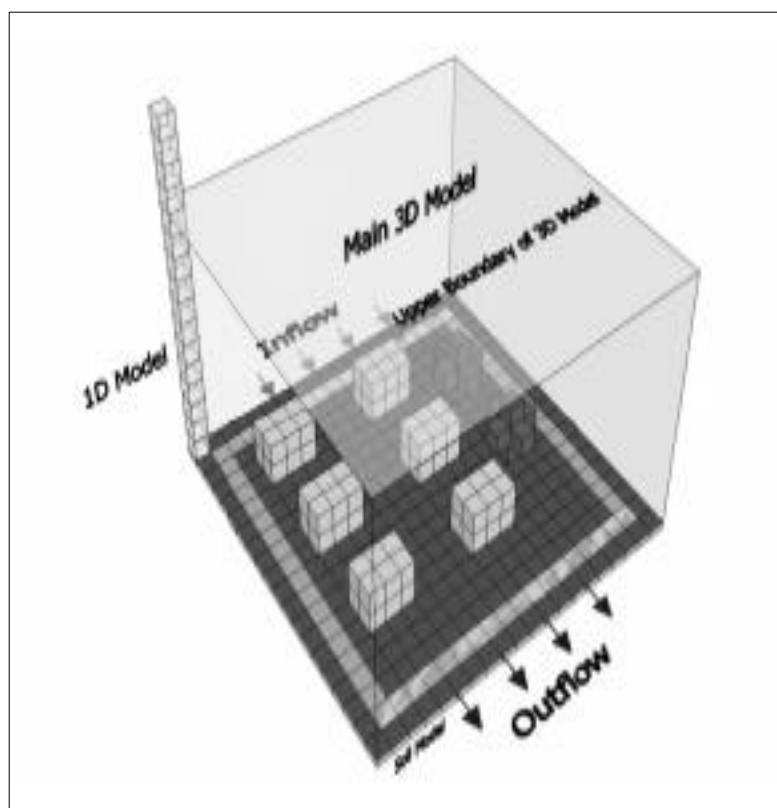


Fig 6.8:Modèle sur la modélisation de L'envi-met
Source :Maleki, 2014

IV.2. La simulation des scénarios d'optimisation du corpus d'étude

La deuxième étape de la simulation numérique est réservée à la simulation de différents scénarios d'optimisation, qui repose sur des alternatives d'amélioration d'une manière adéquate et homogène pour les cinq terrains d'étude, à travers trois scénarios d'optimisation : par la modification des matériaux solides du revêtement du sol, comme l'asphalte et le granit par des matériaux naturels avec un albédo élevé, ainsi que l'ajout du gazon humide, par la densification et la plantation d'autres plantes et arbres de grandes dimensions qui s'adaptent au climat chaud et l'ajout d'autres sources d'eau, ainsi que la distribution de la végétation.

L'approche comparative a été choisie afin de comparer et d'évaluer les valeurs des paramètres climatiques entre les stations de mesure dans le même cas d'étude d'un côté, et entre les résultats des scénarios d'optimisation d'un autre côté. L'étude vise à comparer les facteurs microclimatiques dans les stations de mesures.

Cette approche comparative permet de comparer les facteurs microclimatiques dans les différentes stations de mesures, qui se distinguent par le type, la densité de la végétation, l'orientation et le type des matériaux de pavage.

Les résultats obtenus de la simulation ou les données de sortie (output) peuvent être interprétées et visualisées dans la fenêtre LEONARDO.

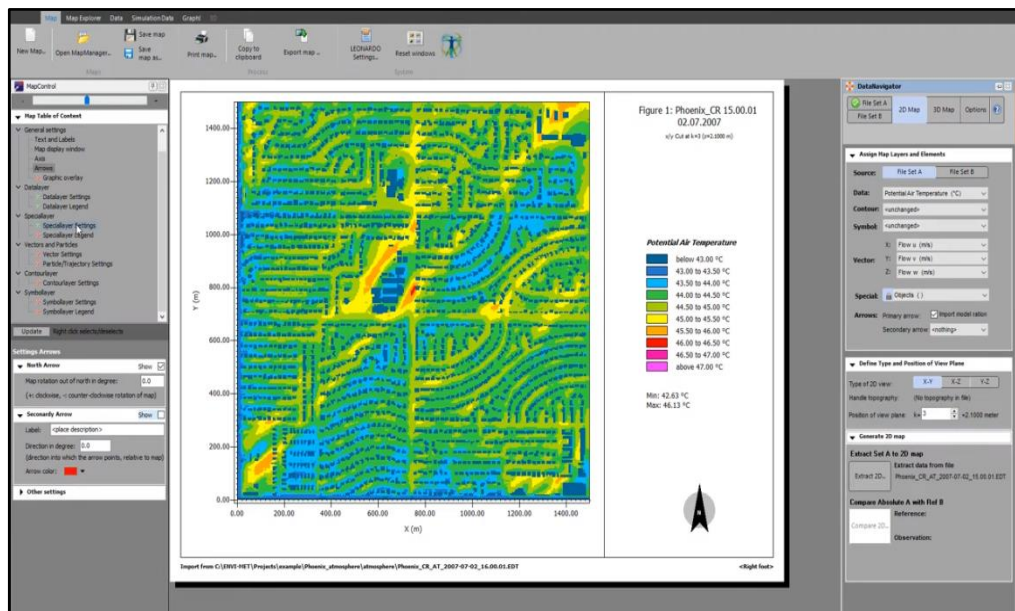


Fig 6.9.: L'interface de Leonardo
Source Envi-met.com

IV.3. Le calcul de l'indice du confort fourni par le Bio-met

ENVI-met/Bio-met est un outil de post-traitement pour calculer les indices de confort thermique humain à partir des données de la simulation. Il interagit directement avec les résultats obtenus (output) de l'ENVI-met et permet de définir des indices de confort.

Donc le Bio-Met fait complémentarité avec le logiciel tridimensionnel Envi-met, dans lequel il vise à calculer une série d'indices de confort thermique tels que : PMV/PPD, la PET, et le UTCI. Il offre une possibilité d'un calcul en série, c'est-à-dire que le chercheur peut avoir plusieurs calculs en même temps, ceci oblige que le choix soit au cours de la même journée. Le logiciel nécessite une saisie de cinq paramètres primordiaux tels que : la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative, la vitesse de l'air, et principalement l'environnement tridimensionnel. Bio-Met ouvre une surface pour les aspects morphologiques de la personne évaluée, dans laquelle on peut modifier l'âge, le sexe, le poids et la taille, et aussi le métabolisme et l'habillement (Mattalah.2015).

Pour cette étude, on a choisi d'étudier l'indice du confort Température Physiologique Équivalente (PET).

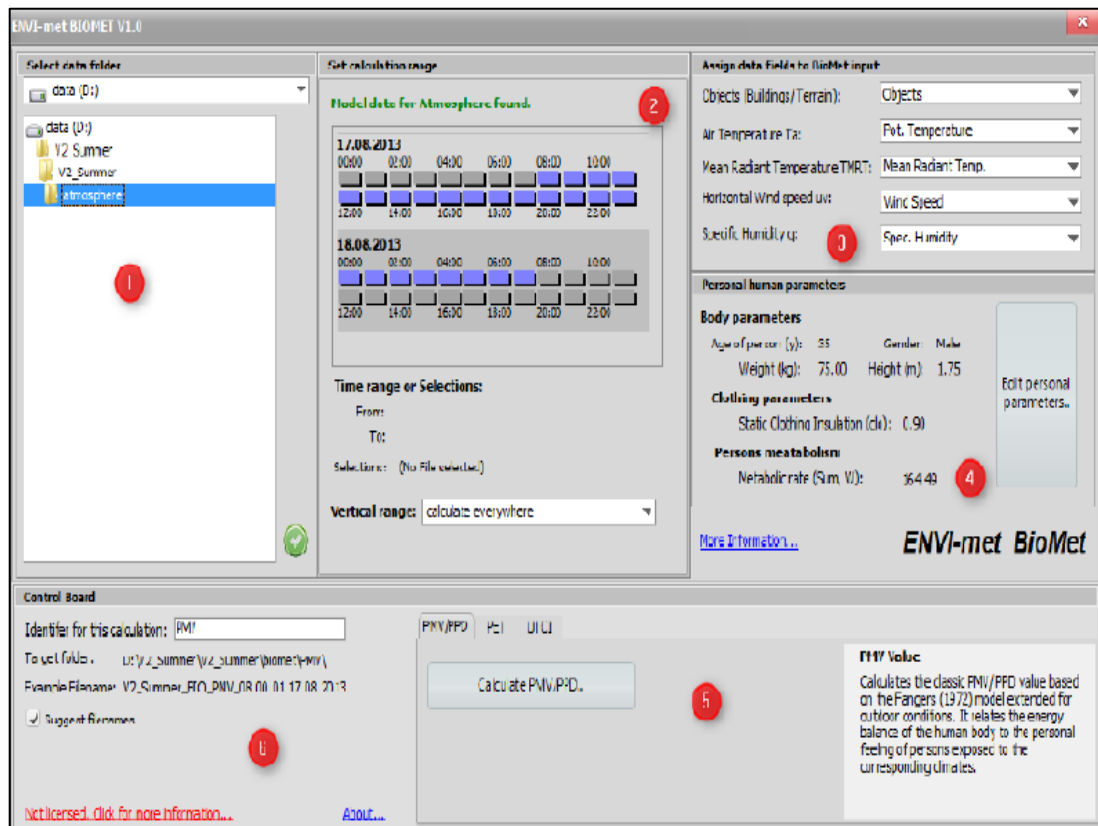


Fig 6.10 : les étapes de calcul des indices de confort par le Bio-met

Source : envi-met.com

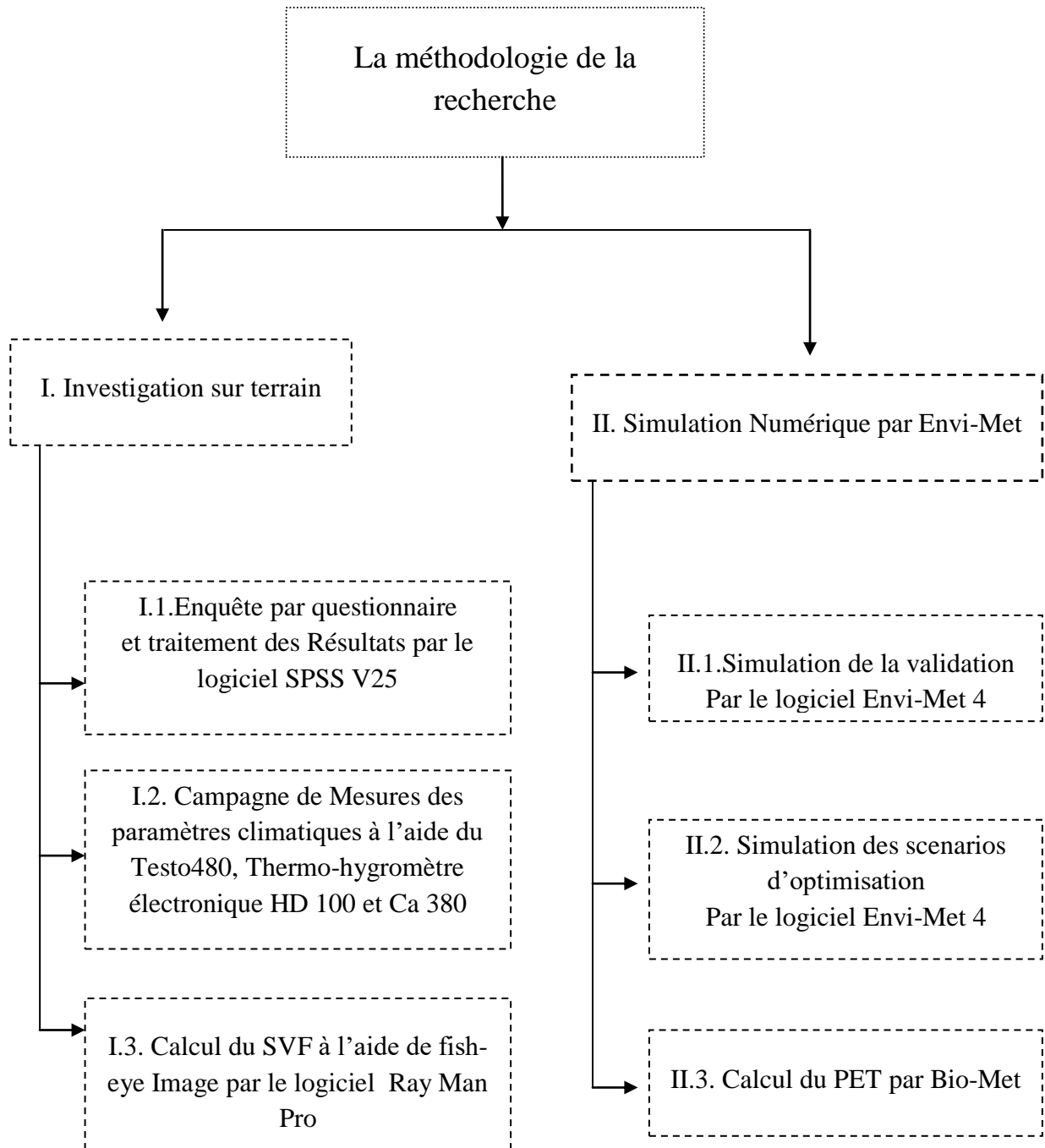
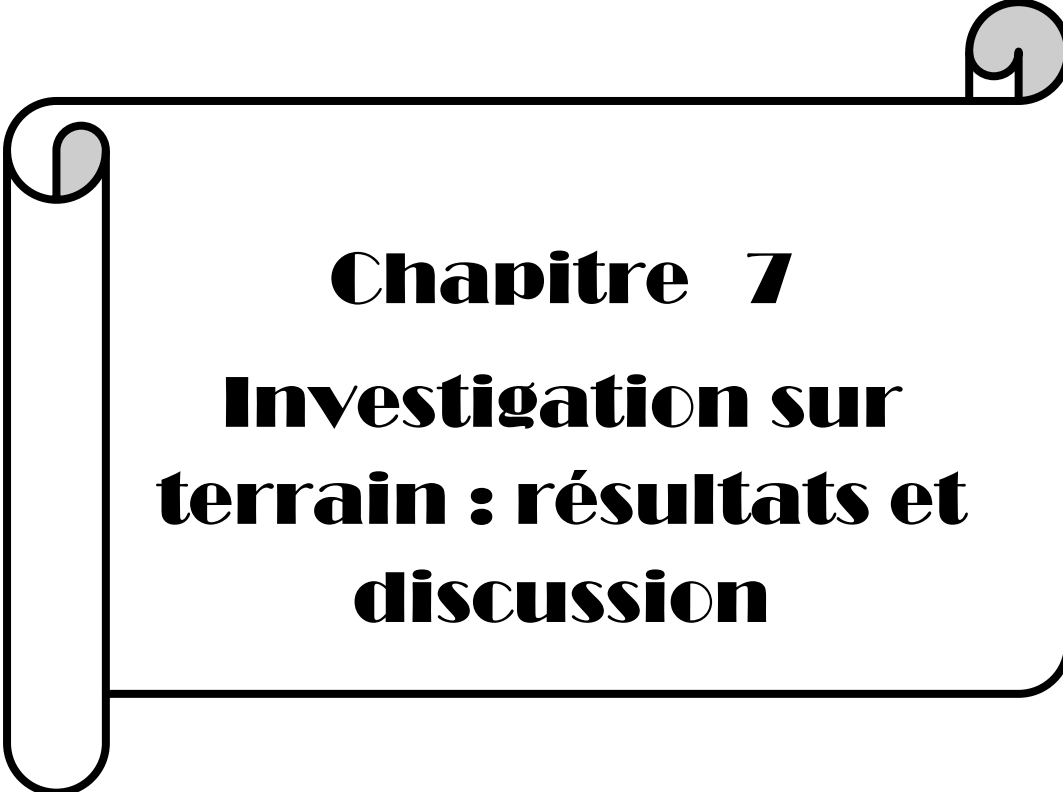


Fig 6.11 : Schéma représente la méthodologie de cette recherche
Source : Auteur

CONCLUSION

Dans ce chapitre on a montré la méthodologie suivie pour cette étude, d'abord on commence par **l'investigation sur terrain** à travers :

- L'enquête par questionnaire destiné aux usagers de l'espace, qui permet de collecter les données nécessaires sur l'estimation et la sensation thermique des usagers aux seins des cinq cas d'étude.
- Par la suite la méthode de la campagne de mesures est lancée au cours du mois de juillet- en 2017, afin de mesurer les différents paramètres climatiques qui sont : la température d'air (T_a), l'humidité relative (HR), la vitesse de l'air (V_a), la température du sol (T_s), et la température moyenne radiante (T_{mrt}). Cette campagne de mesures s'est faite à l'aide des instruments de mesure : (Testo 840) doté de deux sondes : une pour la vitesse de l'air et l'autre pour la température d'air et l'humidité relative, l'instrument du Thermo-hygromètre électronique HD 100 pour enregistrer la température moyenne radiante, et le pistolet de Cason CA 380, pour capturer la température du sol. Les mesures ont été prises chaque deux heures durant tous les jours de mesures.
- On a également utilisé le logiciel Ray Man Pro, qui sert à calculer le facteur d'ouverture vers le ciel (SVF) à l'aide des images fish-eye.
- La deuxième partie de la méthodologie de recherche : **la simulation numérique**, est faite à l'aide du logiciel Envi-met 4, sur deux niveaux : le premier niveau pour la validation des résultats enregistrés lors de la campagne de mesures. Le deuxième niveau pour l'optimisation des conditions climatiques et pour aboutir par la suite à des espaces favorables et confortables. En dernier, on utilise l'extension Bio-Met \ Envi-Met afin de calculer l'indice de confort (PET).



