

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE

MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEUR &

DE LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE

UNIVERSITE DE CONSTANTINE 3



**FACULTE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME
DEPARTEMENT D'ARCHITECTURE**

N° d'Ordre.....

Série.....

MEMOIRE

POUR L'OBTENTION DU DIPLOME DE MAGISTERE

OPTION : ARCHITECTURE BIOCLIMATIQUE ET
ENVIRONNEMENTALE

Présenté par : BOUNNAH AMEL

THEME :

**L'AMELIORATION DU MICROCLIMAT DES PLACES
PUBLIQUES REHABILITEES**

Cas de la place du 1^{er} Novembre et de la place Kerkri à Constantine

Sous la direction de Pr. BOURBIA FATIHA

Jury d'examen:

Président : Prof. Bouchahm Yasmina

Rapporteur : Prof. Bourbia Fatiha

Membre : Prof. Abdou Saliha

Membre : Prof. Debbache Samira

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Dédicaces

Je dédie ce travail spécialement :

A mes chères parents, dont les sacrifices consentis à l'égard de mon éducation, n'ont d'égal que le témoignage de ma profonde reconnaissante et mon profond respect :

A ma grand-mère à qui je souhaite une longue vie :

A ma tante Zahia pour m'avoir inlassablement encouragée et pour tous les petits soins qu'elle m'a procurés :

A mon cousin Mohamed qui m'a été d'une grande aide pendant la campagne de mesure :

A ma petite nièce, mes petits neveux, mes frères et sœurs ainsi que ma belle sœur, mes cousines sans exception :

A tous mes amis, et tout particulièrement: Esma, Dalel, Romaissa

A la mémoire de mes chères tantes : Mina et Dalila...





Remerciements



Je tiens à exprimer mon immense et profonde gratitude à toutes celles et tous ceux qui ont de près ou de loin contribué à l'élaboration de ce modeste travail, et en particulier :

Mon promoteur : Madame Bourbiaa, pour sa direction éclairée, sa disponibilité, sa patience et pour la précieuse aide scientifique qu'elle m'a promulguée tout au long de ce travail ;

A tous les enseignants de la faculté d'architecture et d'urbanisme, pour les efforts louables qu'ils ont déployés durant notre formation, et plus spécialement :

Madame Bouchahme, pour sa générosité et son immense gentillesse et sa disponibilité ; Madame Abdou pour sa disponibilité et ses conseils judicieux



Madame Foura pour son soutien moral et ses encouragements.



Sommaire

Introduction

1. Introduction générale	2
2. Problématique :	6
3. Hypothèses :	7
4. Objectifs :	8
5. Méthodologie d'approche :	8

Chapitre I: Le confort humain dans les espaces extérieurs

I.1.1.1. Introduction	11
I.2. La notion du confort thermique	13
I.3. Paramètres du confort thermique de l'être humain dans les espaces extérieurs	14
14	
I.3.1. Le confort thermique et les éléments du microclimat	14
I.3.1.1. La balance énergétique humaine	14
I.3.1.2. La radiation (solaire et terrestre)	16
I.3.1.3. Le vent et la convection	18
I.3.1.4. La température	20
I.3.1.4.1. La température moyenne radiante	20
I.3.1.4.2. La température sol-air	22
I.3.2. L'humidité	23
I.4. Les stratégies d'adaptation	24
I.4.1. Le niveau d'habillement	25

I.4.2.	L'effort physique	26
I.4.3.	Le déplacement (la transition physique)	26
I.5.	Les indices d'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs	27
I.5.1.	Vue d'ensemble sur les différents indices	27
I.5.2.	La méthode ComFA	35
I.5.2.1.	L'énergie métabolique	36
I.5.2.2.	Le rayonnement (solaire/terrestre)	37
I.5.2.3.	Convective heat loss/gain	38
I.5.2.4.	Evaporative heat loss	39
I.5.2.5.	Terrestrial Radiation emitted by a person	39
I.5.2.6.	L'évaluation ComFA – estimation du Budget Energétique	39
I.5.3.	L'indice UTCI : Universal Thermal Climate Index	39
I.5.3.1.	Définition	39
I.5.3.2.	Conditions de référence	41
I.5.3.3.	Classement des niveau de confort thermique (stress thermique)	41
I.6.	Conclusion	43
Chapitre II : Le microclimat urbain		
II.1.	Introduction	46
II.2.	Le microclimat	47
II.2.1.	Microclimat et échelles climatiques	48
II.2.2.	L'îlot de chaleur urbain (ICU)	49
II.2.3.	La balance énergétique urbaine	51
II.3.	Les composants du microclimat	51
II.3.1.	Le soleil (Rayonnement solaire):	52
II.3.1.1.	Le rayonnement solaire (Short wave radiation) :	52

II.3.1.2.	Le rayonnement terrestre (long wave radiation) :	55
II.3.1.3.	Combinaison R. Solaire/ R. Terrestre	56
II.3.2.	Le vent :	57
II.3.4.	La Température de l'air dans le microclimat	60
II.3.5.	L'humidité relative dans le microclimat	61
II.3.6.	Les précipitations dans le microclimat	62
II.4.	Facteurs influençant le microclimat	62
II.4.1.	Influence de la végétation	62
II.4.2.	Influence de l'eau	64
II.4.3.	Influence du relief	65
II.4.4.	Influence de l'environnement bâti	66
II.5.	Conclusion	67

Chapitre III : Les places publiques

III.1.	Introduction	69
III.1.1.	Définition	70
III.1.2.	Bref historique	75
III.2.2.1.	L'antiquité :	75
III.2.2.2.	Le Moyen Age :	75
III.2.2.3.	La renaissance :	76
III.2.2.4.	Le XIXème siècle :	76
III.2.2.5.	Le XXème siècle et le modernisme :	76
III.2.2.6.	Le postmodernisme :	77
III.1.3.	La place contemporaine – ses caractéristiques	77
III.2.2.7.	Accessibilité :	77

III.2.2.8.	Esthétique :	78
III.2.2.9.	Coût :	78
III.2.2.10.	Fonctionnalité :	78
III.2.2.11.	Productivité :	78
III.2.2.12.	Sécurité :	79
III.2.2.13.	Durabilité :	79
III.2.	Typologie des places publiques	79
III.2.1.	La place du quartier	80
III.2.2.	Le foyer des corporations	80
III.2.3.	L'oasis urbaine :	81
III.2.4.	Le foyer de transit	82
III.2.5.	La grande place publique	83
III.3.	Importance et rôles des places publiques dans le tissu urbain	84
III.4.	Exemples de places publiques les plus réussies dans le monde	86
III.4.1.	Places modernes	86
III.5.1.1.	La place de Masdar City :	86
III.5.1.2.	“Green roofed plaza” de l’Espagne	88
III.5.1.3.	1111 Third Avenue in Seattle	89
III.4.2.	Places traditionnelles	90
III.5.1.4.	Le Ryo-an-ji Garden :	90
III.5.1.5.	Coral Castle :	92
III.4.3.	Synthèse	95
III.5.	Interactions des places publiques avec le climat – création de microclimat favorable	95
III.9.	Conclusion	97

Chapitre IV: L'aménagement et le mobilier des places publiques

IV.1. Introduction	107
IV.2. L'aménagement des places publiques	108
IV.2.1. Les dimensions	108
IV.2.2. Configuration	109
IV.2.3. L'orientation	109
IV.2.4. Les façades de trottoir	109
IV.2.5. Elévation	110
IV.2.6. Circulation	112
IV.2.7. Equipements Additionnels Requis	112
IV.2.7.1. Kiosques et cafés en plain air:	113
IV.3. Le mobilier	113
IV.3.1. Définition	113
IV.3.2. Obstructions et canopées Autorisées	113
IV.3.3. Les bancs	114
IV.3.4. Végétation, arbres et accessoires	117
IV.3.5. Les fontaines et jets d'eau :	119
IV.3.6. Objets d'hygiène :	120
IV.4. Aperçu sur les nouveau outils de développement de mobilier climatique écologique- La conception paramétrique	120
IV.4.1. Grasshopper et Rhino:	121
IV.4.2. Exemples:	123
IV.4.2.1. Le pavillon Jubkin	123
IV.4.2.2. L'installation « Crater lake » (banc/abris)	123
IV.4.2.3. Kinetic Bank system: Slinky inspired, shape-shifting based	125

IV.4.2.4.	Meeting Bowls NYC: The New Social Trend of Time Square	125
IV.4.2.5.	Le banc écologique Ec-O banc	126
IV.5.	Conclusion	127

Chapitre V : Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatiques

V.1.	Introduction	122
V.2.	Qu'est ce que la réhabilitation ?	123
V.3.	Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatique- l'Amélioration du microclimat	124
V.3.1.	Les manières de modification physique du microclimat	124
V.3.1..1.	La modification de la radiation solaire	124
V.3.1..2.	La modification du vent	125
V.3.1..3.	Les consommateurs d'énergie	126
V.4.	Les méthodes d'analyse et d'aménagement	127
V.4.1.	La cartographie	127
V.4.2.	Adaptive skins	129
V.4.2..1.	Définir le contexte :	130
V.4.2..2.	Topographies adaptatives :	130
V.4.2..3.	Les abris urbains (Urban shelters) :	132
V.4.3.	L'aménagement et le confort thermiques dans les places publiques	132
V.4.3..1.	Le diagramme d'aménagement des espaces extérieurs :	133
V.4.3..2.	Dispositifs bioclimatiques et systèmes passifs (aperçu)	133
V.4.3..3.	Dispositifs d'occultation de la radiation solaire :	134
V.4.3..4.	Dispositifs de ventilation :	139
V.4.3..5.	Dispositifs de rafraîchissement par évaporation :	139

V.4.3..6.	Dispositifs pare-vent:	140
V.4.4.	Proposition d'aménagement (par zone/layer)	143
V.5.	Etat de l'art sur les différentes pratiques d'améliorations microclimatiques	148
V.5.1.	Thermal comfort conditions in outdoor spaces (Gaitani, Santamouris & Mihalakakou) :	148
V.5.2.	Le confort thermique dans les espaces publics à Athènes (M. Nikolopoulou – RUROS) :	149
V.5.3.	Thermal comfort and microclimates in open spaces (Latini, Cocci & Tascini) :	149
V.5.4.	Comfort in outdoor spaces in Manchester and Lewes. UK (Nicol, Ueberjahn, Nanayakkara & Kessler) :	150
V.5.5.	Radiation absorption and urban texture (K. Nikolopoulou, et al.) :	150
V.6.	Conclusion	150
<hr/>		
Chapitre VI : L'investigation		
VI.1.	Introduction	153
VI.2.	Présentation de la ville de Constantine	154
VI.2.1.	Analyse climatique	155
VI.2.1.1.	Le rayonnement solaire	155
VI.2.1.2.	Température et humidité	156
VI.2.1.3.	Vents	157
VI.2.1.4.	Les précipitations	158
VI.2.1.5.	La classification Köppen et les zones climatiques similaires	159
VI.2.2.	Conclusion	160
<hr/>		
VI.3. L'investigation		161

VI.3.1. Choix des cas d'étude	161
VI.3.2. Présentation	164
VI.3.2.1. La place du 1er Novembre	164
VI.3.2.2. La place Kerkri	166
VI.3.3. Observation	167
VI.3.3.1. La place du 1er Novembre	167
VI.3.3.2. La place Kerkri	168
VI.3.4. Conclusion	169
VI.3.5. Compagne de mesure	169
VI.3.5.1. Appareil de mesure	169
VI.3.5.2. Choix des stations de mesures (justification)	170
VI.3.5.2.1.1. La place du 1 er Novembre	170
VI.3.5.2.1.1. La place Kerkri	172
VI.3.5.3. Analyse des résultats	173
VI.3.5.3.1. La place du 1 er Novembre	173
VI.3.5.3.1.1. Période hivernale	173
VI.3.5.3.1.2. Période printanière	176
VI.3.5.3.1.3. Période estivale	178
VI.3.5.2.2. La place Kerkri	
VI.3.5.3.2.1. Période hivernale	179
VI.3.5.3.2.2. Période printanière	181
VI.3.5.3.2.3. Période estivale	182
VI.3.5.4. Conclusion	183
VI.3.5.4.1. La place du 1 er Novembre	183
VI.3.5.4.1. La place Kerkri	184

VI.3.6. Sondage	185
VI.3.7. Evaluation des deux places	186
VI.4. Conclusion	187

Chapitre VII : La simulation

VII.1. Présentation des logiciels de simulation	190
VII.1.1. Townscope	190
VII.1.2. Autodesk Flow Design	191
VII.1.3. Le programme d'évaluation ComFA (Comfort Formula)	192
VII.2. Les scenarios :	193
VII.2.1. La place du 1er Novembre :	193
VII.2.1.1. Scénario 01 : ETAT DES LIEUX	193
VII.2.1.1.1. La radiation solaire	193
VII.2.1.1.2. Vent	195
VII.2.1.1.3. Evaluation	197
VII.2.1.1.4. Conclusion	197
VII.2.1.2. : Scénario 02 : AMENAGEMENT ET AMELIORATION	198
VII.2.1.2.1. Potentialités du site	198
VII.2.1.2.2. Cartographie et proposition	198
VII.2.1.2.3. Evaluation de l'amélioration	202
VII.2.2.1. Scénario 01 : ETAT DES LIEUX	203
VII.2.2.1.1. La radiation solaire	203
VII.2.2.1.2. Vent	205
VII.2.2.1.3. Evaluation	206
VII.2.2.1.4. Conclusion	207

VII.2.2.2.	: Scénario 02 : AMENAGEMENT ET AMELIORATION	207
VII.2.2.2.1.	Potentialités du site	207
VII.2.2.2.2.	Cartographie et proposition	208
VII.2.2.2.3.	Evaluation de l'amélioration	211
VII.3.	Conclusion	212
<hr/>		
	Conclusion générale et recommandations	215
	Conclusion générale	215
	Recommandations	217
	Bibliographie	_____
	Annexes	_____
	Résumés	_____
<hr/>		

Liste des figures

Chapitre I: Le confort humain dans les espaces extérieurs

Figure I.01. Les composantes de la balance énergétique de l'être humain dans un environnement extérieur

Figure I.02. Représentation schématique des échanges radiatifs entre l'homme et son environnement urbain.

Figure I.03. Représentation schématique des échanges de chaleur par convection entre l'homme et son environnement urbain

Figure I.04. Projected Area Factor f_p as function of the elevation γ of the sun in degrees, averaged over 360 ° azimuths (rotationally symmetric human being).

Figure I.05. Le modèle Berkeley grâce auquel on peut localiser la sensation thermique de l'homme et les indices de confort

Figure I.06 : Le concept UTCI dérivé du ET

Chapitre II : Le microclimat urbain

Figure II.01 : Les échelles du climat

Figure II.02 : Le microclimat, échelle d'étude (de l'échelle méso à l'échelle micro)

Figure II.03: L'effet de l'îlot de chaleur urbain ICU

Figure II. 04 : Composantes du rayonnement solaire

Figure II.05: comportement de la radiation solaire à travers une feuille d'arbre

Figure II. 06 : relation entre l'angle d'incidence de la radiation solaire et son intensité

Figure II.07 : Températures (entre 27°C et 55°C) sont fonction de l'albédo de chaque surface

Figure II.08: Les petites longueurs d'ondes reçues par la terre (ultraviolets et lumière) et les grandes longueurs d'ondes réémises par la terre et tous les objets qui s'y trouvent (Infrarouge)

Figure II.09 : La turbulence augmente en élévation

Figure II.10 : L'effet de turbulence et la vitesse du vent au niveau du tissu urbain

Figure II.11 : L'effet du vent à l'échelle microclimatique

Figure II. 12. Evolution des températures et des rayonnements direct et diffus à Bruxelles le 8juin 1968

Figure 13. Diagramme de l'air humide

Figure II.14 : Photos Infrarouge démontrant les températures des surfaces (en °C)

A gauche : ombre portée des canopées sur l'asphalte, à droite, sur du gazon naturel

Figure II. 15 : Jet d'eaux à Yonge- Dundas Square, Canada

Figure II.16 : Le village Viganella en Italie profitant de la lumière réfléchiée par un miroir

Figure II.17: Projection stéréographique et cylindrique d'un masque solaire dans un environnement bâti

Chapitre III : Les places publiques

Figure III. 01. La place du Seagram Building

Figure III.02. « Seating edge » de la place du quartier de Sansome

Figure III.03. Marquette Plaza (First Federal Bank Plaza)

Figure III.04. Oasis urbaine: the tranAmerican Rewood Park à San Francisco

Figure III.05. Trafalgar square au cœur de Londres

Figure III.06 : La place publique au cœur de Masdar City

Figure III.07 : La place publique de Masdar City avec ses énormes parasols sous forme de tournesol

Figure III.08 : Profil de la place et détail de la fleur parasol

Figure III.09 : Green roofed plaza de Espana

Figure III.10 : Green roofed plaza de Espana

Figure III.11: La place 1111 third avenue à Seattle

Figure III.12: le jardin Ryo-an-ji

Figure III.13: le Ryo-an-ji , un jardin Zen

Figure III.14: Le château de corail, vue aérienne

Figure III.15: Plan d'aménagement du château de corail

Figure III.18: la table en cœur et la fontaine de la lune dans le château de corail

Chapitre IV: L'aménagement et le mobilier des places publiques

Figure IV.01. An approximately 2,000 square foot plaza

Figure IV.02. Plan illustrant la relation entre les portions majeurs et mineurs d'une place publique

Figure IV.03. A sidewalk frontage with ample seating and amenities

Figure IV.04.. L'effet d'une différence de niveaux excessive: une place qui est déconnectée du quartier

Figure IV.05.. Une différence de niveaux réussie

Figure IV.06. Diagramme illustrant le minimum du chemin de circulation requis

Figure IV.07.. Visibilité et obstructions à l'intérieur d'une place publique

Figure IV.08. Type de bancs dans les places publiques

Figure IV.09. Sièges sociaux

Figure IV.10. Proportion idéale d'un arbre

Figure IV.11. Lits de plantations

Figure IV.12. Accès du public au gazon avec sièges

Figure IV.13. Open air café

Figure IV.14. Banc public en béton

Figure IV.15. Jets d'eau dans la place des festivals à Montréal, Canada

Figure IV.16. Végétation dans la place des droits de l'homme, Tremblay-en-France

Figure IV.17. Eco-banc qui cultive les plantes

Figure IV.18. Banc écologique en bois avec végétation

Figure IV.19. Bancs écologiques en matières naturelles

Figure IV.20. Banc public développé par Grasshopper

Figure IV.21. Bloom – Urban toy invites participants to 'seed' new formations

Figure IV.22. Aménagement conceptuel réalisé par Fredrik Wenstøp

Figure IV.23. Le pavillon Jubkin

Figure IV.24. Masse combinée avec occultation pour pays froids

Figure IV.25. Canopée, Sculpture en bambou

Figure IV.26. Banc public réalisé avec grasshopper

Chapitre V : Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatiques

Figure V.01. Rapport entre le vent et la vitesse du courant engendré à 2m au-dessus du sol

Figure V.02. Rapport entre la perméabilité de l'écran à vent et l'amplitude du courant d'air qu'il engendre

Figure V.03 : Structure de base du zonage du confort thermique

Figure V.04: Méthode de zonage du confort thermique

Figure V.05 : Proposition composée de trois couches (landform, parasol, activity layers)

Figure V.06 : « land-form adaptive strategy » pour une journée typique du mois d'Avril sur le site « Tale Modern » à Londres. De gauche à droite : la rose des vents, données du vent et de l'insolation traduite en zones de protection du vent et d'exposition au soleil traduite sur la couche « land-form » dont les changements des altitudes apparaissent sur la grille hexagonale et la coupe section.

Figure V.07 : Salon urbain (à gauche) et abri bioclimatique (à droite)

Figure V.08 : Diagramme des stratégies d'aménagement avec des éléments du microclimat

Figure V.09 . Photo aérienne de Tunis, Tunisie

Figure V.10 : les porte-à-faux comme dispositif pare-soleil très efficace –

Robie House par F. L. Wright, Chicago, Illinois, USA

Figure V.11 : Passage couvert de Pergola à Turpan, Xinjiang, Chine

Figure V.12 : Occultation solaire par la toile. A gauche : quartier de La Trinidad en Espagne, à droite : la cour de la mosquée « AL Masjid Annabawi » à Medine, Arabie Saoudite

Figure V.13 : Brise-soleil (louvered wall/ Le mur-persiennes), Milwaukee Arts Museum, Etats Unis. Architecte : Santiago Calatrava

Figure V.14 : Ombre produite par les canopées d'arbres

Figure V.15 : Canopées artificielles, Solar Powered Forest, Singapore

Figure V.16 : Les persiennes entre vitrage- réfléchissent les rayons solaires d'hiver à l'intérieur, rejettent les rayons solaires estivaux vers l'extérieur.

Figure V.17 : le malqaf et son fonctionnement

Figure V.18 : Efficacité des différents types de Malqaf

Figure V.19 : La tour à évaporation « Evaporative tower ». Laredo Texas, Piny Fisk

Figure V.20. Diagramme de dimensionnement des tours à évaporation

Figure V.21. Possibilité de dévier le vent et d'épargner les surfaces au niveau du piéton

Figure V.22. Brise vent, pavillon de patinage, Manitoba

Figure V.23. Brise Forme et efficacité des formes aérodynamiques

Figure V.24. Types de forme et coefficient de la trainée qui s'en produit

Figure V.25. Les zones de vents générées pas un groupe d'arbres

Figure V.26. Rethink Athènes. Les 3 échelles de conception sur l'espace public

Figure V.27. Rethink Athènes. Aménagement bioclimatique de la place centrale

Chapitre VI : L'investigation

Figure VI. 01. Situation de la ville de Constantine

Figure VI. 02. Les Zones semi-arides et arides selon la classification Köppen

Figure VI.03 . Constantine prise d'assaut en 1837 à partir du site actuel de la Brèche

Figure VI.04. place du 1^{er} Novembre était le témoin d'une vie socioculturelle florissante. (Transactions et fêtes arabes avant la construction de l'esplanade)

Figure VI.05. Constantine avant et après (typologie des constructions sur l'esplanade)

Figure VI.06.. La place Kerkri

Figure VI. 07. Le multimètre

Figure VI. 08. Choix des stations de mesure sur la place du 1^{er} novembre

Figure VI. 09. Modèle du sondage mis en ligne

Figure VI. 10. Résultats graphiques du sondage

Figure VI.11. Influence des parasols sur les ondes thermiques au niveau la place du 1^{er} Novembre.

Figure VI.12. Choix des stations de mesure sur la place Kerkri

Chapitre VII : La simulation

Figure VII.01. Capture d'écran illustrant l'interface et les outils de Townscope

Figure VII.02. Capture d'écran illustrant l'interface de Autodesk Flow Design

Figure VII.03. Le programme ComFa sous format Excel

Figure VII.04. L'enseillement sur la place du 1^{er} Novembre de 8h à 18h

Figure VII.05. Les taux de radiation solaire (en wh/m²) simulées avec Townscope pour le 22 Août 2013

Figure VII.06. La durée d'enseillement (en h) simulée avec Townscope pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

Figure VII.07. Le mouvement du vent (Orientation Nord, v= 4m/s) simulé pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

Figure VII.08. Le mouvement du vent (Orientation Nord, v= 5m/s) simulé pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

Figure VII.09. Evaluation du confort thermique pour le 22 Août 2013 (été) sur la place du 1^{er} Novembre de 14h à 18h

Figure VII.10. Potentiel de ventilation (été) à 9 mètres de hauteur sur la place du 1^{er} Novembre de 14h à 18h.

Figure VII.11. Cartographie : à gauche zonage thermique, à droite zonage des vitesses de l'air

Figure VII.12. Cartographie : superposition des zones les plus ensoleillées avec les zones ayant un potentiel de ventilation naturelle à 9m de hauteur

Figure VII.13. Aménagement selon les 3 couches (Adaptive skins)

Figure VII.14. La proposition d'aménagement

Figure VII.15. Durée d'enseillement sur les différentes placettes de Kerkri

Figure VII.16. Taux de radiation solaire incidents sur les différentes placettes

Figure VII.17. Les vents n'accèdent pas à la place Kerkri à 1,50m

Figure VII.18. Evaluation du confort thermique pour le 22 Août 2013 (été) sur la place du 1^{er} Novembre de 14h à 18h. (*Source : l'auteur*)

Figure VII.19. Vents à 6mètres au dessus du sol sur la place Kerkri

Figure VII.20. Vents à 12mètres au dessus du sol sur la place Kerkri

Figure VII.21. Situation d'implantation des malqaf

Liste des tableaux

Chapitre I: Le confort humain dans les espaces extérieurs

Tableau I.01 : La balance thermique deans les espaces extérieurs

Tableau I. 02. Niveau d'habillement mesuré en clo

Tableau I.03 : Sélection des indices de confort thermiques des espaces intérieurs et extérieurs

Tableau I.04 : Vue d'ensemble chronologique sur les indices de confort thermique des les espaces extérieurs

Tableau I.05 :Les taux de production métaboliques selon l'activité de l'homme

Tableau I.06 :Les valeurs d'isolation et de perméabilité des ensembles vestimentaires typiques pour application dans la formule ComFA)

Tableau I.07 : UTCI classé en termes de stress thermique

Chapitre II : Le microclimat urbain

Tableau II. 01 : Facteurs environnementaux définissant les différentes échelles du climat

Tableau II.02 : Les effets du vent les plus courants au niveau du tissu urbain

Chapitre V : Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatiques

Tableau V.01 : Choix de l'aménagement en fonction du type thermque de la zone (venteuse/ensoleillée)

Chapitre VI : L'investigation

Tableau VI. 01. Données climatique de la ville de Constantine

Tableau VI.02. Les climats de façade orientale

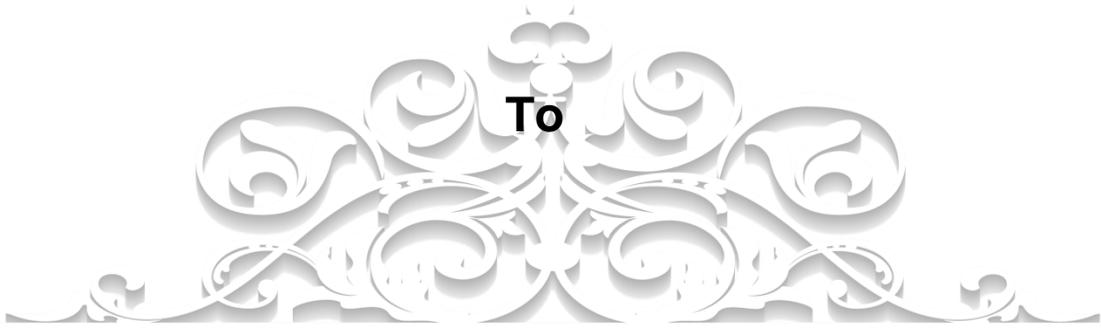
Tableau VI. 03. Analyse des vents sur la place du 1^{er} Novembre

Tableau VI. 04. Analyse des températures sur la place du 1^{er} Novembre

Tableau VI. 05. Analyse des vents sur la place Kerkri

Tableau VI. 06. Analyse des températures sur la place Kerkri

find jewels in your dream signify a rapid climb to success.

A decorative flourish consisting of symmetrical, ornate scrollwork and floral patterns, rendered in a light gray color with a subtle drop shadow.

To

Introduction générale



1. Introduction générale :

*« Un microclimat thermiquement confortable est la base de places publiques aimées et bien utilisées »
Robert D. Brown*

Le changement climatique est un phénomène mondial qui représente à l'heure actuelle un véritable dilemme menaçant la terre toute entière.

Lenzholzer et R. D. Brown (2013) dans leur publication « Climate-responsive landscape architecture design education » affirment que : « les mesures effectuées pendant les dernières décennies ont identifié une tendance où le climat de la terre se réchauffe progressivement »¹.

Ainsi, nous assistons à une exagération des températures de chaque saison : l'été, de plus en plus chaud ; l'hiver, tiède et parfois assez chaud. A cela s'ajoute une instabilité assez remarquable qui caractérise une même saison.

Les faits sont là, nous sommes en face d'un problème épineux, qui ne laisse personne insensible, notamment les chercheurs et spécialistes de la planète entière.

Vue la gravité de la situation (augmentation excessive des températures, fréquence de catastrophes naturelles entre autres), la recherche d'une solution adéquate s'impose afin de juguler, ou du moins minimiser ce phénomène aux conséquences néfastes sur l'homme et son environnement.

Notons par ailleurs, un des aspects encore plus dangereux de ce phénomène, car ayant un impact aggravant sur le climat, c'est l'îlot de chaleur urbain (ICU). Ce dernier est le résultat de la prolifération des surfaces minérales créées par l'homme au détriment des terres cultivables et des espaces verts.

Brown (2011) dit, à juste titre, que « les îlots de chaleur urbains émergent là où les centres des villes sont nettement plus chauds que la campagne environnante. Ces deux

¹ S. Lenzholzer & R. D. Brown, Climate-responsive landscape architecture design education, Journal of Cleaner Production 61 (2013) 89e99

tendances au réchauffement (le changement climatique et l'îlot de chaleur urbain) sont susceptibles d'avoir un effet non négligeable sur le confort thermique de l'homme ».²

Il faut souligner le fait que ces îlots de chaleur urbains dépendent de la densité du bâti ; la température de l'air moyenne annuelle d'une ville d'un million d'individus ou plus peut être plus chaude à l'intérieur de la ville que dans son environnement avec 1 à 3°C de différence³.

L'activité des êtres humains en rajoute à cette situation en affectant le climat progressivement sur plusieurs échelles.

Il faut dire, comme l'avait remarqué Erell et al. (2011) que « par un passé récent, la climatologie du bâtiment s'intéressait beaucoup plus aux espaces intérieurs pour le bien être des occupants, oubliant par là le fait qu'elle soit essentiellement concernée par toutes les surfaces urbaines et par les effets plus ou moins complexes sur l'atmosphère basse ».⁴

C'est ce qui a, bien entendu, impliqué une utilisation excessive des énergies fossiles (climatiseurs surtout) avec des émissions de CO₂ assez importantes aggravant ainsi le problème des ICU.

Pourtant, il semblerait bien que les citoyens se soient habitués au confort thermique désormais disponible dans les espaces intérieurs, avec des températures assez bien régulés et contrôlées en hiver comme en été, en revanche, les espaces extérieurs de l'environnement urbain semblent loin d'être thermiquement confortables dans la plupart des cas, ce qui s'exprime en quelque sorte par une privation pour les gens quant aux promenades hivernales et pique-niques d'été à cause du soleil brûlant.

La qualité de vie d'après D. Brown, de milliers d'individus peuplant les villes, pourrait sans doute être améliorée si les facteurs influençant les microclimats urbains étaient bien compris et si la manière de bâtir l'environnement répondait à ces facteurs de façon appropriée. Cette réalité démontre bien qu'un aménagement urbain adapté, qui s'inscrit dans le contexte du développement durable est fondamental⁵ : « qui, en effet, n'aimerait pas passer des moments agréables à l'extérieur pour respirer de l'air pur, interagir avec la nature, la société... si ce ne

² S. Lenzholzer & R. D. Brown, Climate-responsive landscape architecture design education, Journal of Cleaner Production 61 (2013) 89e99

³ Oke, 1987 in Naveed Mazhar, A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan-Thèse de master, Université de Guelph, Canada ; Septembre 2012

⁴ E. Erell, D. Pearlmutter & T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011, Page 01

⁵ R. D. Brown, Design with microclimate, Edition Wiley & Sons, 2010. Page 0

l'étaient les mauvaises conditions climatiques qui font de nos espaces urbains des lieux désertés ? »⁶.

Aussi, lorsque l'aménagement des espaces entre les bâtiments, notamment les places publiques, et bien informé sur les contraintes et les avantages qu'impose le climat local, le confort des usagers serait grandement amélioré, encourageant de ce fait les habitants de la cité à exercer plus d'activités au sein de ces espaces, ce qui, par voie de conséquence, va réduire leur dépendance vis-à-vis de l'air conditionné et du chauffage des maisons (les énergies fossiles)⁷.