Chapitre 7
Investigation sur
terrain : résultats et
discussion

INTRODUCTION

A travers ce présent chapitre, on entame l'analyse et la discussion de maints résultats récoltés lors de l'investigation sur terrain qui est faite sur deux volets : l'enquête sur terrain, ainsi que de la campagne de mesures.

D'abords, on va présenter les résultats d'investigation et d'enquête sur terrain par questionnaire destiné aux usagers. Tous ces résultats sont récoltés pour interpréter et analyser les activités et les comportements des usagers, ainsi que leur sensation thermique et appréciation de l'environnement thermique dans le corpus d'étude. L'analyse des résultats du questionnaire est faite à l'aide du logiciel de statistiques SPSS V25, selon trois niveaux d'analyse : Uni-variée, Bi-variée, Multivariée.

Ensuite, la deuxième partie du chapitre est consacrée à l'analyse des résultats obtenus de la campagne de mesures des différents paramètres climatiques, lesquels : la température de l'air, la vitesse de l'air, l'humidité relative, la température de la surface du sol et la température moyenne radiante. On va également calculer le facteur d'ouverture vers le ciel (SVF) à partir des images fish-eye, à l'aide du logiciel RayMan Pro.

Les résultats de la méthode d'investigation sur terrain par enquête ou par la campagne de mesures seront traités, discutés et analysés, suivant une approche comparative afin de bien distinguer et de comparer les multiples résultats des mesures enregistrés dans les différentes stations de mesures pendant plusieurs jours dans les cinq cas d'étude.

I. Discussion des résultats du questionnaire

L'analyse des résultats obtenus par la technique du questionnaire distribuée lors de l'investigation sur terrain dans les cinq cas d'étude, s'est faite par le logiciel (SPSS Statistiques 25), l'analyse est divisée en trois niveaux : l'analyse Uni-variée, l'analyse Bi-variée, l'analyse Multivariée.

I.1. L'analyse Uni-variée

I.1.1.L'analyse de la variable du genre

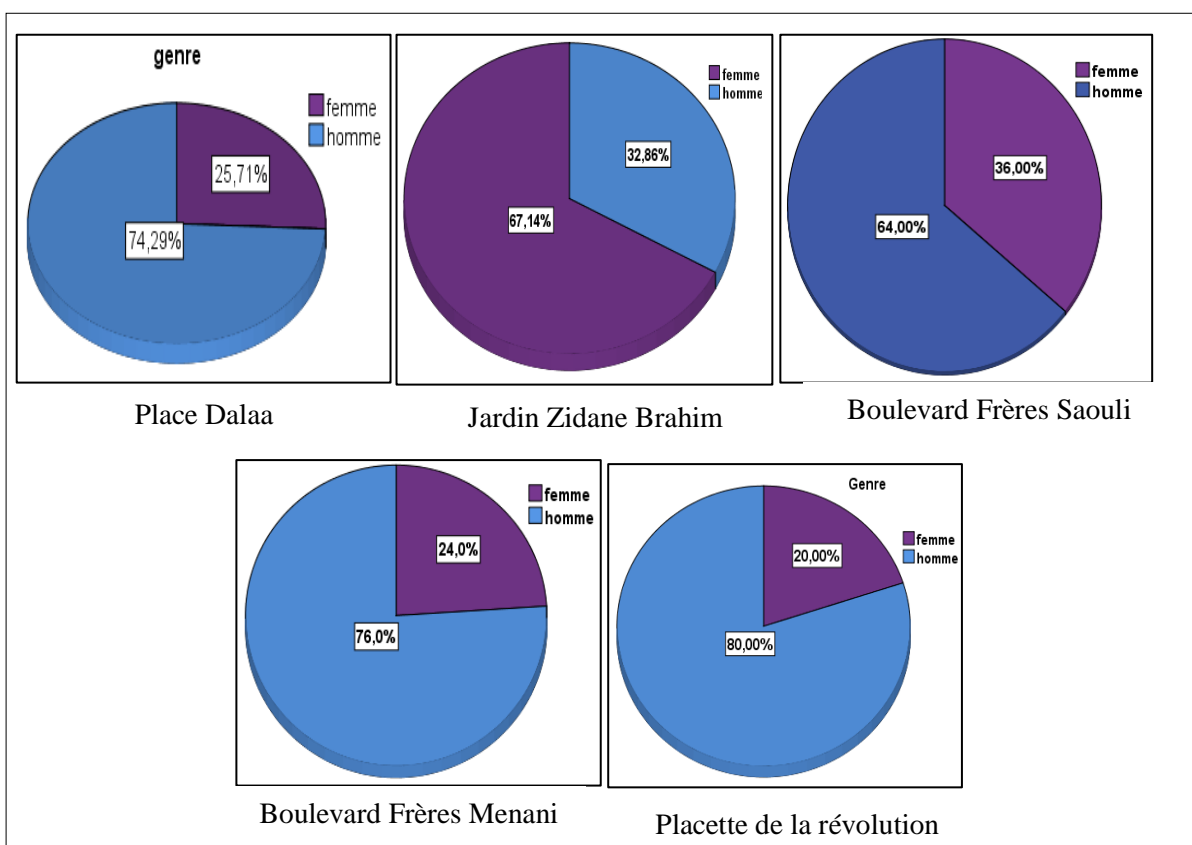


Fig 7.1.Histogramme circulaire de l'analyse de la variable du genre
Source : SPSS 25

A partir de ces résultats (Fig7.1), on constate que la catégorie Homme est la plus dominante dans les cinq cas d'étude, à l'exception dans le jardin Zidane Brahim, où on enregistre un pourcentage de plus de 67% des usagers, qui sont des femmes, ainsi que pour le boulevard les frères Saouli , où on souligne une présence moyenne des Femmes, qui peut atteindre jusqu'à 36% , d'un autre coté pour la place, la placette et le boulevard des frères Menani, qui connaissent une forte fréquentation par la catégorie Homme, avec un pourcentage de plus que 74%.

I.1.2.L'analyse de la variable d'Age

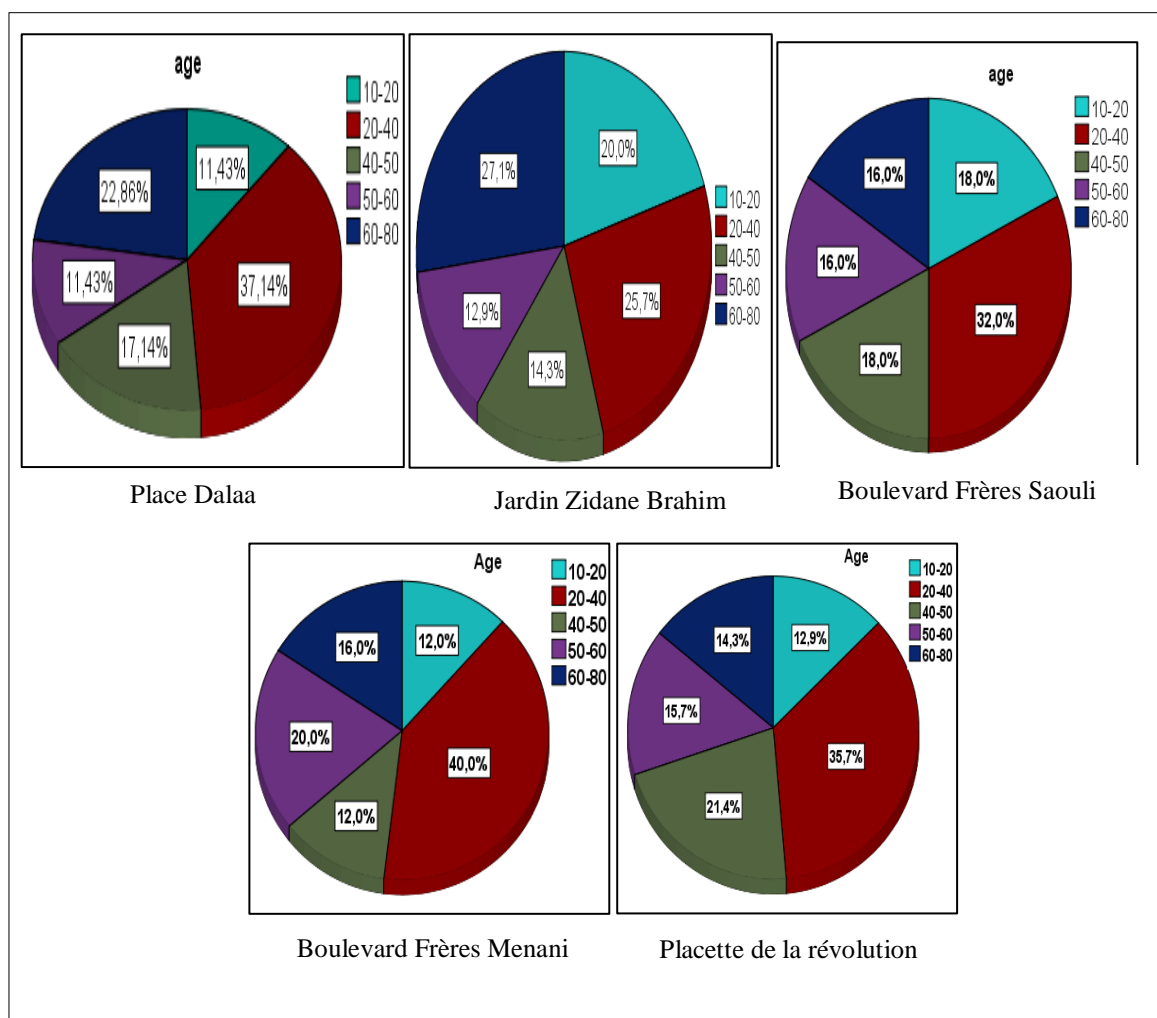


Fig7.2.Histogramme circulaire de l'analyse de la variable d'âge
Source : SPSS 25

On enregistre à travers ces histogrammes (Fig 7.2) que la distribution des tranches d'âge des usagers, est similaire presque pour tous les cas d'étude, où la tranche de la jeunesse (20-40) est la plus dominante dans les cinq cas avec un pourcentage qui peut atteindre 40%. En ce qui concerne les autres tranches d'âge, on enregistre un pic de 20% de (10-20 ans) dans le jardin Zidane Brahim vu la présence de manéges dans cet espace. La tranche de (40-50) également connaît une présence considérable dans le corpus d'étude notamment dans la placette –le rond-point- avec un pourcentage de plus de 21% , pour les plus âgés de (60-80) ils sont essentiellement omniprésents dans la place Dalaa avec (22.86%) et le jardin Ziadane Brahim (27.1%).

I.1.3.L'analyse de la variable de la position actuelle

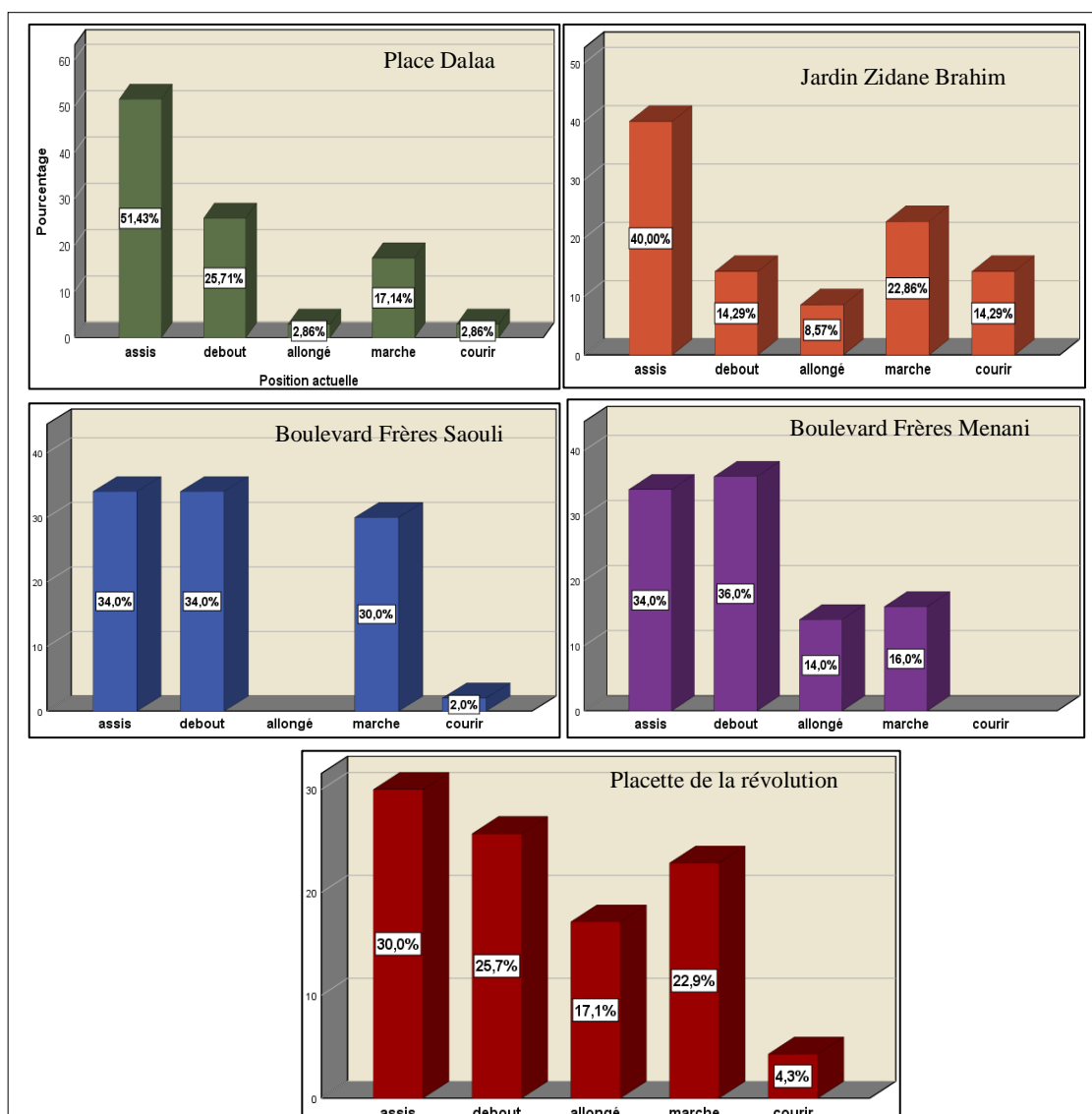


Fig7.3.Histogramme de l'analyse de la variable de la position
Source : SPSS 25

Les résultats suivants (Fig 7.3) indiquent que 51.43% des usagers interrogés de la place Dalaa sont en position assis, ainsi que pour le jardin Zidane Brahim, où 40% sont assis et plus de 20% en position de marche. Quant aux deux boulevards, ils sont presque identiques avec un pourcentage de 34% pour la position d'assis et plus de 34% de debout, ainsi que la position de marche qui atteint 30% au boulevard les frères Saouli. La placette de la révolution est marquée par une multiplicité de positions des interrogés, dont 30% sont assis, 22.9% pour la marche, et 25.7% sont debout dans cette placette.

I.1.4.L'analyse de la variable de la période du jour

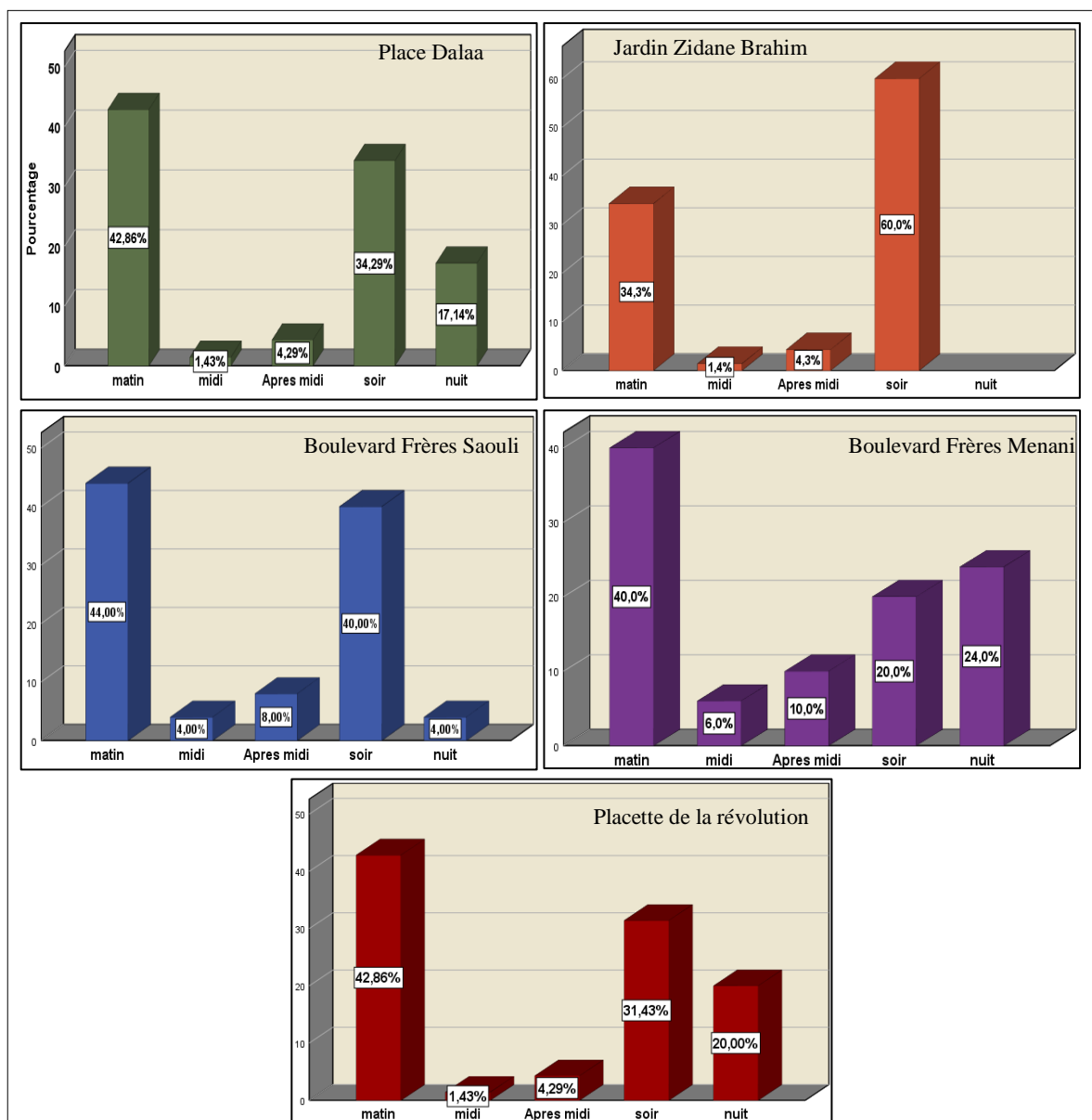


Fig7.4.Histogramme de l'analyse de la variable de la période
Source : SPSS 25

A travers ces graphes (Fig7.4) on enregistre une multiplicité de périodes de visite, avec plus de 40% des usagers interrogés indiquent qu'ils fréquentent dans les cinq cas d'étude, pendant la période du matin, à l'exception de 60% des usagers du jardin Zidane Brahim, qui déclarent fréquenter le jardin pendant le soir, le jardin n'enregistre aucune fréquentation pendant la nuit parce qu'il est fermé. On constate clairement que la fréquentation dans les cinq cas d'étude est minimale (1.4%) à midi, vu les conditions torrides durant cette période du jour dans la saison estivale à Biskra.

I.1.5.L'analyse de la variable de l'activité pratiquée

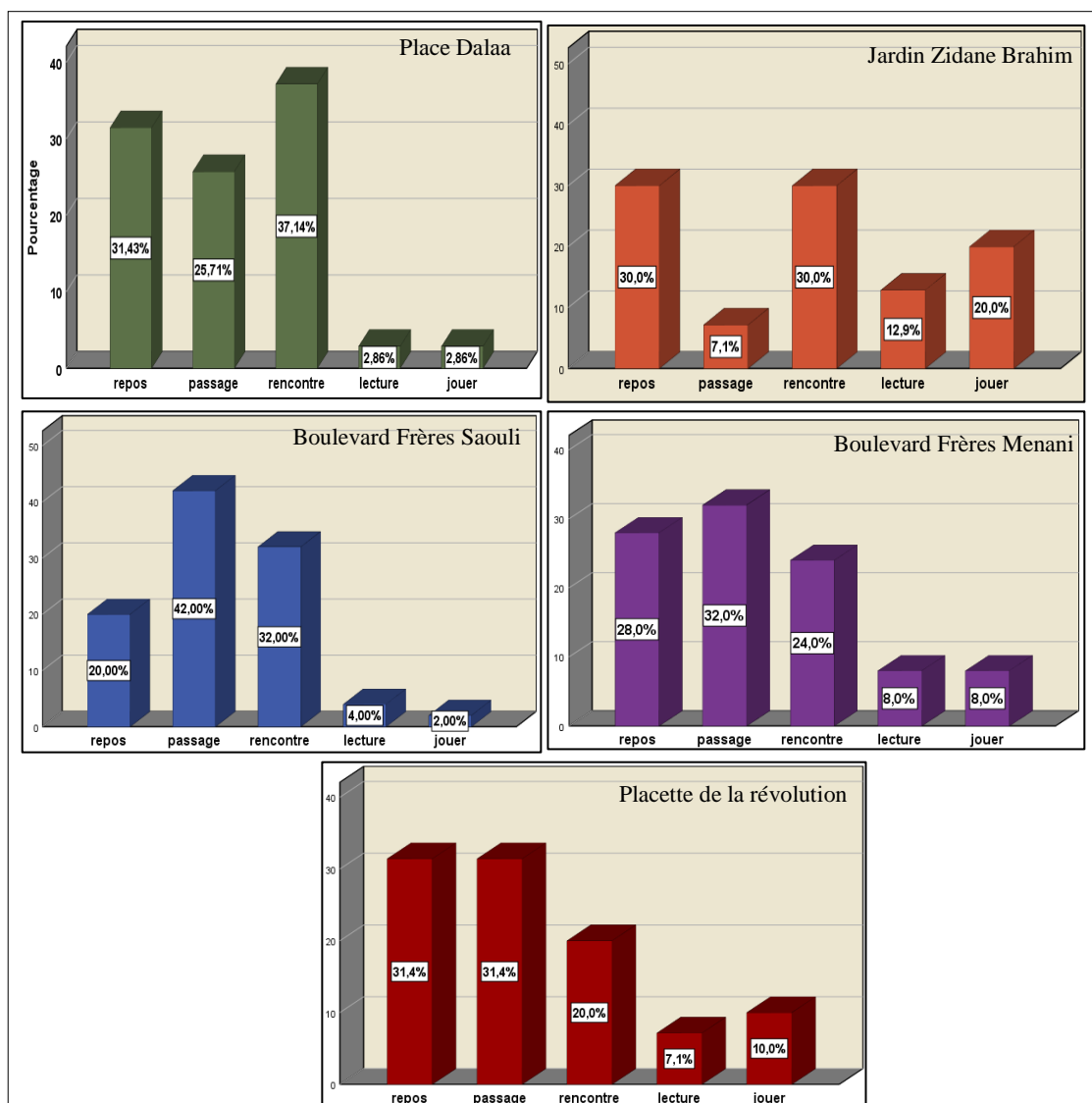


Fig 7.5.Histogramme de l'analyse de la variable de l'activité
Source : SPSS 25

Les activités pratiquées dans les terrains d'étude varient d'un espace à l'autre (Fig 7.5), on observe que les activités dominantes dans la place et le jardin sont le repos avec (30%) pour les deux espaces, par contre la rencontre diffère entre la place (37.14%) et le jardin (30%). La placette de la révolution se distingue par un pourcentage similaire (31.4%) pour deux activités le passage et le repos. Concernant les deux Boulevards de frères Saouli et de frères Menani, on enregistre respectivement 42% et 32% pour l'activité principale (le passage). Ainsi que (32%) pour la rencontre dans le boulevard frères Saouli, et un pourcentage de (28%) pour l'activité de repos dans le Boulevard frères Menani.

II. Discussion et interprétation des résultats de la campagne de mesures

Le corpus d'étude de cette recherche englobe 5 cas d'étude différents par leur taille, leur type, leur morphologie, leurs activités, leurs modes d'appropriation, leurs catégories d'usage, leur aménagement, leurs composants, leur orientation...etc

Les trois cas d'étude (Le jardin Zidane Brahim, La place Dalaa, et le Boulevard les frères Saouli, qui sont les plus proches les uns des autres) pour cela la campagne de mesures dans ces cas s'est faite pendant trois jours successifs, par la suite et dans la même semaine, on a choisi deux «jours typiques » pour faire les mesures pour les deux autres terrains (le boulevard les frères Menani et la placette de la révolution (rond-point))

Les stations de mesures sont réparties dans les terrains d'étude comme suit (Fig7.13) :

Trois stations de mesure pour le boulevard les frères Menani

Deux stations de mesures pour la place Dalaa

Deux stations de mesure pour le jardin Zidane Brahim.

Trois stations de mesure pour le boulevard les frères Saouli

Trois stations de mesure pour la place de la Révolution

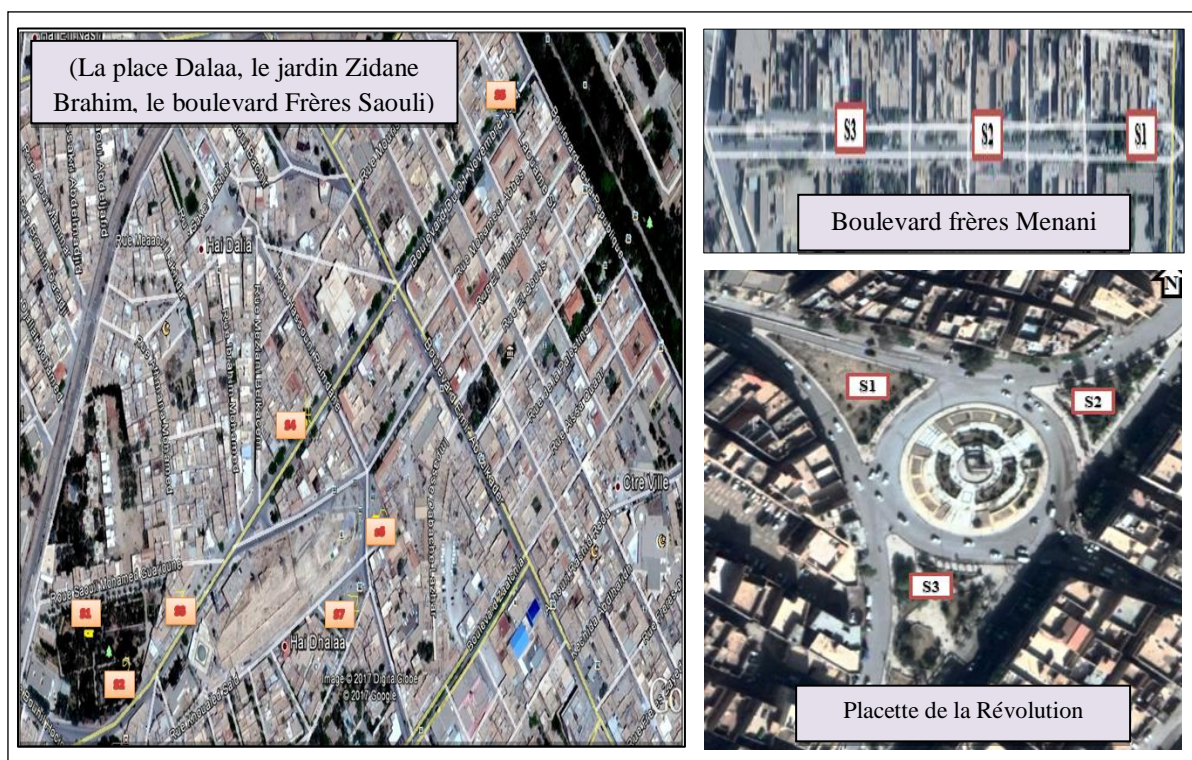


Fig 7.13. La répartition des stations de mesure dans les Cinq terrains d'étude

Source : auteur

II. 5. Les résultats de la campagne de mesure de la placette de la Révolution

II.5.1 II.1.1. Les caractéristiques et le facteur d'ouverture vers le ciel (SVF) des stations de mesures

Les 03 stations de mesure ont été distribuées dans la placette comme suit :

Station01 : située au (Nord-Ouest) sur le tunnel, caractérisée par son cachet naturel de pavé en terre battue.

Station 02: localisée au Nord-Est, caractérisée par une densité végétale considérable.

Station 03 : située au Sud-Ouest, marquée par une densité végétale moyenne, (Fig7.38)



Fig7.38. localisation des trois stations de mesures la placette de la révolution

Source : Auteur.