Il est donc grand temps que les aménagements d'aujourd'hui puissent prévoir un habitat encore plus chauds dans les régions froides et plus frais dans les climats arides. A ce titre D. Brown écrit « un aménagement qui s'adapte en réponse au nouveau climat qu'impose le changement climatique n'est pas quelque chose de fortuit, pour une majorité écrasante de la population terrestre, il pourrait constituer une question sérieuse de survie »⁸

Si la qualité environnementale des espaces extérieurs est améliorée, il y aurait plus d'opportunités pour les gens de rester à l'extérieur (effets positifs sur leur santé, ainsi qu'une contribution considérable sur le climat local).

« L'aménagement intégré à une échelle locale permettrait également aux individus d'optimiser leur utilisation des énergies naturelles renouvelables, et de limiter la consommation des énergies fossiles pour chauffer ou rafraîchir leurs habitat »⁹ comme l'a indiqué Erell & al. dans son intitulé « Urban Microclimate ».

En plus, les villes où nous vivons comportent tout naturellement leurs héritages historiques, leurs cultures, leurs traditions... le tout se répercutant sur l'aspect physique de la ville, c'est-à-dire, son architecture et son tissu urbain en premier lieu.

⁶ R. D. Brown, Ameliorating the effects of climate change: Modifying microclimates through design, Landscape and Urban Planning100 (2011) 372–374

⁷ E. Erell, D. Pearlmutter & T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011, Page 01.

⁸ R. D. Brown, Ameliorating the effects of climate change: Modifying microclimates through design, Landscape and Urban Planning100 (2011) 372–374

⁹ E. Erell, D. Pearlmutter & T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011, Page 02.

Cependant, dans les temps récents, beaucoup d'espaces dans cet environnement urbain ont perdu de leur valeur, notamment les places publiques, ces nœuds structurants de la ville ayant toujours existé et qui, autrefois, témoignaient d'une vie sociale florissante.

L'importance des places publiques dans le tissu urbain de la ville est telle que nous pouvons l'assimiler à un poumon par lequel la ville respire.

Sur ce point, Alessi & Schiavio montrent que « les espaces ouverts, les rues, les places, constituent un système continu et ininterrompu qui peut être considéré comme une sorte de tissu conjonctif de la ville. Ce système, dont le poids est comparable à celui du bâti, doit être examiné dans une optique écologique, énergétique et sociale, ainsi que du point de vue perceptible »¹⁰.

Actuellement, architectes et urbanistes font tout leur possible pour concevoir des espaces urbains et des places encourageant ce type d'activités où les gens aimeraient passer leur temps, mais leur aménagements sont généralement caractérisés par une certaine attractivité physique où l'aspect esthétique, la fonctionnalité et la composition priment sur un aspect invisible et intrigant qu'est le confort ; ces aménagements sont donc tous voués à l'échec car « les gens n'utiliseraient jamais un espace que s'il est thermiquement confortable »¹¹.

Face à cette réalité, qui semble se mouvoir entre le problème de l'effet de serre responsable du changement climatique, et l'urgence d'adapter notre environnement à la nouvelle situation, nous sommes confrontés à la nécessité de créer des espaces urbains confortables avec toutes les stratégies et les astuces scientifiques et artistiques que cela exige tout en favorisant les interactions et le développement socio-économiques afin de bien répondre aux directives du développements durable.

« Dans les recoins de la ville, les déviations du climat sont très apparentes donnant lieu à des microclimats ». Bien entendu, ces microclimats, de part leur configurations urbaines respectives, sont d'une grande importance et ont un impact certain sur le confort ou l'inconfort des espaces : « augmenter l'utilisation des squares et places publiques est extrêmement important pour améliorer la santé publique qui ne cesse de se détériorer »¹².

¹⁰ I. Alessi et F. Schiavio –Les espaces ouverts : nature et qualité de la vie urbaine dans Architecture bio-écologique in Architecture écologique, nouvelles tendances pour la maison du bien-être, Editions de Vecchi S. A. Paris, 1999.

¹¹ R. D. Brown & T. J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Editions John Wiley & Sons 1995.

¹² Gaitani et al. In Naveed Mazhar

Un exemple à retenir, et qui appuie les dires de Naveed Mazhar est celui de « l'ombrage des cours urbaines dans les villes qui a depuis fort longtemps constitué une stratégie décisive d'aménagement pour contrecarrer la surchauffe »¹³.

Qu'en est-il des espaces urbains en Algérie ? Le moins que l'on puisse dire, est que ces espaces ne semblent intéresser aucunement le public à cause de plusieurs facteurs dont le microclimat et l'aménagement non adéquats. L'image que renvoient ces places urbaines, constituant « l'armature qui connecte les parties de la ville »¹⁴, est celle de lieux pratiquement désertés et même boudés par les gens.

Ces dans ce cadre là que s'inscrit notre thème qui s'intitule « L'amélioration du microclimat des places publiques réhabilitées ».

2. Problématique :

Devant le constat amer des places publiques de nos villes, nous ne pouvons que nous interroger sur la manière de les réhabiliter pour permettre leur utilisation optimale et remédier aux ennuis dont souffrent nos villes.

Si nous ne concevons pas des places urbaines avec soin, nous risquons de créer des microclimats dont l'efficacité est loin d'atteindre le confort thermique, car un microclimat pourrait être tolérable quand la personne peut se sentir en confort dès qu'elle ajoute ou allège son habillement (gilet, veste...), augmente ou diminue son activité physique ou se déplace localement à la recherche d'un microclimat plus confortable. Mais si ce microclimat dépassait largement le seuil de tolérance, les stratégies ci-dessus citées ne pourraient pas permettre une sensation de confort à la personne.

Il s'agit donc de la responsabilité des architectes, urbanistes et paysagistes, de concevoir des places publiques urbaines susceptibles de créer des microclimats s'inscrivant dans l'intervalle de la cohérence des individus. « Les paysages créant des microclimats positifs ont tendance à persister, tandis que les microclimats négatifs ont plutôt tendance à être supprimés ou remplacés » ainsi que l'a constaté R. D. Brown.¹⁵

¹³ Naveed Mazhar

¹⁴ Team 10 & Peter Smithson

¹⁵ R. D. Brown, Design with microclimate, the secret

Quant à Alessi & Schiavio, ils affirment que « la logique des espaces ouverts tient nécessairement compte des échanges énergétiques avec les constructions et les différents éléments physiques et morphologiques qui les définissent », c'est-à-dire, les différentes interactions d'ordre énergétique entre divers éléments (aménagement, constructions...etc.) qui créent un microclimat qui va caractériser ces espaces.

Pour R. D. Brown : « si un espace extérieur crée un microclimat inconfortable, peu de gens l'utiliserait, et avec le temps cet espace n'aura pas l'opportunité de devenir un espace important, et il importerait peu aux gens que cet espace soit supprimé ».

Partant de ce constat, nous allons nous pencher sur l'amélioration des conditions microclimatiques des espaces urbains, et ce, grâce à une analyse de deux places publiques que nous avons choisies pour les besoins de l'étude avant et après leur réhabilitations, il s'agit des places : du 1^{er} Novembre et Kerkri sises au centre ville de Constantine.

Notre problématique est la suivante : comment réhabiliter une place publique par l'amélioration de son microclimat, et ce, tout en tirant profit de ses potentialités passives ? et quelles sont les stratégies qui peuvent conduire vers la conception idéale par rapport à nos deux cas d'études ?

Pour répondre à cette grande question, nous posons un canevas d'hypothèses :

3. Hypothèses :

La question soulevée dans la problématique évoque deux points essentiels :

- Comment tirer profit des potentialités passives du site ?
- Quelles sont les stratégies de réhabilitation qui peuvent conduire à une conception pertinemment adaptée ?

Le premier point sous entend une recherche sur les bienfaits et les avantages qu'un microclimat urbain est susceptible de nous procurer, tandis que le deuxième point se rapporte à la méthode d'approche.

La solution à notre problématique suppose une confirmation ou infirmation de chacune de nos trois hypothèses :

1)- Est-ce qu'en traitant la place comme étant une entité, on pourrait corriger ses défauts en matière de confort à l'aide d'un seul dispositif énergétique ?

2)- Est-il préférable de diviser la place en plusieurs stations et traiter chacune d'elles selon l'intensité des phénomènes énergétiques qui s'y produisent ?

3)- Faut-il utiliser plutôt une cartographie (mapping) grâce à laquelle on pourrait faire ressortir les zones similaires (critiques et avantageuses) dont on pourrait tirer profit ?

4. Objectifs :

L'objectif principal de cette recherche consiste à établir et garantir une animation permanente au niveau des places publiques qui ne s'effectuera qu'à travers le contrôle et la manipulation du microclimat urbain.

Le second objectif est celui de développer une méthode de réhabilitation susceptible de dénouer la complexité de la tâche : le microclimat étant un domaine d'étude tributaire de l'espace avec lequel il interagit, rendant difficile d'anticiper ses changements dans le temps.

5. Méthodologie d'approche :

Dans une démarche (en cône) comportant deux parties, dont: la première consiste en une recherche théorique, dont le point de départ serait la notion du confort thermique que l'homme éprouve dans les espaces extérieurs en général dans la perspective de trouver les différents éléments qui nous permettraient de mener à bien notre étude du point de vue énergétique.

Et toujours dans les espaces extérieurs de la ville, c'est le microclimat de cette catégorie d'espaces qui nous concerne le plus. Ceci afin de pouvoir identifier les paramètres climatiques physiques les plus influents et les plus contrôlables.

Pour délimiter notre champ d'action, le chapitre qui traite les places publiques, point de mire de notre étude, nous donnera les éléments essentiels quant au rôle de cette catégorie d'espaces urbains sur tous les plans, entre autres sociologique, historique et écologique.

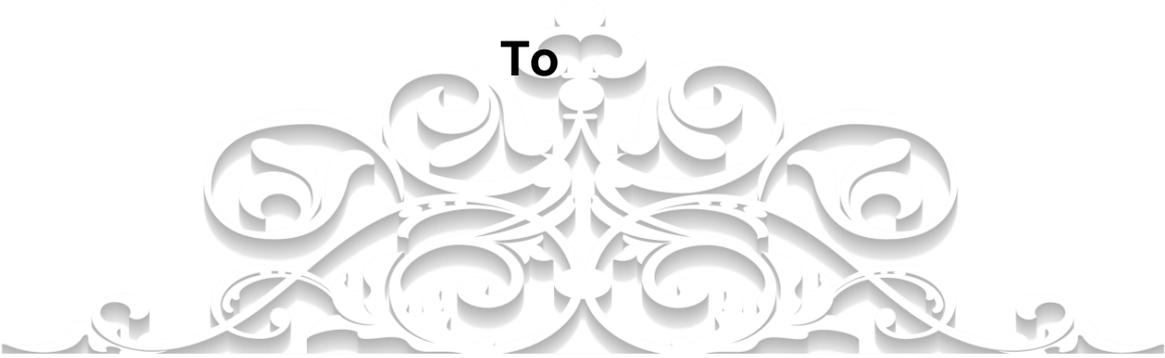
L'aménagement et le mobilier écologique des places publiques viendront compléter ce chapitre et orienter notre axe d'étude.

Cette partie théorique sera complétée par les stratégies passives de réhabilitation des places publiques. Cette réhabilitation qui, dans notre cas, ne pourrait s'effectuer qu'à travers l'amélioration du microclimat de ses places. C'est là que nous allons faire la sélection d'études

les plus récentes (et même les plus anciennes) en la matière dans l'espoir de faire un bon choix dans la partie pratique qui fera l'objet de la deuxième partie de cette étude.

Cette deuxième partie comporte l'investigation qui consiste en une enquête sur les caractéristiques climatiques de notre cas d'étude, sans pour autant oublier de traiter brièvement leurs aspects historique et sociologiques, ce qui nous aiderait dans la partie simulation, basée sur des outils informatiques, à proposer les meilleurs scénarios par rapport au diagnostic relatif à chaque cas.

Notre proposition d'aménagement n'étant qu'une variante parmi tant de possibilités, nous concluons notre étude avec des recommandations dans la limite de leur applicabilité.



To

CHAPITRE I:
Le confort thermique de l'homme dans
les espaces extérieurs



I.1.1.1. Introduction

« L'utilisation des espaces extérieurs réussis et agréables par le public dépend étroitement des conditions microclimatiques qui affectent le confort thermique¹⁶ » Benoit Beckers

Les espaces extérieurs sont très importants dans les villes durables, parce qu'ils accommodent le trafic des piétons et les activités qui s'y déroulent, et contribuent à la viabilité et la vitalité urbaine.

Dans le contexte globale du changement climatique, ces espaces qui procurent un confort thermique plaisant pour les occupants améliorent, effectivement, la qualité de vie urbaine. (CF chapitre2)

L'influence du confort thermique sur les activités au niveau des espaces extérieurs constitue une question complexe qui comprend à la fois des aspects climatiques et comportementaux.¹⁷

A travers ce chapitre, nous allons tenter cerner la notion de confort thermique dans les espaces extérieurs, sujet ayant gagné récemment un intérêt particulier malgré sa complexité, et ce, contrairement au confort thermique à l'intérieur des bâtiments qui est désormais plus contrôlable.

En effet, à l'extérieur, les vents et la pluie peuvent être importants, l'effet du rayonnement solaire direct sur les gens est considérable à l'extérieur mais ne peut pénétrer profondément à l'intérieur des bâtiments, où la température de l'air est plus importante. La difficulté de manipuler ces variables comme le vent et la température des surfaces est telle qu'elles demeurent difficiles à cerner dès qu'il s'agisse de l'urbain.¹⁸

¹⁶ Benoit Beckers, *Solar Energy at Urban Scale*, Editions John Wiley & Sons, USA 2012

¹⁷ Liang Chen, Edward Ng, *Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade*, *Cities* 29 (2012) 118–125

¹⁸ M. Santamouris, J. Adnot, S. Alvarez, N. Klitsikas, M. Orphelin, C. Lopes, F. Sanchez, *Edition Presses de l'Ecole des Mines*, décembre 2004

Tableau I.01 : La balance thermique dans les espaces extérieurs
(source Santamouris et al. 2004)

Composant	Contribution au gain de chaleur (%)	Degré de contrôlabilité externe
Production de chaleur nette	24	Incontrôlable
Radiation totale (Directe+ Diffuse+ Réfléchie)	55	Contrôlable
Echange des ondes lointaines	14	Contrôlable, susceptible d'être négative durant les journées fraîches
Convection	7	Contrôlable
Total des gains	100%	

D'après Gaitani et al. (2007) « *les espaces urbains qui sont thermiquement confortables influencent de façon significative le type et le niveau d'activité de l'être humain* »¹⁹. Le confort thermique des personnes utilisant les espaces extérieurs fait partie des facteurs influençant les activités s'y déroulant selon le type de l'espace : rue, place, aire de jeux ou parc urbain. Le taux et l'intensité de ces activités est fonction du degré d'inconfort éprouvé par les habitants lorsqu'ils sont exposés aux conditions climatiques du site²⁰. **Un espace très exposé au soleil en été ou très exposé aux vents en hiver ne fera que décourager les gens à utiliser cet espace ; ces dernier le qualifieront, consciemment ou pas, de « répulsif ».**

La création de microclimats thermiquement confortables est, comme le soulignent R. D. Brown et T. J. Gillespie « *une mesure très importante à prendre en considération, et ce , pour*

¹⁹ Gaitani et al. 2007 in J.K.Vanos, J. S. Warland, T. J. Gillespie, N. A. Kenny, Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design, int. Biometeorol 2010, 54: 319-334

²⁰ Givoni B. Noguchi M. Saaroni H. Pochter O. Yaacov Y. Feller N. Becker S, Outdoor thermal comfort research issues in Energy and Buildings 2003,35:77-86

arriver à utiliser un espace durant n'importe quelle saison de l'année et quelques soient les conditions atmosphériques »²¹. Ils affirment aussi que pour installer le confort thermique dans les espaces extérieurs, trois étapes à suivre s'avèrent incontournables :

-Comprendre les mécanismes à travers lesquels le paysage affecte le microclimat (**voir chapitre 2**)

-Apprendre quelles sont les conditions microclimatiques qui peuvent être considérées comme étant thermiquement confortables (voir chapitre 3)

-Utiliser les résultats des deux étapes ci-dessus citées pour comprendre comment l'aménagement d'un espace extérieur est susceptible d'affecter le degré de confort thermique de l'être humain.

Cependant, pour arriver à la troisième étape, il est tout d'abord nécessaire d'explorer la notion de confort thermique dans les espaces extérieurs, ses paramètres, ainsi que les techniques de son évaluation (qui diffèrent de celles des espaces intérieurs).

I.2. La notion du confort thermique

«Le confort thermique se définit comme étant un état d'esprit qui exprime la satisfaction avec l'environnement thermique » ASHRAE 1966, Fanger 1972. Cette définition n'est pas loin de coïncider avec la définition de Sigrid Reiter qui dit que « *La sensation de confort est l'expression du bien-être d'un individu en rapport avec son environnement* ». Selon ce dernier, les conditions confortables sont très différentes que l'on soit à l'intérieur ou à l'extérieur des bâtiments, notamment sous l'effet des conditions météorologiques, l'habillement, les activités s'y déroulant et l'adaptation psychologique.

Il affirme également qu'« à l'extérieur, les êtres humains évitent les conditions inconfortables mais ne recherchent pas un confort physiologique optimal » tout comme Wei Yang, Nyuk Hwei Wong et Steve Kardinal Jusuf (2013) qui en sont venu à déduire que «*les occupants des espaces extérieurs sont plus tolérants que ceux des espaces intérieurs* »²². Le

²¹ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995

²² Wei Yang, Nyuk Hwei Wong et Steve Kardinal Jusuf, Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore, Building and Environment, 2013, 59:426-435

confort extérieur est aussi bien influencé par des éléments objectifs que subjectifs, physiologiques et psychologiques.²³

Le concept de confort a fait l'objet de plusieurs définitions qui sont basées sur les critères de la thermorégulation, c'est-à-dire, sur les critères de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement ²⁴.

I.3. Paramètres du confort thermique de l'être humain dans les espaces extérieurs

I.3.1. Le confort thermique et les éléments du microclimat

Le confort thermique d'une personne dans un espace extérieur est affecté par les éléments microclimatiques suivants :

I.3.1.1. La balance énergétique humaine

« *Energy is the key commodity in microclimate analysis* »²⁵

Le confort thermique de l'homme est à la fois perceptuel et physiologique, chaque personne expérimente différemment la qualité thermique d'un espace particulier dans une période donnée. Cette sensation thermique constitue la manière avec laquelle le corps est physiquement réchauffé et qui en retour dissipera la chaleur dans l'environnement dans lequel il se trouve. ²⁶ Il s'agit donc d'échanges énergétiques entre l'homme et ce qui l'entoure, qu'on peut traduire par l'équation suivante :

²³ Conception et aménagement des espaces bâtis Sigrid Reiter Chargée de cours à l'Université de Liège (ULg)

²⁴ Givoni, 1978, Gómez et al 2004, Potvin, 1997, et Szokolay, 2004 in SZOKZLAY, S. Introduction to architectural science: the basis of sustainable design, Elsevier, Great Britain.

²⁵ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 45

²⁶ Urban Microclimate, designing the spaces between buildings, E. Erell, D. Pearlmutter & T. Williamson, Edition Earthscan 2011

$$M + W + Q^* + Q_H + Q_L + Q_{SW} + Q_{RE} = S \quad (\text{eq.I.01})$$

Cette équation est exprimée en Watt, où M représente la valeur métabolique (énergie produite par ingestion d'aliments), W l'activité physique du sujet, Q^* le budget de rayonnement net issu du corps, Q_H le flux de chaleur par convection, Q_L le flux de chaleur latente pour la diffusion de la vapeur d'eau, Q_{SW} le flux de chaleur latente due à l'évaporation de la transpiration, Q_{RE} le flux de chaleur dégagé par respiration, S la quantité représentant le flux de chaleur stocké que le corps utilise pour se chauffer ou se rafraîchir. (Voir figure01).

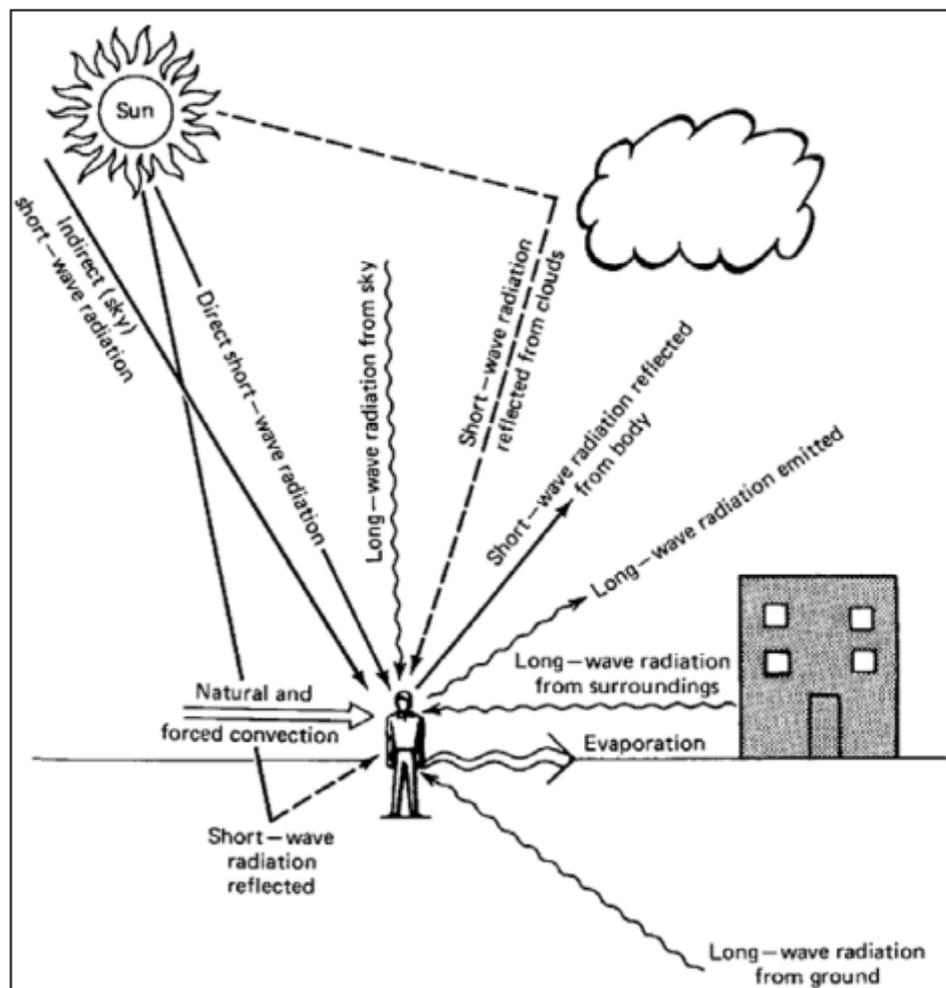


Figure I.01. Les composantes de la balance énergétique de l'être humain dans un environnement extérieur (houghton 1985)

Toutefois, le risque d'inconfort peut survenir, pouvant être causé par le type d'activité de la personne, ou même son humeur, et qui se manifeste essentiellement par un réchauffement ou refroidissement très rapide du corps. Heureusement que la physiologie de l'être humain détient des mécanismes capables de maintenir un équilibre avec l'environnement, tandis que les préférences de chacun tendent à nous éviter les situations extrêmes, et ce, instinctivement ou consciencieusement.²⁷

I.3.1.2. La radiation (solaire et terrestre)

« The key is the radiation balance between the amount emitted by a person or building and the amount received from their immediate environment »²⁸

L'énergie reçue sous forme de radiation, qu'elle soit solaire ou terrestre, est absorbée ou réfléchiée par le corps et les vêtements de la personne.

Il est à préciser ici que la radiation terrestre, avec ses ondes longues, est plus absorbée par l'homme que celle provenant directement du soleil, et que la couleur de son habillement joue un rôle très important du moment qu'il arrive à absorber le maximum de radiation quand la couleur est plus foncée et tend vers le noir, et vice versa. Selon Brown & Gillespie, dans une journée ensoleillée à ciel dégagée, une personne est susceptible d'absorber jusqu'à 1000w/m² de radiation solaire.²⁹

La radiation est très variable et constitue, dans la plupart des cas l'élément le plus dominant de la balance énergétique dans les milieux urbains.

Les espaces extérieurs constituant l'espace urbain se caractérisent par un champ de rayonnement très important, dans lequel les gens sont soumis à deux types de rayonnements : le premier est solaire, de petites longueurs d'ondes, le deuxième est terrestre, c'est-à-dire réémis par l'atmosphère et tous les éléments du paysage urbain, de grandes longueurs d'ondes (appelé également 'rayonnement thermique'). Ces deux types de rayonnement peuvent être quantifiés

²⁷ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings, Edition Earthscan 2011. Page 109

²⁸ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings, Edition Earthscan 2011. Page 99

²⁹ R. D. Brown & T. J. Gillespie Micromatic Landscape Design Op cit page 68

et exprimés en w/m^2 , comme un échange de radiation R_n entre le corps de l'être humain et ce qui l'entoure (figure 02) :³⁰

$$R_n = (K_{dir} + K_{dif} + K_h + K_v)(1 - \alpha_s) + L_d + L_h + L_v + L_s \quad (\text{eq. I.02})$$

Où : K_{dir} est le rayonnement direct incident sur le corps

K_{dif} est le rayonnement diffus incident sur le corps

K_h est le rayonnement indirect réfléchi par les surfaces horizontales sur le corps

K_v est le rayonnement indirect réfléchi par les surfaces verticales incident sur le corps

K représente donc tous les rayonnement ayant des ondes courtes, et ce contrairement à L , représentatif des ondes longues du rayonnement, qui, par rapport à l'équation sont :

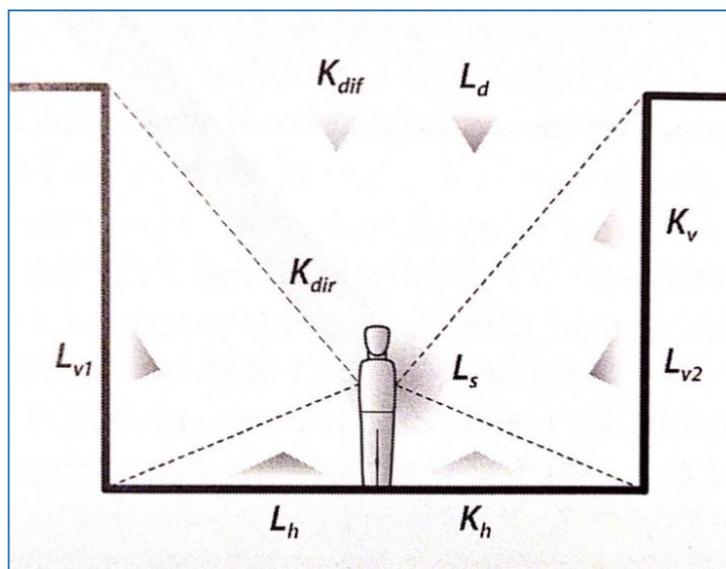
L_d est le rayonnement émis par le ciel incident sur le corps

L_h est le rayonnement émis par les surfaces horizontales incident sur le corps

L_v est le rayonnement émis par les surfaces verticales incident sur le corps

L_s est le rayonnement émis par le corps vers l'environnement incident sur le corps

α_s est l'albédo de la peau et/ou les vêtements



³⁰ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings, Edition Earthscan 2011. Page 110

Figure I.02. Représentation schématique des échanges radiatifs entre l'homme et son environnement urbain.
(Source E. Erell et al. 2011)

Les radiations d'ondes courtes représentent donc tous les rayons provenant du soleil (directs, diffus et réfléchis) ; une quantité de ces rayons est cependant absorbée par les surfaces qui entourent l'homme, la température de ces surfaces augmente et les pousse à réémettre ces rayons après les avoir convertis en ondes longues.

Lorsqu'une personne, dans un espace donné, émet plus de radiation qu'elle ne reçoit, comme dans une journée typiquement hivernale, le déficit en rayonnement terrestre (d'ondes longues) causerait des déperditions d'énergie de la part de cette personne suscitant la sensation d'inconfort. Cette sensation est d'autant plus grande que le déficit est grand. Cet exemple illustre bel et bien, comme l'affirme Brown & Gillespie, que « *les sources de chaleur dans un paysage peuvent affecter le budget énergétique des gens et des bâtiments sans pour autant affecter la température de l'air* ». ³¹

Dans les régions à mi-latitudes, le soleil est intense à midi, et le rayonnement incident sur les gens et les surfaces exposées est à son paroxysme. Les rayons réémis avec des ondes longues sont plus absorbés par l'homme soumis à ces conditions. Tandis que les rayons directs sont largement influencés par la géométrie et la posture de l'individu (assis, debout) d'où la nécessité de l'illustrer approximativement avec une géométrie simplifiée. Dans ce cas, la forme de cylindre proportionné est la plus répandue. ³²

Ceci dit, en évoquant le rayonnement direct, plusieurs notions paramétriques ressurgissent, comme : le shading, SVF (Sky View Factor – Facteur d'ouverture sur le ciel), l'élévation du soleil qui en sont indissociables.

I.3.1.3. Le vent et la convection

³¹ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, *Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency*, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 101

³² E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, *Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings*, Edition Earthscan 2011. Page 110

Tout corps humain est soumis à des échanges de flux de chaleur avec ce qui l'entoure, ces échanges s'effectuent par convection, due aux différences de la température locale de l'air, ou par convection forcée par le vent.

L'énergie perdue par évaporation peut avoir lieu par la respiration de la personne, et aussi par sa perspiration à travers sa peau. D'après D. Brown & T. Gillespie « L'eau exige une grande quantité d'énergie pour passer de la phase liquide à la phase gazeuse, Elle a donc le potentiel de créer un rafraîchissement significatif », ceci dit, il faut préciser que cela se passe essentiellement quand l'humidité est faible face à des températures élevées.³³

Le vent homogénéise les différences de températures ou d'humidité dans les espaces extérieurs, déplace la chaleur dans son mouvement et influence ainsi considérablement le confort thermique de l'homme exposé aux intempéries d'un espace donné. Quand le vent « traverse » le corps, ce contact crée un échange en énergie et en humidité avec la peau. Si l'air est plus sec que la peau, l'eau s'évaporerait de la peau et devient transportable par l'air, ce qu'on appelle communément « Evaporative cooling », ce rafraîchissement a lieu car la procédure d'évaporation appellera une certaine quantité d'énergie que le corps offre pour qu'elle ait lieu.

La turbulence du vent, joue un rôle très important. D'après R. D. Brown & T. J. Gillespie «*La turbulence augmente le pouvoir de rafraîchissement du vent. Plus la turbulence est grande, plus grande est sa capacité à dégager la chaleur loin du corps* »³⁴ celle-ci, il faut le mentionner, augmente à mesure que l'on s'élève du sol, et que la vitesse du vent est plus grande.

³³ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, *Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency*, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 68

³⁴ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, *Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency*, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 68

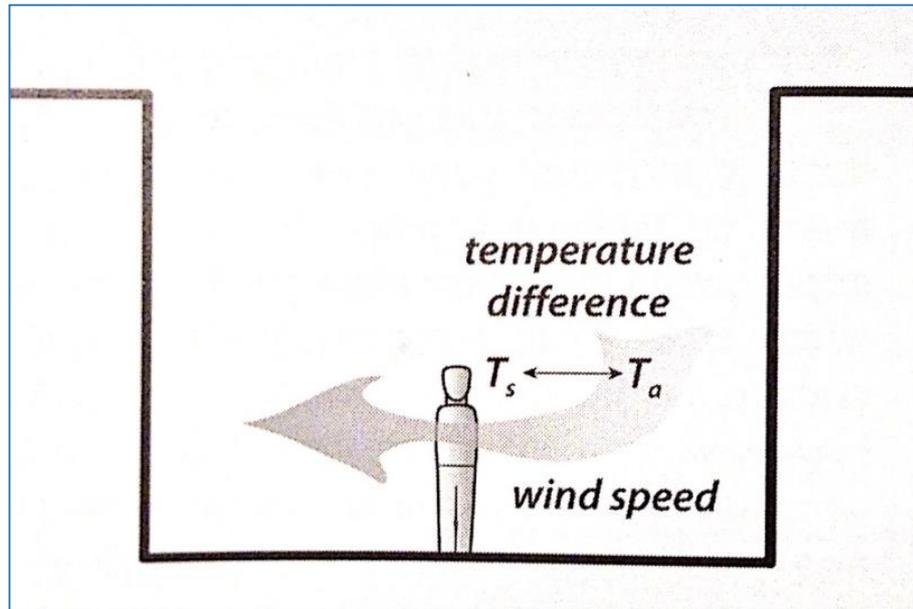


Figure I.03. Représentation schématique des échanges de chaleur par convection entre l'homme et son environnement urbain.
(Source E. Erell et al. 2011)

Dans un espace extérieur typique, où le vent est prédominant, la quantité de transfert de chaleur par convection par unité de surface du corps humain est donnée par l'équation suivante :³⁵

$$C = h_c \Delta T \text{ (w/m}^2\text{)} \quad (\text{eq.03})$$

Où h_c est le coefficient de transfert de chaleur (w/m².K) qui dépend de la vitesse du vent. Pour une personne assise ou debout, représentée par un cylindre de 17cm de diamètre, ce coefficient peut être calculé comme suit : $h_c = 8,3.v^{0,6}$ où v est la vitesse horizontale du vent (m/s) ajusté par rapport à la hauteur du corps.

ΔT (K) est la différence moyenne entre la température de la surface du corps T_s (généralement estimée à 35°C) et la température de l'air qui l'entoure T_a . (voir figure 03).

I.3.1.4. La température

³⁵ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings, Edition Earthscan 2011. Pages 119-120

« *One simple model or estimator of thermal comfort is air temperature* » R. D. Brown & T. J. Gillespie³⁶

D'après Brown & Gillespie, le niveau de confort dans les ambiances intérieures est aisément prédictible selon la température, ce qui n'est pas le cas dans les espaces extérieurs.

Car d'après eux , « *air temperature is less reliable estimator of thermal comfort in the landscape, owing to the variability of other atmospheric elements outdoors* », autrement dit, **la température de l'air ne pourrait servir de référence pouvant nous indiquer le niveau de confort d'un espace extérieur**, et ce , à cause de la complexité des multiples paramètres caractérisant le microclimat, comme : l'humidité, le rayonnement, le vent et les précipitations qui sont très variables.³⁷

La température affectant le confort de l'être humain dans un milieu urbain se présente sous deux formes : La température moyenne radiante T_{mrt} , et la température sol-air $T_{sol-air}$.

1.3.1.4.1. La température moyenne radiante

Les différents échanges radiatifs entre le corps humain et son environnement comprennent les radiations d'ondes courtes et d'ondes longues suivantes: ³⁸

I*	La radiation solaire Directe
Di	La radiation solaire Diffuse
Di_refl	La radiation solaire Réfléchi
Ei_sky	La radiation solaire Réfléchi par la voute céleste
Ei_surr	La radiation Infrarouge émise par les objets environnants

Ces flux constituent les échanges d'un homme debout (ou marchant) qui caractérisent la température moyenne radiante T_{mrt} . Celle- ci est définie théoriquement comme étant la température uniforme dans une boite noire, susceptible de résulter dans la même opération d'échanges radiatifs s'effectuant dans des conditions réelles. Elle est donnée par les formules suivantes :

$$T_{mrt} = \left[\frac{1}{\sigma} \cdot \sum_{i=1}^n \left(E_i + a_b \cdot \frac{D_i}{\epsilon_p} \right) \cdot F_i \right]^{0.25} \quad (\text{eq. 04})$$

³⁶ R. D. Brown & T. J. Gillespie Micromatic Landscape Design Opcit page 65

³⁷ Idem

³⁸ http://www.utci.org/utci_doku.php, Mean Radiant Temperature, Tmrt.doc

$$T_{mrt}^* = \left[T_{mrt}^4 + f_p \cdot a_b \cdot I^* / (\varepsilon_p \cdot \sigma) \right]^{0,25} \quad (\text{eq. 05})$$

Où : I^* = Rayonnement solaire Direct, D_i = Rayonnement solaire Diffus,
 E_i = Rayonnement par grande longueur d'onde, σ = La constante Stefan-Boltzmann,
 ε_p = Coefficient d'émission de l'homme, a_b = Coefficient d'absorption de l'homme,
 F_i = Le facteur d'angle, f_p = Facteur du plan de projection, n = Le nombre des surfaces environnantes.

Fanger (1970) a déjà décrit une approche détaillée de la T_{mrt} dans son rapport avec le facteur d'angle F_i (figure 04). Pour élargir son utilisation sur les différents niveaux du microclimat (notamment les structures urbaines), ce facteur d'angle a été limité à seulement deux types (dont l'un représente les surfaces environnante du bas, tandis que le deuxième représente la deuxième moitié supérieure, voute céleste) qu'il considère comme étant suffisants. Le facteur de la surface de projection, pour un être humain dépend de l'élévation du soleil, et est donné par l'équation suivante :³⁹

$$f_p = 0,308 \cos ((\gamma (1 - \gamma^2/48402))) \quad (\text{eq.06})$$

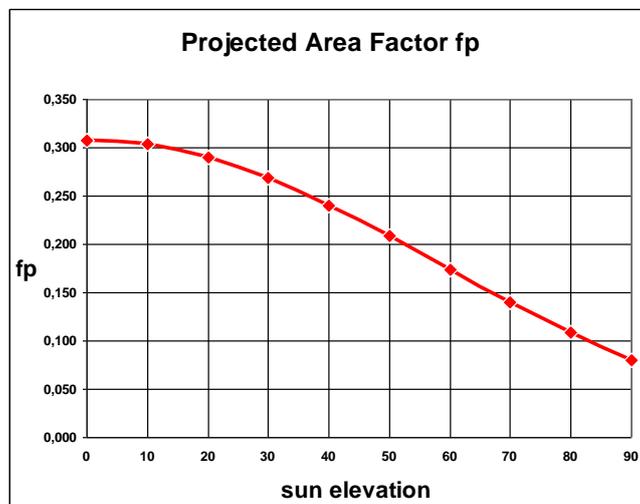


Figure I.04. Projected Area Factor f_p as function of the elevation γ of the sun in degrees, averaged over 360° azimuths (rotationally symmetric human being).

Il existe un moyen pour mesurer la température moyenne radiante qui a été développé originalement pour les espaces intérieurs, il s'agit du « globe thermometer » et qui a été

³⁹ http://www.utci.org/utci_doku.php, Mean Radiant Température Tmrt.doc

récemment adapté aux milieux urbains. Il permet de calculer T_{mrt} en établissant un équilibre entre la balance de rayonnement et l'échange de la chaleur par convection du globe. Il est à noter que le calcul de la T_{mrt} en se basant sur la température du globe exige une estimation exacte de la température de l'air et de sa vitesse dans l'environnement immédiat, sans oublier l'asymétrie du rayonnement et tant d'autres variables.⁴⁰

1.3.1.4.2. La température sol-air

Selon E. Erell et al.⁴¹, elle est définie comme étant la température qui suscite le même flux de chaleur sur une surface, et la même distribution de température à travers un matériau pouvant résulter de la température de l'air ainsi que l'échange radiatif net entre une surface et son environnement dans des conditions réelles. Nous pouvons l'estimer grâce à l'équation suivante :

$$T_{sol-air} = T_a + \frac{(K_{abs} - \varepsilon L^*)}{h_0} \quad (\text{eq.07})$$

Où: T_a est la température de l'air de l'environnement immédiat, K_{abs} est l'intensité de la radiation d'ondes courtes absorbée par la surface, L^* est la radiation nette d'ondes longues sur la surface, ε est l'émissivité en ondes longues de la surface et h_0 est le coefficient du transfert de la chaleur.

K_{abs} varie selon l'orientation de la surface par rapport au soleil, et est donnée par les deux équations suivantes :

$$K_{abs} = (1 - \alpha_h) I_{dir} SC_h \quad \text{pour les surfaces horizontales} \quad (\text{eq.08})$$

$$K_{abs} = (1 - \alpha_h) (\tan \theta_z \cos \phi) I_{dir} SC_v \quad \text{pour les surfaces verticales} \quad (\text{eq.09})$$

Où: I_{dir} est le rayonnement direct incident sur une surface horizontale entièrement exposée, α_h est l'albédo de la surface, SC_h et SC_v sont les coefficients de l'ombre projetée d'une surface horizontale et verticale respectivement.

La radiation nette d'ondes longues L^* est s'avère toutefois difficile à estimer lorsqu'on ignore la température de la surface. En estimant $T_{sol-air}$ dans un tissu urbain très dense ayant un petit SVF, elle peut être négligée du moment que les différents échanges thermiques ainsi que la différence de température sont plutôt minimales. Mais si la surface est

⁴⁰ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings, Edition Earthscan 2011.

⁴¹ Idem

exposée au soleil, un calcul itératif s'avérerait nécessaire pour obtenir $T_{sol-air}$. Le coefficient h_o dépend de plusieurs facteurs, comme la forme de la surface et son orientation, et surtout de la vitesse de l'air.

Etant donné les incertitudes quant au calcul de la température sol-air, une bonne estimation des rayonnement d'ondes longues exigerait de mesurer les rayonnement surfaciques directement plutôt que de les calculer car souvent inexactes.

I.3.2. L'humidité

L'intérêt lié à la connaissance de la valeur de l'humidité relative à partir de laquelle les usagers des espaces publics perçoivent l'air humide, est telle qu'elle permet de fixer les seuils au-delà et en deçà desquels la sensation de confort est altérée.

Selon Szokolay (2004), L'effet de l'humidité relative sur le confort de l'être humain est négligeable lorsqu'elle est comprise entre (30% et 50%), Mais elle triple souvent l'effet thermique dans la mesure où l'homme produit plus d'énergie à travers l'activité qu'il exerce (Goulding et al, 1993, cité par Potvin,1997).

Cependant, il est nécessaire de noter qu'une augmentation de l'humidité de l'air n'affectera pas le taux de sueur, mais diminuera certainement la perte de la chaleur théorique maximum par l'intermédiaire de l'évaporation et de l'humidité efficacement décroissante de la peau.⁴² Rappelons que son effet n'est pas aussi important que dans les espaces intérieurs, car le mouvement de l'air et le vent qui caractérisent les espaces extérieurs tendent à mixer et homogénéiser l'air chargé d'humidité.

I.4. Les stratégies d'adaptation

Les études qui eurent pour objets le confort thermique dans les espaces extérieurs, ont révélé qu'une approche purement physiologique est inadéquate, voire insuffisante pour

⁴² A. Mathai, N. Rabadi et N. Grosland, *Gitigal Human Modeling and Virtual Reality for FCS*. Technical report in C. Kedissa, *Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain*. Mémoire de magister, 2010.

caractériser les manières d'adaptation aux conditions thermiques dans les espaces extérieurs (W. Yang et al. 2013).⁴³

En effet, le confort thermique implique un ajustement comportemental (personnel, environnemental, technologique ou culturel) ainsi qu'un ajustement physiologique ayant trait à l'acclimatation génétique de l'individu (M. Nikolopoulou et al. 2001), sans pour autant oublier le facteur psychologique. Tous ces facteurs jouent un rôle très important dans l'évaluation de l'environnement thermique dans lequel nous vivons.⁴⁴

Selon Givoni et al. (2003), « le corps humain prend du temps pour s'adapter lorsque les conditions thermiques changent », il faut donc une exposition relativement longue aux nouvelles conditions thermiques pour mieux aider les gens à être plus tolérants.

L'adaptation au confort thermique constitue un élément important à inclure dans toute évaluation du confort thermique des espaces extérieurs, il dépend de plusieurs paramètres dont essentiellement :

-le degré de fréquentation, et qui démontre à la fois la popularité et le confort que procure le lieu en question, ainsi que les mesures à prendre pour connaître la période la plus fréquentée et la moins fréquentée au cours de l'année ,

-Le temps d'exposition, et qui varie d'une personne à une autre. Une personne sortant d'un théâtre ou d'une salle de cinéma ne percevra certainement pas l'environnement thermique extérieur de la même manière qu'une personne ayant assisté à un spectacle de patinage. Les deux environnements initiaux sont respectivement plus chaud et plus froid qu'à l'extérieur, impliquant un temps d'exposition plus ou moins long de la part de chacun pour éprouver un certain équilibre avec le nouvel environnement thermique.

-le comportement adaptatif : quand la personne est insatisfaite des conditions thermiques d'un espace, elle fait souvent, instinctivement, recours à des ajustements qui peuvent avoir une influence personnelle, environnementale ou culturelle.

1.4.1. Le niveau d'habillement

Il est exprimé en 'clo' est constitue un facteur dont l'impact est des plus significatifs.

Le niveau d'habillement suit les saisons de l'année, une tenue vestimentaire en hiver est généralement épaisse et doit être assez imperméable et assez isolante de manière à préserver

⁴³ in M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces : understanding the human parameter, Solar Energy, 2001,70:227-235 – S. Thorsson, M. Linsqvist, S. Linsqvist, Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteberg, Sweden, int J. Biometeorol 2004,48:149-156

⁴⁴ W. Yang, N. H. Wong, S. K. Jusuf, Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore, Building and environment 2013, 59: 426-435

la chaleur de l'individu, et minimiser les déperditions de celle-ci qui se libèreront surtout par convection, tandis qu'en été, c'est plutôt le contraire, les tenues vestimentaires sont encore plus légères permettant un échange plus grand avec l'air afin d'évacuer la chaleur et éviter la transpiration qui constitue en elle-même un signe d'inconfort.

*Tableau I. 02. Niveau d'habillement mesuré en clo⁴⁵
(Source : app.bruxellesenvironnement.be)*

Tenue vestimentaire	Habillement
Nu	0
Short	0,1
Tenue tropicale type (short, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et sandales)	0,3
Tenue d'été légère (pantalon léger, chemise à col ouvert et à manches courtes, chaussettes légères et chaussures)	0,5
Tenue de travail légère (chemise de travail en coton à manches longues, pantalon de travail, chaussettes de laine et chaussures)	0,7
Tenue d'intérieur pour l'hiver (chemise à manches longues, pantalon, pull-over à manches longues, chaussettes épaisses et chaussures)	1,0
Tenue de ville traditionnelle (complet avec pantalon, gilet et veston, chemise, chaussettes de laine et grosses chaussures)	1,5

1.4.2. L'effort physique

Le confort thermique est étroitement lié à l'activité qu'exerce l'homme. On sait tous que le corps exerçant une activité, consomme de l'énergie, produit de la chaleur, et pour sentir le confort, il doit être en équilibre avec son environnement thermique.

Par processus métabolique, le corps humain produit de la chaleur de manière constante tant qu'il est en vie. La perte de chaleur moyenne du corps est comprise entre 70W et 700W selon le niveau d'activité. Pour Gômez et al (2004), l'équilibre thermique du corps humain consiste à maintenir une température du corps entre 36,5°C et 37°C. Augmenter ou réduire la

⁴⁵ <http://app.bruxellesenvironnement.be/energieplus/fr/CDRom/mesures/mesconforttherm.htm#nbx10005>

température du corps au-delà ou en-deçà de cet intervalle suscite l'inconfort. Quand la température du corps atteint 40°C , les problèmes de la circulation sanguine apparaissent et peuvent conduire le sujet à l'état de coma si elle atteint 41°C.⁴⁶

Réduire ou augmenter le niveau de l'effort physique constitue une manière plus ou moins instinctive dont l'homme a souvent recours pour équilibrer l'échange thermique avec son entourage et trouver le confort.

I.4.3. Le déplacement (la transition physique)

«The experience of space in architecture is dynamic with periodic or constant movement between areas of building or between inside and outside»⁴⁷ (Potvin, 2000)

Le déplacement de l'homme dans l'espace à la recherche du confort compte parmi les formes les plus primitives d'adaptation. Selon Ahmed Ouameur, « La transition permet à l'usager d'améliorer les conditions de son confort en s'ajustant à de nouveaux environnements plus appropriés offerts par la structure physique de la ville. Cette dynamique est plus importante lorsque la ville offre une grande diversité environnementale. »⁴⁸

Tout comme le niveau d'habillement que l'homme choisit afin d'installer un équilibre énergétique entre son corps et l'environnement, il se déplace aussi à la recherche d'un mur plus chaud car exposé au soleil, ou d'un coin moins venteux lorsqu'il éprouve un inconfort lié au froid. Si au contraire, les conditions thermiques sont caractérisées par une grande chaleur, l'homme aura tendance à chercher des endroits frais, ombragés sous les canopées naturelles (arbres) ou bâties , ou des endroits ayant un mouvement d'air important.

Ceci donne à l'architecte une certaine liberté de choix quand à l'aménagement d'un espace public donné , du moment qu'il peut l'enrichir en fournitures procurant chaleur ou fraîcheur selon des degrés différents, anticipant ainsi le comportement de déplacement de l'homme dans cet espace sans pour autant créer un environnement rigide qui certainement n'atteindrait jamais le degré de satisfaction absolu à cause de la subjectivité de chaque individu.

Malheureusement, l'adaptation représente toujours un défi dans le champ d'étude du confort thermique de l'homme dans les espaces extérieurs, notamment urbains, et ce à cause de la complexité et la nature contradictoire des réponses des gens face à l'environnement

⁴⁶ Ahmed Ouameur Fouad, Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics, Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 2007

⁴⁷ Potvin A., Assessing the microclimate of urban transitional spaces, Architecture, City, Environment, Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture) :.581-586.

⁴⁸ Ahmed Ouameur Fouad, Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics, Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 2007

thermique (révélé par les recherches menées par W. Yang et al. 2013)⁴⁹, et devrait faire l'objet de recherches plus poussées dans le futur.

Cependant, comme le confirme Brager et al. , les chercheurs ont admis à l'unanimité que l'auto contrôle individuel dans son environnement est de loin la meilleure solution du point de vue confort et satisfaction.⁵⁰

I.5. Les indices d'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs

I.5.1. Vue d'ensemble sur les différents indices

Devant la documentation abondante traitant le confort thermique de l'être humain dans les espaces intérieurs, il y a plusieurs chercheurs ont traité les espaces extérieurs, notamment urbains. Cette prise en considération exige des facteurs additionnels généralement difficiles à contrôler comme : la radiation solaire, les vents, l'activité de l'être humain, le taux d'évaporation par transpiration...etc.

Les indices récoltés dans le présent chapitre sont tirés des études de L. Monteiro ayant décrit les spécificités de chaque indice, et de F. Ali-Toudert ayant trié ces indices selon qu'ils soient empiriques ou rationnels.

Selon cette dernière , « l'environnement thermique dépend de plusieurs facteurs, et ne se limite pas à un seul, comme la température de l'air qui constitue en elle-même un facteur très influent »⁵¹, ces facteurs constituent cependant une combinaison du fait que « le corps humain a plusieurs sens et perçoit l'environnement thermique tel une entité »⁵².

Dans le tableau 03, les cinq premiers indices font partie des modèles empiriques, ne considérant pas l'aspect physiologique de l'homme comme : le type d'activité, le niveau d'habillement ainsi que les données personnalisées se rapportant à la taille, l'âge et le sexe. Le reste des indices sont rationnels, et donc plus pertinents du fait qu'ils ont émergé avec les

⁴⁹ W. Yang, N. H. Wong, Steve Kardinal Jusuf, Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces in Singapore, Building and environment 59 (2013) 426-435.

⁵⁰ G. Brager, M. Foutain, R. J. de Dear, Expectation of indoor climate control, Energy and buildings, 1996,24:179-182

⁵¹ F. Ali Toudert, Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate, Thèse de doctorat, Freiburg, Novembre 2005, Page 41

⁵² Idem

techniques numérisées sur ordinateur, et sont, par conséquent, plus reliés à la balance énergétique de l'homme.

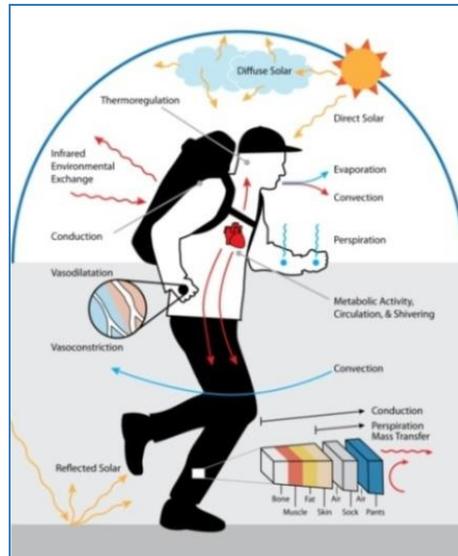


Figure I.05. Le modèle Berkeley grâce auquel on peut localiser la sensation thermique de l'homme et les indices de confort⁵³

Tableau I.03 : Selection des indices de confort thermiques des espaces intérieurs et extérieurs (source : F. Ali-Toudert page 42)

⁵³ http://www.thermoanalytics.com/human_simulation_technology

Index	Definition
Empirical indices	
ET Effective Temp.	set in Monograms and represent the instantaneous thermal sensation estimated experimentally as a combination of T_a , RH and v
RT Resultant Temp.	comparable to ET but tested for a longer time to meet assumed thermal equilibrium
HOP Humid Operative Temp.	temperature of a uniform environment at a relative humidity RH = 100% in which a person loses the same total amount of heat from skin as the actual environment (comparable to ET* but RH equals 50% for HOP)
OP Operative Temp.	arithmetic average of T_a and T_{mrt} , that is including solar and infrared radiant fluxes weighted by exchange coefficients
WCI Wind Chill Index	based on the rate of heat loss from exposed skin caused by wind and cold and is function of T_a and v , suitable for winter conditions
Rational indices	
ITS Index of Thermal Stress	assumes that within the range of conditions where it is possible to maintain thermal equilibrium, sweat is secreted at sufficient rate to achieve evaporative cooling.
HSI Heat Stress Index	ratio of the total evaporative heat loss E_{sk} required to thermal equilibrium to the maximum of evaporative heat loss E_{max} possible for the environment, for steady-state conditions ($S_{skin} = S_{core} = 0$) and $T_{sk} = 35^\circ\text{C}$ constant
ET* new Effective Temp.	temperature of a standard environment (RH = 50%, $T_a = T_{mrt}$, $v < 0.15 \text{ ms}^{-1}$) in which the subject would experience the same sweating SW and T_{sk} as in the actual environment. It is calculated for light activity and light clothing.
SET* Stand. Effective Temp.	similar to ET* but with clothing variable. Clothing is standardized for activity concerned.
OUT_SET* Out. Stand. Eff. Temp.	similar to SET* but adapted to outdoors by taking into account the solar radiation fluxes. Reference indoor conditions are: $T_{mrt} = T_a$; RH = 50%; $v = 0.15 \text{ ms}^{-1}$.
PMV and PT Predicted mean vote Perceived Temp.	PMV expresses the variance on a scale from -3 to +3 from a balanced human heat budget and PT the temperature of a standardized environment which achieves the same PMV as the real environment. Clothing and activity are variables.
PET Physiol. Equiv. Temp.	temperature at which in a typical indoor setting: $T_{mrt} = T_a$; VP = 12h Pa; $v = 0.1 \text{ ms}^{-1}$, the heat balance of the human body (light activity, 0.9clo) is maintained with core and skin temperature equal to those under actual conditions, unity °C.

D'une manière plus détaillée, nous allons donner une vue d'ensemble des indices, traitant cette fois-ci spécialement le confort thermique des espaces extérieurs, et ce, selon une chronologie susceptible de nous donner une idée meilleure sur l'évolution de ces indices et les corrections qui y ont eu lieu, ainsi que les spécificités de chacun. Il est à préciser que cette liste, ayant été triée dans le tableau 04, est tirée d'une étude réalisée par L. M. Monteiro et M. P. Alucci⁵⁴ :

Tableau I.04 : Vue d'ensemble chronologique sur les indices de confort thermique des les espaces extérieurs (Source : Auteur)

Indice	Auteur & date	Définition
--------	---------------	------------

⁵⁴ L. M. Monteiro & M. P. Alucci, Outdoor thermal comfort: comparison of results of empirical field research and predictive models simulation, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

ET <i>(effective Temperature)</i>	Houghton et al. 1923	-Calculée par la température du bulbe humide et sec et de la vitesse du vent
ET*	Glickman & Smith -1950-1958- 1963	-Considérant que l'ancien ET surestime le taux d'humidité relative, le nouveau ET* utilise un taux d'humidité de 50%
CET <i>(Corrected effective temperature)</i>	Vernon & Warner 1932	-Ont substitué la température de bulbe sec DBT par la température du globe GT. Cet indice a été adopté par ASHRAE en 1967 ⁵⁵
WCT <i>(wind chill temperature)</i>	Siple & Passel 1965	-cet indice a été développé grâce aux expériences effectuées dans l'antarctique $WCT = (12,15 + 11,6 \cdot v_{10} / 2 - v_{10}) \cdot (33 - t_a) \quad (\text{eq.10})$ Où : t_a = Température de l'air, v_{10} = vitesse de l'air à 10m, la température est comprise entre 9 °C et 10 °C, $v_{10} \leq 22,3m / s$
HSI <i>(Heat Stress Index)</i>	Belding & Hatch 1965	-Cet indice est relié à la balance énergétique humaine, avec quatre suppositions physiologiques : <ul style="list-style-type: none"> • L'évapotranspiration $E_{rsw} = M + R + C$ (eq.11) • Une contrainte physiologique E_{rsw} / E_{max} • Une température T_{sk} constante de la peau durant le stress thermique =35°C • Le taux maximum de transpiration est de 1litre/heure (équivalent de 390w/m²) $E_{rsw} = M + 22 \cdot (t_{mrt} - t_{sk}) + 2 \cdot v^{0,5} \cdot (t_a - t_{sk})$ $E_{max} = 10 \cdot v^{0,4} \cdot (p_{sk} - p_a) \quad (\text{eq.12})$

⁵⁵ ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating, and Air-Conditioning Engineers, 2005

		<p>Où : $\{ M + 22.(t_{mrt} - t_{sk}) \}$ représente les gains par rayonnement en Btu/h, et $2.v^{0,5}.(t_a - t_{sk})$ les gains par convection, $v =$ la vitesse de l'air en m/s, $t_{mrt} =$ la température moyenne radiante (en °F), $(p_{sk} - p_a)$ est la différence de la pression entre l'air et la peau , en mmHg.</p>
<p>WBGT (Wet Bulb Globe Temperature)</p>	<p>Yaglou & Minard 1957</p>	<p>-Cet indice est donné par la formule suivante :</p> $WBGT = 0,7.t_{wb} + 0,2.t_g + 0,1.t_a \quad (\text{eq.13})$ <p>$t_g =$ Température du globe, $t_{wb} =$ température du bulbe humide, $t_a =$ température de l'air en °C</p>
<p>SET* (new Standard Effective Temperature)</p>	<p>Gagge 1967</p>	<p>-Il s'agit de la température de l'air pendant laquelle, dans un environnement de référence , la personne a la même température de la peau T_{sk} et de mouillure (wetness) que dans un environnement réel. Les deux environnements suggérés (réel et de référence) sont équivalents en termes de confort et de contrainte physiologique.</p> <p>-Cet environnement de référence des définit par : $t_{mrt} = t_a$, $v_a = 0,15\text{m/s}$, $H_R = 50\%$, $M = 1,2 \text{ met}$, $\text{Habillement} = 0,9 \text{ clo}$</p>
<p>ITS (Index Thermal Stress)</p>	<p>Givoni 1969</p>	<p>-Cet indice prend en considération les échanges du flux de chaleur, le métabolisme et le niveau d'habillement, substituant la température de l'air t_a par la température du globe GT.</p> $ITS = \left\{ 0,8M + 20 + \alpha.v^{0,3}.(t_g - 35) + I_n.K_{pe}.K_{cl} \cdot [1 - a.(v^{0,2} - 0,88)] \right\} \exp \left[0,6.(0,8M + 20 + \alpha.v^{0,3}.(t_g - 35) / p.v^{0,3}.(42 - p_v) - 0,12 \right]$ <p>(eq. 14)</p>

		<p>Où : M =métabolisme local kcal/h, α = coeff. de convection de l'habillement, v =vitesse de l'air, t_g = température du globe, I_n =la radiation solaire normale (kcal/h), K_{pe} = coeff. Du sol, K_{cl} =coeff. D'habillement, a = radiation de l'habillement émise par petites ondes, p = coeff. D'évaporation de l'habillement, p_v =pression de la vapeur en mmHg.</p>
<p>HU (<i>Humidex</i>)</p>	<p>Masterton & Richardson 1979</p>	<p>-Indice qui se calcule par la température de l'air t_a et l'humidité H_R. Il est largement utilisé par les services météorologiques canadiennes pour alerter les gens en cas de stress thermique.</p> $HU = t_a + (5/9) \cdot [(6,112 \cdot 10^{7,5 \cdot t_{ar}/(237,7+t_{ar})} \cdot H_R / 100 - 10)]$ <p>(eq. 15)</p> <p>Où : t_{ar} =température de l'air et H_R =l'humidité relative</p>
<p>KMM/PMV (<i>Klima Michel Model/ Predicted Mean Vote</i>)</p>	<p>Jendritzky et al. 1979</p>	<p>-Klima Michel est le nom typique d'un homme allemand de 1,75m de taille, 75kg et marchant avec une vitesse de 4km/h, avec un habillement de 0,5clo, à partir duquel on déduit le PMV. Ce modèle est une adaptation de l'abséquation de Fanger avec intégration de la radiation d'ondes courtes numérisées en t_{mrt}.</p>
<p>COMFA (<i>Comfort formula</i>)</p>	<p>R. D. Brown & T. J. Gillespie 1995</p>	<p>-COMfort Formula est un moyen quantitatif d'évaluation du niveau de confort thermique dans les espaces extérieurs sous forme de budget énergétique, ayant pour point de départ l'équation :</p> $Budget = M + R_{abs} - Conv - Evap - TR_{emitted}^{56} \quad (eq.16)$

⁵⁶ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995- Page 169

		<p>Où : M = l'énergie du métabolisme que l'homme utilise pour se réchauffer, R_{abs} = la radiation absorbée (solaire et terrestre), $Conv$ = gain ou déperdition de chaleur sensible par convection, $Evap$ = déperdition de chaleur par évaporation, TR_{emise} = quantité de radiation terrestre donnée par émission</p> <p>-Le budget Comfa, donné en w/m^2, est traduit en différents niveaux de confort (ces niveaux varient selon chaque type d'espace extérieur et l'activité qui s'y déroule), le niveau de confort pour une place publique ou un square par exemple sont comme suit :⁵⁷</p> <p>Budget < -150 w/m^2 : la personne a très froid -150 < budget < -50 w/m^2 : la personne a froid -50 < budget < 50 w/m^2 : la personne est confortable 50 < budget < 150 w/m^2 : la personne a chaud 150 < budget : la personne a très chaud</p>
Menex (Man environment heat exchange)	Blazejczyk 1996	-C'est un indice basé sur la balance thermique, ayant pour spécificités: les pertes d'énergie par évaporation selon le sexe (homme 1, femme 0,8) – Echanges radiatifs dépendants de la nébulosité, considérés avec le rayonnement global, direct et diffus- la position du soleil quand la radiation ne figure pas parmi les données – le niveau d'habillement, l'albédo de la peau.
PSI (Potential Storage Index)	De Freitas 1997	-Il s'agit du potentiel hypothétique de stockage en chaleur d'une personne ayant une température constante de la peau $t_{sk} = 32^{\circ}C$ et un niveau d'habillement de 01 clo.
PET (Physiologic	Höppe 1999	-C'est la température de l'air équivalente dans laquelle, dans un environnement de référence, la balance thermique

⁵⁷ Idem page 173

<p>al Equivalent Temperature)</p>		<p>de l'homme, la température de sa peau t_{sk}, et la température de son corps t_c sont les mêmes que ceux dans un environnement quelconque .</p> <p>-L'environnement de référence est défini de la manière suivante : : $t_{mrt} = t_a$, $v_a = 0,1m/s$, $H_R = 50\%$, $M = 114w/m^2$ <i>Habillement</i> = 0,9 clo, $P_v = 12hPa$, $t_a = 20^\circ C$.</p>
<p>TS (Thermal Sensation)</p>	<p>Givoni & Naguchi 2000</p>	<p>-Cet indice est basé sur la radiation solaire et le vent en premier lieu, et considérant le niveau d'habillement par saison, l'humidité, la vitesse de l'air, la température surfacique t_s, ainsi que trois environnements différents : exposé au soleil/ ombragé / exposé au soleil mais protégé des vents.</p> <p>- la formule TS est comme suit :</p> $TS = 1,7 + 0,118.t_a + 0,0019.I_H - 0,322.v - 0,0073.H_R + 0,0054.t_{sent}$ <p>(eq. 17)</p> <p>Où : I_H = la radiation solaire incidente (w/m^2), H_R = l'humidité relative, et t_{sent} = la température surfacique moyenne de l'environnement.</p>
<p>NWCT (New Wind Chill Temperature)</p>	<p>Bluestein & Ozcewski 2002</p>	<p>-Sous sa nouvelle forme, cet indice considère la vitesse de l'homme de 4,8 km/h, la vitesse des vents, des échanges radiatifs ayant lieu durant une nuit à ciel clair et la température de gel (frosbite)</p>
<p>ASV (Actual Sensation Vote)</p>	<p>Nikolopoulou 2004</p>	<p>-Cet indice avait été développé dans le projet RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces), dont l'objectif est celui d'enrichir les premières étapes d'aménagement des espaces urbains en ressources suffisantes considérant le climat et les conditions urbaines. L'ASV est donc un modèle représentatif des conditions</p>

		<p>climatiques des villes européennes donné par la formule suivante :</p> $ASV = 0,0049.t_{ar} + 0,001.H + 0,051.v_{ar} + 0,014.H_R$ <p>(eq. 18)</p> <p><i>Cette équation est valide uniquement lorsque</i></p> $5^{\circ}C < t_{ar} < 35^{\circ}C$
<p>UTCI ⁵⁸(Universal Thermal Climate Index)</p>	<p>Jendritzky et al. 2009</p>	<p>-Ce dernier est basé sur les progrès scientifiques les plus récents reliés à la modélisation thermo-physiologiques. Il est développé à partir du concept de l'indice ET, impliquant un environnement de référence avec : $t_{mrt} = t_a$, $H_R = 50\%$ (ne dépassant pas 20hPa) auquel toutes les conditions climatiques sont comparées.</p> <p>-L'UTCI prend en considération :</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. L'adaptation comportementale par rapport au niveau d'habillement observé sur la majorité de la population en relation avec la température de l'environnement , 2. La distribution des vêtements sur le corps et ses parties non recouvertes , 3. La réduction de la résistance thermique et évaporative de l'habillement à cause des vents et du mouvement de l'homme qui, selon ce modèle, se déplace avec une vitesse de 4km/h. <p>- Les contraintes établies pour cet indice sont :</p> <ul style="list-style-type: none"> • La t_{mrt} est comprise entre 30°C et 70°C • La pression de la vapeur $\leq 50hPa$ • t_a comprise entre -50°C et +50°C • La vitesse du vent donnée à 10m de hauteur

⁵⁸ <http://www.utci.org/>

Cependant, Les indices de confort dans les espaces extérieurs se sont toujours heurtés au problème de la température moyenne radiante T_{mrt} , étant très difficile à déterminer car très changeante d'un lieu à un autre et du fait qu'elle dépend des conditions de ces lieux qui peuvent être ensoleillés, ombragés ou semi-ombragés.⁵⁹

Pour finir, il est important de préciser que ces indices ne donnent pas chacun une évaluation absolue à cause de la grande variabilité des paramètres microclimatiques ainsi que la complexité des interactions entre les manières d'adaptation psychologique et physiologiques. Néanmoins, ils demeurent une base solide susceptible d'estimer la qualité de l'environnement thermique, et qui devrait, par ailleurs, être ajusté à l'adaptation physique de l'individu (en termes de métabolisme et d'habillement) chose qui n'est pas tributaire du site⁶⁰.