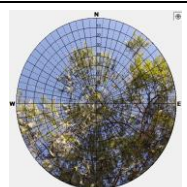

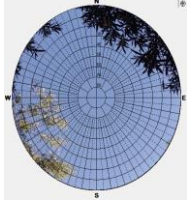
Station		Caractéristique	Fish Eye
S 1		Orientation: Nord-Ouest matériaux de sol: terre battue Albédo: 0,18 Végétation: Palmier washingtonia, Herbe, Ficus SVF= 0.565	
S 2		Orientation: Nord-Est matériaux de sol: Granit Albédo 0,15 Végétation: Ficus, Acacia SVF= 0.639	
S 3		Orientation: Sud-Ouest matériaux de sol: Granit Albédo: 0,15 Végétation: Ficus, Acacia SVF= 0.769	

Tableau7.5. Les caractéristiques de trois stations dans la placette de la révolution
Source : auteur

II.5.2. Les résultats de mesures des paramètres climatiques de la placette de la Révolution

A. Température de l'air mesurée (Ta)

La végétation sert à diminuer la température de l'air en ombrageant les surfaces et elle réduit la chaleur par l'évapotranspiration des plantes (Dimoudi, 2003). Ceci justifie les degrés de température de l'air mesurés sur la placette dans les trois stations (Fig7.39), qui sont inférieurs aux données météorologiques, avec une différence de 3 ° C enregistrée entre les valeurs de la station 01 et les données de la station météorologique, en raison de l'effet de l'ombre des plantes. En notant également que les valeurs de température de la station 01 sont inférieures à celles des deux autres stations avec une différence de 2 ° C enregistrée à 14 heures (heure de pointe), cela est dû à la réflectivité minimale du rayonnement solaire de la surface naturelle (terre battue) dans la station 01 que les deux autres stations à surface minérale solide (Granit).

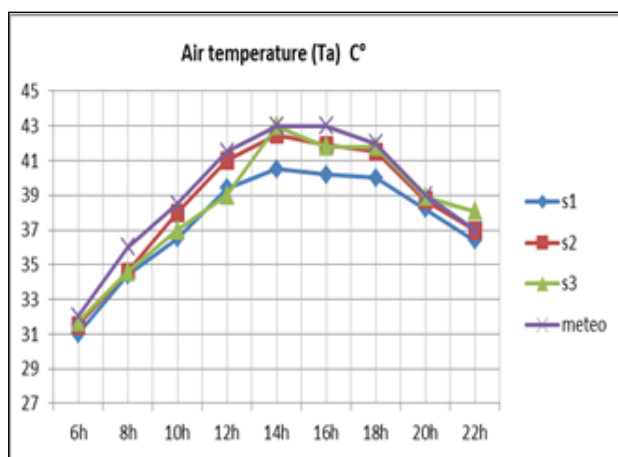


Fig 7.39. Graphe des résultats de Mesures de Ta, de la placette de la révolution
Source : Auteur

B. Humidité relative mesurée (Hr)

Les résultats (Fig7.40) montrent que les valeurs d'humidité relative de la station météorologique sont plus élevées que les données mesurées, en raison des degrés élevés de température de la station météorologique. Les valeurs d'humidité entre les trois stations de mesure sont très proches toute la journée sauf que les plus grandes différences sont enregistrées pendant la période (de 12h à 18 h). Un écart de 3% est enregistré à 14h entre la station 01 et la station 03 en raison de la température élevée, notamment à l'après-midi, ce qui renforce l'effet de l'évapotranspiration des plantes et du sol naturel de la station 01. D'après (Ballout 2016) la végétation peut diminuer le taux d'humidité relative de 2,79%, où la différence est liée à la résistance stomatique des feuilles.

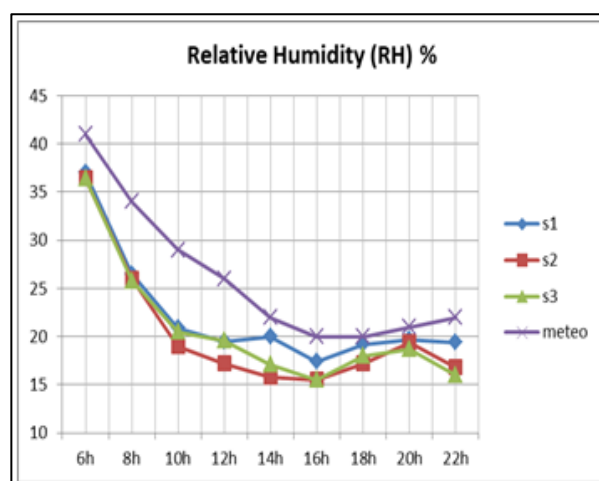


Fig 7.40. Graphe des résultats de Mesures de Hr, de la placette de la révolution
Source : Auteur

C. Vitesse du l'air mesurée (Va)

Une grande différence est soulignée entre les valeurs enregistrées dans la zone d'étude (à une hauteur de 1,5 m) par rapport aux valeurs de la station météorologique enregistrée (à haute hauteur) et qui est située dans une vaste zone sans aucun obstacle minéral ou naturel. De même que l'effet des arbres et les hauteurs des bâtiments environnants contribuent à la réduction de la vitesse de l'air sur le site. Les valeurs de vitesse de l'air (Fig 7.41) dans les trois stations sont très approximatives avec un pic (1.3m/s) enregistré à 16h, cependant il reste stable la majeure partie de la journée avec une légère augmentation enregistrée en période d'après-midi.

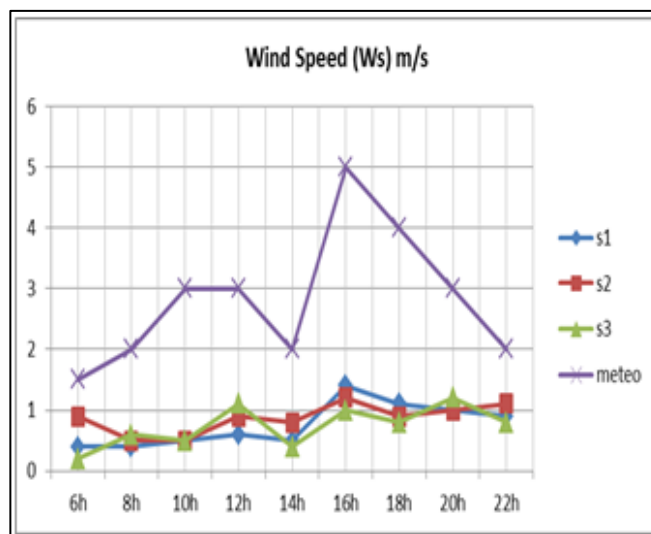


Fig 7.41. Graphe des résultats de Mesures de Va, de la placette de la révolution

Source : Auteur



Chapitre 8
Simulation : résultats
et discussion

INTRODUCTION

A travers ce chapitre, on entame l'analyse, le traitement et l'interprétation des différents résultats obtenus par la simulation numérique.

Dans la première partie de ce chapitre, on va présenter le processus et la démarche suivie pour faire les simulations numériques, cette démarche se divise en trois étapes : la modélisation, la configuration et la simulation.

La deuxième partie du chapitre est consacrée à l'analyse des résultats collectés à travers la simulation numérique, qui est faite selon deux niveaux. Le 1^{er} niveau pour la simulation de la validation des résultats de mesures. Le 2^{eme} niveau est réservé à la simulation d'optimisation, suivant trois scénarios d'optimisation.

L'analyse et l'interprétation des résultats se fait par la comparaison entre les différentes valeurs des paramètres climatiques dans les cinq espaces d'étude. Cette méthode permet d'évaluer et contrôler les changements et les variations entre les résultats dans le corpus d'étude.

I. La démarche et le processus de la simulation numérique appliquée

L'analyse de la simulation numérique est faite à l'aide de l'Envi-met 4, dont l'objectif primordial est d'évaluer et d'améliorer l'effet de la végétation sur les conditions et les paramètres climatiques, ainsi que sur le confort thermique extérieur. La simulation numérique a permis d'enregistrer et de collecter les valeurs de différents paramètres climatiques selon plusieurs scénarios de modélisation, qui ont été faits sur les différents cinq cas d'étude. La simulation numérique se fait à deux niveaux:

Le premier niveau a été fait pour valider et vérifier les résultats de mesure du cas actuel selon les valeurs des paramètres climatiques de la température d'air (T_a), de l'humidité relative (H_r), et de la température de surface (T_s).

Le deuxième niveau de la simulation numérique consacré aux simulations des trois scénarios d'optimisation :

- Le premier scénario d'optimisation repose sur la modification des matériaux rigides du revêtement de la surface du sol par des matériaux naturels avec un albédo élevé : l'asphalte est remplacé par le béton gris (*Concrete pavement Grey*) et le granit a été remplacé par le béton clair (*Concrete pavement light*), et l'ajout d'une pelouse humide dans le pavage du terrain d'étude.
- Le deuxième scénario d'optimisation réservé à la densification de couverture végétale du terrain d'étude et l'ajout d'autres sources d'eau réparties à travers le terrain, et la plantation d'autres types d'arbres et de végétation de manière égale et homogène sur toute la surface du terrain.
- Le troisième scénario d'optimisation regroupe les alternatives d'amélioration de deux scénarios précédents 01 et 02.

Par la suite une étude comparative a été choisie pour distinguer les valeurs des paramètres climatiques entre les trois stations de mesure. Cette étude vise à comparer les facteurs microclimatiques dans les stations de mesure, qui se distinguent par le type, la taille et la densité de végétation.

On a choisi pour lancer la simulation les mêmes jours de mesure au mois de juillet 2017 et les résultats sont pris également chaque deux heures pendant ces jours, ainsi que les paramètres climatiques (T_a , H_r , V_a , T_s , T_{mrt}). La simulation par le logiciel Envi-met s'est faite selon trois étapes :

A/ Modélisation : c'est la représentation de 2D et 3D avec les coordonnées géométriques de tous les composants du terrain, la végétation (types et dimensions), les bâtiments et leurs dimensions (L, H, L), et les matériaux de construction.

B/ Configuration : s'est faite par l'introduction des données et les caractéristiques climatiques nécessaires pour l'analyse.

C/ Simulation : elle sert à analyser et faire les interactions entre les données introduites pour arriver aux résultats finaux

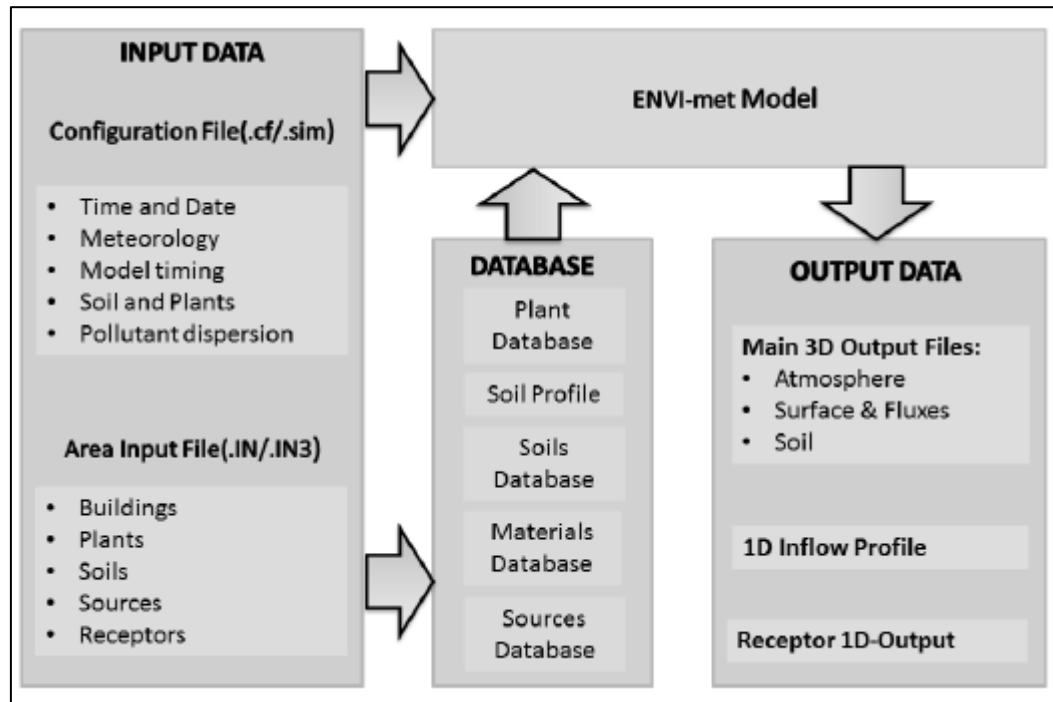


Fig 8.1: Les étapes de travail de L'envi-met
Source :Maleki.A.2014

II. Résultats des simulations numériques

Les résultats des simulations numériques se divisent en deux parties : 1^{er} partie réservée à la simulation des cas réels du corpus d'étude. Ensuite la 2^{ème} partie est réservée à la simulation numérique de cinq cas d'étude selon les trois scénarios d'optimisation.

II.1. Résultats de la simulation concernant les cas réels

La simulation de l'état réel de cinq terrains d'étude est faite essentiellement afin de vérifier et valider les résultats de mesure, et afin de s'assurer que les résultats sont fiables avec des valeurs proches entre les différents résultats de mesure et de la simulation.

II.1.5. Résultats de la simulation –cas réel- de la placette de la Révolution

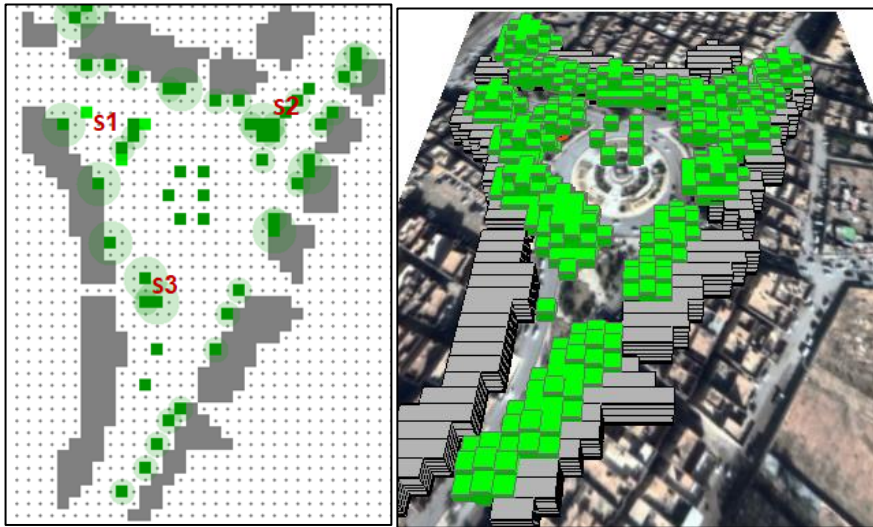


Fig 8.10: Modélisation du cas réel de la placette de la révolution
Source : Auteur

Pour la placette de la révolution (Fig 8.11), les degrés de **la température d'air** mesurés ou simulés sont inférieurs aux données de la station météorologique. On souligne une différence maximale qui peut atteindre jusqu'à 5°C, on constate également que les degrés de Ta simulée sont légèrement supérieurs aux résultats de Ta mesurée, notamment pour la station 02.

Pareil pour **l'humidité relative**, où on souligne que les résultats de simulation sont élevés par rapport aux résultats de mesures, la station 02 enregistre des valeurs minimales, comparées aux deux autres stations, avec un minimum de 17% à 14 h. Cependant les valeurs de Hr mesurées ou simulées restent globalement moindres que les données de la station métrologique.