1.5.2. La méthode ComFA

COMfort Formula est avant tout un outil simplifié d'aménagement des paysages (urbains, ruraux, forestier, élaboré en 1995 par Brown et Gillespie.

En tant que modèle quantitatif évaluant le niveau de confort thermique des espaces extérieurs, la formule COMFA s'exprime sous forme de budget énergétique, qui considère tous les flux de rayonnement absorbés ou rejetés par une personne. Elle part du principe que tous les éléments du paysage contribuent ensemble à modifier le rayonnement terrestre (longwave) de part leur habilité à absorber et stocker le rayonnement solaire, ainsi que leur habilité à émettre le rayonnement dit terrestre.

Les surfaces minéralisée (pavés, bâtiments...etc) réfléchissent les rayons solaires, les convertissent en chaleur et les réémettent avec une intensité qui est fonction de l'albédo, la conductance, l'émissivité et la capacité thermique du matériau de la surface. La végétation agit de la même manière avec quelques différences dues à la balance énergie-eau de son métabolisme qui la caractérise. Puisque devant les surfaces en béton ou en asphalte qui atteignent facilement des températures allant de 50°C à 70°C, le feuillage d'un arbre reste frais avec des températures qui varient dans l'intervalle de -1°C à +4°C.⁶¹ Dans ce qui suit, nous allons donner une vue d'ensemble plus ou moins détaillée de la formule, tirée de l'ouvrage

⁵⁹ <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm#comf>

⁶⁰ idem

⁶¹ <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm#comf>

« Microclimatic Landscape Design »⁶² ayant promu cette formule, dédiée spécialement aux espaces extérieurs et à leur aménagement de la façon la plus appropriée. Cette formule est utilisée pour quantifier le niveau de confort thermique d'une personne dans l'environnement extérieur, elle débute par l'équation basique suivante :

$$Budget = M + R_{abs} - Conv - Evap - TR_{emitted}$$

Où : M= l'énergie du métabolisme que l'homme utilise pour se réchauffer, R_{abs} =la radiation absorbée (solaire et terrestre), $Conv$ =gain ou déperdition de chaleur sensible par convection, $Evap$ = déperdition de chaleur par évaporation, $TR_{emitted}$ =quantité de radiation terrestre donnée par émission

La personne est d'autant plus proche des conditions de confort que Budget (NB) est près du zéro (NB≈0). D'après les deux auteurs de la formule (D. Brown & T. Gillespie 1995) « *if the budget is a large positive value, then a person would be receiving more energy than would be lost, so overheating would occur and the person would be uncomfortably warm. Conversely, if the budget is a large negative value, a person would be too cool* »⁶³

1.5.2.1. L'énergie métabolique⁶⁴

Elle est quantifiée de la manière suivante :

$$M = (1 - f) \cdot M^* \quad (\text{eq.19})$$

Où :

$$f = 0,150 - 0,0173e - 0,0014(T_a), \quad (\text{eq.20})$$

Tandis que M^* est fonction du niveau d'activité, comme détaillé sur le tableau suivant :

*Tableau I.05 : Les taux de production métaboliques selon l'activité de l'homme
(Source R. D. Brown & Gillespie 1995)*

⁶² Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995

⁶³ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995,

⁶⁴ Idem

<i>Metabolic Rates (M*) for Selected Activities</i>	
	<i>M* (W/m²)</i>
Sleeping	50
Awake, resting	60
Standing, sitting	90
Working at a desk or driving	95
Standing, light work	120
Walking slow (4 km/hr)	180
moderate (5.5 km/hr)	250
Short spurts of intense activity	600

1.5.2.2. Le

rayonnement (solaire/terrestre)⁶⁵

$$R_{abs} = K_{abs} + L_{abs} \quad (\text{eq.21})$$

Où K_{abs} est la radiation solaire totale absorbée et L_{abs} est la radiation terrestre

- La radiation solaire K_{abs} :

Son calcul prend en considération

- Le rayonnement direct, transmis à travers n'importe quelle canopée « T »
- Le rayonnement diffus reçu directement du ciel « D »
- Le rayonnement diffus réfléchi par les arbres et les objets existant dans l'hémisphère céleste « S »
- Le rayonnement réfléchi par le sol « R »

La somme des quatre types de rayonnement est alors multipliée par (1-Albedo) pour déterminer la quantité qu'absorberait le sujet :

$$K_{abs} = (T + D + S + R).(1 - A) \quad (\text{eq.22}) \quad \text{Où :}$$

- $T = \left\{ \left[\frac{(K - K_d)}{\tan e} \right] / \pi \right\} . t$ (K_d et K sont respectivement : le rayonnement diffus et le rayonnement total reçu sur une surface horizontale)
- $D = K_d . SVF$ (eq.23)
- $S = [K_d . (1 - SVF)] . A_0$ (eq.24) (A_0 est l'albédo des objets existant dans l'hémisphère céleste)

⁶⁵ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995,, Appendix B

- $R = K.t.A_g$ (eq.25) (A_g est l'albédo du sol « ground », t est le coefficient de transmission des objets existant dans l'hémisphère céleste)

- La radiation terrestre L_{abs} :

Son calcul prend en considération

- Le rayonnement terrestre émis par la proportion visible du ciel, reçu par la personne V
- Le rayonnement reçu de tous les objets existant dans l'hémisphère du ciel F
- Le rayonnement émis par le sol, G
- l'Emissivité de la personne soumise à ces conditions E

Le rayonnement terrestre est donc donné par l'équation suivante :

$$L_{abs} = \{[0,5.(V + F)] + (0,5.G)\}E \quad (\text{eq.26})$$

où :

- $V = L.SVF$ (eq.27) (L étant le rayonnement réémis par la voute céleste)
- $F = (E.[5,67.10^{-8}]T_0^4) - 171$ (eq.28) (T_0 est la température de chaque objet)
- $G = (E.[5,67.10^{-8}]T_g^4)$ (eq.29) (T_g est la température du sol)

1.5.2.3. Convective heat loss/gain⁶⁶

Elle est donnée par l'équation suivante :

$$CONV = 1200.(T_c - T_a)/(r_t + r_c + r_a) \quad (\text{eq.30})$$

Où T_c est la température du corps (estimé à 36,5°C majoré en fonction du métabolisme)

r_t est la résistance du corps à la chaleur, r_c est la résistance de l'habillement, et r_a est la résistance de tout ce qui entoure le corps.

⁶⁶ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Appendix A

Tableau I.06 : Les valeurs d'isolation et de perméabilité des ensembles vestimentaires typiques pour application dans la formule ComFA (Source R. D. Brown & Gillespie 1995)

	r_{co}	P
A: T-Shirt, short pants, socks, running shoes	50	175
B: T-Shirt, long pants, socks, shoes or boots	75	150
C: T-Shirt, long pants, socks, shoes, windbreaker	100	100
D: Shirt, long pants, socks, shoes, windbreaker	125	65
E: Shirt, long pants, socks, shoes, sweater	175	125
F: Shirt, long pants, socks, shoes, sweater, windbreaker	250	50

r_{co} = insulation value (s/m) and P = permeability of clothing ensemble

1.5.2.4. Evaporative heat loss⁶⁷

Elle est donnée par l'équation suivante :

$$EVAP = E_i + E_s \quad (\text{eq.31})$$

- $E_i = 5,24 \cdot 10^6 \cdot (q_s - q_a) / (r_{cv} + r_{av} + r_{iv})$ (eq.32) représentant la perspiration insensible à travers la peau
- $E_s = 0,42 \cdot (M - 58)$ (eq. 33) représentant la perspiration sensible à travers la peau

Où : v dénote la résistance à la vapeur d'eau, q_s et q_a , sont respectivement la saturation spécifique à la température de la peau et le point de rosée de l'air.

1.5.2.5. Terrestrial Radiation emitted by a person⁶⁸

Elle est donnée par l'équation suivante :

$$TR_{emitted} = 5,67 \cdot 10^{-8} \cdot (T_s + 273)^4 \quad (\text{eq.34})$$

Où T_s , la température surfacique du corps de la personne :

$$(T_s - T_a) / r_a = (T_c - T_a) / (r_t + r_c + r_a) \quad (\text{eq.35})$$

1.5.2.6. L'évaluation ComFA – estimation du Budget Énergétique

Le résultat qui donne le budget énergétique de la personne soumise aux conditions dument calculées, sera traduit en niveaux de confort comme suit :

⁶⁷ Idem

⁶⁸ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Appendix A

- **Budget < -150 w/m² : la personne a très froid**
- **-150 < budget < -50 w/m² : la personne a froid**
- **-50 < budget < 50 w/m² : la personne est dans un état confortable**
- **50 < budget < 150 w/m² : la personne a chaud**
- **150 < budget : la personne a très chaud**

Nouq Remarquons que la formule ComFA prend en compte le degré d'élévation du soleil (l'altitude du soleil), la température de l'air, la vitesse du vent, l'humidité relative, le niveau d'habillement et sa résistance, la quantité du rayonnement absorbée et le SVF. Ce qui en fait un moyen d'évaluation pratiquement complet susceptible de nous donner l'état thermique de n'importe quel espace dans l'environnement extérieur sous forme de budget, permettant ainsi d'y apporter des améliorations à travers diverses possibilités d'aménagements.

I.5.3. L'indice UTCI : Universal Thermal Climate Index

I.5.3.1. Définition

L'UTCI se définit comme étant la température de l'air (T_a) de l'environnement de référence susceptible de causer le même modèle de réponse que dans les conditions réelles. Le décalage et la déviation de l'UTCI de la température de l'air dépend des valeurs réelles de la température de l'air (T_a) et la température moyenne radiante (T_{mrt}), de la vitesse du vent (V_a) et l'humidité exprimée en pression de vapeur d'eau ou sous en taux d'humidité relative (RH) (Figure I.06). Il est donné par l'équation suivante :

$$UTCI = f(T_a, T_{mrt}, v_a, v_p) = T_a + \text{Offset}(T_a, T_{mrt}, v_a, v_p) \quad (\text{eq.35})^{69}$$

⁶⁹ K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann, AN INTRODUCTION TO THE UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI) Geographia Polonica 2013, Volume 86, Issue 1, pp. 5-10

• Idem

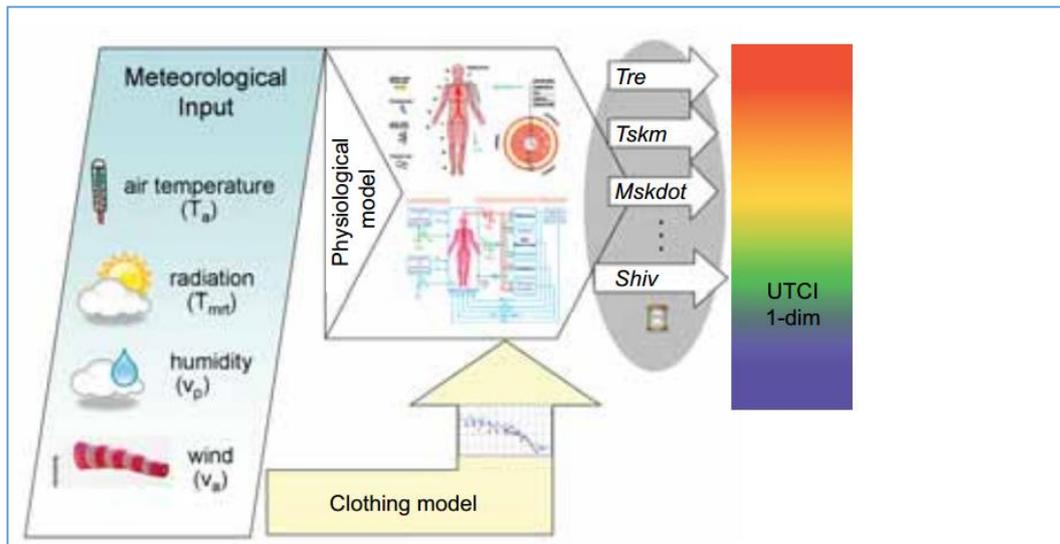


Figure I.06 : Le concept UTCI dérivé du ET
 Source : UTCI-Fiala model (Fiala et al. 2012)

Cet indice est le résultat des travaux d'une commission ayant été organisée par la Société Internationale de Biométéorologie (ISB) avec 14 membres de 8 pays dans le but d'établir un moyen international d'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs.

Le point essentiel de l'UTCI est qu'il doit toujours avoir la même signification thermo physiologique, et ce, indépendamment de la combinaison des différentes données météorologiques. Ainsi, tout indice qui tient compte des mécanismes d'échanges énergétiques est considéré comme étant valide à l'échelle universelle, et de là, applicable pour tout type de climat, dans toutes les régions, en toute saison, et sur toutes les échelles.

L'objectif de l'UTCI est celui :

- D'être significatif thermo physiologiquement au niveau du champ d'échange énergétique tout entier,
- D'être utile et applicable en biométéorologie humaine, (prévisions climatiques, préventions, en bioclimatologie urbaine (aménagement et ingénierie des espaces extérieurs), la récréation et la climatothérapie, cartographie bioclimatique sur toutes les échelles, les études épidémiologiques...etc)

Notons que l'UTCI a initialement été développé à partir du concept de l'équivalente température « ET », ce qui a donné lieu à un environnement de référence avec un taux d'humidité relative de 50% (ne dépassant pas 20hPa), et toujours avec une température moyenne radiante égale à la température de l'air. Toutes les conditions climatiques sont alors comparées à l'environnement de référence. Sa valeur est multidimensionnelle puisqu'elle prend

en considération : la température interne du corps, le taux de sudation, la température à la surface de la peau, etc.⁷⁰

I.5.3.2. Conditions de référence

L'application de l'environnement de référence exige que ce dernier et le modèle dynamique du contexte soient identifiés. Pour arriver à convertir l'impact climatique en une seule et unique valeur, les conditions de références doivent être définies conformément aux expériences approuvées par la majorité des gens, et qui en plus, engloberaient le spectre de toutes les zones climatiques sur lesquelles cet indice serait appliqué.

Les valeurs métaboliques MET ainsi que les propriétés thermiques de l'habillement (isolation, résistance à la vapeur et imperméabilité) ont été prises en compte. La commission organisée par l'ISB⁷¹ en 2000 avait défini un modèle représentatif comme suit :⁷²

La personne marchant avec une vitesse de 04km/h (1,1m/s) avec une production métabolique de 2,3 MET (autrement dit, une consommation 135w/m²).

Pour l'environnement de référence, il a été décidé d'utiliser : une vitesse de vent $V_a = 0,5\text{m/s}$ à une hauteur de 10m, $T_{mrt} = T_a$, HR= 50% quand il s'agit de températures élevées (>29°C), l'humidité de référence est constante à 20 hPa.⁷³

I.5.3.3. Classement des niveau de confort thermique (stress thermique)

Ci-dessous (tableau 07), un détail des différents niveaux de confort tels qu'ils ont été approuvés par l'UTCI :

Tableau I.07 : UTCI classé en termes de stress thermique

⁷⁰ <http://www.utci.org/> (Freiburg, Germany, October 15, 2009)

⁷¹ Société Internationale de Biométéorologie

⁷² Idem

⁷³ K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann, AN INTRODUCTION TO THE UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI) Geographia Polonica 2013, Volume 86, Issue 1, pp. 5-10

Source : K. Błażejczyk et al. 2013

UTCI (°C) range	Stress Category	Physiological responses
above +46	extreme heat stress	<ul style="list-style-type: none"> - increase in T_{re} time gradient - steep decrease in total net heat loss - averaged sweat rate >650 g/h, steep increase
+38 to +46	very strong heat stress	<ul style="list-style-type: none"> - core to skin temperature gradient < 1K(at 30 min) - increase in T_{re} at 30 min
+32 to +38	strong heat stress	<ul style="list-style-type: none"> - dynamic Thermal Sensation (DTS) at 120 min >+2 - averaged sweat rate > 200 g/h - increase in T_{re} at 120 min - latent heat loss >40 W at 30 min - instantaneous change in skin temperature > 0 K/min
+26 to +32	moderate heat stress	<ul style="list-style-type: none"> - change of slopes in sweat rate, T_{re} and skin temperature: mean (T_{skm}), face (T_{skfc}), hand (T_{skhn}) - occurrence of sweating at 30 min - steep increase in skin wettedness
+9 to +26*	no thermal stress	<ul style="list-style-type: none"> - averaged sweat rate > 100 g/h - DTS at 120 min < 1 - DTS between -0.5 and +0.5 (averaged value) - latent heat loss >40 W, averaged over time - plateau in T_{re} time gradient
+9 to 0	slight cold stress	<ul style="list-style-type: none"> - DTS at 120 min < -1 - local minimum of T_{skhn} (use gloves)
0 to -13	moderate cold stress	<ul style="list-style-type: none"> - DTS at 120 min < -2 - skin blood flow at 120 min lower than at 30 min (vasoconstriction) - averaged T_{skfc} < 15°C (pain) - decrease in T_{skhn} - T_{re} time gradient < 0 K/h - 30 min face skin temperature < 15°C (pain) - T_{msk} time gradient < -1 K/h (for reference)
-13 to -27	strong cold stress	<ul style="list-style-type: none"> - averaged T_{skfc} < 7°C (numbness) - T_{re} time gradient < -0.1 K/h - T_{re} decreases from 30 to 120 min - increase in core to skin temperature gradient
-27 to -40	very strong cold stress	<ul style="list-style-type: none"> - 120 min T_{skfc} < 0°C (frostbite) - steeper decrease in T_{re} - 30 min T_{skfc} < 7°C (numbness) - occurrence of shivering - T_{re} time gradient < -0.2 K/h - averaged T_{skfc} < 0°C (frostbite). - 120 min T_{skfc} < -5°C (high risk of frostbite)
below -40	extreme cold stress	<ul style="list-style-type: none"> - T_{re} time gradient < -0.3 K/h - 30 min T_{skfc} < 0°C (frostbite)

Ce classement a été obtenu grâce à la simulation des réponses physiologiques, donnant lieu a des catégories de stress thermiques allant de l'extrême froid à l'extrême chaud.

Selon Błażejczyk et al. 2012, l'UTCI qui a été comparé aux autres indices traitant le confort thermique de l'être humain dans les espaces extérieurs, à savoir: Effective Temperature – ET, Wet-Bulb Globe Temperature – WBGT, Heat Stress Index – HSI, Wind Chill Temperature – WCT, Perceived Temperature – PT, Physiological Equivalent Temperature –

PET, Standard Effective Temperature – SET*, Physiological Subjective Temperature – PST, and Physiological Strain – PhS) a révélé que l’UTCI est le plus représentatif des conditions biothermiques humaines que les autres indices⁷⁴.

I.6. Conclusion

Dans le chapitre que nous venons de développer, nous avons traité de la notion de confort et défini les conditions de confort thermique dans les espaces extérieurs. Aussi les paramètres définissant ce confort dans l’espace extérieur ont été abordés. Nous avons abouti à l’affirmation que la plupart de ces indices, illustrent le confort de l’homme en tant que combinaison où interagissent température, vent, humidité et le niveau d’habillement.

Nous avons constaté que :

- Le rayonnement (solaire, et terrestre) comme paramètre prédominant dans l’espace extérieur est incontournable (K. Nikolopoulou, et al. 2010), et le niveau de confort de l’homme est fonction des longueurs d’ondes du rayonnement qu’il subit dans n’importe quel espace (R. D. Brown & Gillespie 1995, Kessler 2006, J. K. Vanos 2011),
- Que peu de recherches ont eu de l’intérêt pour cette réalité, si ce n’est la température moyenne radiante qui, jusqu’à présent, reste difficile à déterminer⁷⁵, et ne peut atteindre le degré d’exactitude souhaité.
- La majorité des indices cités dans ce chapitre sont plus applicables dans les espaces intérieurs que dans ceux extérieurs⁷⁶, si ce n’est la méthode ComFa où Température, Humidité, rayonnement (solaire et terrestre), vent, albédo, SVF, position de soleil, végétation, niveau d’habillement, type d’activité, sont tous pris en considération pour déterminer l’état de confort de l’homme qui les subit.
- L’UTCI constitue un néo-ET en quelque sorte, et même s’il a été calibré pour les microclimats, il utilise les données météorologique bruts, et de surcroît, il a intégré le comportement adaptatif de l’homme dans les conditions de références qu’il propose.

⁷⁴ K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann, An introduction to The Universal Thermal Climate Index (UTCI) *Geographia Polonica* 2013, Volume 86, Issue 1, pp. 5-10

⁷⁵ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, *Urban Microclimate, Designing the Spaces Between Buildings*, Edition Earthscan 2011.

⁷⁶ L. M. Monteiro & M. P. Alucci, *Outdoor thermal comfort: comparison of results of empirical field research and predictive models simulation*, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil

- Par ailleurs, le vent, est aussi important que le rayonnement, et décide du taux de déperdition de l'énergie de l'homme qu'il emporte avec lui en se déplaçant (ce phénomène augmentant avec l'effet de turbulence), donc responsable d'une grande partie du transfert de la chaleur entre l'homme et son environnement.⁷⁷

Enfin, nous pouvons avancer que la méthode ComFA est un moyen pertinent d'évaluation de l'aménagement des espaces extérieurs, et ce, en se basant sur les opportunités qu'offrent chaque paramètre à part, ainsi que les combinaisons stratégiques des différents paramètres susceptibles d'apporter la meilleure réponse possible quant au confort de l'homme, et d'apporter des corrections, voire une aide précieuse, aux places publiques jusque là désertées, et dont la réhabilitation s'impose comme la solution incontournable.

Le rayonnement (solaire et thermique) ainsi que le vent, seraient la base sur laquelle nous ferons ressortir les éléments de décisions à prendre lors d'une tentative de réhabilitation. Les autres paramètres y feront part une fois les priorités fixées, pour constituer avec , des combinaisons efficaces.

⁷⁷ M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces : understanding the human parameter, *Solar Energy*, 2001,70:227-235 – S. Thorsson, M. Linsqvist, S. Linsqvist, Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteberg, Sweden, *int J. Biometeorol* 2004,48:149-156



To

CHAPITRE II:
Le microclimat



I.7. Introduction

Les aménagements urbains récents n'accordent pas une attention suffisante au climat, ce qui, par conséquent, affectent considérablement la durabilité de la région sur laquelle ils sont érigés, ne bénéficiant de pratiquement aucun des aspects positifs du microclimat comme l'abri du soleil et l'écoulement de l'air.(Schiller and Evans, 2000)⁷⁸.

Le climat local d'un milieu urbain peut être largement affecté par les caractéristiques thermo-physiques et géométriques, ainsi que les activités anthropogéniques et les sources de chaleur qui y sont présentes. L'intérêt croissant envers la question du microclimat est dû spécialement au fait qu'il possède un potentiel important susceptible d'assurer une bonne conservation de l'énergie ainsi que la durabilité des villes.

Dans le but d'installer le confort bioclimatique dans ces espaces, plusieurs tentatives de classification climatiques eurent lieu et ne cessent de se développer. Cette classification voulait trier les régions selon les caractéristiques climatiques similaires, dans lesquelles les gens auraient tendance à suivre certains modes de vie spéciaux. Cette classification a pris en considération les exigences de confort de l'homme, son habillement, son activité...etc.

Olgay, dans les années 60, a cité quatre types de climats distincts : Froid, Tempéré, Aride-chaud et Aride-humide⁷⁹ (Mahmoud 2011) dit que « chaque catégorie a ses propres besoins de protection des vents et de la pluie, d'occultation des rayons solaires, ce qui contribue de façon logique à conférer une identité propre à la région ».⁸⁰

Ce chapitre donnera les principaux éléments de compréhension des phénomènes énergétiques et microclimatiques urbains, en commençant par la présentation des éléments théoriques qui mènent à la définition du microclimat, de ses caractéristiques et de son échelle d'étude. La deuxième partie présentera les facteurs ayant le plus d'influence sur le microclimat ainsi que la manière de sa configuration à travers l'aménagement urbain.

⁷⁸ Schiller & Evan in *Urban Climate and Compact Cities in Developing Countries*, Spon Press 2000

⁷⁹ Ayman Hassan A. Mahmoud, *An analysis of bioclimatic zones and implications for design of outdoor built environment in Egypt*, *Building and environment* 2011 46: 605-620

⁸⁰ Said Mazouz, 2ème Workshop International, Université Mentouri, Constantine, Avril 2012.

I.8. Le microclimat

« When the climate of a region interacts with the local landscape, a unique microclimate is created »

(R. D. Brown & T. J. Gillespie 1995).

Le microclimat est une notion qui détient une connotation à la fois géographique et ambiante. Géographique car reliée au climat d'une ville, d'un quartier, d'une cour ou même d'une pièce à l'intérieur d'un bâtiment, et ambiante du fait qu'elle donne lieu à des caractéristiques spécifiques au lieu, le différencie de son entourage en créant « une ambiance », ce terme, peut à la fois faire allusion à un espace extérieur ou intérieur.

Cependant, ce qui nous importe dans le présent travail, ce sont les places publiques agrémentant ou simplement ponctuant le tissu urbain ainsi que le microclimat qui se crée à leur niveau. Ce dernier se définit alors en tant que modèle de petite échelle créé par les déviations dans le climat, éprouvées de place en place, à distance de seulement quelques kilomètres.⁸¹

De façon encore plus détaillée, Wijn et de Wilde (1960) définissent le microclimat comme étant « un ensemble de valeurs, de nature physique pour la plupart, qui caractérisent l'état du milieu, si elles dépendent très étroitement de conditions locales, telle la présence d'une colline, d'un bois, d'un lac, etc. la proximité de la surface de la terre est aussi considérée comme une condition locale. C'est pourquoi le climat de la couche terrestre proche du sol et celui de la couche du sol proche de la surface sont inclus dans cette étude. Les plus importants des éléments dont la valeur détermine le microclimat sont le rayonnement, la température, l'humidité, les précipitations, le vent et le transfert de chaleur et de vapeur d'eau.»⁸²

Enfin, nous pouvons résumer la définition du microclimat par « les conditions climatiques limitées à une région géographique très petite, significativement distinctes du climat général de

⁸¹ N. Gaitani, G. Mihalakakou, M. Santamouris, On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces, *Building and Environment* 2007, 42 :317-324

⁸² W. R. Van Wijn et J. de Wilde Rapport sur la microclimatologie, colloque general sur les problems de la zone aride, Paris 11-18 Mai 1960, Projet majeure relatif aux recherches scientifiques sur les terres arides, UNESCO

la zone où se situe cette région. Les biogéographes parlent aussi de bioclimat pour désigner les climats particuliers qui peuvent s'étendre sur des surfaces assez importantes sous l'influence de la structure écopaysagère (marais, forêts...) »⁸³

I.8.1. Microclimat et échelles climatiques

Le microclimat constitue la plus petite étendue de l'échelle climatique, qui selon Morris et Markus (1980) est limité à 01 km dans le sens vertical et 0,01 km dans le sens horizontal (voir Figure II.01)

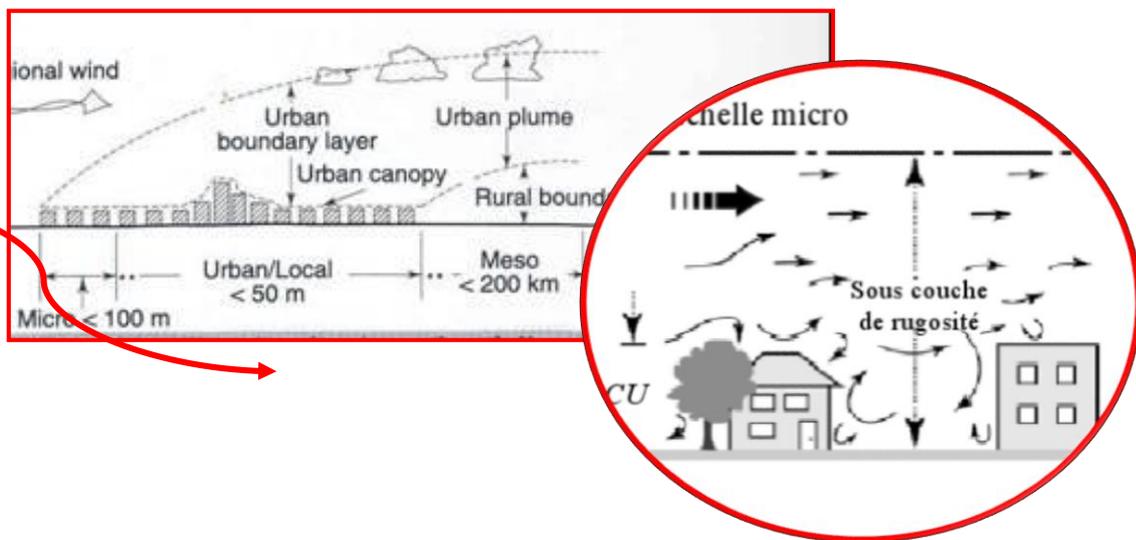


Figure II.01 : Le microclimat, échelle d'étude (de l'échelle méso à l'échelle micro)
(Source : Julien Bourier 2009, Adapté de Oke 2006)

Cependant, les facteurs du climat sont beaucoup plus nombreux à mesurer dans la mesure où l'espace concerné est plus réduit.⁸⁴ Voir Tableau 01 :

Tableau II. 01 : Facteurs environnementaux définissant les différentes échelles du climat

(Source : Schreck et al. 1989)

Echelle du climat	Facteurs affectant le climat
-------------------	------------------------------

⁸³ Gérard Houzard (1984), *Vers un classement des bioclimats des forêts caducifoliées françaises*. Rev. Forest. Fr, 5, p. 362-374.

⁸⁴ Ballout Amor, le rôle de la végétation et l'eau dans la création d'un microclimat urbain, Cas de la place de Ain El Fouara à Sétif, Université Mentouri, Département d'Architecture et d'Urbanisme, Constantine 2010.

Climat global	<ul style="list-style-type: none"> - Latitude / Altitude - Relation avec la mer
Climat régional	<ul style="list-style-type: none"> - Latitude / Altitude - Situation continentale - Relation aux eaux
Climat local	<ul style="list-style-type: none"> - Altitude relative - Relation aux eaux - Végétation
Microclimat	<ul style="list-style-type: none"> - Topographie - Conditions des sols - Types de végétation

Il est à préciser que La classification des échelles urbaines dépend d'un éventail de considérations météorologiques et géographiques. La différenciation de chacune d'elles passe par l'observation des phénomènes d'ordre temporel et spatial.⁸⁵

1.8.2. L'îlot de chaleur urbain (ICU)

Parmi les conséquences de l'urbanisation, la densification phénoménale du tissu urbain est la conséquence la plus observée, et ce à travers la construction d'immeubles de hauteurs de plus en plus grandes dans des quartiers de plus en plus serrés. Ceci a donné lieu à des températures plus élevées dans ces quartiers denses par rapport aux régions rurales environnantes. Ce phénomène est appelé « Urban Heat Island » ou Ilot de Chaleur Urbain (ICU).

L'Ilot de Chaleur Urbain est le plus apparent des manifestations climatiques de l'urbanisation⁸⁶. En 1982, Oke a effectué des recherches sur les causes de ce phénomène et leurs relatives importances, et qui sont principalement :

- Les grandes et les petites longueurs d'ondes sont piégées entre les bâtiments

⁸⁵ Julien Bouyer, Modélisation et simulation des microclimats urbains Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments, Septembre 2009.

⁸⁶ Landsberg, 1981 in Peter Moonen, Thijs Defraeye, ViktorDorer, Bert Blocken, Jan Carmeliet, Urban Physics: Effect of the microlimate on comfort, health and energy demand, Frontiers of Architectural Research (2012)1, 197–228.

- Diminution des déperditions par grandes longueurs d'ondes à cause des petits facteurs de vue sur le ciel (SVF)
- Stockage plus important de la chaleur sensible par les matériaux de construction
- La chaleur anthropogénique issue de la combustion des fuels (chauffage domestique, trafic)
- Réduction du potentiel d'évapotranspiration, impliquant la conversion de l'énergie en chaleur sensible au lieu de chaleur latente.
- Réduction de l'élimination de la chaleur par convection à cause de la vitesse réduite des vents

Et selon le même auteur, l'îlot de chaleur urbain s'explique par la combinaison des trois premières causes. Les études ayant eu pour objet ce phénomène font généralement référence à son intensité qui consiste en la différence entre la température maximum de la ville et celle des régions qui l'entourent (voire rurales). Cette intensité est déterminée par la balance thermique de la région, et est sujet à de multiples variations diurnes, et ce, dans une courte période de conditions météorologiques (Santamouris, 2001).

En 2001, Santamouris a fait une série de recherches à l'échelle mondiale. Nous citons quelques intensités des ICU qu'il a enregistré à travers le monde : 2,5°C à Londres, 14,°C à Paris, 2°C à Sao Paulo, 10,1 °C à Calgary, 1°C à Singapour, 10°C à Pune (Inde), 1,9-2°C à Johannesburg, 4°C au Caire...etc

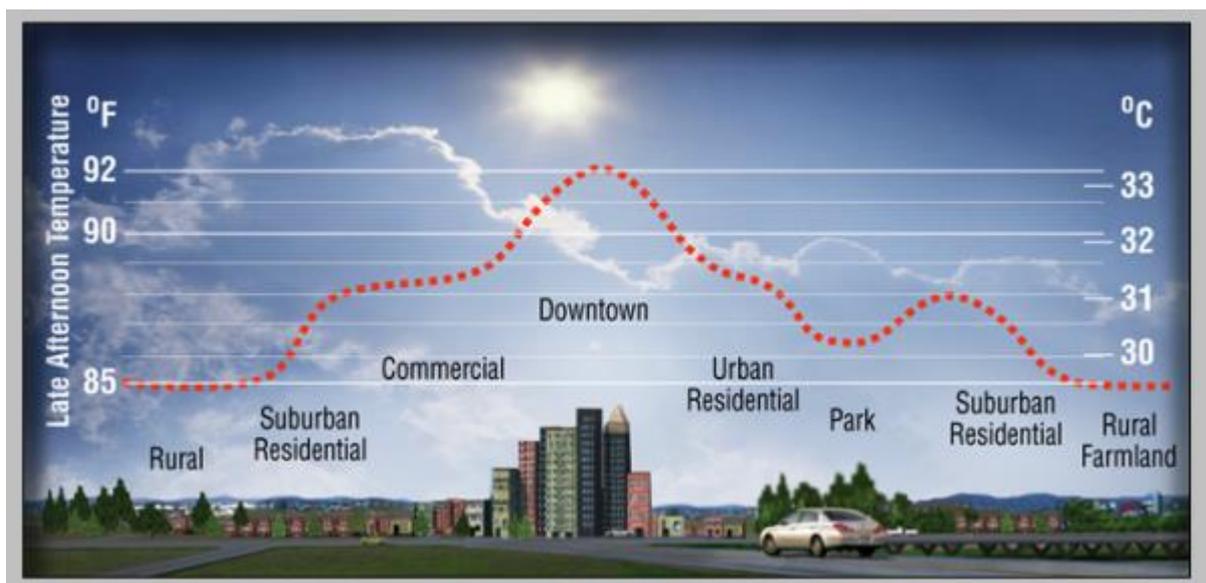


Figure II.02: L'effet de l'îlot de chaleur urbain ICU
(Source : <http://heatisland.lbl.gov/coolscience>)

L'ICU n'est cependant pas nécessairement préjudiciable, spécialement dans les régions de climat froid, mais son effet peut s'avérer sérieusement dangereux dans les climats chauds, en affectant la consommation énergétique des surfaces urbaines, et par conséquent le confort thermique et la santé de ses habitants.⁸⁷

Des campagnes de mesures ayant été initiées par Santamouris en 2001 au niveau de 30 stations urbaines et suburbaines à Athènes, ont révélé un dédoublement de la charge de refroidissement de bâtiments urbains et un triplement de la charge électrique utilisée pour le refroidissement. De même, il a été démontré que le potentiel de ventilation naturelle a été réduit de façon significative à cause de la baisse importante de la vitesse des vents dans la zone urbanisée. Ici, le seul point positif est une baisse de 30% de la demande en énergie des bâtiments en hiver.⁸⁸

Ce phénomène, ayant touché plusieurs villes dans le monde, est de façon générale dû à la forte densité urbaine, la géométrie du canyon urbain, l'utilisation de matériaux avec des propriétés thermiques et optiques inappropriés, le manque d'espaces verts, l'augmentation de la chaleur anthropogénique sans oublier la pollution, cet état de fait amena Georgakis et al (2006) à affirmer que « *the main differences between the urban and rural microclimatic conditions that affect human comfort result from differences in air temperatures and wind speeds*⁸⁹ ».

1.8.3. La balance énergétique urbaine

« Energy is the key commodity in microclimate analysis »⁹⁰

Le concept de « balance énergétique » part du principe de la première loi de la thermodynamique, qui stipule que « que l'énergie est toujours conservée. Autrement dit, l'énergie totale d'un système isolé reste constante. Les événements qui s'y produisent ne se traduisent que par des transformations de certaines formes d'énergie en d'autres formes

⁸⁷ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011.

⁸⁸ Peter Moonen, Thijs Defraeye, Viktor Dorer, Bert Blocken, Jan Carmeliet, Urban Physics: Effect of the microclimate on comfort, health and energy demand, Frontiers of Architectural Research (2012)1, 197–228.

⁸⁹ C. Georgakis, M. Santamouris, Experimental investigation of air flow and temperature distribution in deep urban canyons for natural ventilation purposes, Energy and Buildings 38 (4) (2006) 367–376.

⁹⁰ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995 Opcit Page 45

d'énergie. L'énergie ne peut donc pas être produite ex nihilo , elle est en quantité invariable dans la nature.»⁹¹

I.9. Les composants du microclimat

Le microclimat dépend en premier lieu de la manière dont est consommé le rayonnement solaire (convection, évaporation et conduction). La présence du mouvement de l'air donnera lieu à la convection, l'eau favorisera l'évaporation, et le rayonnement réchauffe les objets qui à leur tour passent cette chaleur aux autres corps en contact direct par conduction.

Selon Brown & Gillespie « dès que le microclimat interagit avec un paysage local, il crée un résultat unique »⁹², et d'après les mêmes auteurs : « le microclimat est la condition des rayonnement solaire et terrestre, du vent, de la température de l'air et des précipitation dans un petit espace extérieur »⁹³. Ce sont donc ces cinq éléments qui contribuent à créer, au niveau de chaque espace , un microclimat avec une configuration spécifique et différente, ces éléments sont détaillés ci-dessous:

I.9.1. Le soleil (Rayonnement solaire):

« *The power that drives the microclimate engine is solar radiation* »⁹⁴

L'énergie solaire est l'ultime source d'énergie sur la terre. Selon Wei Yang et al. « La radiation solaire a le plus grand effet sur la sensation thermique dans les espaces extérieurs »⁹⁵ et mérite donc une attention particulière.

I.9.1.1. Le rayonnement solaire (Short wave radiation) :

Il se distribue dans l'atmosphère selon un éventail d'ondes de longueurs différentes, celles-ci se divisent en 3 types dont : les ultraviolets ayant des ondes très courtes et donc invisibles, et dont le pouvoir dangereux sur les yeux et la peau nécessite sa suppression avec un aménagement qui procure de l'ombre , ainsi que deux types de radiation dont l'une est visible sous forme de rayons solaires que les plantes utilisent pour la photosynthèse constituant la

⁹¹ Wikipédia, encyclopédie collaborative en ligne

⁹² Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, *Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency*, Edition John Wiley & sons 1995 -Page 45

⁹³ Idem -Page 01

⁹⁴ Idem page 46

⁹⁵ Wei Yang, Nyuk Hwei Wong et Steve Kardinal Jusuf Opcit

composante directe R, tandis que l'autre est tout comme les ultraviolets, invisible sous forme d'infrarouge solaire, constituant une composante diffuse D. Cette dernière n'est pas utilisée par les plantes et est donc rejetée par réflexions ou par transmission⁹⁶(Figure II.05). Il est important de préciser aussi que la valeur du rayonnement solaire est fonction des saisons et des latitudes et altitudes d'un lieu donné.⁹⁷

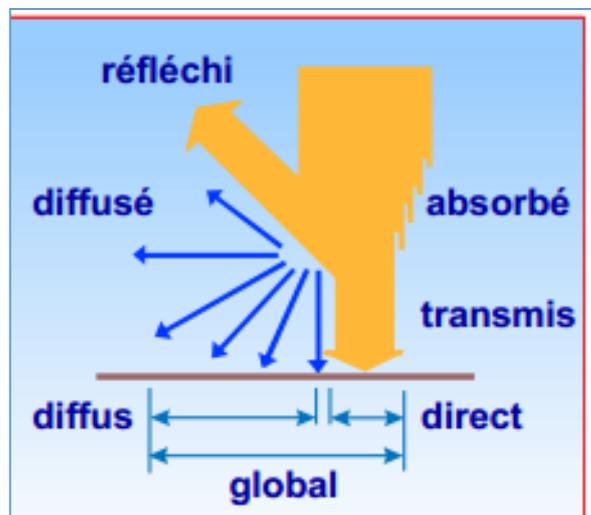


Figure II. 03 : Composantes du rayonnement solaire
(Source: Liébard & de Herde 2005)

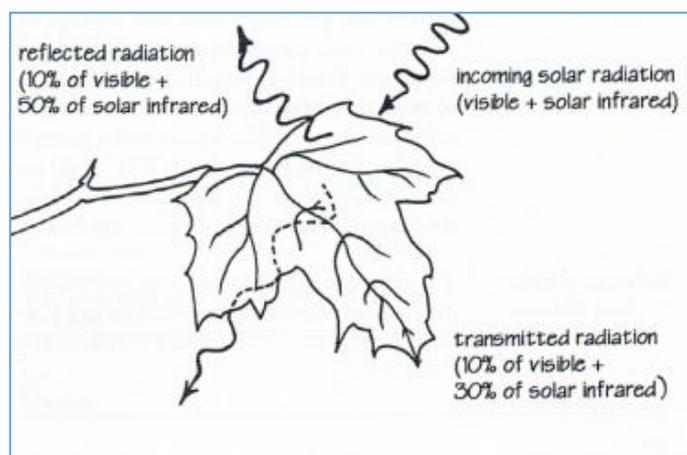
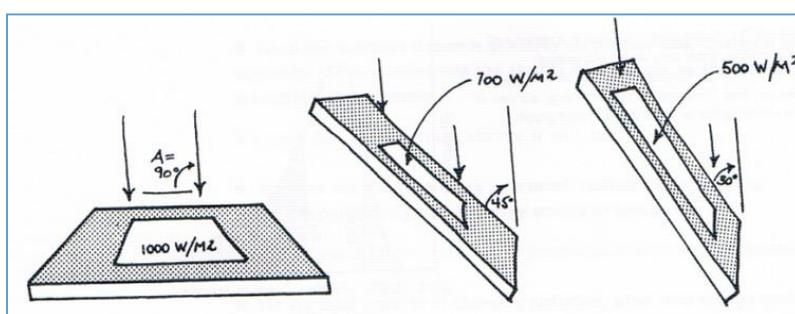


Figure II.04: comportement de la radiation solaire à travers une feuille d'arbre
(R. D. Brown & T. J. Gillespie 1995)

⁹⁶ R. D. Brown & T. J. Gillespie Opcit P48

⁹⁷ Alain Liébard, André de Herde, Traité de l'Architecture bioclimatique, Edition du moniteur. Décembre 2005

La radiation peut être interceptée par des écrans qui créeront de l'ombre du côté opposé, minimisant ainsi sa grande influence sur le confort thermique de l'être humain. Ceci se fait par ajustement de l'angle d'incidence des rayons solaires. La *Figure II. 06* est un exemple qui démontre que la radiation solaire est d'autant plus intense que le rayon d'incidence est proche de la perpendiculaire (90°).⁹⁸



*Figure II. 05 : relation entre l'angle d'incidence de la radiation solaire et son intensité
(R. D. Brown & T. J. Gillespie 1995)*

On ne peut cependant pas parler du rayonnement solaire sans évoquer la réflectivité, celle-ci consiste en une fraction du rayonnement intercepté par une surface ou un matériau qui se réfléchit, l'**albédo** de cette surface est responsable du degré de sa réflectivité, le taux de rayonnement absorbé par un objet est fonction de sa couleur.

⁹⁸ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, *Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency*, Edition John Wiley & sons 1995 -Page 48

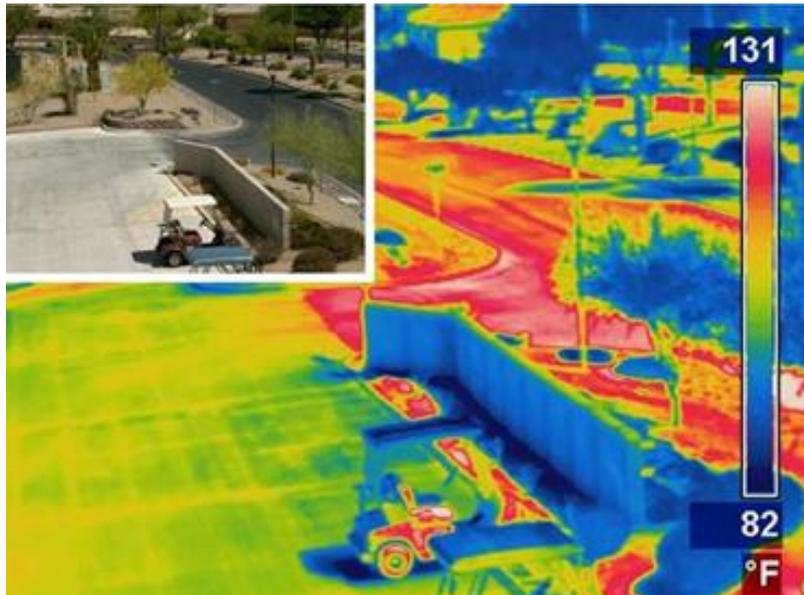


Figure II.06 : Températures (entre 27°C et 55°C) sont fonction de l'albédo de chaque surface
 (Source: <http://www.calacademy.org/sciencetoday/cool-roofs/>)

L'**albédo** est l'habilité d'un objet à réfléchir la radiation solaire. Les couleurs foncés absorbent plus de rayonnement solaire que le font les couleurs claires. Un grand albédo fait référence aux couleurs claires et vice-versa.

Pour comprendre le pouvoir du soleil sur le microclimat, il serait utile de considérer le rayonnement incident et celui réfléchi en fonction de l'albédo des surfaces :

$$Net\ solar = Intercepted\ solar - Reflected\ solar = (1 - albédo) \times Intercepted\ solar. \quad (\text{en watt})$$

Cette formule démontre clairement que les surfaces très réfléchissantes diminuent considérablement le taux net d'énergie que le soleil procure. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle, les matériaux de couleurs claires (caractérisée par un grand albédo) sont appelés « cool materials ».

Cette équation nous rend compte aussi de la possibilité d'ajustement par rapport à nos préférences dans un espace donné : en bloquant le rayonnement incident, en changeant l'albédo ou l'angle d'incidence des rayons solaires sur les objets.

1.9.1.2. Le rayonnement terrestre (long wave radiation) :

C'est un deuxième éventail d'ondes qui nous est invisible, et pourtant si important en matière de confort thermique. La radiation terrestre est « émise par tous les objets qui existent sur la surface de la terre, par les nuages et par le ciel lui-même »⁹⁹

Le rayonnement terrestre, appelé également thermique, est défini par Edward Mazria comme suit : « Tous les matériaux rayonnent sans arrêt de l'énergie dans toutes les directions. Alors que le rayonnement solaire comporte essentiellement des radiations de courtes longueurs d'ondes émises à très hautes températures, le rayonnement thermique terrestre que nous ressentons comme échange radiatif de chaleur est principalement constitué de grandes longueurs d'ondes et de l'infrarouge lointain, émises à une température bien inférieure ».¹⁰⁰

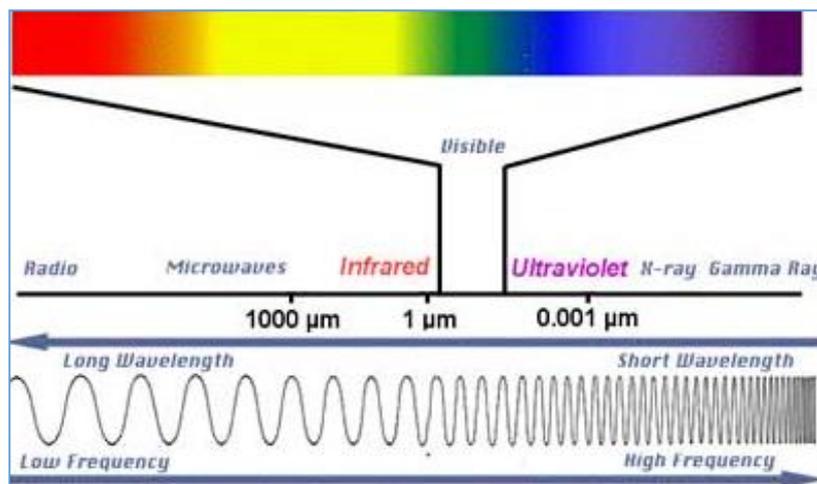


Figure II.07: Les petites longueurs d'ondes reçues par la terre (ultraviolets et lumière) et les grandes longueurs d'ondes réémises par la terre et tous les objets qui s'y trouvent (Infrarouge)
(Source: <http://www.kidsgeo.com>)

Il s'agit d'ondes plutôt longues contrairement aux ondes provenant directement du soleil et qui sont courtes. « Un mur adjoint ajouterait environ 500w/m² d'énergie issue des ondes longues aux 1000 w/m² de l'énergie issue des ondes courtes provenant des rayons solaires »¹⁰¹

Selon Stefan Boltzmann, il est possible de déterminer facilement le taux de rayonnement (en watt) grâce à la formule suivante:

$$Energy = S.(T + 273)^4 \quad \text{où } S = 5.67 \times 10^{-8}$$

et où T est la température surfacique de n'importe quel objet en degré celcius.

⁹⁹ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition John Wiley & sons 1995 -Page 53

¹⁰⁰ Edward Mazria, Le guide de l'énergie solaire passive, Editions Parenthèses 1981. Page 26

¹⁰¹ Edward Mazria, Le guide de l'énergie solaire passive, Editions Parenthèses 1981. Page 26

Cette formule donne le taux maximal de réémission, il doit donc être multiplié par facteur de correction appelé « **émissivité** ».

L'**émissivité** caractérise chaque matériau, qu'Edward Mazria définit par « l'aptitude d'un corps à émettre un rayonnement thermique », d'après lui « la plupart des corps sont de bons émetteurs de rayonnement thermique, c'est-à-dire qu'il rayonnent facilement de la chaleur sous forme d'énergie radiante infrarouge »¹⁰². L'émissivité consiste donc en un facteur de correction dépassant généralement 0,9 pour ce qui est de l'aménagement d'un paysage donné.

Le verre par contre, qui est transparent, a une émissivité faible, ce qui fait que le rayonnement qu'il produit soit faible à son tour. Le verre se caractérise par une propriété sélective, lui permettant d'absorber pratiquement la totalité du rayonnement solaire et de piéger les infrarouges. Cette propriété est connue sous le nom de « **effet de serre** ».

I.9.1.3. Combinaison R. Solaire/ R. Terrestre

Ces deux types de rayonnement, qui existent dans le microclimat avec des longueurs d'ondes différentes, peuvent être combinés et manipulés de telle sorte que, tous les deux peuvent contribuer à améliorer certains aspects du microclimat.

En effet, le total de l'énergie absorbée est donné par la formule suivante :

$$\text{Total.radiation.absorbed} = (1 - \text{albedo}).(\text{inco min } g..solar) + \text{Intercepted.longwave.radiation}$$

C'est la somme des deux formules qui peut déterminer les petites longueurs d'ondes ainsi que grandes longueurs d'ondes cités plus haut, et dont le résultat est fonction de la couleur et de la températures de la matière, correspondant à chacune d'elles respectivement.

Porter de l'ombre sur un objet diminuerait son exposition au soleil, et minimiserait par conséquent le taux d'énergie qui lui parvient. En changeant son albédo, il devient plus ou moins réfléchissant et pouvons, de cette manière contrôler sa température et le taux d'énergie qu'il absorbe. Nous pouvons donc manipuler le rayonnement d'un site par l'ombre portée et l'albédo des objets.

¹⁰² Idem, page 26

L'ombrage peut causer une petite augmentation du rayonnement terrestre, mais cette augmentation n'est pas si importante par rapport à la grande baisse du rayonnement solaire, nous pouvons dire alors que l'absorption totale de l'énergie est réduite significativement.¹⁰³

Toutefois, cette réduction a besoin de consommateurs et de producteurs d'énergie comme la convection provoqué par le mouvement de l'air (voire du vent), l'évaporation liée à l'humidité et à l'eau et la conduction qui dépend de la constitution du matériau de l'objet et celle des corps qui sont en contact avec.

1.9.2. Le vent :

« Le vent est un déplacement de l'air essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud) ». ¹⁰⁴ Il affecte considérablement la convection et l'évaporation, soit deux grands consommateurs d'énergie ayant un poids très lourd du point de vue énergétique à l'échelle du microclimat.

C'est l'une des composantes les plus importantes du microclimat. Il homogénéise les différences de températures ou de l'humidité dans les espaces extérieurs, déplace la chaleur dans son mouvement et influence considérablement le confort thermique de l'homme exposé aux intempéries d'un espace donné. Il est à noter que le vent reste le paramètre le plus difficile à contrôler et à visualiser, même si, toutefois, il est possible de le percevoir lorsqu'il transporte certaines particules comme la pluie ou la neige.¹⁰⁵

Etant un fluide, le vent ne se déplace jamais comme une ligne, mais par mouvement sinueux par effet de turbulence, celle-ci, il faut le mentionner, augmente à mesure que l'on s'élève du sol. D'après R. D. Brown & T. J. Gillespie «*La turbulence augmente le pouvoir de rafraîchissement du vent. Plus la turbulence est grande, plus grande est sa capacité à dégager la chaleur loin du corps* »¹⁰⁶, d'où l'importance de la provoquer en été et de s'en protéger en hiver.

¹⁰³ Edward Mazria, Le guide de l'énergie solaire passive, Editions Parenthèses 1981. Page 26

¹⁰⁴ Liébard, André de Herde, Traité de l'Architecture bioclimatique, Edition du moniteur. Décembre 2005

¹⁰⁵ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 125

¹⁰⁶ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, ISBN 0-471-05667-7 1995 -Page 125

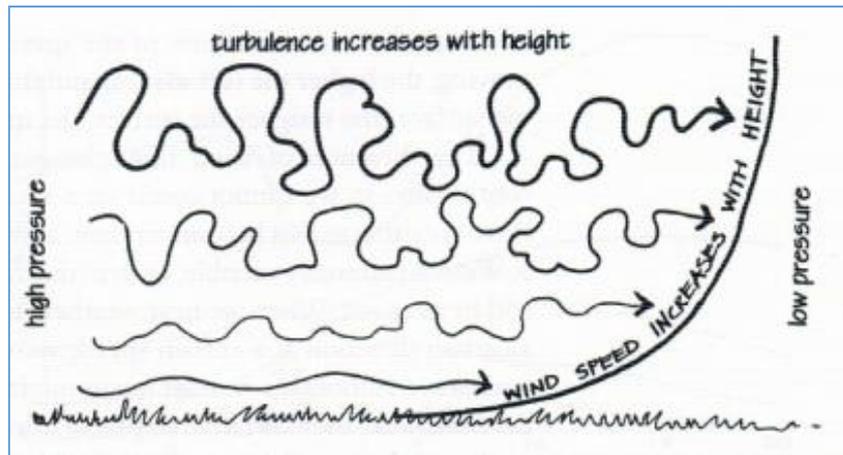


Figure II.08 : La turbulence augmente en élévation
(R. D. Brown & T. J. Gillespie)

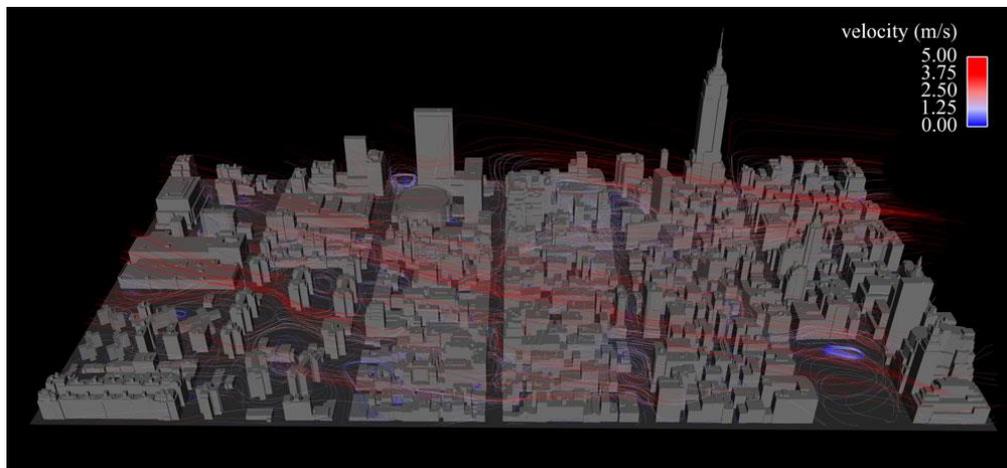


Figure II.09 : L'effet de turbulence et la vitesse du vent au niveau du tissu urbain
(Source: <http://renci.org/news/blowing-through-manhattan/>)

Le mouvement de l'air a tendance à se déplacer avec une vitesse plus réduite lorsqu'il est à ras le sol, sa vitesse augmente avec l'altitude. Il ne s'agit pas d'une proportion linéaire, mais plutôt logarithmique du moment que sa vitesse augmente très rapidement près des surfaces.¹⁰⁷

La topographie du site et la rugosité des surfaces influent largement le comportement des vents, « plus la rugosité est importante, plus les turbulences au niveau du sol sont fréquentes, et provoquent localement des bourrasques inconfortables qui dépendent de la configuration du lieu »¹⁰⁸. Le processus convectif, dépend à la fois de la vitesse du vent et de sa turbulence,

¹⁰⁷ Idem

¹⁰⁸ Alain Liébard, André de Herde Opcit

ces deux paramètres sont donnés par h_c : le coefficient du transfert de la chaleur par convection, très utile pour déterminer le taux d'échange convectif donné par la formule suivante (mesurée en w/m^2) :

$Q_H = h_c(T_s - T_a)$ Où T_s et T_a représentent respectivement la température surfacique et la température de l'air ambiant.¹⁰⁹

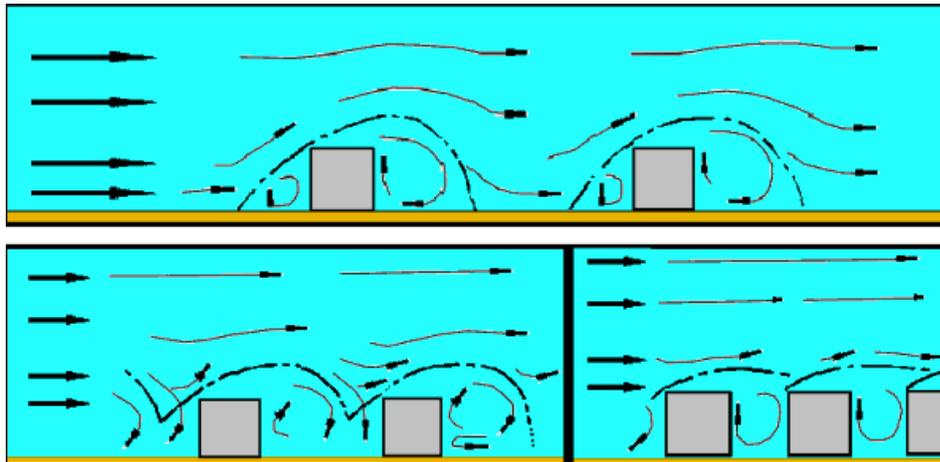


Figure II.10 : L'effet du vent à l'échelle microclimatique
(Source: <http://fungsiangtai.wordpress.com/>)

I.9.3. Les différents effets du vent

Les différents modèles, issues des simulations par soufflerie, ont révélé trois principes qui gouvernent le comportement de l'air dans le tissu urbain, ce sont :

- 1- La vélocité de l'air qui est plus faible au niveau du sol, et plus grande au dessus de la canopée urbaine :
- 2- Il tend à suivre la même direction initiale quand il rencontre une obstruction, du fait de son inertie,
- 3- Il se dirige des zones de haute pression vers les zones de faible pression.¹¹⁰

Lorsque le vent rencontre un objet (bâtiment, colline, etc.) , il crée une zone de forte pression suscitant l'augmentation de sa vitesse du côté face au vent de cet objet, et une faible pression accompagnée d'une diminution de sa vitesse de l'autre côté de l'objet. Le vent est dévié face à l'obstacle et sa vitesse augmente sur les deux côtés et vers le sommet de ce dernier.