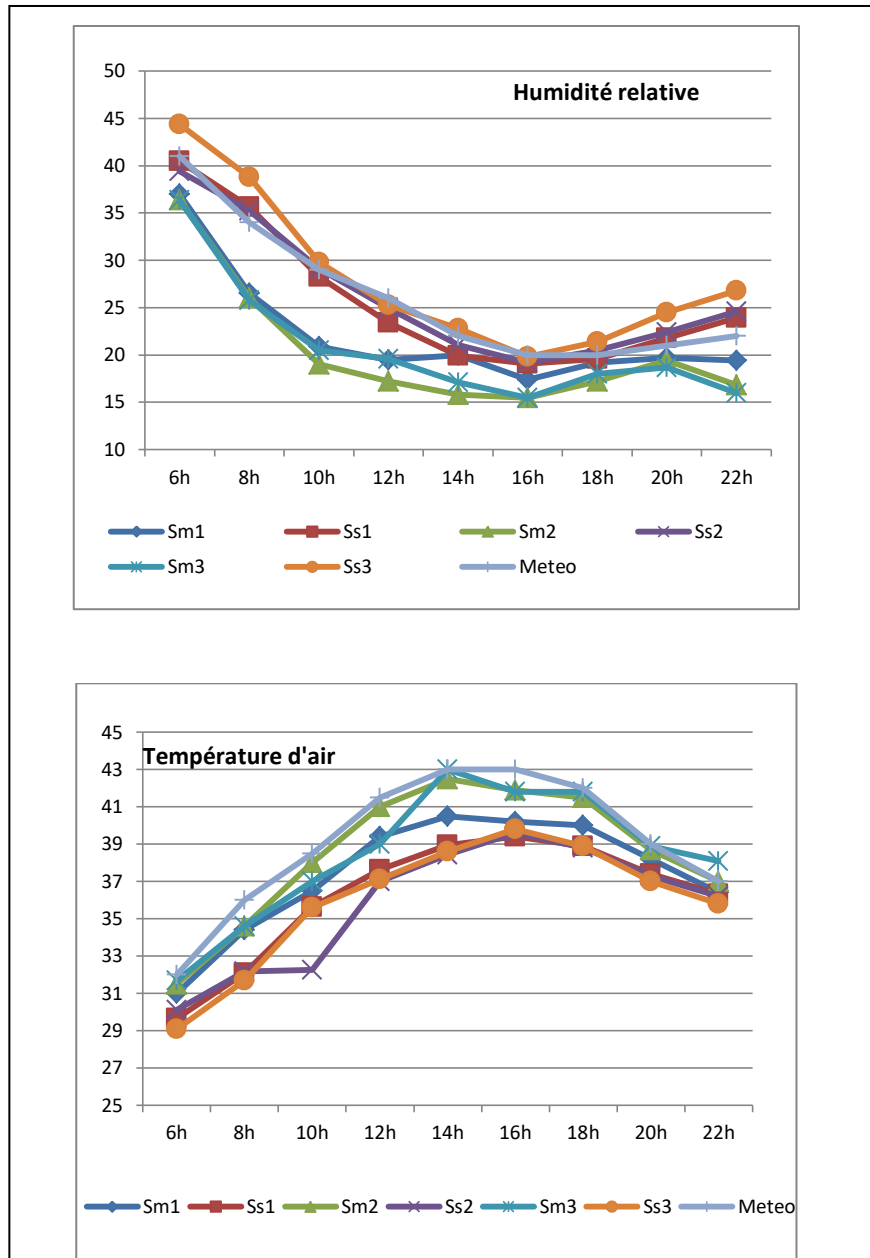


Fig 8.11: Graphes des résultats de simulation –cas réel- de la placette de la révolution
 Source : Auteur

II.2.5. Résultats de la simulation d'optimisation de la placette de la Révolution:

A travers les résultats des graphes (tableau 8.8) et par la comparaison entre les résultats de **la température d'air** mesurée et d'optimisation, on enregistre une diminution des valeurs de T_a après les scénarios d'optimisation surtout Opt3, durant la période la plus chaude de l'après-midi, une moyenne entre [2 ° C et $4,5\text{ ° C}$] est enregistrée de 8h à 20h. Également à 14 -un pic de 5 ° C - est enregistré à la station 02 (nord-est). De même que les résultats d'optimisation sont très proches pour les trois stations, qui montrent une sensation de confort égal dans l'espace, qui est dû de la répartition égale de la végétation sur toute la surface.

Les valeurs **d'humidité relative** après l'optimisation sont très élevées, une moyenne de [3% - 8%] a été enregistrée entre le cas réel et l'optimisation 03. Avec un pic enregistré à 10h. Cette augmentation de l'humidité est le résultat de l'augmentation de l'effet de l'évapotranspiration par la densité et de la variation de la couverture végétale et de l'addition de source d'eau et d'un pavage humide -grass- qui favorisent l'humidité relative, la valeur minimale est enregistrée à 16h. Selon (Louafi.S.2016) après optimisation, une différence d'environ 3 degrés pour (T_a) et 4,4% pour l'humidité relative (H_r) a été enregistrée. Les résultats de la simulation de **la température de la surface du sol (TS)** dans les trois stations suivent la même courbe; ils ont progressivement augmenté de 6 h à 18 h, pendant cette période on enregistre un pic vers 37 ° C . Les résultats de la simulation des cas d'optimisation sont inférieurs au cas réel de la station 01, qui montrent que les deux courbes sont très proches; car le cas actuel a déjà une surface naturelle et a enregistré une température plus basse que les autres stations. Pour la station 02 (Nord-Est) une différence est enregistrée jusqu'à 2 ° C . Par contre, la station 03 qui se trouve au sud montre une différence qui peut atteindre jusqu'à 1 ° C . Selon (Izard 2006), la température de surface d'une herbe humide exposée au soleil est bien inférieure à celle d'une surface minérale même si elle a un albédo élevé.

La température moyenne radiante (T_{mrt}) est l'un des paramètres les plus importants pour contrôler le confort thermique. Les résultats de simulation du cas actuel et des cas d'optimisation montrent que les valeurs de T_{mrt} -Opt diminuent tout au long de la journée par rapport aux valeurs de T_{mrt} du cas réel, surtout le matin, avec une différence de plus de 4 ° C enregistrée à 10 h en station 01 et 02 situés dans la partie nord de la placette. De l'autre côté, la station 03 (au sud) a enregistré des

valeurs très proches dans les deux cas, puisque cette zone est exposée au soleil toute la journée, mais les valeurs d'optimisation restent inférieures au cas réel. En général, les degrés de Tmrt enregistrent un pic (autour de 51°C) pendant la période de l'après-midi, puis ils commencent à décroître de 16h jusqu'à la nuit avec la même courbe pour les trois stations.

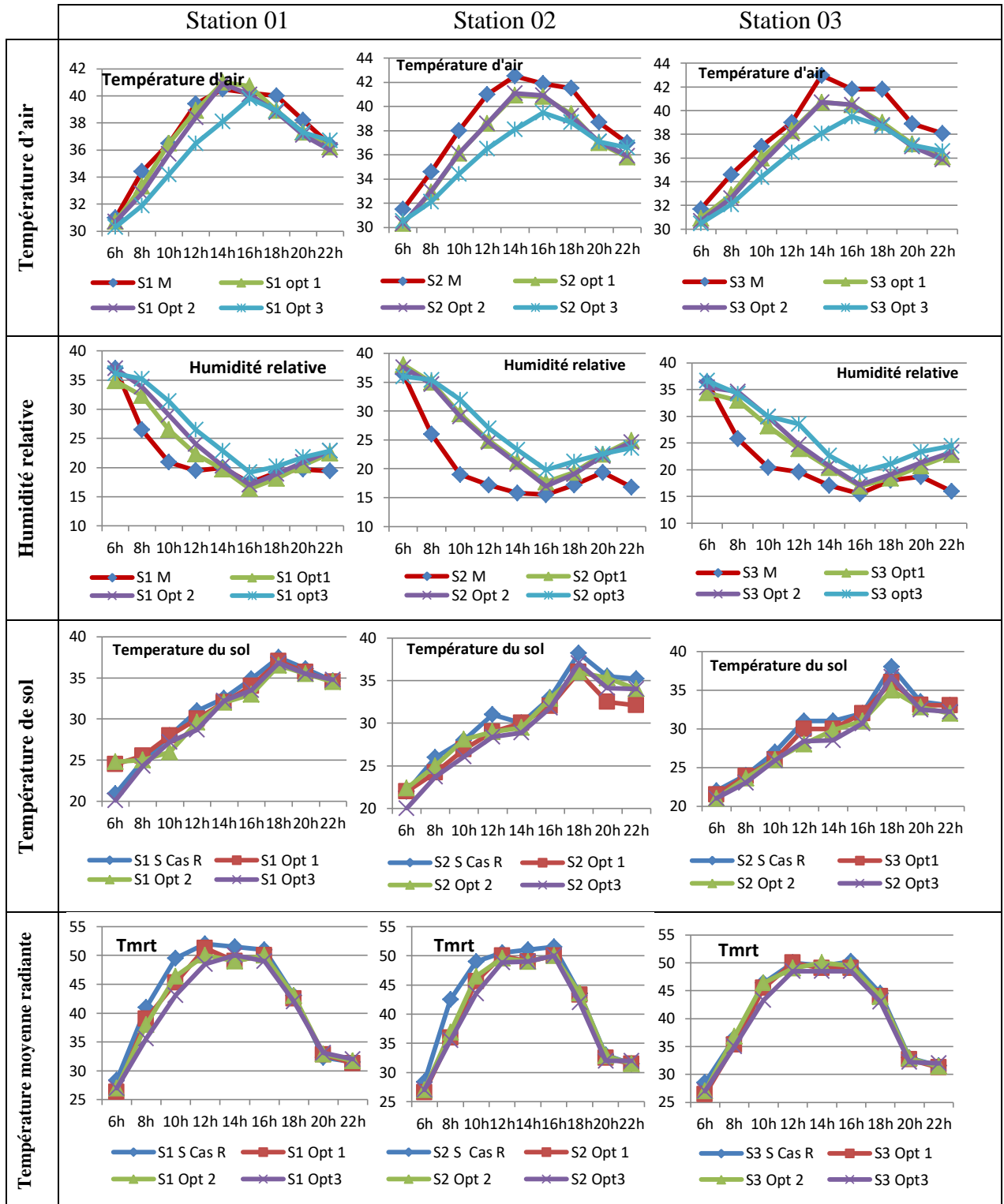
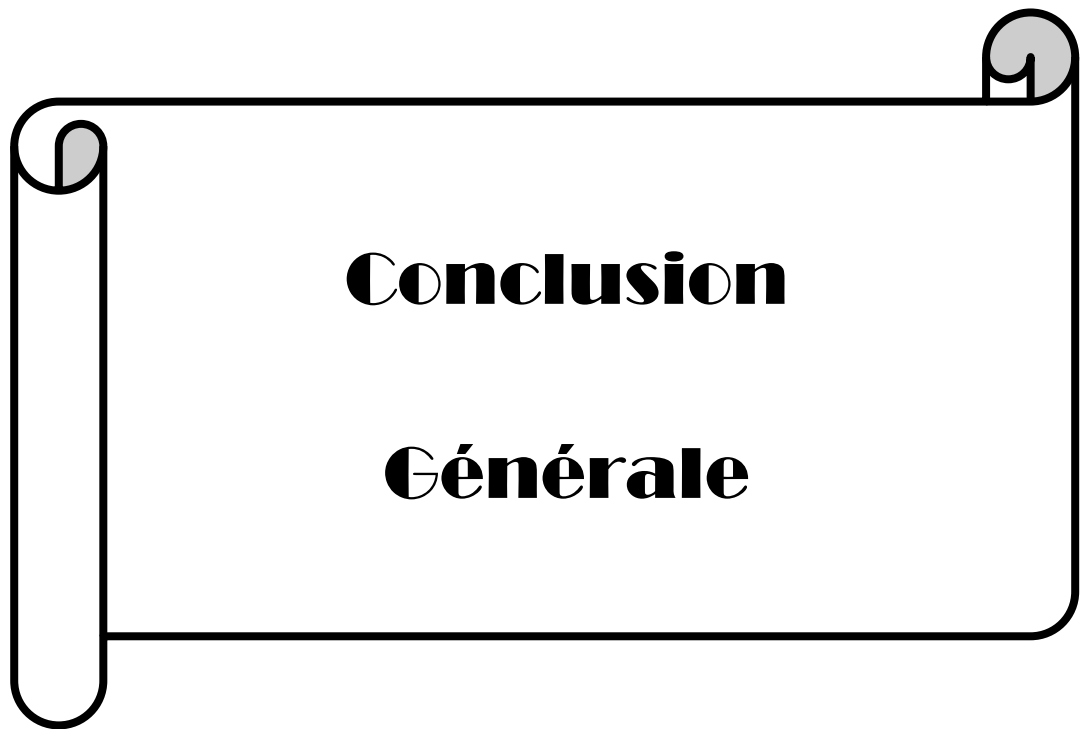


Tableau 8.8: Graphes des résultats de simulation d'optimisation de la placette de la révolution

Source : Auteur



Conclusion générale :

Cette recherche s'appuie principalement sur l'étude de l'impact de la végétation urbaine sur la confort thermique et le microclimat urbain de la ville de Biskra, qui est caractérisée par son climat chaud et aride, où la présence de la végétation est très importante dans les espaces publics extérieurs, fréquentés par les citoyens de la ville et de différentes catégories d'usagers, surtout en été, pendant lequel la présence de la végétation dense sert à améliorer les conditions du confort thermique et offre des lieux de repos et de rencontre confortables aux usagers.

L'influence de la végétation sur le microclimat urbain est reliée principalement à plusieurs éléments, la densité importante de la végétation homogène dans toute la zone d'étude, la rendu plus efficace, le choix adéquat d'espèces végétales, offre un bon rendement sur le confort thermique, car la végétation étant un élément très important à l'amélioration du microclimat urbain et du confort thermique extérieur. La présence des plantes, qui s'adaptent au climat chaud et sec, avec une densité importante va offrir un cadre de vie préférable pour les différents usagers dans la ville de Biskra en général et dans l'espace public en particulier.

Afin de répondre aux questions de recherche et pour aboutir aux objectifs principaux, le travail de cette recherche comporte deux parties :

La première partie : la partie théorique

Elle concerne l'étude théorique et conceptuelle des notions de base, elle se divise en quatre chapitres :

-Le premier chapitre théorique met en exergue tout ce qui concerne les termes du climat et du microclimat, et les diverses catégories du climat et leurs différents facteurs. Ainsi que la notion du confort thermique avec ces facteurs, ces paramètres, et ces nombreux indices, qui servent à l'évaluation du confort thermique.

- Le deuxième chapitre théorique est consacré aux significations des termes d'espace vert et de la végétation urbaine, ainsi que ces bienfaits sur l'écologie, sur le microclimat urbain et l'environnement thermique de la ville.

- Le troisième chapitre théorique a synthétisé tout ce qui concerne l'espace public, définition, genèse, fonction...etc., On a expliqué également les acceptions et les

significations des concepts d'usage, de pratique, d'appropriation, ainsi que les critères de conception de l'espace public.

- Le quatrième chapitre théorique de l'état l'art présente une étude épistémologique des multiples méthodes, concernant l'évaluation du confort thermique de l'espace public urbain, on a présenté brièvement au cours de ce chapitre, les méthodes et les outils adoptés pour l'évaluation et l'amélioration des conditions de l'environnement thermique de l'espace extérieur urbain.

La deuxième partie : la partie Pratique

Elle concerne la méthodologie de cette recherche, l'investigation sur terrain, et la simulation numérique, elle se divise en quatre chapitres :

- Le cinquième chapitre est réservé à la présentation du corpus d'étude, par la présentation de la ville de Biskra, ainsi que les espaces d'étude choisis selon divers critères de choix.

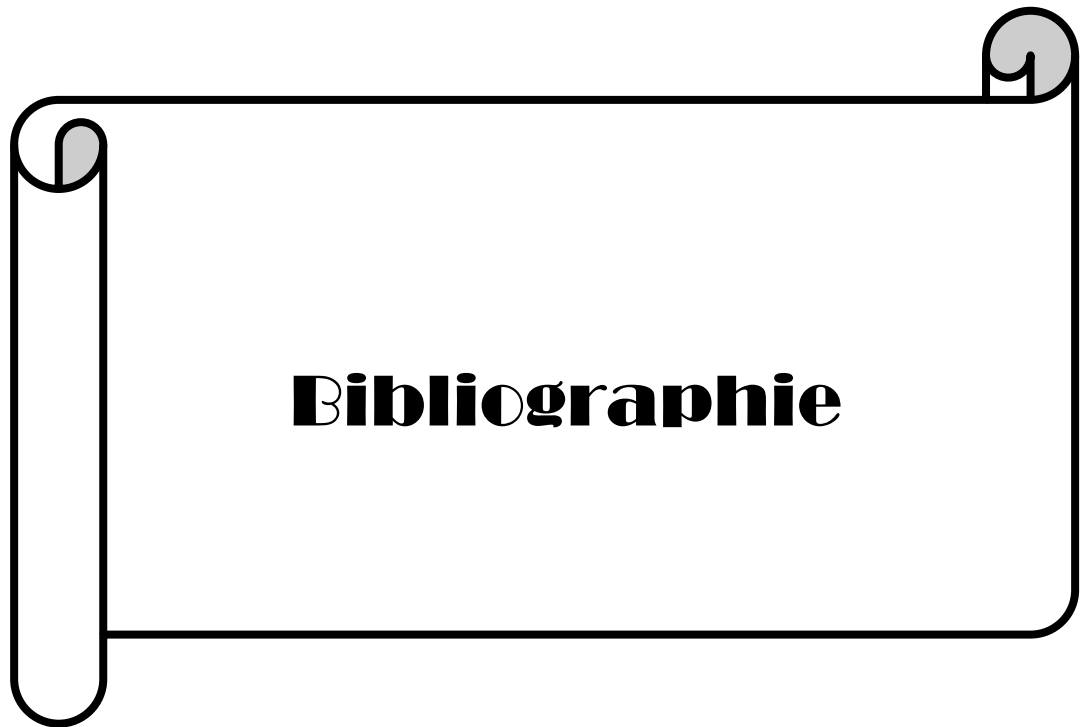
- Le sixième chapitre, englobe la méthodologie appliquée pour cette étude qui est divisée en deux méthodes : l'investigation sur terrain par (l'enquête du questionnaire et de la campagne de mesures). Et par la simulation numérique (de validation, et d'optimisation) de différents cas d'étude.

- Le septième chapitre a présenté les résultats d'investigation sur terrain selon la méthode d'enquête (par questionnaire), ainsi que les différents résultats obtenus et enregistrés lors de la campagne de mesures faite sur terrain, à l'aide d'instruments.

- Le huitième chapitre est consacré à la présentation et l'analyse des résultats des simulations numériques, à l'aide du logiciel Envi-met 4, la simulation est faite sur deux niveaux (la validation des résultats précédents de la campagne de mesures) et (l'optimisation des conditions du confort thermique selon trois scénarios d'optimisation)

A partir des résultats de la première méthode de **l'investigation sur terrain**, qui est divisée en deux parties : le questionnaire et la campagne de mesures sur les cinq cas d'étude, on peut déduire que :

- **Concernant les résultats du questionnaire**, on enregistre que la catégorie Homme est la plus dominante (plus de 70%) dans ces espaces publics, à l'exception du jardin Zidane Brahim, qui est marqué par une forte présence de la catégorie Femme (67%).



Ouvrages:

- ASHRAE, (2004) ANSI/ASHRAE Standard 55-2004 Thermal Environmental Conditions for Human Occupancy. pp.13–26
- ASHRAE. (2001) ASHRAE Fundamentals Handbook 2001 (SI Edition) American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers
- Barkman. J. J & Stoutjesdijk. Ph (2014) Microclimate, vegetation and fauna. Published by KNNV Publishing.
- Bassand. M, Compagnon. A, Joye. D, Stein.V, (2001) Vivre et créer l'espace public. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.
- BERTRAND. J-M et LISTOWSKI. H (1984) Les places dans la ville ; lecture d'un espace public. Édition : Dunod, Paris
- Bornarel.A (TRIBU) & al (2014) confort d'été. Edition, L'ARENE Île-de-France & L'ICEB.
- BROWN, R. (2010). Design With Microclimate: The Secret to Comfortable Outdoor Space, Island Press.
- Choay, F et Merlin, P, (2010) Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. Paris : Presses Universitaires de France.
- Côte. M, (2005) La ville et le désert le bas-sahara algérien, Edition kharthala & Iremam.
- De Herde. A & Liébard. A (2005) Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Éditions du Moniteur.
- Fischer G-N. (1992) Psychologie sociale de l'environnement. Édition Privat. Toulouse.
- Jonathans Admas (2007) Vegetation-Climate Interaction. Praxis Publishing Ltd, Chichester, UK.
- Heidt.V and Neef. M, (2008) Ecology, planing and managment. Edition springer.
- Helmut E. Landsberg (1981) the Urban Climate. Published by Academic Press, INC.

- Holland.C. Clark.A Katz.J and Peace S (2007). Social interactions in urban public places. Published for the Joseph Rowntree Foundation by The Policy Press.
- Kabat.P. Claussen . Dirmeyer . Gash . de Guenni . Meybeck Pielke Sr .. Vorosmarty . Hutjes. Liitkemeier (2004) Vegetation, Water, Humans and the Climate Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Panerai P, Depaule J-C et Demorgon. M, (2002) Analyse urbaine. Édition parenthèse.
- Parsons. K.C (2002) Human Thermal Environments The effects of hot, moderate, and cold environments on human health, comfort and performance. Second edition Livres. Taylor & francais.
- Pauline Laille, Provendier Damien, Colson François, Salanié Julien, (2013). Les bienfaits du végétal en ville : étude des travaux scientifiques et méthode d'analyse. Plante & Cité, Angers.
- Lapithis.P (2018) Bioclimatic Architecture and Cyprus. Published by Pantheon Cultural Association, P.O.B. 25353, Nicosia 1309, Cyprus
- Maaoui M (2014).ATLAS. Plantes Ornementales des Ziban. Station de bio ressources Eloutaya. Centre de Recherche scientifique et technique sur les régions arides .Omar El Barnaoui.
- Muret.J-P, Allain Y-M et Sabrie.M-L, (1987) Les espaces urbains : concevoir, réaliser, gérer. Édition Moniteur. Paris.
- Nikolopoulou.M (2002) Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique. Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings
- Sayigh. A, A. Hamid Marafiaj (1998). Renewable and Sustainable Energy Reviews 2 3-24. In Livre Architecture, confort & energy
- Timmeren. A. van (2015) Designing the Urban Microclimate. Published by Marjolein Pijpers-van Esch .
- Zahran, M.A (2010) Climate–Vegetation, Plant and Vegetation 4, 219. Springer Science+Business. Media B.V. 2010. DOI 10.1007/978-90-481-8595-5_3, C

- Zimmerman, M et Toussaint, J.-Y, (2001) *User, observer, programmer et fabriquer l'espace public*. Lausanne : Presses polytechniques et universitaires romandes.

Thèses

- Alkama.Dj, (1995) *Analyses typologiques de l'habitat, cas de Biskra*. Thèse de magister Université de Biskra.
- Alkama.Dj (2006). *Pour une nouvelle approche d'urbanisation aux zones arides : Cas du bas Sahara Algérien : les Zibans, le Souf et l'Oued Righ*. Thèse de doctorat Université de Biskra.
- Ahriz. A. (2018) *Vegetation as a climatic component of urban design in hot desert oases* PhD Thesis University of Biskra.
- Arrif. T, (2009) *Pratiques et représentations des usagers dans trois espaces verts publics : le cas du parc de Bercy*. Thèse de doctorat. Edition universitaires européennes.
- Ali-Khodja .A (2011). *Espace vert public de l'historicisme a la normative (Cas de Constantine)*, thèse de doctorat, Université de Constantine.
- Ali-Toudert. F (2005). *Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate*. Phd thesis. Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg.
- Bada.Y. (2012) *The Impact of Visibility on Visual Perception and Space Use: The Case of Urban Plazas in Biskra* .Phd thesis. University of Biskra.
- Badache.H, (2014) *L'espace public entre conception et usage : Cas des jardins publics de Biskra*. Mémoire de magister –Université de Biskra.
- Bouyer.J (2009) *Modélisation et simulation des microclimats urbains Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*. Thèse de doctorat. École Nationale Supérieure d'Architecture de Nantes.
- Gillot.G, (2002) *Les jardins publics dans les grandes villes du monde arabe et pratiques au Caire, à Rabat et à Damas*. Thèse de doctorat. Université François Rabelais. Tours.
- Hanafi.A.E, (2010) *Les espaces publics entre la logique de la conception et l'usage quotidien ; Cas des places et placettes de la ville de Biskra*. Mémoire de magistère. Université de Biskra.

- Johansson.E. (2006). Urban design and outdoor thermal comfort in warm climates studies in Fez and Colombo. Phd thesis. Lund University
- Mattalah M E (2015). L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur - Cas d'étude ville de Tolga – Mémoire de magister- Université de Biskra.
- Misni Almah (2012). The effect of surrounding, vegetation, building construction and human factors on the thermal performance of housing in a tropical environment. Phd thesis in architecture. the Victoria University of Wellington.
- Montmarquet E (2016). Dynamiques d'appropriation de l'espace public, le cas du quartier des spectacles. Université du Québec à Montréal.
- Raeisi.I (2010) Designing Ardabil City Hall with Social Sustainability Approach, (Ph.D.) which has been successfully defended on March 08,2010 at the faculty of Architecture and Civil Engineering, Islamic Azad University of Qazvin,Qazvin, Iran.
- Ridha S, (2017). Urban heat Island mitigation strategies in an arid climate. In outdoor thermal comfort reachable. These de doctorat. Civil Engineering. INSA de Toulouse.
- Rosheidat.A. (2014) Optimizing the Effect of Vegetation for Pedestrian Thermal Comfort and Urban Heat Island Mitigation in a Hot Arid Urban Environment Phd thesis . Arizona state university.
- Skelhorn.C.P (2013) A Fine Scale Assessment of Urban Greenspace Impacts on Microclimate and Building Energy in Manchester. A Thesis submitted to the University of Manchester for the degree of Ph.D .
- SritiI. L, (2013) Architecture en devenir, formes, usages et représentations, le cas de Biskra. Thèse de doctorat. Université de Biskra.
- Vinet. J, (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. Phd thesis, Polytechnic School of the University of Nantes.
- Zepf M. (1999), Concevoir l'espace public. Les paradoxes de l'urbanité: analyse socio-spatiale de quatre places lausannoises, Thèse de doctorat, IREC, Département d'Architecture, EPFL, Lausanne.

Articles et Publications

- Adeb Qaid A, Dilshan R.O, Elmira J, Norhashima A.M, Ismail S, Mohd Hamdan A. (2014). Urban surface temperature behaviour and heat island effect in a tropical planned city. *Theor Appl Climatol*. Springer-Verlag Wien.
- Ahriz.A, Zemmouri.N, Fezzai.S. (2015) SPUCAL_mrt as a new model for estimating the mean radiant temperature in arid lands. *Energy Procedia* 74 273 – 280.
- Akbari. H, Pomerantz. M & Taha. H (2001) Cool Surfaces And Shade Trees To Reduce Energy Use And Improve Air Quality In Urban Areas. *Solar Energy* Vol. 70, No. 3, pp. 295–310. Published by Elsevier Science Ltd.
- Akbari H. (2005). Potentials of urban heat island mitigation. International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment, Santorini”, Greece.
- Aljawabra F, Nikolopoulou N. (2010). Influence of hot arid climate on the use of outdoor urban spaces and thermal comfort. *Int.J. Intelligent Buildings International* 2
- Ali-Toudert F, Djenane M, Bensalem R, Mayer M. (2005) Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria. *Climate Research*. Vol. 28: 243–256,
- Ali-Toudert. F & Mayer. H (2006) Numerical study on the effects of aspect ratio and orientation of an urban street canyon on outdoor thermal comfort in hot and dry climate. *Building and Environment* 41. 94–108. Published by Elsevier.
- Amani-Beni M, Zhang B, Xie G-d, Xu J. (2018) Impact of urban park’s tree, grass and waterbody on microclimate in hot summer days: A case study of Olympic Park in Beijing, China. *Urban Forestry and Urban Greening*.
- Angelotti, A., Dessi, V. & Scudo, G (2007) The evaluation of thermal comfort conditions in simplified urban spaces: the COMFA+ model. *Proceedings of the 2nd PALENC Conference and 28th AIVC Conference, Greece*.
- Ariane Middel (2017) Sky View Factors from Synthetic Fisheye Photos for Thermal Comfort Routing. A Case Study in Phoenix, Arizona. *Journal of Urban Planning*. 2017, Volume 2, Issue 1, Pages 19–30
- Aydin.E, Alstan J, Kardinal.S (2019) A Comparison Study of Simulation-Based Prediction Tools for Air Temperature and Outdoor Thermal Comfort in a Tropical Climate. *Proceedings of the 16th IBPSA Conference*. Rome, Italy, Sept. 2-4.

- Benhalilou K, Abdou S, Djedjig R.(2020) Experimental investigation of hygrothermal behaviour of direct green facades under semi aride climate. *J Fundam Appl Sci.* 12(1), 213-229
- Brown, R. D. & Gillespie (1986), Estimating. Outdoor Thermal Comfort Using a Cylindrical Radiation thermometer and an Energy Budget Model, *Int. J. Biometeor.*
- Bruse. M & Fler. (1998) Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model, *Environmental Modelling & Software* 13 (1998) 373–384. Published by Elsevier.
- Bruse. M, (1999). Simulating microscale climate interactions in complex terrain with a high-resolution numerical model: A case study for the Sydney CBD Area. *Proceedings International Conference on Urban Climatology & International Congress of Biometeorology.*
- Wania a, Bruse M, Blond N, Weber. C (2012). Analysing the influence of different street vegetation on traffic-induced particle dispersion using microscale simulations. *Journal of Environmental Management* 94
- Bourbia F, Awbi H.B (2004) Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 2: Shading simulations. *Renewable Energy* 29. 291–301, doi: 10.1016/S0960-1481(03)00171-X.
- Boyer. J (2011) *Sur l’appropriation de l’espace, Etudes et réflexions spécifiques sur le quartier Sainte-Blandine / Confluence, Présentation Agence d’Urbanisme.* Lyon.
- Carmona.M. 2018. Principles for public space design, planning to do better. *Journal of Urban Des Int* (2019) 24:47–59
- Chatzinikolaou.E C. Chalkias, E. Dimopoulou. (2018) Urban microclimate improvement using Envi-met climate Model *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLII-4, 2018 ISPRS TC IV Mid-term Symposium “3D Spatial Information Science – The Engine of Change”, 1–5 October, Delft, The Netherlands.*
- Chatzidimitriou A, Chrissomallidou N, & Yannas S (2006) Ground surface materials and microclimates in urban open spaces PLEA2006 - The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture, Geneva, Switzerland, 6-8 September.