I.9.4. La Température de l'air dans le microclimat

¹⁰⁹ E. Erell, D. Pearlmutter, T. Williamson, Urban Microclimate, designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011. Page 37.

¹¹⁰ G. Z. Brown & M. Decay, Sun, Wind and Light, Architectural design strategies, Edition John Wiley & sons 2001. P 17

« La température est un état instable dont les variations au voisinage de l'environnement humain dépendent du rayonnement solaire, du vent, de l'altitude et de la nature du sol »¹¹¹

La température est le résultat du réchauffement de l'atmosphère par les rayons solaire : la surface de la terre stocke et restitue la chaleur par convection et par convection, ensuite, cette chaleur va se propager dans les matériaux par conduction, ou dans l'air par diffusion due aux turbulences créées par le vent¹¹², Il affecte les échanges secs et humides ainsi que le transfert de la

chaleur.

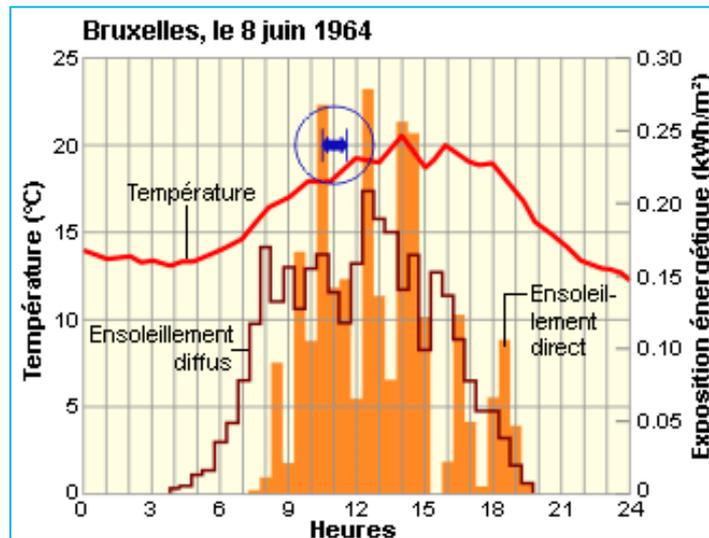


Figure II. 11. Evolution des températures et des rayonnements direct et diffus à Bruxelles le 8 juin 1968

(Source : <http://www.energieplus-lesite.be/>)

La figure II.11, représentant une journée typique à Bruxelles le 8 juin 1968), démontre la corrélation entre le rayonnement solaire (diffus et direct) et les températures enregistrées. Le décalage entre les deux est plus grand par rapport au rayonnement direct. Ce dernier atteint des valeurs très élevées, et même nulles parfois dès qu'il y a passage de nuages. Les températures sont à leur minimum juste avant le lever du soleil sous l'influence du rayonnement diffus.¹¹³

Il est toutefois important de préciser ici, que même si la température sous l'ombre est plus réduite que sous le soleil, elle demeure pratiquement identique au niveau de l'espace dans lequel on se trouve. Les différences enregistrées sont dues à la chaleur dégagée par le métabolisme, de la chaleur de la main qui tient le thermomètre, et surtout de la radiation solaire absorbée par le mercure. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle R. D. Brown insiste sur le fait que : « *Air*

¹¹¹ <http://www.energieplus-lesite.be/>

¹¹² Idem

¹¹³ Traité de l'Architecture bioclimatique, Alain Liébard, André de Herde, Edition du moniteur. Décembre 2005

temperature is one of only a small number of things that need to be measured in order to describe a microclimate.»¹¹⁴

N'importe quel changement localisé que nous pouvons effectuer sur la température de l'air paraîtra fortuit car il sera rapidement dissipé par le mouvement de l'air. Mais si une zone est isolée, par une clôture à titre d'exemple, nous pouvons réaliser une différence de température dans la zone isolée et celle derrière la clôture, quoique cette différence demeure très petite, voire négligeable.

1.9.5. L'humidité relative dans le microclimat

L'humidité relative (ou degré hygrométrique) est le taux de vapeur d'eau maximal que peut contenir l'air à une température ambiante. L'air est d'autant plus chargé de vapeur d'eau que la température est plus grande. La saturation de l'air en humidité est appelée « point de rosée ». L'humidité relative est mesurée à l'aide d'un hygromètre.

L'humidité est influencée par la lenteur de l'évaporation de l'eau. A l'échelle d'une journée, une température élevée ne suffit pas à évaporer l'eau, ce qui maintient la même pression atmosphérique. Mais il se pourrait que l'air, avec une température plus élevée, contiennent plus d'eau, ce qui diminuerait l'humidité relative. Ainsi une augmentation de température peut entraîner des humidités relatives momentanément très basses.¹¹⁵

Par contre, à l'échelle d'un mois, une hausse de température plus longue donnerait à l'évaporation suffisamment de temps à se produire. Ce phénomène augmente la pression de vapeur et maintient le taux d'humidité relative à la même valeur.

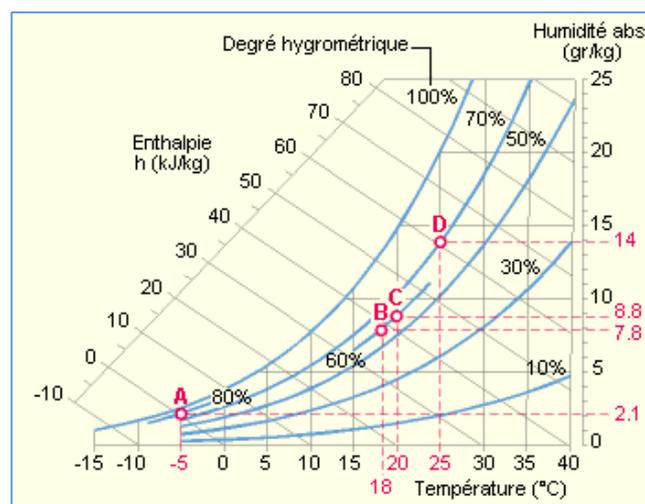


Figure 12. Diagramme de l'air humide

¹¹⁴ R. D. Brown, Design with Microclimate, The secret to comfortable outdoor space, Island press 2010, Page 49.

¹¹⁵ <http://www.energieplus-lesite.be/>

(Source : <http://www.energieplus-lesite.be/>)

I.9.6. Les précipitations dans le microclimat

La pluie a lieu dès que l'humidité relative dépasse 100%. Cette saturation est à l'origine de la formation de gouttelettes qui entourent les poussières en suspension dans l'air avant de tomber sur le sol sous l'effet de la pesanteur.

Quand la pluie tombe, l'air s'élève et se refroidit et l'humidité relative rechute à 100%, et tout en tombant, elle consomme une bonne quantité de chaleur sous forme d'énergie, ce qui est à l'origine du point de rosée et de brouillard quand le refroidissement est suffisant au niveau du sol.

Remarque :

Des cinq éléments qui composent un microclimat, la température de l'air et l'humidité relative demeurent les moins contrôlables ; car le vent, comme le décrivent Brown et Gillespie , « est un remarquable mixeur de chaleur et d'humidité » à l'échelle du microclimat. Le reste, à savoir : la radiation solaire, le vent et les précipitation sont contrôlable, et donc susceptibles d'être modifiés.

I.10. Facteurs influençant le microclimat

Selon A. Dimoudi et al. (2013), le microclimat est largement influencé par la géométrie urbaine et la morphologie du plan de la ville (largeur des rues, hauteurs des bâtiments) qui le configurent, ainsi que des espaces verts et des matériaux des surfaces qui influencent l'écoulement de l'air, et la balance thermique du microclimat local.¹¹⁶ Ceci est détaillé ci-dessous.

I.10.1. Influence de la végétation

La végétation est un élément multi-optionnel dont l'impact est sans pareil sur le climat. Il crée des microclimats grâce à ses qualités de : humidificateur (évapotranspiration), anti-pollution (filtre poussières et matières en suspension dans l'air), procure de l'ombre au gré des saisons (en parlant des arbres caduques) et protège contre les vents en dispensant un effet écran.

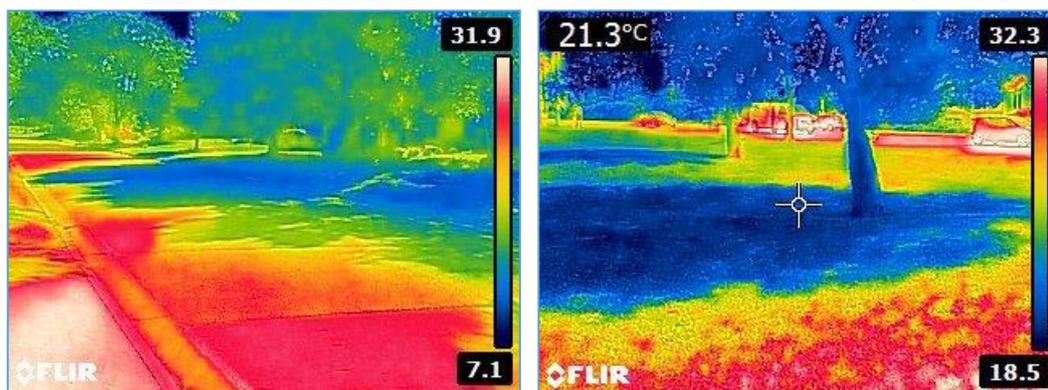
¹¹⁶ A. Dimoudi, A. Kantzioura, S. Zoras, C. Pallas, P. Kosmopoulos, Investigation of urban microclimate parameters in an urban center, Energy and Buildings 64 (2013) 1–9

Les arbres ont acquis une importance qui va en grandissant. Ils sont maintenant partie prenante de l'aménagement des espaces urbains, notamment les places et les squares, qui, déjà au début du vingtième siècle en étaient dépourvus car les arbres n'étaient pas considérés comme éléments d'aménagement. Ce n'est qu'après des recherches empiriques effectuées par William H. Whyte dans les années soixante¹¹⁷, ayant abouti au fait que certaines places sont désertées à cause du manque d'arbres, qu'on a commencé à exiger ce type de végétation pour créer des microclimats favorables.

Les variétés de végétation, offrent un choix multiple en fonction de l'effet désirée. Les arbres par la taille de leurs troncs, leur canopées différentes et l'ombre qu'elles procurent (interceptant jusqu'à 90% de radiation solaire), leurs hauteurs, les arbustes qui permettent de créer des passages, canaliser les vents et servir de ralentisseurs, les espaces fleuris, verts, gazons qui consomment d'importantes quantités d'énergie provenant du soleil par photosynthèse, évapotranspiration ce qui provoque une diminution de la température de 3,5°C¹¹⁸, sans oublier leur grande valeur sur le plan esthétique.

Sur le plan énergétique, la conopée végétative permet de :

- Réduire la pénétration des courtes longueurs d'ondes du rayonnement solaire dans la surface du sol (un sol plus frais),
- Intercepter les grandes longueurs d'ondes (rayonnement thermique) en les emprisonnant sous la canopée (en cas de gel qui se produit dans la nuit, les surfaces sous canopées demeurent relativement chaudes)
- Diminuer la vitesse du vent et réduire l'advection (mouvement horizontal des fluides)



¹¹⁷ William H. Whyte, Rediscovering the center, University of Pennsylvania press 2009, page 100.

¹¹⁸ Alain Liébard, André de Herde, Traité de l'Architecture bioclimatique, Edition du moniteur. Décembre 2005

*Figure II.13 : Photos Infrarouge démontrant les températures des surfaces (en °C)
A gauche : ombre portée des canopées sur l'asphalte, à droite, sur du gazon naturel
(Source: R. D. Brown's blog 2014: www.designwithmicroclimate.com)*

Ajoutons à toutes les vertus sus-citées, son pouvoir d'atténuer l'îlot de chaleur urbain, de réduire le conditionnement de l'air au sein des bâtiments et de produire de l'oxygène et par conséquent un microclimat de haute qualité sur le plan physiologique, permettant un bon déroulement de l'activité humaine. Tout cela a valu à la végétation une réputation sans pareil dans les milieux urbains.

I.10.2. Influence de l'eau

Le climat s'affecte largement par les masses d'eau quelque soit l'échelle.

Avec sa chaleur massique très importante, l'eau détient cette propriété de grande inertie thermique, lui permettant d'accumuler lentement une énorme quantité de chaleur qu'elle restituera, lentement aussi, après un temps de déphasage. C'est pourquoi elle contribue à tempérer les variations les plus sévères des températures.

Selon Liébard et de Herde , les plans aquatiques (bassins, étangs, etc.) jouent un rôle de tampons thermiques, rendant les lieux moins chaud en été, et moins frais en hiver.

On rencontre souvent des techniques de rafraîchissement dans les climats secs et arides, où l'on a tendance à utiliser des jets d'eau comme étant à la fois humidificateurs et consommateurs de chaleur, c'est-à-dire, l'énergie contenue dans l'air. Ceci aide à rabaisser la température de l'air de façon très significative.



*Figure II. 14 : Jet d'eaux à Yonge- Dundas Square, Canada
(Source: <http://www.sheridanelectric.ca/gallery-3.html>)*

I.10.3. Influence du relief

Le relief d'un lieu donné peut, lui seul, être responsable des aspects spécifiques d'un microclimat. « il influence la répartition des températures, les possibilités d'ensoleillement et le régime des vents »¹¹⁹.

La pente qui résulte du relief influe sur le rayonnement incident, donc sur son intensité qui à son tour décidera de la température. Son orientation est déterminante, qu'elle soit Est, Ouest ou Sud, elle attribue à la direction un caractère microclimatique distinctif. L'orientation Sud a toujours été la plus privilégiée. Si la pente est orientée vers l'Est, elle serait idéale pour les cours

¹¹⁹ Alain Liébard, André de Herde, *Traité de l'Architecture bioclimatique*, Edition du moniteur. Décembre 2005

des établissements scolaires ou bureaux administratifs où l'activité débute tôt le matin, Si elle est orientée vers l'Ouest , restaurants en plein air et places avec cafétéria seraient les bienvenus¹²⁰. L'orientation Nord reste la moins privilégiée si ce n'est pour le stockage ou la construction de quelques types d'usines.

Sans oublier l'altitude qui « influence la température. La pression diminuant avec l'altitude, l'air se détend et se refroidit. Cette diminution de température est de l'ordre de 0,7°C par accroissement de 100m »¹²¹.

Citons comme exemple le village italien Viganella, qui, orientée vers le nord , s'est retrouvée dépourvu de soleil durant 93 jours de toute la saison froide. On a eu recours à l'installation d'un grand miroir (de 25m²) contrôlé par ordinateur sur le sommet de la montagne qui projette l'ombre sur le village (Fig.16) pour réfléchir la lumière directement vers la place du village.



Figure

village Viganella en Italie profitant de la lumière réfléchié par un miroir

(Source: <http://www.odditycentral.com/pics/viganella-the-italian-village-that-built-its-own-sun.html>)

II.15 : Le

I.10.4. Influence de l'environnement bâti

Comme les autres éléments énumérés ci-dessus, les constructions , elles surtout , ont un impact très sérieux sur le microclimat du fait de leur massivité et rigidité qui rend toute tentative de correction onéreuse , voire difficile et complexe.

L'environnement bâti stocke la chaleur et élève la température, le phénomène de l'îlot de chaleur urbain en est témoin. Il protège des vents ou, contrairement , l'accélère, et dans la

¹²⁰ R. D. Brown, Design with microclimate, the secret to comfortable outdoor space, Edition IslandPress 2010, page 104

¹²¹ Idem

majorité des cas, entrave le rayonnement solaire et en prive beaucoup de son entourage en créant ce qu'on appelle par « masque solaire ».

Il se caractérise par un très fort rayonnement thermique (ou terrestre, de grandes longueurs d'ondes) réémis par les surfaces des façades ayant des couleurs différentes. Ainsi, une place publique se trouve généralement dépendante de la hauteur des bâtiments environnants, des couleurs des façades, des propriétés des matériaux utilisés ainsi que le pourcentage des surfaces vitrées les constituant. Ce qui décidera des taux de rayonnement direct qui lui parvient et terrestre qui en résulte, la vitesse du vent qui peut l'atteindre et du degré de son ouverture sur le ciel.

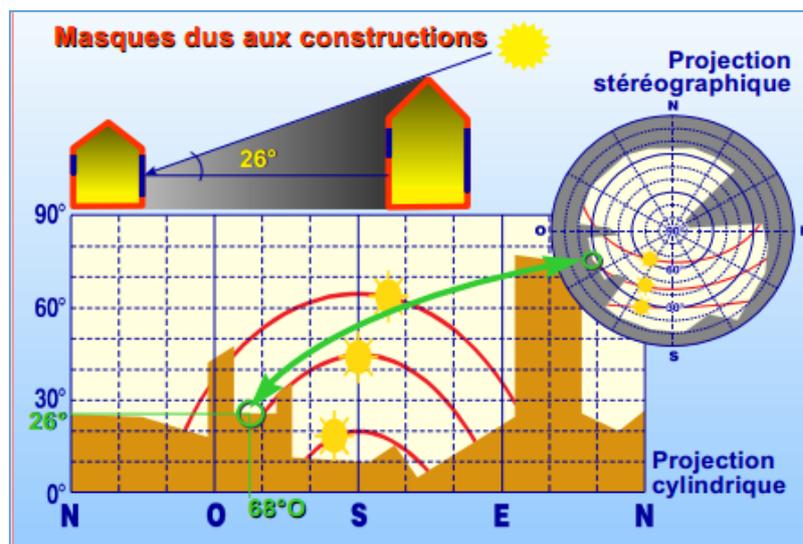


Figure II.16: Projection stéréographique et cylindrique d'un masque solaire dans un environnement bâti

(Source: Liébard & de Herde 2005)

I.11. Conclusion

Les informations recueillis de ce chapitre ont permis de souligner certains aspects du microclimat qui vont servir désormais, non seulement de guide, mais aussi d'éléments d'appui sur lesquels reposerait l'opération de réhabilitation en question.

La nécessité de remédier à l'îlot de chaleur urbain qui a rendu invivables les quartiers de la ville dès que la saison chaude s'approche, et la prise de conscience quant à la chaleur anthropogénique qui peut être réduite par une utilisation plus large des espaces extérieurs, ces

deux états de fait s'avèrent une préoccupation majeure qui rend compte du devoir de se pencher sur les centres de nos villes , et reprendre contrôle des éléments qui gèrent les microclimat qui y sont nés.

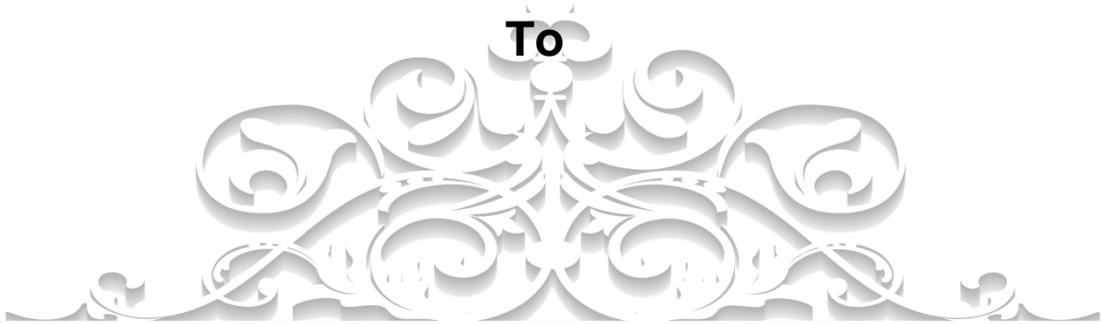
Pour ce, on a fait ressortir de ce chapitre, parmi cinq éléments gérant le microclimat, trois qui en sont les plus contrôlables, voire modifiables. L'opération de réhabilitation prendra donc en considération : le rayonnement solaire, le vent et les précipitations (cette dernière n'étant pas une priorité) comme paramètres d'aménagement.

Le contrôle de ces paramètres, à son tour, pourrait s'effectuer grâce aux :

- Propriétés des matériaux et couleurs des surfaces (émissivité et albédo)
- Orientation des places (géométrie et degré d'ouverture sur le ciel)
- La végétation (canopées de tailles différentes, fleurs et arbustes, gazon humide ou sec)
- L'eau (efficace sur le plan énergétique, ayant une valeur à la fois esthétique et symbolique)

Ces derniers représentent les pièces d'un puzzle qu'il faut savoir ajuster sur les places à réhabiliter à fin de trouver l'aménagement idéal. Ceci sera entamé dans le quatrième chapitre (les stratégies de réhabilitation passives) sachant que « pour améliorer le microclimat de n'importe quel espace, le confort thermique de l'être humain reste la clé de voûte et le critère de base pour tout aménagement ».¹²²

¹²² R. D. Brown, Design with microclimate, the secret to comfortable outdoor space, Edition IslandPress 2010.



To

CHAPITRE III:

Les places publiques



I.1. Introduction

Nous adhérons à l'idée selon laquelle le développement des moyens de transport, qu'ils soient publics ou individuels, a peu à peu détrôné les espaces publics urbains, si prisés autrefois par les gens de la ville. Ces espaces qui, d'après Nihal Saif Al Sabbagh « *indicate the viability of cities and enhance the need for social interaction which reflects the urban life of its surrounding* ». autrement-dit, ces espaces urbains indiquent la viabilité des villes et améliorent le besoin d'interaction sociale qui reflète le niveau de la vie urbaine de son environnement.

Dès ses origines, l'histoire des places est double, fonctionnelle et formelle. Née de la nécessité de se rassembler devant le siège du pouvoir, devant le temple, ou dans les lieux du commerce, la place devient un support des fonctions essentielles de la cite : l'échange, la rencontre au sens le plus large du mot.¹²³ Ces trois critères : fonctionnalité, morphologie et sociabilité seront également discutés dans le présent chapitre

De prime abord, nous allons essayer de donner un bref aperçu sur l'évolution des places publiques, ensuite, procéder à un classement des différentes catégories de places suivant leurs typologies, ce qui va sans doute nous permettre de mettre en relief les raisons qui sont à l'origine du degré de son attraction.

Quelques exemples des places publiques les plus réussies dans le monde pourraient, nous aider à connaître les éléments essentiels susceptibles de rendre une place publique attrayante, viable et socialement conviviale.

Cependant, il est nécessaire de préciser le concept de « place publique » et lever toute ambiguïté s'y attachant : Dans la langue française, le mot « place » ne désigne pas exclusivement un élément urbain comme c'est le cas de la langue italienne (*piazza*). « Place » est une notion assez floue. De plus, elle n'est pas universelle. Dans certaines cultures, la place

¹²³ Laurence Baudoux-Rousseau : La place publique urbaine. Edition Artois Presses Université, 2007 in le rôle de la végétation et l'eau dans la création d'un microclimat urbain, Ballout Amor, 2010.

n'a quasiment jamais existé.¹²⁴ Ainsi le premier chapitre est consacré à son identification en trois volets: lexical, historique et comparatif, afin de montrer que cette notion est changeante et qu'elle ne peut être dissociée de son contexte culturel.

I.1.1. Définition

*"The most important consideration in designing exterior plazas and public spaces is the future, potential use of those spaces."*¹²⁵ Sophia Greenbaum

Le mot 'Place' est dérivé « du mot latin *platea* (XIIIe siècle), lieu public dans un espace découvert généralement entouré de constructions. Les places publiques sont révélatrices du mode de vie urbain dans l'Histoire. Elles se construisent soit par apports successifs, soit dans une composition unique .¹²⁶»

La place publique se définit par, lieu public, sis dans une ville, une agglomération ou un village, consistant en un espace plus ou moins large, découvert et le plus souvent entouré de bâtiments publics, où aboutissent plusieurs rues ou avenues, et où ont lieu souvent des activités commerciales, festives ou publiques.¹²⁷ Yoshihara Akiko qui la considère comme un héritage de la ville compacte et dense, la définit par l'un des principaux éléments qui marquent le paysage urbain.¹²⁸

Dans le dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement, la définition de place est : « lieu public découvert constitué par l'ensemble d'un espace vide et des bâtiments qui l'entourent... Son importance et son rôle varient selon les cultures et les époques, et selon l'intensité de la vie publique¹²⁹». La place est ici définie par ses deux dimensions : formelle et fonctionnelle.

¹²⁴ Yoshihara Akiko, qu'est ce qu'une place réussie?, Master Urbanisme et Territoires, Institut d'Urbanisme de Paris, 2008

¹²⁵ <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>

¹²⁶ Robert-Max Antoni, Vocabulaire français de l'Art urbain, www.arturbain.fr

¹²⁷ www.cnrtl.fr

¹²⁸ Idem

¹²⁹ MERLIN, pierre, CHOAY, Françoise, Dictionnaire de l'Urbanisme et de l'Aménagement, Presses Universitaires de France, Paris, 2005

Et d'après Sophia Greenbaum, la place publique représente une aménité de la communauté, qui sert une variété d'utilisateurs, y compris les occupants des bâtiments, les visiteurs et le public en général. Cet espace peut fonctionner comme étant un point d'arrivée aux piétons, foyer des arts publics, coins de récréation et de relaxation ainsi qu'un dispositif de sécurité discret pour un environnement bâti de haute qualité. C'est pourquoi la place a toujours été un espace bénéfique et avantageux de toutes les rues animées.¹³⁰

Chaque place publique est faite de deux dimensions majeures qui la déterminent : spatiale et sociale, comme l'affirment Michel Bassand et al. qui la définissant comme : « territoire, en tant qu'espace public comme objet matériel. En effet, deux critères toujours combinés sont utilisés pour définir ce territoire : d'une part, il est libre de constructions, il n'a donc pas fait l'objet d'une appropriation par un seul acteur, d'autre part, il permet la rencontre de tous les acteurs urbains et leur accès à tous les lieux de la ville »¹³¹.

P. Smithson, membre de la fameuse Team 10, quant à lui, voit la place comme étant « la sensation qu'elle nous procure, incarnée et entourée par son propre espace à elle avec ses limites spéciales et potentielles ». L'auteur affirme qu'« aujourd'hui, la place n'est intéressante que si elle implique la connexion : Routes avec bâtiments, avec les arbres, avec les saisons, avec les décorations, avec les événements, avec d'autres gens dans d'autres périodes ».¹³²

Enfin, un récapitulatif de Rob Krier, définit la place comme étant « le premier type d'espace urbain inventé par l'homme. Elle résulte du regroupement de maisons autour d'un espace libre. Cette configuration permettait un maximum de contrôle public dans l'espace intérieur, et constituait aussi un bon dispositif de défense à l'extérieur, parce qu'elle minimisait la surface de front à protéger. Cette forme de regroupement autour d'une cour, souvent chargée d'un contenu symbolique, fut choisie comme type de construction pour de nombreux lieux de cultes (agora, forum, cloître, cour de mosquée) »¹³³.

Pour mieux cerner la notion de « place », nous allons la considérer sous un angle différent qui tient compte d'une composante qui peut être d'ordre :

¹³⁰ <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>

¹³¹ M. Bassand, A. Compagnon, D. Joyé et V. Stein in KRIBECHE YOUCEF- ALI Jennie Fatima- Zohra, POUR UNE REVALORISATION DE L'ESPACE PUBLIC RADITIONNEL DANS LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE,

¹³² Roger Trancik, Finding lost space: Theories of urban design

¹³³ Robert Krier :L'espace de la ville. Edition Archives d'Architecture Moderne, 1975

1. Géométrie et esthétique :

De ce point de vue, Marylyn (1975) voit la place publique comme suit: « *a land and/or water area with its surface open to the sky, consciously acquired or publicly regulated to serve conservation and urban shaping function in addition to providing recreational opportunities*»¹³⁴.

Nous sommes du même avis que B. Lévy qui pense que « les lieux centraux que sont les places, centres de ville ou centres de quartiers, sont les repères premiers qui s'opposent à ce sentiment d'uniformisation de l'espace pouvant susciter l'ennui. »¹³⁵

2. Economique:

Au fil de l'histoire, les places ont joué un rôle majeure en tant que point d'intersection des principales routes marchandes, à l'époque où les transactions commerciales constituaient la principale activité qui révélait le degré d'épanouissement économique, et par conséquent politique et culturel qui animait les sociétés.

D'ailleurs, l'agora grecque et le forum romain constituent un exemple éloquent, à l'époque anciens marchés, délimités souvent par des bâtiments religieux et commerciaux, dotés en plus de quelques particularités paysagères d'aspect urbain.

3. Socioculturelle:

Selon Roger Trancik, l'espace, avec son potentiel de relier les choses entre elles, ne devient place que s'il détient une signification contextuelle dérivée d'un contenu culturel ou régional. Les gens exigent un système de places relativement stable dans lequel ils peuvent se développer et développer leurs vies sociales et leurs cultures. Ces besoins confèrent à la place une caractéristique émotionnelle, et une présence plus que physique¹³⁶.

Une place animée est toujours attirante même quand on est seul, comme le souligne B. Levy « La foule attire la foule ». Devant cette réalité, un point important est à noter : le rythme de fréquentation d'une place au long de la journée est assez similaire pour toutes les places,

¹³⁴ Marilyn. Decision Making in Allocating Metropolitan Open Space: State of the Art. Transactions of the Kansas Academy of Science 1975

¹³⁵ Bertrand Lévy, La place urbaine en Europe comme lieu idéal, Maison des sciences de l'homme, Paris, 65-85

¹³⁶ Roger Trancik, OPCIT

puisque'il dépend de la vie du quartier. L'heure de pointe est autour de midi, 80% d'usages se font pendant les deux heures qui suivent. Après 18h les places sont mortes.¹³⁷

Selon William Whyte, les places publiques les mieux et les plus utilisées sont les places sociables, contenant une grande proportion de couples et de groupes avec aussi une grande proportion de femmes qu'on ne peut trouver dans les places les moins utilisées.¹³⁸ D'ailleurs, pour appuyer ce qu'il vient d'avancer, il cite comme exemple, la fameuse place du Seagram Building. Celle-ci, ayant été construite en 1958, n'était pas destinée à être une place, mais elle l'est devenue : 150 personnes la visitent chaque jour pour pique-niquer, discuter et profiter de bains de soleil revigorants. C'est d'ailleurs cette place qui a inspiré aux planificateurs l'idée de faire proliférer cette sorte d'espace public au niveau du tissu urbain de New York à partir des années soixante (figure 01).