- Dayi L, Wenyu, Liu, Ganb, Kuixing, & Chenc. Q (2019) A review of mitigating strategies to improve the thermal environment and thermal comfort in urban outdoor spaces. *Journal of Science of the Total Environment* 661.
- Dimoudi A, Nikolopoulou.M, (2003) Vegetation in the urban environment: microclimatic analysis and benefits, *Energy and Buildings*, 35 69-76.
- Elnabawi.M.H and Hamza.N (2020) Behavioural Perspectives of Outdoor Thermal Comfort in Urban Areas: A Critical Review. *Atmosphere* 2020, 11, 51.
- Emmanuel R, Johansson E. (2006) Influence of urban morphology and sea breeze on hot humid microclimate: the case of Colombo, Sri Lanka. *Climate Research*, Vol. 30: 189–200.
- Gaitani N, Santamouris. M. & Mihalakakou, G. (2005). Thermal comfort conditions in outdoor spaces. International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”, May 2005, Santorini, Greece.
- Gaitani, N., Mihalakakou, G. and Santamouris, M. (2007), On the Use of Bioclimatic Architecture Principles in Order to Improve Thermal Comfort Conditions in Outdoor Spaces, *Building and Environment*, 42(1), pp. 317-324.
- Grilo F, Pinho P, Aleixo C, Catita C, Silva P, Lopes N, Freitas C, Santos-Reis M, McPhearson T, Branquinho C (2020). Using green to cool the grey: Modelling the cooling effect of green spaces with a high spatial resolution. *Science of the Total Environment* 724.138182.
- Hamida B, Ameer R. (2012) the Effects of Green Spaces (Palme Trees) on the Microclimate in Arid Zones, Case Study: Ghardaia, Algeria. *Architecture Research* 2012, 2(5): 60-67.
- Hanafi A, Alkama Dj (2016) Stratégie d’amélioration du confort thermique d’une place publique d’une ville saharienne 'Biskra/Algérie. *Revue des Energies Renouvelables* Vol. 19 N°3 .465 – 480.
- Han S-G, Mun S-H, Huh J-H. (2007) Changes of the microclimate and building cooling load due to the green effect of a restored stream in Seoul. *Proceedings: Building Simulation 2007*.
- Jianwei Li & Naiyuan Liu (2020). The perception, optimization strategies and prospects of outdoor thermal comfort in China: A review. *Building and Environment* 170.

- Johnsson E (2006) Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and Environment* 41.1326–1338.
- Kantzioura A, Kosmopoulos P, Zoras S. (2012) Urban surface temperature and microclimate measurements in Thessaloniki. *Int.J. Energy and Buildings* 44 63–72.
- Izard J.L. (2006) Température de surfaces d'une pelouse dans un parc urbain. *Enviro BAT- Méditerranée*.
- Latini.G, R. Grifoni. C, & Tascini.S (2010.). Thermal Comfort and Microclimates in Open Spaces, *journal of building*.
- Laudati. P (2009) Identité urbaine et sûreté : la réappropriation des lieux par la mixité des usages. LSC Laboratoire des Sciences de la Communication de l'UVHC - Université de Valenciennes et du Hainaut Cambrésis.
- López.C.S.P & al (2016) Solar radiation and daylighting assessment using the Sky-View Factor (SVF) analysis as method to evaluate urban planning densification policies impacts. *Energy Procedia* 91 989 – 996
- Louafi Bellara S, Abdou A. (2016) Vegetation effects on urban street microclimate and thermal comfort during overheated period under hot and dry climatic conditions. *Journal of New Technology and Materials, JNTM*. Vol. 06, N°02 87-94.
- Mahmoud A.H. (2011) Analysis of the microclimatic and human comfort conditions in an urban park in hot and arid regions. *Building and Environment* 46. 2641-2656. doi:10.1016/j.buildenv.2011.06.025
- Marjorie. M (2007). Le rôle climatique de la végétation urbaine. In *Culture et architecture* n° 113, automne 2007.
- Matzarakis,A.,Rutz,F.,and Mayer,H.(2007). Modelling radiation fluxes in simple and complex environments—application of the RayMan model. *International journal of biometeorology*
- Matzarakis.A.(2012). Linking urban micro scale models - The models RayMan and SkyHelios. ICUC8 – 8th International Conference on Urban Climates, 6th-10th August, 2012, UCD, Dublin Ireland.
- Matzarakis, A., Mayer, H. (1996) .Another Kind of Environmental Stress: Thermal Stress. WHO. Collaborating Centre for Air Quality Management and Air Pollution Control. NEWSLETTERS.

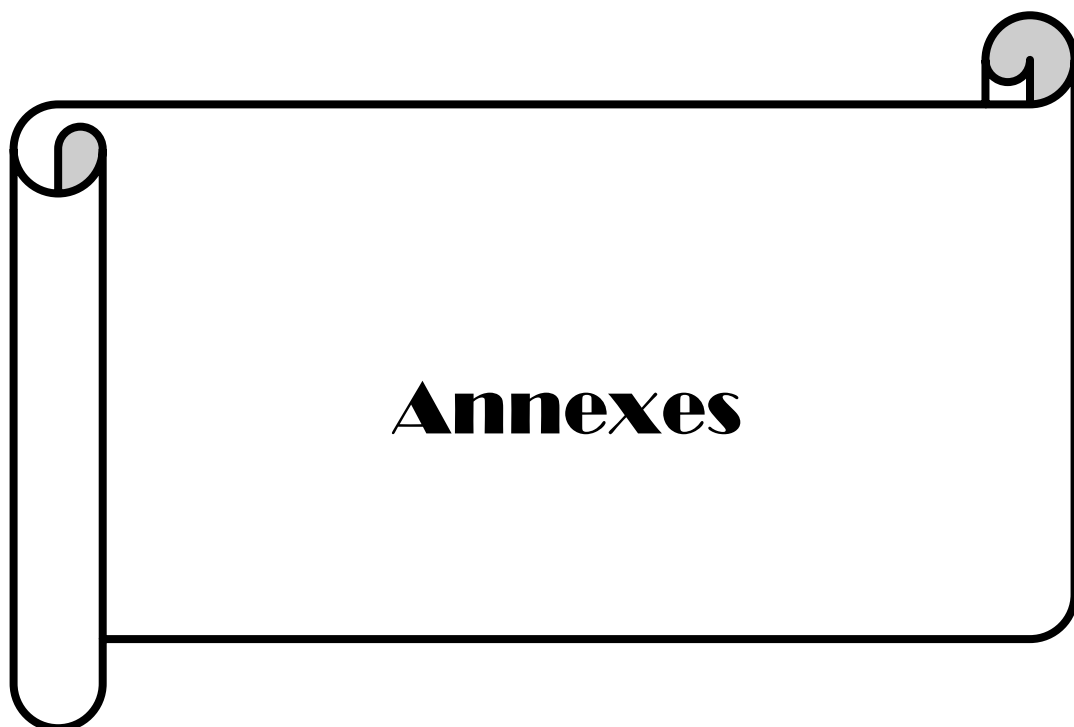
- Morille .B, Lauzet.N and Marjorie M. (2015) SOLENE-microclimate: a tool to evaluate envelopes efficiency on energy consumption at district scale. 6th International Building Physics Conference, IBPC 2015. Energy Procedia 78 1165 – 1170.
- Mirzaei, P. A & Haghghat. F (2010) Approaches to study Urban Heat Island – Abilities and limitations. Building and Environment 45(2010) 2192-2201.
- Nasrollahi. N, Ghosouri.A, Khodakarami.J and Taleghani.M (2020) . Heat-Mitigation Strategies to Improve Pedestrian Thermal Comfort in Urban Environments: A Review. Sustainability.
- Natasha A. Kenny & Jon S. Warland & Robert D. Brown & Terry G. Gillespi (2009) Part B: Revisions to the COMFA outdoor thermal comfort model for application to subjects performing physical activity. Int J Biometeorol (2009) 53.
- Obiakor M. O, Ezeonyejiaku C.D, & Mocbo T.C. (2012) Effects of Vegetated and Synthetic (Impervious) Surfaces on the Microclimate of Urban Area. J. Appl. Sci. Environ. Manage. Vol. 16 (1) 85 – 94.
- Oliveira S, Andrade H, Vaz T (2011) The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon, Building and Environment 46 2186e2194, doi:10.1016/j.buildenv.2011.04.034 .
- Rakhshandehroo .M (2017) Terminology of Urban Open and Green Spaces. 11th ASEAN Postgraduate Seminar, APGS 2017 at: Faculty of Built Environment, University of Malaya, Malaysia.
- Ripoll.F et Veschambre.V.(2005). L'appropriation de l'espace : sur la dimension spatiale des inégalités sociales et des rapports de pouvoir. Norois. Numéro 195.
- Roudsari.M, & Pak .M (2013). Ladybug: A Parametric environmental plugin for grasshopper to help designers create an environmentally –conscious design. Proceeding of BS 2013. France, august 26-28.
- Sanei, M., Khodadad, M. and Ghadim, F.P. (2017) Effective Instructions in Design Process of Urban Public Spaces to Promote Sustainable Development. World Journal of Engineering and Technology, 5, 241-253.
- Setaih.K, Hamza.N and Townshend.T (2013). Assessment of outdoor thermal comfort in urban microclimate in hot arid areas, 13th Conference of International Building Performance Simulation Association, Chambéry, France, August 26-28.

- Setaih.K, Hamza.N and Townshend.T (2013) Use of CFD Simulation in Urban Design for Outdoor Thermal Comfort in Hot and Dry Climates: A Review. International Postgraduate Research Conference -IPGRC 2013- Salford, Manchester, UK University of Salford.
- Simard.M, Fortin.M.J, Tremnlay.M.H, (2009) L'appropriation de sites et paysages urbains requalifiés, regard sur le Vieux-Port de Chicoutimi in environnement urbain/ urbain environnement volume 3.
- Sriti. L, Bousora. K, Saouli .A et Belekhal.A (2002) Le damier colonial de Biskra ou l'histoire de la marginalisation d'un centre-ville. Revue : du Savoir, revue périodique de l'université Mohamed Khider Biskra
- Stephen V, MD, M. Sc, FRCPC (2011) Les espaces verts urbains et la santé. Institut nationale de santé publique du Québec
- Tebbani.H & Bouchahem .Y (2016) Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieur « Cas de la ville d'Annaba » Revue « Nature & Technologie ». Sciences de l'Environnement, n° 15.
- Toparlar.Y. B. Blockena,c, B. Maiheub, G.J.F. van Heijstd (2017) A review on the CFD analysis of urban microclimate. Renewable and Sustainable Energy Reviews 80 1613–1640.
- Vukmirovic.M, Gavrilovic.S and Stojanovic.D (2019) the Improvement of the Comfort of Public Spaces as a Local Initiative in Coping with Climate Change. Journal of Sustainability 2019, 11(23), 6546.
- Yang X, Zhao L, Bruse M & Meng Q (2013) Evaluation of a microclimate model for predicting the thermal behaviour of different ground surfaces. Int. J. Building and Environment 60 93-104.
- White.M & Kimm.G (2015) Measuring sky view factor of urban canyons using hacked Gopro hemispheric video processing. Built Environment: 49th International Conference of the Architectural Science Association.

Autres Documents

- APPA. Nord-Pas de Calais (2014) Végétation urbaine. Les enjeux pour l'environnement et la santé.
- Bako D (2018). cours d'initiation au logiciel Spss, centre africain de recherche scientifique et de formation, Cres.

- Bernardin.G (2005). L'intimité dans l'espace public... éternelle dialectique. Synthèse produite pour la Direction Prospective et Stratégie d'Agglomération du Grand Lyon
- Brunet Yves (2017) Impact de la végétation sur le microclimat urbain et la qualité de l'air. Centre INRA UMR 1391 ISPA.
- CERTU (99-12). Une autre lecture de l'espace public: les apports de la psychologie de L'espace. Rapport d'étude. ministère de l'équipement, des Transports et du Logement.
- Lessard, G et Boulfroy. E, (2008) Les rôles de l'arbre en ville. Centre collégial de transfert de technologie en foresterie de Sainte-Foy (CERFO). Québec.
- Ray Man Manual . Version 0.1, August 29, 2018
- Manuel de l'appareil Testo 480
- Monographie de Biskra 2013.
- OGE (2014) Evaluation des techniques alternatives pour une gestion des eaux pluviales sur l'espace collectif. Fiche Informatrice – « Arbres de pluie »
- UBOC. (2014). A brief guide to the benefits of urban green spaces. University of Leed document
- UNDP. (2005) Climate and Comfort: Passive Design Strategies for Lebanon. Beirut, Lebanon .
- UNIL (2007) La requalification des espaces publics: enjeu de l'urbanisme durable. Dossier no19. Université de Lausanne.
- URBA (2016). Rapport de révision du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme.
- Windtech.(2020) Advanced and Robust Analysis of Wind Effects




ANNEXE 01

Inventaire des espaces verts de la ville de Biskra

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية 2011

محافظة الأغواط
ولاية بسكرة

 جرد المساحات الخضراء
لمدينة بسكرة

ملاحظات	المساحة (م.م.ط)	العدد	تعيين المكان
في حالة تهيئة، تحت إشراف مديرية البيئة. في حالة جيدة، مسيرة من طرف مؤسسة مناني. بها حيوانات و ألعاب التسلية مسيرة من طرف أحد الخواص. في حالة تهيئة مسيرة من طرف البلدية. حالة جيدة مسيرة من طرف إدارة الغابات.	4.10 4.02 3.01 3.37 1.28	05	<u>JARDINS</u> الحدائق: الفردوس (london) 05 جويلية 1 نوفمبر بشير بن ناصر زيدان إبراهيم
حالة متدهورة بسبب توقف نقطة الماء *. حالة متوسطة. حالة جيدة: (أ: 0.76 هـ تحتاج إلى ترقيع، ب: 0.80 هـ مشجرة حديثا).	3.24 2.23 1.56	03	<u>BERGE OUED</u> <u>BISKRA</u> حافة الواد حافة الواد 1 حافة الواد 2 حافة الواد 3 (أ+ب)
حالة جيدة. حالة جيدة. حالة جيدة. حالة جيدة، مسيجة بها نقطة ماء. حالة جيدة، غير مسيجة بها نقطة ماء. حالة جيدة. حالة متوسطة، مسيجة بها نقطة ماء. حالة متدهورة، مسيجة بها نقطة ماء *. حالة متدهورة، مسيجة *.	0.15 0.14 0.10 0.10 0.14 0.24 0.11 0.20 0.17	09	<u>SQUARTS</u> البنانات 20 أوت الشهيد العربي بن مهدي نزل الشرطة (بني مرة) محطة دبابش مقابل حديقة الفردوس حي المجاهدين 150 مسكن (بني مرة) منطقة التجهيزات
حالة متدهورة بها نقاط ماء *. حالة متدهورة تحتاج إلى تهيئة شاملة *. حالة جيدة بها نقاط ماء. حالة جيدة بها نقاط ماء. حالة متدهورة تحتاج إلى تهيئة شاملة *. حالة جيدة.	0.87 0.35 1.40 0.60 0.60 0.60	06	<u>PLACES</u> الساحات ساحة الحرية ثانوية العربي بن مهدي الضلعة (النافورة المائية) حي المجاهدين حي 400 مسكن العالية الشمالية الزواكة