Figure III. 01. La place du Seagram Building
(Source : <http://voyage.michelin.fr/web/destination/>)

4. Climatique :

Les places urbaines sont des espaces ouverts destinés à être utilisés par le public. Ils constituent une partie intégrale de l'aménagement urbain dans le monde entier. Grâce à leur

¹³⁷ Bertrand Lévy, La place urbaine en Europe comme lieu idéal, Maison des sciences de l'homme, Paris, 65-85

¹³⁸ William Whyte, City : Rediscovering the center, University of Pennsylvania Press, 2009. Page 104

aménagement pertinent, dans les régions arides et chaudes, ces places publiques ont eu le mérite d'agrémenter le tissu urbain pour des raisons climatiques¹³⁹.

En effet, la tradition a voulu que les espaces extérieurs dans les anciennes cités soient à la fois confortables et conviviaux. Les villes vernaculaires, caractérisées par leurs aspects compacts, ont été érigées de manière à offrir des places et quartiers conçus avec la composante climatique.

Cet aménagement a permis de protéger des vents tout en Assurant une bonne circulation de l'air (provoquée géométriquement), et de stocker la chaleur absorbée par les surfaces des bâtiments pendant la journée afin de réduire la baisse des températures durant la nuit. Ces conditions climatiques externes modifiées pouvaient améliorer le confort des espaces extérieurs, et réduire les besoins en énergie des bâtiments¹⁴⁰.

C'est d'ailleurs , et à juste titre que Roger Trancik, insiste sur le fait que « le rôle de l'aménageur urbain est de créer des places à travers la synthèse des composantes de l'environnement entier ». ¹⁴¹

5. Historique :

La place compte parmi les sites les plus représentatifs du centre historique de la ville. Elle est l'élément qui a historiquement servi de réceptacle, témoin de la mémoire collective, de l'activité sociale et de l'identité culturelle d'un peuple.

Considérée comme étant l'armature qui connecte les parties de la ville, la place, selon Hans Hollein, détient le pouvoir de souder l'architecture traditionnelle à l'architecture moderne¹⁴². Elle jouit d' « une épaisseur historique » qui la fait ancrer dans le tissu urbain et lui vaut sa popularité, tel est le cas de la place 'Djemaa Lefna' au Maroc, ou encore 'La place rouge' de Moscow dont la réputation n'est plus à faire.

D'une manière générale, on peut dire que « *En plus de raconter l'histoire d'un lieu, de faciliter la cohésion sociale, la place tend à devenir un vecteur d'identité architecturale, avec le risque de tomber parfois dans le pastiche* ». Fritz-Joël Montauban-Augustin¹⁴³

¹³⁹ Aronin, 1927 in A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan, Naveed Mazhar, University of Guelph, Septembre 2012

¹⁴⁰ Givoni, 1989, Yannas, 1994, Compact Cities, Sustainable urban forms dor developing countries, Mike Jenks & Rod Burgess, Edition Spon Press 2000, Page 118

¹⁴¹ Roger Trancik, Finding lost space: Theories of urban design

¹⁴² Hans Hollein in Finding lost space: Theories of urban design, Roger Trancik

¹⁴³ <http://actu-fjm.blogspot.com/2009/07/la-place-publique-un-espace-part.html>

I.1.2. Bref historique

« Depuis la grande expansion urbaine du Moyen Age, le paysage des villes est marqué par la présence de grandes places publiques, vastes espaces dégagés au sein d'un tissu urbain assez dense. Devenues aujourd'hui les symboles d'une histoire au prestige revendiqué, elles retrouvent leur rôle de cœur battant de la cité, rappelant l'époque où elles accueillait les cérémonies civiques ou religieuses et s'affichaient comme l'espace privilégié de l'activité économique et commerciale¹⁴⁴ ».

III.2.2.1. L'antiquité :

Durant cette période, les espaces publics constituaient les lieux privilégiés des citoyens, et au niveau desquels, se superposaient puissance publique et pouvoir temporel.

L'agora grecque fut jadis le symbole d'une vie sociale florissante au sein de la cité. C'est la première forme de place publique qui naquit dès les débuts de cristallisation de la cité grecque. Selon Panerai « *Le mythe du centre unique regroupant l'autorité politique, le lieu du commerce, les symboles de la religion et offrant un espace – généralement une place : agora ou forum - à la réunion des habitants et au débat des affaires de la cité* »¹⁴⁵.

Elle abritait donc : réunions, assemblées, débats d'ordre social ou politique, échanges culturels, célébration de fêtes, transmission des nouvelles, etc.

L'agora prit sa forme finale à l'époque hellénistique avec des dimensions plus larges et des limites plus définies.

A l'époque romaine, elle devint 'forum'. Ce dernier résulte de l'intersection des deux axes : le cardo (Nord/Sud) et le décumanus (Est/Ouest) qui constituent le premier tracé de la ville romaine, et autour de ce forum se groupaient des édifices religieux et des boutiques.

III.2.2.2. Le Moyen Age :

le déclin de l'Empire romain et les bouleversements sociopolitiques du haut Moyen Age imposent une rupture dans l'histoire de la ville et de la place. Ce n'est, en effet, qu'à partir du

¹⁴⁴ Sarah Lazaro, Colloque international, La place publique urbaine (XII-XXIe siècle), <http://calenda.org/189008>

¹⁴⁵ P. Panerai, J. C. Depaule, M. Demorgon, Analyse urbaine, Editions Parenthèses

XIe siècle, avec la genèse des points de commerce suivant les courants des grands échanges économiques, que l'on assiste à la récupération progressive de l'importance de la place¹⁴⁶.

Contrairement aux dimensions colossales qui caractérisaient les villes de l'antiquité, la cité médiévale était plutôt petite. C'est l'époque où régnait un équilibre entre le pouvoir temporel et celui spirituel.

La place à cette époque servait de marché, et permettait les rencontres, cérémonies et fêtes s'y déroulaient ainsi que des spectacles.

III.2.2.3. La renaissance :

L'épanouissement et le développement phénoménal qu'avait connu l'art dans toutes ses formes durant cette époque, avait donné lieu à des places richement décorées où l'esthétique prédomine au détriment de l'utilisation de ces places urbaines. Celles-ci servaient alors uniquement à mettre en valeur un palais, un théâtre ou une église, sinon quelque monument précieux.

C'est ainsi que la place a perdu son statut « public » car désormais livrée à une élite d'aristocrates qui y célébraient cérémonies, parades et défilés militaires et y stationnaient leurs carrosseries.

III.2.2.4. Le XIXème siècle :

Cette époque connut une ségrégation sociale qui s'est répercutée sur les espaces de la ville. Ces derniers devinrent vides et sans âme, dépouillées de leurs activités traditionnelles.

L'industrialisation dégrada la ville : le chemin de fer éventra le centre urbain et les premiers véhicules commencèrent déjà à circuler dans les rues et effrayaient les piétons. La ville devint plus accessible et moins vivable. La place est désormais un espace vide, réduit dans sa signification à un simple nœud de circulation.

III.2.2.5. Le XXème siècle et le modernisme :

C'est l'époque où on a tenté de rompre avec le passé : la charte d'Athènes, avec sa fameuse « tabula rasa » fut appliquée sur les villes sans un brin de nostalgie à l'égard de la tradition architecturale.

¹⁴⁶ Yoshihara Akiko, qu'est ce qu'une place réussie?, Master Urbanisme et Territoires, Institut d'Urbanisme de Paris, 2008

Mais ce courant moderniste était voué à l'échec. Le résultat à l'échelle de la ville consistait en espaces monotones et froids (appelés 'espaces négatifs') et une vie sociale éteinte. La relation entre l'espace public et son entourage immédiat commença à s'estomper graduellement et les places publiques n'ont hérité que le nom, et servaient uniquement de lieux de transit.

III.2.2.6. Le postmodernisme :

Ce courant a voulu rattraper l'échec flagrant du modernisme et rendre la vie aux espaces de la ville. Pour ce, on a tenté d'améliorer la fréquentation des places publiques par les piétons en déplaçant les aires de stationnements des véhicules vers des parkings souterrains ou en périphérie, aussi, une grande quantité d'œuvres d'art commença à garnir et à décorer ces places pour les rendre plus attrayantes et inciter le public à les utiliser.

I.1.3. La place contemporaine – ses caractéristiques

Dans les temps récents, les espaces publics, et notamment les places, ont bénéficié d'un intérêt qui va croissant de la part des architectes et urbaniste. La nécessité de remettre en valeur le cœur de la ville et optimiser l'utilisation de ses espaces s'ajoute à celle de la durabilité et de la réduction de l'utilisation de l'énergie au sein des bâtiments.

Les places publiques modernes ont pour premier objectif de répondre à un riche éventail d'activités. Ces dernières peuvent être spontanées ou planifiées, actives ou passives et orientées en faveur d'un groupe ou individuelles. Les places devraient inciter à participer à des activités programmées en fournissant des sièges, des tables, et suffisamment d'ombre et encourager les usagers à fréquenter certains espaces, mais doivent également être suffisamment souples pour accueillir des activités que les utilisateurs peuvent eux-mêmes planifier : un endroit ombragé, herbeux pourrait accueillir un spectacle, un jeu populaire, ou la lecture solitaire. Les caractéristiques typiques des places contemporaines comprennent la liste des objectifs de conception applicables, comme indiqué ci-dessous :¹⁴⁷

III.2.2.7. Accessibilité :

¹⁴⁷ Sophia Greenbaum, <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>

L'aménagement doit s'assurer que les éléments paysagers qui marquent l'entrée comme le changement de niveau, ou barrières ne gênent pas l'accès aux utilisateurs de la place publique. Il est de même est pour l'accès à tout ce qui est : art public, jeux d'eau, bancs et fourniture fixe comme les fontaines à titre d'exemple.

La pelouse et le pavage des places doit être bien maintenu pour assurer des voies d'accès conformes. Les surfaces en maçonnerie peuvent être plus faciles à manier car elles permettent de réaliser des pentes qui répondent aux normes d'accessibilité et évacuer facilement des eaux pluviales.

III.2.2.8. Esthétique :

L'utilisation de matériaux, mobilier, enseignes et art appropriés est indispensable afin de refléter la nature publique de la place. L'eau constitue un élément esthétique des plus attrayant, mais ne doit pas constituer en elle-même un fardeau en matière de maintenance. Les sculptures agrémentent également les places publiques par le message ou le symbole que sa présence inspire.

III.2.2.9. Coût :

Il est important de maintenir les éléments paysagers, les jeux d'eaux, et l'art à un coût raisonnable au niveau des places publiques, avec des matériaux durables et résistant aux intempéries et au vandalisme. On y recommande également des fournitures faites de métaux qui n'exigent pas de peinture.

III.2.2.10. Fonctionnalité :

Bancs, tables, bollards, poubelles, mâts de drapeaux, et grilles d'arbres doivent être envisagés comme une partie intégrante de l'aménagement initial. Cette fourniture doit être compatible dans ses mensurations, et sa couleur avec l'architecture environnante. Cette fourniture est un élément essentiel qui crée un espace extérieur utile et fictionnel.

Les bancs constituent le charme et l'attrait des places publiques, les bancs amovibles sont très importants au niveau des places, un supplément en assises fixes et nécessaire dans les places intensément fréquentées, où le périmètres des murs courts et les marches des escaliers doivent être conçus de manière à offrir une hauteur et une largeur confortable pour s'asseoir.

Il est indispensable de prêter attention à l'utilisation des places publiques et à leur développement. Ainsi qu'aux activités passives ou préalablement planifiées qui s'y dérouleraient.

III.2.2.11. Productivité :

Il s'agit de satisfaire les besoins des occupants des bâtiments adjacents : les places publiques bien aménagées offrent à leurs utilisateurs potentiels des opportunités de réassurance et de relaxation (des pauses par exemple), et encouragent une variété d'activités grâce à l'incorporation de caractéristiques de civilité assez satisfaisantes. Ceci se passe par la programmation régulière d'événements spéciaux.

Une considération particulière est à prêter aux différents espaces de la place qu'on pourrait éventuellement s'approprier pour quelques activités publiques.

III.2.2.12. Sécurité :

Bollard et éléments urbains sont à prévoir afin d'empêcher toute irruption de véhicules qu'elle soit intentionnelle ou accidentelle. Pour cela, des barrières sous formes d'éléments paysagers, statues, bancs, arbres ou bollards peuvent être installées sur les bords de la place, et donc assurer sa sécurité de façon esthétique.

III.2.2.13. Durabilité :

Pour assurer le caractère « durable » de la place, il est nécessaire de : prévoir des pentes pour le drainage positif et pratique des eaux pluviales (une collecte par exemple), minimiser la consommation de l'eau (l'utiliser avec modération, spécialement dans les climats arides où le taux d'évaporation de l'eau est important) et utiliser la verdure pour ses multiples vertus bénéfiques.

I.2. Typologie des places publiques

« *We all crave “authentic” places, but authenticity is often harder to nail down than we acknowledge.* » Anthony Veerkamp¹⁴⁸ (Nous aspirons tous à des places authentiques, mais l’authenticité est souvent plus difficile à enraciner que nous le reconnaissons).

Les places publiques qui existent au niveau des centres villes, ont été catégorisées selon leurs tailles, leurs relations avec les quartiers, leurs styles, leurs formes architecturales, les activités qu’elles abritent, etc. Rappelons que ce tri a été proposé par C. C. Marcus et al. (1998)¹⁴⁹. Cette typologie peut être utilisée comme une base pour mieux comprendre les variétés d’espaces ouverts qu’offrent les places urbaines, cerner leurs particularités et développer les lignes directrices de chacune d’elles.

1.2.1. La place du quartier

La place du quartier est une petite portion l’espace public urbain, elle est directement adjacente au trottoir et étroitement liée au quartier. Elle est parfois un élargissement du trottoir même ou bien son extension sous une arcade. Ces espaces sont généralement utilisés pour de brèves périodes où les gens : s’assoient, attendent, observent. Ces places sont plus utilisées par les hommes que par les femmes.

¹⁴⁸ Il s’agit d’un commentaire concernant la place de Los Angeles, décrite dans le blog : <http://blog.preservationnation.org>

¹⁴⁹ CLare C. Marcus, C. Francis & Rob Russel, *People Places : Design guidelines for urban open space*, partie 4. Edition John Wiley & Sons 1998. Page 33

Ce type de places contient le plus souvent un petit mur (seating edge) ou quelques marches pour s'asseoir.



Figure III.02. « Seating edge » de la place du quartier de Sansome
(Source : Marcus et al. 1998)

1.2.2. Le foyer des corporations

C'est généralement des places privées, tout en étant accessibles au public, faisant partie des complexes de bâtiment haut-standing. Leur fonction principale est de procurer une entrée élégante, ainsi que l'image du sponsor de la corporation. Elle est souvent fermée dès que les heures de transactions s'achèvent.

On trouve « le porche décoratif » comme une élégante variante de ces places. Il sert d'entrée, et contient dans la plupart des cas, des bancs, de la végétation et des jets d'eau. On a tendance à le protéger des rayons solaires afin d'optimiser son utilisation.

Il y a aussi « le parvis impressionnant » qui consiste en une large place d'entrée, dont les matériaux de finition sont souvent nobles et onéreux (marbre, travertin), et parfois aménagées de telle sorte que personne ne peut y accéder.

Une autre variante appelée « Stage set » signifiant « mise en scène », c'est une place de corporation très large, encadrée par une grande construction impressionnante. Ce type de place n'offre pas assez de possibilités pour s'y asseoir ou manger afin de « décourager les indésirables » dit-on. Elle est donc réduite à servir de mise en scène du bâtiment qui constitue une toile de fond.



Figure III.03. Marquette Plaza (First Federal Bank Plaza)
(Source : <http://karlermanis.com/marquette.html>)

I.2.3. L'oasis urbaine :

Il s'agit ici d'un type de places publique fortement végétalisé, planté, ayant l'image d'un jardin ou d'un parc partiellement isolée du quartier. Sa situation et son aménagement préservent intentionnellement cette sorte de places du bruit et des activités de la ville.

Tout cela donne lieu à des places qui procurent de la verdure, de l'ombre et du calme, faisant d'elles des espaces propices à la relaxation après une journée fatigante.

L'oasis urbaine est réputée pour les heures de déjeuner, la lecture et les interactions sociales qu'elle favorise. Elle constitue le type de place qui attire aussi bien les femmes que les hommes de manière conséquente. Elle offre un espace de qualité calme et propice à la réflexion.

On trouve trois types d'oasis urbaine :

-La place de déjeuner en plein air : elle est séparée du quartier par une marche ou un mur percé, avec le mobilier de café-restaurant qui offre les meilleurs services afin de satisfaire et fidéliser l'utilisateur. Elle est généralement plantée agréablement et munie de places d'assises adéquates.

-Le jardin oasis : c'est une petite place, voire placette, souvent fermée et isolée des quartiers et dont l'abondante végétation et les riches variétés des plantations renvoient à une image de jardin.

-Le toit jardin : il constitue également une place publique, aménagée à la manière d'un jardin pour s'asseoir, se promener et se détacher du paysage.



Figure III.04. Oasis urbaine: the tranAmerican Rewood Park à San Francisco
(Source : <http://www.examiner.com/>)

1.2.4. Le foyer de transit

Ce type de place offre un espace qui facilite les accès dans les endroits caractérisés par un grand transit. Et même s'il n'encourage pas le type d'activités que nous avons citées précédemment, il pullule d'artistes de rues, de vendeurs et d'observateurs.

On trouve dans ce type de place :

-La place d'entrée du métro : c'est une place de passage, attente, rencontre et observations. Parfois elle devient le lieu de prédilection de groupes particuliers qui accèdent au transport public.

-Le terminus de bus : Une place où convergent toutes les lignes de bus, et où les habitants des banlieues arrivent et quittent le centre de la ville quotidiennement. Cette place attire les vendeurs de journaux, de sandwiches, les fleuristes, etc. ce qui en fait une place animée.

1.2.5. La grande place publique

La grande place publique urbaine est la plus proche de l'image de la place traditionnelle. Souvent entourée de bâtiments fonctionnellement différents (bureaux, commerce, entrepôts, transport), elle attire les utilisateurs les plus éloignés, de tous les âges, sexes, et origines ethniques, pouvoir unique dont les autres types de places n'en sont pas pourvues. Elle est assez large et assez flexible pour accueillir des foules. Ces derniers la fréquentent pour déjeuner, s'y promener, y faire une pause café ou assister à des concerts occasionnels, expositions artistiques et rassemblements.

Ce type de place est, dans la plupart des cas, considéré comme étant le cœur de la ville. On y trouve :

-La place de la ville : Une surface à prédominance minérale, sise au centre de la ville et très visible. Elle accueille le plus souvent des événements programmés (concerts, performances et rassemblements politiques).

-Le square de la ville : également sis au centre de la ville, représentant le plus souvent la place historique où il y a intersection de la majorité des rues principales. Et contrairement aux autres types de places, il n'est pas attaché à une construction particulière, par contre, il englobe très souvent des blocs complets de ville et est délimité des quatre côtés par des rues.

Surfaces minéralisée et végétation y sont en équilibre et lui confèrent l'image d'un parc et d'une place en même temps. On a l'habitude d'y trouver un monument, une statue ou une fontaine. Elle abrite une variété d'utilisations et d'activités. Tout cela affirme sa grande valeur.

Trafalgar square à Londres en est un parfait exemple, il regroupe tous les éléments cités ci-dessus qui font de lui un véritable pôle d'attraction. La médiatisation de ce square joue un rôle crucial quant à l'animation de cette énorme place, car sur internet, journaux et affiches sont promus les événements qui s'y déroulent régulièrement, et qui, il faut préciser, touchent toutes les catégories de la société, célébrant les fêtes de toutes les religions (Listes des événements sur Trafalgar Square, Cf. Annexe A).



Figure III.05. Trafalgar square au cœur de Londres
(Source : <http://www.london.gov.uk/priorities/arts-culture/trafalgar-square>)

I.3. Importance et rôles des places publiques dans le tissu urbain

L'intérêt dont jouissent les places publiques est tel qu'elles constituent l'objet de plusieurs recherches urbanistiques, architecturales et socioculturelles.

« Dans la redéfinition des espaces urbains, la place publique occupe en effet un rôle majeur et polymorphe, reconnu par les pouvoirs publics aussi bien que par les urbanistes. Au croisement des inquiétudes patrimoniales et des projets de rénovation urbaine, la place publique se présente plus que jamais comme le cœur de nos villes. ¹⁵⁰»

Camillio Sitte déjà au XIX^{ème} dans son ouvrage « l'art de bâtir les villes », avait établi les principes de conception de places publiques à l'intérieur des villes, la traitant comme ' haut lieu urbain'. Roger Trancik, affirme quant à lui que les gens exigent un système stable de places

¹⁵⁰ Sarah Lazaro, Opcit

publiques qui les aidera à se développer, et à développer leurs vies sociales et leurs cultures¹⁵¹. William Whyte, a dédié tout un ouvrage pour l'analyse empirique des places publiques, intitulé «City : rediscovering the Center », signalant lui aussi, son existence indispensable dans le tissu urbain.

Panerai, quant à lui, insiste sur la place en tant qu'entité urbaine qui jouit d'un caractère propre à elle, et sur les diverses possibilités d'utilisations d'ordre économique ou socioculturel qu'elle offre : « *contrairement à l'espace polyvalent dont la forme se dilue généralement dans l'incertitude de son statut, les espaces de la ville ont une forme précise qui les distingue des espaces voisins et qui leur confère une identité. On peut utiliser une place pour y installer un marché, s'en servir de parking ou y dresser le chapiteau d'une fête foraine, elle reste une place ou plutôt elle reste cette place que personne ne confond avec la rue qui y mène* »¹⁵²

Dans l'histoire , les places publiques et les squares urbains ont joué le rôle majeure. Ils constituaient le point d'intersection des principales routes commerciales dans les temps où les transactions commerciales étaient la principale activité qui révélait la cohérence économique, politique et culturelles et animait les sociétés¹⁵³.

La place publique, dans les temps modernes, contribuent de manière significative à revitaliser la vie sociale et économique de la ville. C'est d'ailleurs, la raison pour laquelle les travaux de réhabilitations et de restaurations se sont multipliés dernièrement.

Avec les utilisations économiques, culturelles et artistiques, elle incite la communauté à participer, ce qui permet de catalyser les réseaux sociaux qui prolifèrent sur le web, et , par conséquent, conférer une identité à la communauté. Quoique cette dernière, est généralement redevable à l'héritage historique patrimonial propre à la place.

La place détient aussi le potentiel d'intégration sociale. Ce potentiel dépend des possibilités de rencontres et des échanges effectués par les habitants de la ville. Dans ce sens là, l'utilisation de l'espace public, et de la place publique plus particulièrement , est un instrument effectif qui garantit la cohésion sociale dans la mesure où elle peut accueillir de nombreux évènements extérieurs et offrir un véritable lieu de vie en plein air.

¹⁵¹ Roger Trancik, Finding lost space : Theories of urban design

¹⁵² P. Panerai, J. C. Depaule, M. Demorgon, Analyse urbaine, Editions Parenthèses, Page 153

¹⁵³ Madanipour in P. Bosselmann, Urban transformation, understanding city form,

Aujourd'hui certaines places ont gardé leur rôle, ce phénomène s'observe notamment lors de grandes manifestations (grandes foires, fêtes populaires...) où l'on s'assemble en masse. Des événements plus réguliers continuent eux aussi d'assurer une fonction qui s'est pérennisée au fil du temps sur certains lieux : marchés divers, marchés aux puces, brocantes... Certaines places ont su garder un rôle central au cœur des villes. D'autres, tels les parvis, ont vu leur fonction au mieux se transformer, ou dans le pire des cas, se sont vus relégués à de simples espaces vides devant les édifices religieux qui ont perdus leurs rôles central dans la vie publique.¹⁵⁴

De nombreux acteurs de l'aménagement ont compris l'intérêt de rendre à la place sa place dans la ville. Des prescriptions architecturales, des propositions de valorisations à travers des chartes de matériaux se développent dans de nombreuses villes françaises. L'objectif principal de cette démarche est de « donner une identité locale à ces lieux publics qui s'étaient uniformisés et banalisés au fil du temps et des pratiques des techniciens de l'espace public ».

I.4. Exemples de places publiques les plus réussies dans le monde

I.4.1. Places modernes

III.5.1.1. La place de Masdar City :

Il s'agit d'une Place publique sise au cœur de Masdar, une cité écologique à Abu Dhabi. Elle a été inspirée des places publiques européennes et créée en 2008 dans le but de favoriser les interactions sociales, et d'encourager un dynamisme social où la vie, les valeurs, les idéaux et la vision de la population de Masdar peuvent évoluer et s'épanouir.

Sur cette place, d'énormes parasols, sous forme de tournesols, sont érigées dans le but de procurer un maximum d'ombre durant la journée avec leurs pétales déployés. La nuit, ces fleurs se referment et restituent la chaleur stockée par les capteurs solaires qui les surmontent. Elles suivent le trajet du soleil dans le ciel et procurent, ainsi, une ombre continue.

¹⁵⁴ <http://actu-fjm.blogspot.com/2009/07/la-place-publique-un-espace-part.html>

Ce principe de tournesol est purement écologique et peut être adapté partout dans le monde, il ouvre beaucoup d'opportunités de vie à l'extérieur, même dans le désert.



Figure III.06 : La place publique au cœur de Masdar City
(Source : <http://www.l-a-v-a.net/projects/masdar-city-centre/>)



Figure III.07 : La place publique de Masdar City avec ses énormes parasols sous forme de tournesol

(Source : <http://gbssmag.com/2013/04/masdar-plaza/>)

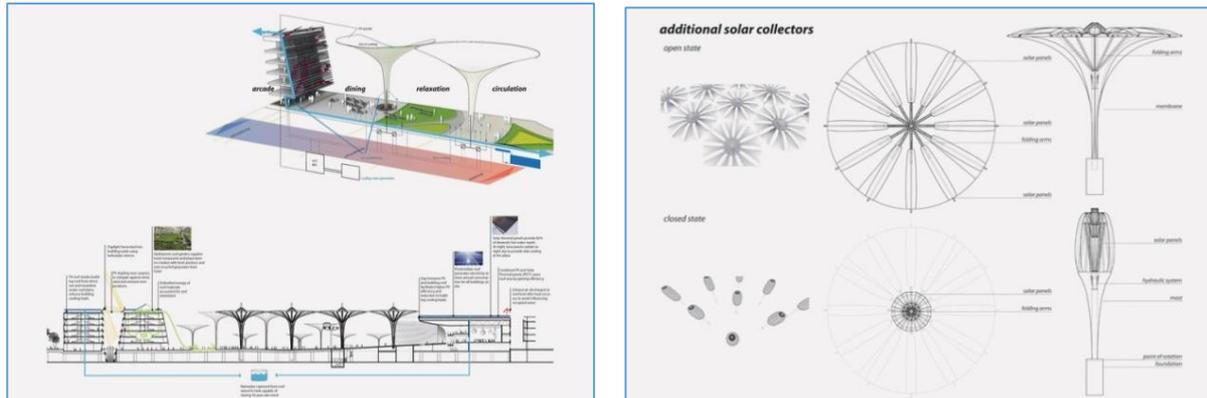


Figure III.08 : Profil de la place et détail de la fleur parasol
 (Source : <http://gbssmag.com/2013/04/masdar-plaza/>)

III.5.1.2. “Green roofed plaza” de l’Espagne

Cette place, réalisée en 2008, représente la connexion entre l’océan d’à côté et les différents écosystèmes des îles Canarie. Autour d’un bassin, des éléments architecturaux ainsi que deux structures supportant des toits végétalisés qui évoquent les divers écosystèmes des îles et leurs topographies.

S’étendant sur près de 3700 m² d’espace public ouvert, La place De Espana se compose d’un grand bassin peu profond qui sert une pataugeoire et possède une fontaine de geyser dans le centre. Autour du bassin s’érigent différentes formes d’éléments d’aménagement paysager : des arbres, quatre pavillons contenant des informations touristiques, un espace de vente en détail, un café et un parking sous-sol.

Chaque structure a été conçue pour évoquer des formes naturelles des îles Canaries.

Deux des pavillons ont une pente, les toits verts luxuriants regorgent de végétation. Ces structures semblent presque volcaniques dans leur texture et leur couleur et sont bien complétées par la végétation. La place est bien adaptée aux rassemblements publics et de aux événements. ¹⁵⁵

¹⁵⁵ <http://inhabitat.com>



Figure III.09 : Green roofed plaza de Espana
(Source : <http://inhabitat.com/herzog-de-meurons-gorgeous-green-roofed-plaza-de-espana/>)



Figure III.10 : Green roofed plaza de Espana
(Source : <http://inhabitat.com>)

III.5.1.3. 1111 Third Avenue in Seattle

Il s'agit d'une place dont la réputation est due au confort qu'elle procure à ses utilisateurs, William Whyte la décrit ainsi : « A Seattle, on a l'impression qu'il pleut tout le temps, mais ce n'est pas vraiment le cas, et c'est généralement une faible bruine. La place à 1111 third Avenue a été aménagée pour être la meilleure, avec deux structures, construites à sa limite dont l'une

consiste en un magasin de fleuriste, et l'autre est une cafétéria, les deux servant d'écran à vent. Dès que la bruine cesse, les gens sortent et occupent les chaises et les tables de la place.¹⁵⁶ »



Figure III.11: La place 1111 third avenue à Seattle
(Source : http://searcharchives.vancouver.ca/description-in-progress-5364*)

I.4.2. Places traditionnelles

III.5.1.4. Le Ryo-an-ji Garden :

Le Ryo-an-ji est un jardin Zen appartenant à un temple qui lui a donné son nom. Sis au Japon sur l'île de Kyoto. Il a été fondé au XIII^e siècle. Sa beauté subtile et son habilité à inciter les gens à la méditation lui a valu une réputation mondiale.

Un touriste ayant visité le jardin Remarque que « *The best time to visit Ryoan-ji therefore is on the worst of days, the winter months, a weekday, in the pouring rain.* »¹⁵⁷. En effet, cet élégant jardin, fait de gravier blanc et de rochers, est incroyablement confortable en plein hiver.

Le jardin a été initialement conçu dans le but d'offrir une place pour les moines qui y reproduisaient des manuscrits, les obligeant à s'y asseoir durant des heures, et ce, durant toute l'année.

Orienté vers le sud, le jardin reçoit une grande quantité de lumière en été. Le gravier blanc, qui recouvre le jardin, réfléchit la lumière à la pièce qui s'ouvre sur le jardin, offre aux

¹⁵⁶ William Whyte, *City : Rediscovering the center*, University of Pennsylvania Press, 2009. Page 132

¹⁵⁷ Places of peace and power, http://sacredsites.com/asia/japan/ryoan_ji_kyoto.html

moins une meilleure visibilité pendant l'écriture. Les roches, au nombre de cinquante, stockent la chaleur disponible que procure le soleil, et la restitue doucement dès que les rayons solaires s'estompent sur le jardin.

Les arbres , derrière la clôture, sont ainsi éloignés pour tirer profit du maximum de soleil en hiver. La clôture, quant à elle , protège des vents et réduit leur impact en hiver, tandis qu'en été, elle emmagasine l'air frais et l'isole de l'environnement extérieur, sans oublier la toiture importante du temple en saillie qui procure un maximum d'ombre ainsi que la canopée des arbres caducs dont le feuillage devient dense durant la belle saison, tout cela contribue à préserver le jardin du rayonnement solaire quand il fait chaud.



Figure III.12: le jardin Ryo-an-ji
(Source : <http://feltsocute.wordpress.com/2012/02/28/visiting-kyoto/>)



Figure

III.13: le Ryo-an-ji , un jardin Zen
(Source : http://youinjapan.net/kyoto/northern_kyoto.php)

III.5.1.5. Coral Castle :

Ou le château de corail. Nom donné à un parc construit au début du XXe siècle, qu'on qualifie souvent de « bizarre » et d'« extraordinaire » grâce à , non seulement l'ingéniosité de la construction (mystérieuse) dont a fait preuve son réalisateur Edward Leedskalnin, mais aussi à son aménagement qui lui confère énormément de confort, de convivialité et d'originalité.