<p>هذه المساحات الخضراء داخل النسيج العمراني كلها مسيرة من طرف مجهودات المواطنين المجاورين لها.</p>	<p>حالة متوسطة غير مسيجة. 0.19 حالة جيدة بها نقاط ماء. 0.16 حالة جيدة بها نقطة ماء. 0.77 حالة متوسطة بها نقطة ماء. 0.21 حالة جيدة بها نقطة ماء. 0.10 حالة جيدة بها نقطة ماء. 0.07 حالة متوسطة لا توجد بها نقطة ماء. 0.10 حالة جيدة بها نقطة ماء. 0.03 حالة متدهورة*. 0.05 حالة متوسطة بها نقطة ماء. 0.05 حالة جيدة مسيجة بها نقطة ماء. 0.15 حالة متوسطة بها نقطة ماء. 0.27 حالة متوسطة. 0.10 حالة متوسطة. 0.19 حالة جيدة. 0.05 حالة متدهورة*. 0.05 حالة متوسطة. 0.05 حالة متوسطة. 0.05 حالة متوسطة. 0.05 حالة متوسطة. 0.05 حالة متوسطة. 0.05 حالة متدهورة تحتاج إلى تهيئة شاملة*. 0.18 حالة متوسطة. 0.10 حالة متوسطة. 0.10 حالة متوسطة. 0.10</p>	<p>25</p>	<p><u>المساحات الصغيرة PLACETTES</u> المتحف الوطني للمجاهد حي النصر (بجانب مخبزة عبيد) 726 مسكن - أ - 726 مسكن - ب - 240 مسكن المنطقة الغربية حي الاستقلال (بجانب عيادة الدكتور عفتي). حي الأمل . حي الواد شمال (مقابل المحكمة) العالية الشمالية حي الفجر 01 العالية الشمالية حي الفجر 02 العالية الشمالية حي الفجر 03 العالية الشمالية حي الفجر 04 العالية الشمالية حي الفجر 05 العالية الشمالية حي الفجر 06 العالية الشمالية حي الفجر 07 العالية الشمالية حي الفجر 08 المنطقة الغربية حي السعادة 01 المنطقة الغربية حي السعادة 02 المنطقة الغربية حي السعادة 03 المنطقة الغربية حي السعادة 04 المنطقة الغربية حي السعادة 05 المنطقة الغربية حي السعادة 06 المنطقة الغربية حي السعادة 07 المنطقة الغربية حي السعادة 08 المنطقة الغربية حي السعادة 09</p>
<p>حالة جيدة. 0.83 حالة جيدة، منجز و مشجر حديثا والأشغال مازالت جارية. 1.27 حالة جيدة، منجز و مشجر حديثا. 0.13 حالة متوسطة. 0.30 حالة جيدة به نقطة ماء مسير من طرف أحد المواطنين. 0.05 حالة جيدة به نقطة ماء. 0.14</p>	<p>06</p>	<p><u>المحاور الدائرية ROUNDS- POINTS</u> طريق تقرت مقبرة الشهداء (ط و رقم 03) المسيد ثانوية الحكيم سعدان محمد السعيد بن الشايب طريق سيدي عتبة (المركب الرياضي).</p>	
<p>حالة متوسطة. 4.22 حالة جيدة (يقع خارج تراب بلدية بسكرة، تابع لبلدية لوطاية). 5.20 حالة جيدة (يقع خارج تراب بلدية بسكرة، تابع لبلدية الحاجب). 6.48 حالة متدهورة به نقطة ماء*. 0.32</p>	<p>04</p>	<p><u>المحولات ECHANGEURS</u> سيدي غزال (ط و رقم 03) البرانسيس (ط و رقم 03 إتجاه باتنة) الحاجب (ط و رقم 46، إتجاه طولقة) سوق الفلاح سابقا</p>	

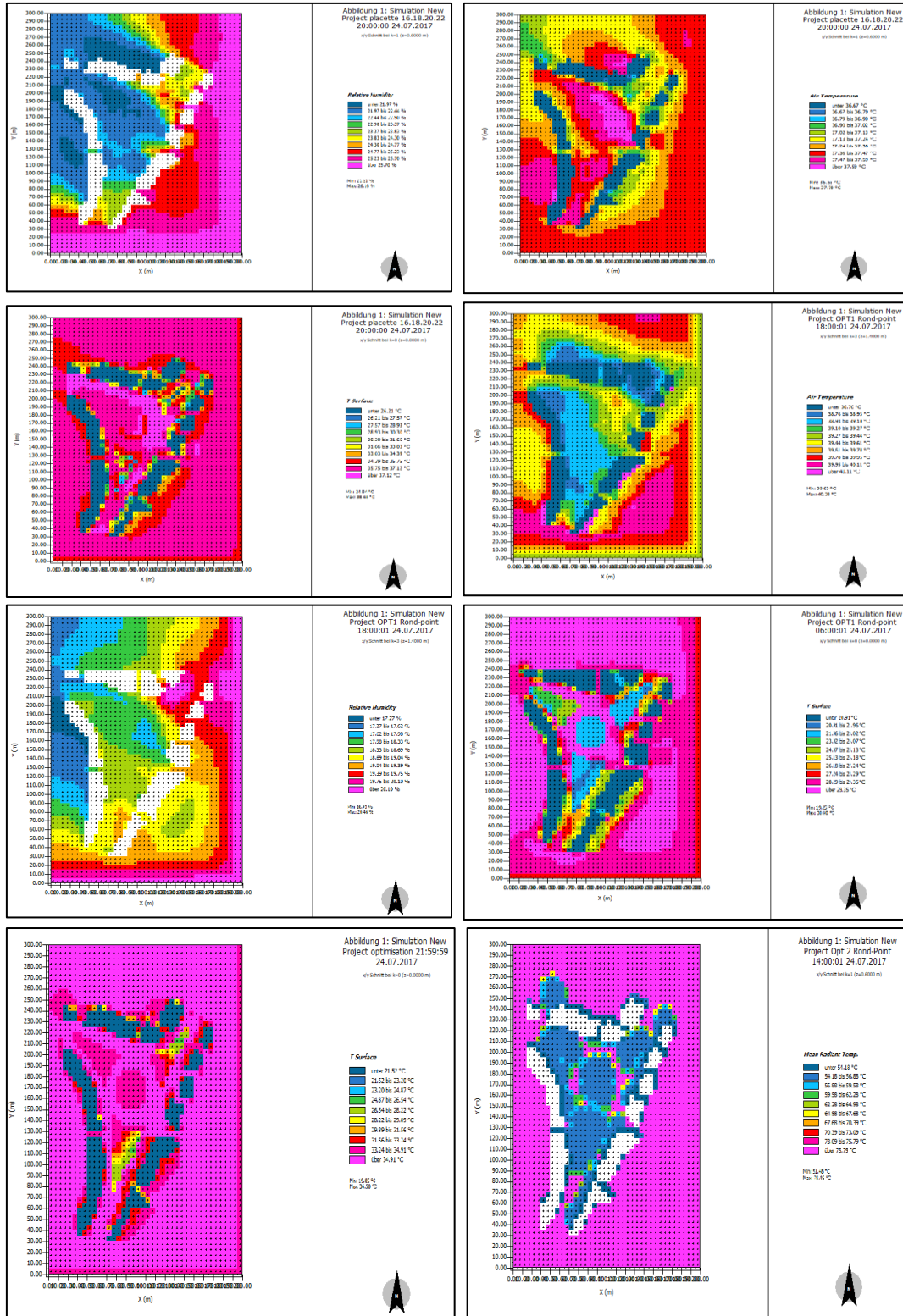
		الطرق	ROUTES
	3274	طريق شلمة	
	1875	طريق سيدي عقبة (ط ورقم 83)	
	1912	طريق حافة الواد	
	2385	طريق طوقة	
	2900	طريق مسرح الهواء الطلق	
	500	طريق ثانوية الحكيم سعدان	
	1170	ممرات محمد الصديق بن يحيى	
	680	شارع 08 مارس	
	1406	شارع زاوي شقعر (المركب الرياضي)	17
غرس المربعات الفارغة الموجودة. سقي الأشجار خاصة في فصل الصيف. وضع لافتات تحث على نظافة المحيط و وضع سلات للأوساخ على الطرقات.	720	شارع الحي الإداري (العالية الشمالية)	
	570	شارع الإخوة صولي	
	575	شارع الإخوة مناني	
	1600	شارع الزعاطشة	
	650	شارع محمد بركان	
	315	ممرات 348 مسكن (المنطقة الغربية)	
	230	ممرات حي الإزدهار (مقر الدائرة)	
	460	نهج حمودة أحمد بن عبد الرزاق	
	50.79 هـ		المجموع
	21222 م ط		

ملاحظة:

- يوجد عدد كبير من المحاور الدائرية عبر تراب بلدية بسكرة، لكننا أحصينا فقط المحاور الدائرية المشجرة و ذات المساحات المعتبرة.
- بالنسبة للطرق (داخلية و خارجية) ركزنا فقط على الطرقات المهمة المشجرة على شكل خطوط.

Résultats de la simulation par le logiciel Envi-Met4

(Placette de la révolution)



Résumé

Depuis les dernières années, la relation et l'interaction existante entre la nature et la ville est considérée comme un sujet très important dans le domaine de l'environnement et le microclimat urbain dans les villes, où la présence du végétal dans les espaces publics urbains offre divers avantages aux usagers et citoyens de la ville, car la végétation en opposition au minéral offre de multiples bénéfices sociaux, psychologiques, environnementaux...etc. Dans un milieu urbain, les paramètres microclimatiques tels que la température, l'humidité...etc., ainsi que le confort des usagers, peuvent varier en fonction de la forme, de la densité de la végétation.

La ville de Biskra est connue par son climat chaud et aride; ses espaces publics connaissent des températures extrêmement élevées pendant la période estivale, celles-ci affectent le confort thermique, le bien-être, la satisfaction des usagers dans ces espaces, pour cela la présence de la végétation va contribuer positivement à la régulation thermique du microclimat dans ces espaces.

Cette recherche se base sur l'étude de l'influence de la *végétation* sur le *microclimat* dans les *espaces publics urbains de Biskra*, en analysant les changements et les variations des facteurs climatiques. De même que la recherche aborde l'impact de la végétation sur le confort et le bien-être des usagers. L'objectif primordial de cette étude est de mettre en évidence l'impact de la végétation sur la qualité environnementale, sur le confort et les activités des usagers dans les cinq espaces publics choisis comme corpus d'étude.

Pour cette raison la méthodologie de recherche implique une investigation sur terrain suivant différentes étapes: par la méthode d'enquête, et par la campagne de mesures utilisant différents instruments de mesures des paramètres climatiques (températures, vitesse de l'air, humidité) afin d'évaluer l'effet du végétal urbain sur les facteurs climatiques, le degré de confort et la satisfaction des usagers.

Par la suite une simulation numérique est faite à l'aide du logiciel Envi-met 4, afin d'évaluer les résultats de mesures, ainsi que d'améliorer et d'optimiser selon différents scénarios d'optimisation les conditions de confort thermique et de favoriser le rendement de la végétation dans ces espaces. Les résultats montrent l'effet significatif de la végétation au niveau horizontal et vertical sur la diminution du stress thermique et des degrés de température; et d'augmenter l'humidité, qui fournit un microclimat favorable dans ces espaces publics.

Cette recherche permet d'évaluer, contrôler et réguler les conditions microclimatiques sous l'effet de la présence du végétal urbain. Elle permet également de favoriser et d'améliorer la qualité de vie et le confort thermique extérieur des usagers dans les espaces publics urbains dans la ville de Biskra

Mots clés : La Végétation, Le Microclimat, Le Confort thermique extérieur, Le Climat Aride, L'usage, L'Espace Public, Biskra.

Abstract

In recent years, the relationship and the existing interaction between nature and the city is considered a very important subject in the field of the environment and the urban microclimate in cities, where the presence of plants in urban public spaces offers various advantages to users and citizens of the city, because the vegetation in opposition to the mineral offers multiple social, psychological, environmental benefits...etc. In an urban environment, microclimatic parameters such as temperature, humidity...etc., as well as user's comfort, may vary depending on the shape and density of the vegetation.

The city of Biskra is known for its hot and arid climate; its public spaces experience extremely high temperatures during the summer period, these affect thermal comfort, well-being, and user's satisfaction in these spaces, for this the presence of vegetation will positively contribute to the thermal regulation of the microclimate in these public spaces.

This research is based on the study of the influence of vegetation on the microclimate in the urban public spaces of Biskra, by analyzing the changes and variations of climatic factors. Likewise, research addresses the impact of vegetation on the comfort and well-being of users. The primary objective of this study is to highlight the impact of vegetation on the environmental quality, on the comfort and activities of users in the five public spaces chosen as case studies in the city of Biskra.

For this reason, the research methodology involves a field investigation following different stages: by the survey method, and by the measurement using different instruments for measuring climatic parameters (temperature, wind speed, humidity) in order to " assess the effect of urban vegetation on climatic factors, on the degree of comfort and user's satisfaction.

Afterwards, a numerical simulation is carried using the Envi-met 4 software, in order to evaluate the measurement results, as well as to improve and optimize, the conditions of thermal comfort and promote the yield of vegetation in these areas, , according to various optimization scenarios. The results show the significant effect of vegetation at horizontal and vertical level on the decrease of thermal stress and temperature degrees; and on the increase of the humidity, which provides a favorable microclimate in these public spaces.

This research makes it possible to assess, control and regulate microclimatic conditions under the effect of the urban vegetation. It also allows promoting and improving the quality of life and the outdoor thermal comfort of users in urban public spaces in the city of Biskra.

Keywords: Vegetation, Microclimate, Outdoor thermal comfort, Arid Climate, Usage, Public Space, Biskra.

المخلص

تعتبر العلاقة والتفاعل القائم بين الطبيعة والمدينة موضوعاً مهماً للغاية في مجال البيئة والمناخ الحضري المحلي في المدن ، حيث يوفر وجود النباتات في الأماكن العامة الحضرية مزايا مختلفة للمستخدمين والمواطنين للمدينة ، لأن الغطاء النباتي يوفر العديد من الفوائد الاجتماعية والنفسية والبيئية...الخ. في البيئة الحضرية ، مما قد يؤثر في تغيير العوامل المناخية مثل الحرارة والرطوبة...الخ، بالإضافة إلى راحة المستخدمين اعتماداً على شكل وكثافة الغطاء النباتي .

تتميز مدينة بسكرة بمناخها الحار والجاف. ، حيث تتعرض فضاءاتها الخارجية لدرجات حرارة جد مرتفعة خلال فترة الصيف ، مما يؤثر على الراحة الحرارية ورفاهية المستخدمين ، ولهذا فإن وجود الغطاء النباتي سيساهم بشكل إيجابي في التعديل الحراري للمناخ المحلي في هذه الفضاءات العامة .

يرتكز هذا البحث على دراسة تأثير الغطاء النباتي على المناخ المحلي في الأماكن العامة الحضرية في مدينة بسكرة ، من خلال تحليل تغيرات العوامل المناخية ، حيث تهتم هذا الأبحاث بدراسة تأثير الغطاء النباتي على راحة ورفاهية المستخدمين. الهدف الأساسي من هذه الدراسة هو تسليط الضوء على تأثير الغطاء النباتي على جودة البيئة الخارجية ، وعلى راحة وأنشطة المستخدمين في الفضاءات العامة الخمسة المختارة كحالات دراسة في مدينة بسكرة.

منهجية البحث تتضمن عمل ميداني يتبع مراحل مختلفة: من خلال طريقة توزيع استمارات الاسئلة ، ومن خلال اخذ القياسات الميدانية لمختلف العوامل المناخية (درجة الحرارة ، سرعة الهواء ، والرطوبة) باستخدام أدوات قياس مختلفة ،من أجل تقييم تأثير الغطاء النباتي الحضري على العوامل المناخية ، و مستوى راحة المستخدمين. بعدها تم إجراء محاكاة رقمية باستخدام برنامج Envi-met 4 ، من أجل تقييم نتائج القياس الميداني، وكذلك لتحسين مستوى الراحة الحرارية ، وفقاً لسيناريوهات التعديل المختلفة، بهدف تعزيز دور الغطاء النباتي في هذه الفضاءات العامة. أظهرت النتائج التأثير البارز للمجال الاخضر(الممتد افقيا و عموديا) في انخفاض درجات الحرارة. وزيادة نسبة الرطوبة، مما يوفر مناخاً محلياً مناسباً في هذه الفضاءات العامة.

هذا البحث يسمح بتقييم ومراقبة وتعديل العوامل المناخية تحت تأثير وجود الغطاء النباتي الحضري. كما يساعد على تعزيز وتحسين نوعية النشاطات والراحة الحرارية الخارجية للمستخدمين في الفضاءات العامة الحضرية لمدينة بسكرة.

الكلمات المفتاحية: الاخضرار ، المناخ محلي ، الراحة الحرارية الخارجية ،المناخ الجاف ، الاستعمال ، الفضاء العام ، بسكرة.