Ce parc, situé à Miami, est classé place historique depuis 1984, et reçoit près de 65000 visiteurs par an.

Il a été érigé avec 30 tonnes de blocs de pierre, sculptés, pour servir d'aménagement « atypique » comme son auteur la qualifié avec une gravure à son entrée.

Toute la place est réalisée avec la pierre calcaire de la région : portails rotatifs, chaises, tables, fontaines, cadran solaire et télescope. La table centrale incarne la carte géographique de l'état de Floride, avec un bassin qui y est creusé, représentant le lac Okeechobee, et qui fait office de breuvage et de bain pour les oiseaux (bird bath).

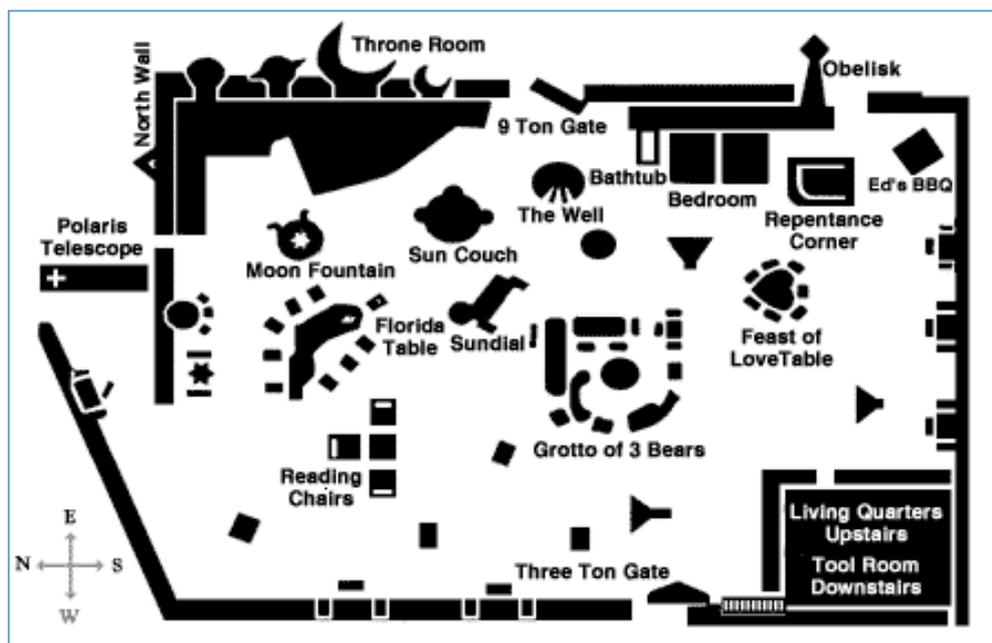
Ce parc a été créé en considérant le vent et le soleil. D'une part, la structure massive et lourde du parc l'a aidé à survivre aux ouragans, si fréquents dans la région. L'ouragan Andrew de 1991 qui a dévasté une bonne partie des états Unis, avait épargné le château de corail.



Figure III.14: Le château de corail, vue aérienne
(Source : <http://www.skeptic.com/eskeptic/12-12-05/>)

D'autre part, l'aménagement a été créé en fonction de l'ensoleillement. On trouve dans le parc trois types de chaises : pour le matin, pour l'après midi et pour le soir. Larry Ramirez, le guide du parc atteste que « Les chaises ont été placées par rapport à la position du soleil durant la journée, il voulait que le soleil brille sur le plan de lecture ». D'ailleurs, l'exactitude du cadran

solaire qui donne avec précision l'heure, le jour et le mois de l'année



révèle des connaissances très développées que possède Leedskalnin en la matière.

Figure III.15: Plan d'aménagement du château de corail
(Source : <http://www.crystalinks.com/coralcastle.html>)

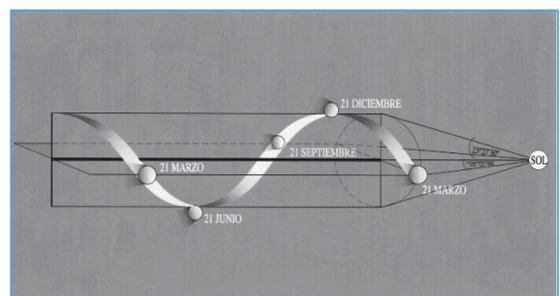


Figure III.16: Le degré de précision du cadran solaire dans le château de corail
(Source : http://www.overunity.com/10295/leedskalnin-news/#.U_jKx6OT6mg)

La végétation (palmiers, fougères, arbres à fleurs et arbustes) émergent des tables de pierre, et entourent les fontaines. Cette végétation est abondante dans le centre du parc ainsi que dans son côté Nord-Ouest. Les arbustes, petits soient-ils, agrémentent chaque coin.



Figure III.17: la végétation dans le château de corail
(Source : <http://humansarefree.com/>)

L'eau, aussi omniprésente que la végétation, provient d'une nappe souterraine, et est maintenue à une température n'excédant pas 10°C dans une double chambre réalisée par son



constructeur.

Figure III.18: la table en cœur et la fontaine de la lune dans le château de corail
(Source : <http://www.crystalinks.com/coralcastle.html>)

Enfin, on peut dire que le parc tout entier, avec ses moindres détails, est en écoute avec la nature.

1.4.3. Synthèse

La sélection des places publiques précédentes nous démontre à quel point l'être humain est soucieux d'installer une marge de confort dans les espaces qu'il habite, dont les espaces extérieurs ouverts. La place de Masdar City, a été créée dans l'objectif d'animer et favoriser les rencontres et les interactions sociales dans les espaces extérieurs de Dubai, ces derniers étant invivables à cause du climat très chaud et le vent sableux qui y prédominent. Dans la place de 1111 third Avenue, on a exposé la place au soleil, mais on l'a protégé des vents agressifs grâce à des constructions qui font office de boutique et de cafétéria ainsi que d'abri qui protège des pluies en même temps.

Le jardin Ryo-an-ji, et le coral castle, en fusion totale avec la nature, constituent eux aussi, un bel exemple qui compose avec le soleil, le vent, la végétation et l'eau, une combinaison des plus efficaces et des plus convaincantes en termes de confort, d'où leur réputation mondiale.

On peut d'ailleurs remarquer deux points communs qui lient les différents aménagements de ces places : il s'agit du soleil et du vent.

1.5. Interactions des places publiques avec le climat – création de microclimat favorable

De ce qui précède, on peut dire que les places publiques, en tant qu'« espace sociale par excellence »¹⁵⁸ n'est utilisé que s'il est confortable. Les places traditionnelles ayant survécu aux aléas de la nature qui persistent encore, en sont témoin, et qui plus est, reflètent une vie sociale florissante.

On sait qu'entre plusieurs essais et erreurs durant une longue période de temps, les gens ont appris à créer des environnements thermiquement confortables dans des conditions climatiques

¹⁵⁸ Camillio Sitte Opcit

différentes. Ces techniques, aussi efficaces soient-elles, ont pris beaucoup de temps et connu plusieurs échecs avant qu'elles soient appliquées avec assurance ¹⁵⁹. Ils nous reviennent donc de renouer avec le passé pour y puiser ces connaissances, que H. Fathy décrit comme étant « fruit de l'expérience de plusieurs siècles ». c'est d'ailleurs la raison pour laquelle elles sont rarement remises en question.

En effet, plusieurs exemples et traditions démontrent, et expliquent cette forte liaison entre l'espace et le climat, et il est intéressant de savoir aussi, si les places inconfortables peuvent survivre ou pas à travers le temps. Un exemple de Boston City Hall Plaza : c'est une place venteuse, sans ombre et qui crée un microclimat extrêmement inconfortable (chaud et très exposé au soleil en été, et froid et très exposé aux vents en hiver). Si cette place persiste encore, ce n'est que pour des raisons économiques ou politiques, mais à long terme, il est fort possible qu'elle disparaisse si les gens ne s'y attacheraient pas.¹⁶⁰

D'ailleurs, P. Bosselmann affirme qu'un bon aménagement de la ville « *peut influencer le confort des piétons dans les espaces extérieurs au niveau du quartier, des parcours de promenades, mais aussi dans les places de rassemblement et les trottoirs qui peuvent être aménagés de manière à tirer avantage du mouvement de l'air ambiant, et installer le confort dans les journées chaudes. Protéger des conditions de vent contraignantes, et après cela du soleil direct pour la majeure partie de l'année* »¹⁶¹. Il affirme aussi que « *de telles conditions peuvent être procurées même au niveau de tissus urbains relativement très denses* »

Il est vrai que la modernisation et la commercialisation des espaces publics, quartiers, parcs et places y compris, a fait que ces espaces aient perdu leur signification en tant que places destinées au contact de la communauté, et dont une majorité est devenue possession privée.¹⁶² Et pourtant, d'après D. Brown, « *les gens habitant l'environnement urbain semblent avoir le désir d'établir un contact avec la nature et les spacieux paysages verts et calmes. Ils ont également besoin (typiquement) de communiquer les uns avec les autres à propos des gens et leurs actions, autrement dit : ils aiment bavarder, et ils préfèrent le bavardage face-à-face. Le caractère*

¹⁵⁹ R. D. Brown, Design with microclimate, Edition Wiley & Sons, 2010, P 06

¹⁶⁰ Idem, page 18

¹⁶¹ P. Bosselmann, Urban transformation understanding city form, streets and climate, page 239

¹⁶² Mike Jenks & Rod Burgess, Compact Cities, Sustainable urban forms for developing countries, Edition Spon Press 2000, Page 119

humain a une grande tendance de graviter autour des endroits usuels et des espaces semi-publics. Leurs besoin apparent pour le dit « espace personnel » est une conséquence de la vie dans l'environnement urbain dans lequel nous n'avons guère le sentiment d'être dans un habitat humain naturel. ¹⁶³». Donc , une place qui favorise confort et communication est ce que la société désire le plus.

I.9. Conclusion

La place est ici définie d'abord par sa forme, sa fonction, son existence et le rôle qu'elle a joué à travers l'histoire, ainsi que les typologies de places publiques dont la riche diversité ne cesse d'exister proposant des espaces de plus en plus intéressants, et qui vont nous permettre ultérieurement de trier les places choisies pour la recherche.

Ensuite, une vue d'ensemble sur le rôle de cette catégorie d'espaces publics urbains, et des recherches qui s'y sont penchées, nous a révélé que la place était et ne cesse d'être l'espace urbain social par excellence.

De plus , ce chapitre nous a démontré comment les places , modernes ou traditionnelles soient-elles , peuvent être en relation étroite avec les climats dans lesquels elles se trouvent, et que leur popularité, est due le plus souvent au confort qu'elles procurent. Les places traditionnelles plus particulièrement, répondent à travers leur aménagement au vent et au soleil de façon claire et formellement explicite.

A partir de ce chapitre, nous avons pu remarquer que parmi les éléments qui font une bonne place publique, il y a surtout l'aménagement qui compose avec le climat un microclimat. C'est donc l'aménagement qui décide en partie du degré de confort sur les places, et de l'épanouissement de la vie sociale qu'elles favorisent en conséquence, et mérite donc, une attention particulière. L'aménagement et le mobilier des places publiques feront donc l'objet du prochain chapitre.

¹⁶³ R. D. Brown, Design with microclimate, Edition Wiley & Sons, 2010, P 132



To

CHAPITRE IV:
Aménagement et mobilier écologique
dans les places publiques urbaines



3.1. Introduction

L'aménagement urbain peut être efficace si l'on accorde un intérêt particulier à la manière d'utiliser l'espace public. L'enjeu principal réside dans l'accessibilité de l'espace urbain à tous et la mixité d'usage dans les places de la ville : habiter, se déplacer, travailler, acheter, se détendre et communiquer.

Cet aménagement urbain peut se concevoir en faveur du développement durable, la plus précise d'entre elles étant sans doute celle du mobilier urbain dont l'effet peut concerner le type d'énergie sollicitée, les matériaux de constructions mis en œuvre, mais aussi les usages que la présence du mobilier induira.¹⁶⁴

Le mobilier urbain dans son mode constructif est également un enjeu de développement durable. Ainsi, plusieurs opérations s'inscrivant dans cette perspective, visent à remplacer le mobilier urbain en plastique ou métal par des réalisations en bois (épicéa, frêne, peuplier). On favorise une source renouvelable, donc durable, de matériaux. Notons que le mobilier urbain en soi, peut induire, par sa seule présence, des comportements influençant le développement durable.¹⁶⁵

3.2. L'aménagement des places publiques¹⁶⁶

¹⁶⁴ A. Liébard & A. de Herde, *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques*, Editions du Moniteur, 2004. Page 368a.

¹⁶⁵ Idem

¹⁶⁶ http://www.nyc.gov/html/dcp/html/pops/plaza_standards.shtml#location

D'après nos recherches, nous n'avons trouvé de normes détaillées concernant l'aménagement des places publiques que celles promulguées par le gouvernement newyorkais, sachant que la ville de New York est pionnière dans ce domaine, et dont les débuts remontent aux années cinquante. L'évolution de ces normes au fil des temps a abouti aux amendements relatifs au zonage de 2007, et qui ont été à l'origine de changements significatifs quant à ces normes.

3.2.1. Les dimensions

Les places de tailles suffisantes peuvent assurer un service adéquat au public et accueillir des équipements adaptés ; la superficie minimale des places publiques est de 185m² ; celle-ci est suffisante surtout pour les petits parcs qui peuvent être dotés de places pour s'asseoir confortablement, de végétation et autres.



Figure IV.01. Une place d'environ 185m²
(Source: New York City planning)

3.2.2. Configuration

Les places publiques doivent généralement être de forme géométrique régulière (rectangulaire, carré, etc.) afin de permettre l'articulation des façades de bâtiments qui donnent sur la place et la flexibilité dans l'aménagement paysager. La partie principale de la place, appelée la « majeure partie » de la place publique, doit représenter au moins 75% de la superficie de l'esplanade ; les plus petites sont alors considérées, par opposition, comme des « parties

mineures" et sont limités à un maximum de 25% de la superficie totale de l'esplanade. Parties majeures et mineures de la place publique obéissent aux mêmes normes de conception.

Les principales parties de places publiques doivent avoir une largeur moyenne d'une profondeur de 12 mètres. Pour permettre une plus grande flexibilité dans la configuration et la conception de la place publique, jusqu'à 20% de la superficie de place peut être inférieure à 12 mètres de profondeur.

3.2.3. L'orientation

Les places orientées vers le Sud sont généralement appréciées, à moins que les configurations de lot empêchent une telle orientation. Lorsque des lots ne sont pas parties exposées au sud ou lorsque les parties exposées au sud sont à moins de 12m de largeur, il est préférable d'orienter la place à l'est ou à l'ouest. ; mais en aucun cas la place ne doit être orientée vers le nord.

3.2.4. Les façades de trottoir

Une vue d'ensemble des places existantes a montré que l'usage de celles-ci est déterminé de façon significative par la relation place-trottoir. Pour faciliter l'accès aux places à partir des quartiers adjacents et animer les points de jonction des places publiques avec le trottoir, il existe une certaine régulation applicable qui consiste en un aménagement qui occupe les premiers 15m du trottoir et que l'on appelle généralement « la façade –trottoir » comme élément de transition. Cet aménagement ne doit pas dépasser une couverture de surface de 50%

. Les 50% restants de la façade de trottoir peuvent contenir des obstacles tels que des arbustes, sièges mobiles, des arbres, des poubelles ou d'autres éléments d'aménagement qui sont autorisés dans les places publiques.



Figure IV.02. Façade trottoir avec sièges et aménagement varié
(Source: New York City planning)

3.2.5.Élévation

Une différence d'altitude considérable entre les trottoirs et les places, limite l'accès, l'attractivité et la possibilité d'assurer la sécurité. Le règlement exige maintenant que les places soient généralement situées au même niveau que les trottoirs et les rues adjacentes ; seuls les changements mineurs dans l'élévation ne dépassant pas les 2m au dessus du trottoir adjacent sont autorisés.

Pour permettre une plus grande flexibilité dans la conception de grandes places publiques, nous avons les mesures suivantes :

- 20% des places de plus de 930m² sont autorisés à avoir une élévation allant jusqu'à 1,20m au dessus du niveau du trottoir adjacent, à condition que la marge entre la zone surélevée et la ligne de rue soit supérieure à 7,5m ;
- Sur une pente située entre 2,5% et 5%, et longeant toute la place, les changements d'élévation peuvent atteindre 30cm au dessus du niveau du trottoir adjacent.



Figure IV.03. L'effet d'une différence de niveaux excessive: une place qui est déconnectée du quartier



Figure IV.04.. Une différence de niveaux réussie
(Source: *New York City planning*)

3.2.6. Circulation

Pour assurer une accessibilité suffisante à l'intérieur des places publiques, des chemins de circulation d'au moins 2,5 mètres de largeur sont indispensables pour couvrir au moins 80% de la profondeur de la place. Les voies de circulation sont utiles pour connecter chacune des façades de la rue sur laquelle donne la place ainsi que toutes les places et entrées d'immeubles, y compris les aires de repos et des cafés en plein air.

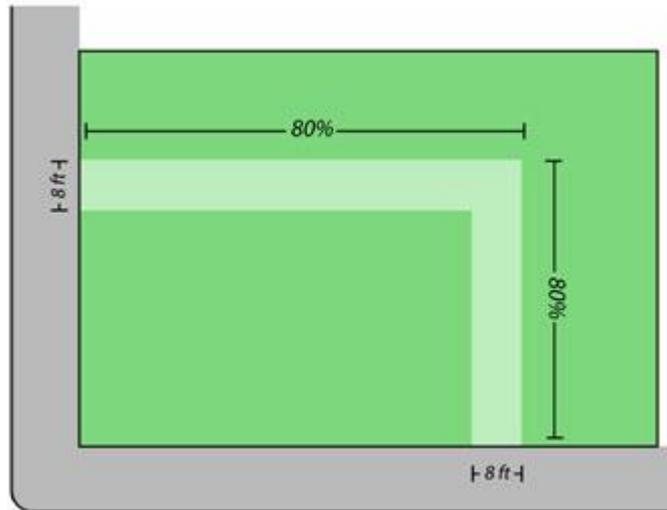


Figure IV.05. Diagramme illustrant le minimum du chemin de circulation requis
(Source: New York City planning)

3.2.7. Equipements Additionnels Requis

Quand une place dépasse 465m² elle est tenue de fournir des équipements supplémentaires en plus de ceux décrits ci-dessus. Cette exigence dépend du fait que les places nécessitent une palette plus variée d'aménagement en fonction de leurs dimensions. Ces aménagements supplémentaires peuvent être matérialisés par: des expositions artistiques; sources d'eau comme des fontaines ou piscines réfléchissantes, cascades ; des aires de jeux pour enfants; des cafés en plein-air, des kiosques ou des services de restauration dans des locaux adjacents.

3.2.7.1. Kiosques et cafés en plain air:

Peuvent offrir des services de restauration précieux pour les utilisateurs. Pour assurer que ces aménagements sont bien conçus et intégrés dans la place, ils doivent être conformes aux normes opérationnelles suivantes :

Un kiosque de 9 m² est autorisée pour chaque 465m² de place sans pour autant entraver la circulation à l'intérieur de la place publique. Leurs prestations sont variables : vente de livres et journaux, de boissons, de nourriture et autres.

Les Cafés doivent être à ciel ouvert, sauf pour les parasols, les toits de tissu temporaires sans supports verticaux. Les cafés des places dont la superficie dépasse 2790m², doivent être situés sur un bord. Pour ne pas entraver l'accès et préserver le caractère public de la place, Il est interdit d'utiliser clôtures, jardinières, ou d'autres moyens qui séparent le café de la place.

3.3. Le mobilier

3.3.1. Définition

Le mobilier des places publiques sous entend tous les objets qui y sont installés dans le but de répondre aux besoins des usagers. Il s'agit bel est bien « d'un ensemble des objets ou dispositifs publics ou privés installés dans l'espace public et liés à une fonction ou à un service offert par la collectivité »¹⁶⁷. Le mobilier le plus courant au niveau des places urbaines comporte :

3.3.2. Obstructions et canopées Autorisées

Les places publiques sont primordialement conçues pour être à ciel ouvert, à l'exception de certaines obstructions autorisées telles que la végétation, les sièges et autres types de mobiliers.

Les places **moins** de 930 m² ont une obstruction maximum de 40% de la superficie de l'esplanade. Les places de **plus** de 930 m² ont une limite d'obstruction maximum de 50% de la superficie de l'esplanade.

Auvents, canopées et stores associées aux entrées des constructions et des commerces peuvent améliorer l'utilisation d'une place publique dans les conditions météorologiques défavorables. Toutefois, si ces obstructions ne sont pas soigneusement conçues, elles peuvent considérablement altérer l'ouverture et la nature publique de la place. Ces obstructions sont limitées à une superficie maximale de 23m² et à une hauteur ne dépassant pas les 4,50 m de la façade du bâtiment, et il est préférable de limiter l'utilisation de supports verticaux.

¹⁶⁷ Annie Boyer, Élisabeth Rojat-Lefebvre, Aménager les espaces publics. Le mobilier urbain, Paris, éd. du Moniteur, 327 p



Figure IV.06. Visibilité et obstructions à l'intérieur d'une place publique
(Source: *New York City planning*)

3.3.3. Les bancs

C'est le mobilier de repos le plus important dans les places publiques, il ne permet pas seulement à l'individu de s'asseoir, mais aussi de lire, bavarder, écrire, regarder ou simplement s'exposer au soleil.

Toutefois ; petit murs, bordures, marches d'escalier peuvent assurer les mêmes fonctions d'un banc, et permettent, de ce fait ; d'enrichir la place publique avec des formes diversifiées.



Figure IV.07. Banc public en béton
(Source : <http://projets-architecte-urbanisme.fr/>)

Une fourniture abondante de sièges confortables et dotés d'un bon design est considérée comme l'un des éléments les plus critiques de l'aménagement de la place publique. Les concepteurs des places publiques devraient examiner attentivement la diversité, les dimensions, l'emplacement et la configuration de sièges, avec l'intention d'augmenter l'opportunité d'offrir des sièges confortables et pratiques favorisant l'interaction sociale.

Il existe six types de sièges qui peuvent être utilisés pour satisfaire aux exigences des places publiques: sièges mobiles, sièges individuels fixes, bancs fixes, les mini-murs de sécurité, les rebords de jardinières, et marches (ou gradins).



Chaises amovibles



Bancs fixes



Mini murs



Bancs individuels fixes



Bords des plantations



Marches (ou gradins)

Figure IV.08. Type de bancs dans les places publiques
(Source: New York City planning)

Les placettes publiques doivent offrir deux de ces types de bancs, tandis que les places avec une surface se situant entre 465m² et 930m² doivent en offrir trois. Les places de plus de 930m² doivent fournir au public des chaises amovibles en supplément.

Les sièges collectifs situés à proximité les uns des autres avec des configurations qui facilitent l'interaction sociale sont disposés de telle sorte qu'ils soient prédominants par rapport aux autres types dans la mesure du possible.



Figure IV.09. Sièges sociaux
(Source: *New York City planning*)

Les sièges prévus pour les rebords des jardinières doivent atteindre au moins 56 cm de profondeur. Les marches peuvent jouer le rôle de sièges en amphithéâtre avec une hauteur de 50 cm.

Dans beaucoup de places existantes, on préfère l'emplacement des bancs situé au fond de la zone de l'esplanade, ce qui peut procurer un sentiment de se retrouver comme dans un refuge de la ville. Mais le manque de places à l'entrée de l'esplanade se traduit souvent par un état de lieu vacant et sous-utilisé. Pour veiller à ce que suffisamment de sièges soient disponibles dans la place publique, une partie de ces bancs doit être située à moins de 4,50m du trottoir.

3.3.4. Végétation, arbres et accessoires

L'intérêt de la végétation dans les places publiques urbaines ne fut connu que depuis les années 70. L'image de plus en plus austère des places, voire même lugubre parfois, et qui sont souvent très exposées au soleil ; ont attiré l'attention sur la nécessité d'y planter arbres, fleurs, arbustes etc. pour égayer leurs aspects, et profiter de l'ombre et de l'oxygène qu'ils offrent. La végétation et l'eau font toujours bon ménage, et constituent une parfaite combinaison paysagère.



Figure IV.10. Végétation dans la place des droits de l'homme, Tremblay-en-France
(Source : <http://www.bcarchitectes.com/>)

Les arbres et les autres superficies plantées sont des composantes essentielles de l'espace public agréable et réussi. Un équilibre doit être trouvé entre une végétation abondante, luxuriante et généreuse avec assez d'éclairage.

Un minimum de quatre arbres est souhaitable dans chaque place publique. Pour tous les 92m² de la surface de la place, des arbres dont le tronc est de 10cm de diamètre sont nécessaires. Le besoin peut être satisfait, soit en fournissant moins d'arbres avec des troncs de plus grand diamètre ou un plus grand nombre de petites espèces à tiges multiples.



Figure IV.11. Proportion idéale d'un arbre

(Source: New York City planning)

En plus des exigences en arbres citées précédemment, il est impératif pour la place publique de fournir au moins un équipement planté supplémentaire. Pour encourager une plus grande variété d'aménagement paysager et éviter les excès de surfaces dures et minéralisées, Les nouvelles normes exigent que 20 % de la surface de la place soient végétalisés. La végétation requise au niveau du sol pourrait prendre la forme de plates-bandes, recouvrements ou pelouses accessibles.



Figure IV.12. Lits de plantations, jardinières
(Source: New York City planning)



Figure IV.13. Accès du public à la pelouse avec bancs
(Source: *New York City planning*)

3.3.5. Les fontaines et jets d'eau :

Élément de décoration par excellence, souvent esthétique et monumental. Fontaines, jets d'eau, bassins ou cascades artificielles procurent un bien être d'ordre psychologique et physique à la fois, et ce, grâce à leur fraîcheur, la belle surface miroitante de l'eau et surtout le son de l'écoulement mélodieux qui aide à se détendre.



Figure IV.14. Jets d'eau dans la place des festivals à Montréal, Canada
(Source : Wikipedia)

3.3.6. Objets d'hygiène :

Dont les corbeilles et les poubelles. Ces objets sont incontournables au niveau de tous les espaces urbains afin de faciliter la collecte des déchets et, par conséquent, donner une image urbaine propre et civilisée.

Les poubelles doivent être de tailles et en quantité suffisantes pour accueillir les déchets produits par les foules. Un réceptacle est nécessaire pour chaque 139m². Les places de plus de 560m² assurer un collecte supplémentaire pour chaque 185m² de place. Les places contenant des services alimentaires, tels que des cafés en plein air, sont astreintes d'offrir une collecte supplémentaire pour chaque 140m² d'espace de restauration.

3.4. Aperçu sur les nouveaux outils de développement de mobilier climatique écologique- La conception paramétrique

Il s'agit de la conception paramétrique « révolutionnaire » qui se fait par le biais de logiciels algorithmiques (Rhino & Grasshopper). Ces logiciels parviennent à construire des aménagements ou des constructions en considérant plusieurs contraintes selon leurs priorités. Les résultats répondent à toutes sortes de paramètres en même temps, dont climatiques.

Ces outils de développement ont un grand potentiel d'augmenter l'efficacité et la qualité de l'aménagement à l'échelle urbaine, ils appliquent « une conception morphogénique en explorant les paramètres formels, environnementales et fonctionnelles pour constituer des espaces urbains vivants »¹⁶⁸.

3.4.1. Grasshopper et Rhino:

La conception algorithmique utilise des algorithmes qui permettent aux concepteurs de surmonter les limitations des logiciels de conception assistée par ordinateur (CAO) traditionnels et les modélisateurs 3D, pour atteindre un niveau de complexité et de contrôle qui est au-delà de la capacité humaine manuelle. Les algorithmes de conception assistée présentent des méthodes de conception qu'offre « Grasshopper », un éditeur d'algorithmes visuels. Ce dernier est étroitement intégré avec Rhinoceros, le logiciel de modélisation 3D créé par 'McNeel & Associates' et qui permet aux utilisateurs de générer des formes libres et précises.

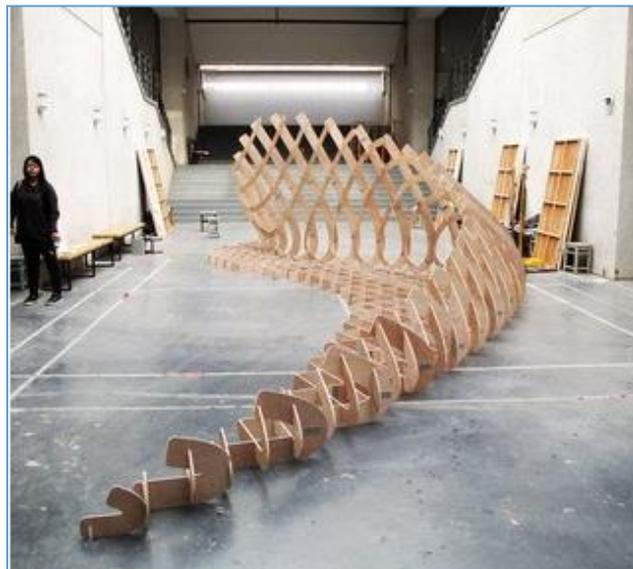


Figure IV.15.

Banc public développé

à l'aide de Grasshopper

(Source : [xujiong](http://xujiong.com/) ; <http://rebeccapennbenv2426.blogspot.com/>)

¹⁶⁸ M. Mostafa Ibrahim Mohamed Saleh, Using the Tools of Parametric Urbanism, Toward a more Responsive Environmental Urban Morphology, University of Alexandria , Architectural Engineering Department, 2012

Ces deux outils numériques intègrent des techniques informatiques pour développer et contrôler des géométries complexes, couvrant la modélisation paramétrique, les techniques de fabrication numérique, les stratégies de formulaires d'enquêtes, l'analyse environnementale et l'optimisation structurelle. Ils disposent également d'études de cas et des contributions de chercheurs et concepteurs des universités les plus influentes du monde et des principaux cabinets d'architecture.¹⁶⁹



Figure IV.16. Pavilion Concept
(Source : <http://pivot.no>)



Figure IV.17. Aménagement conceptuel réalisé par Fredrik Wenstøp
(Source : www.pinterest.com)

Dans ce qui va suivre, nous avons choisi une sélection d'aménagements urbains générés par Grasshopper, à dessein climatique, esthétique et fonctionnel.

¹⁶⁹ http://www.arturotedeschi.com/wordpress/?page_id=4618

3.4.2.Exemples:

3.4.2.1. Le pavillon Jubkin

Jukbin est un pavillon expérimental avec une solution constructive innovante , avec comme finalité l'efficacité énergétique. Le système structural est une adaptation technologique des traditions d'ondulations : c'est l'ondulation et la connection d'éléments très flexibles qui permet de réaliser un tissu structuré très rigide "structural fabric". Ce dernier se compose de 15 lanières de 5cm de largeur assemblés sans clous.¹⁷⁰



Figure IV.18. Le pavillon Jubkin
(Source : <http://academic.coda-office.com/>)

3.4.2.2. L'installation « Crater lake » (banc/abris)

Il s'agit d'un nouveau concept des espaces de rencontre extérieurs, il a été conçu et construit par les designers japonais 24° studio. Cette installation a pour but d'inviter les visiteurs à l'interaction sociale tout en étant confortable à l'abris des rayons solaires et des vents. C'est un point de rencontre où les gens de différentes catégories d'âge sont invités de prendre part aux conversations dans des emplacements spontanés. Il est construit manuellement, sa structure en bois forme un petit monticule servant d'abris qui protège des vents et procure de l'ombre.¹⁷¹

¹⁷⁰ <http://academic.coda-office.com/projects/jukbuin-pavillion-erected/>

¹⁷¹ <http://urbanpeek.com/2011/10/15/crater-lake-social-meeting-point-installation-for-kobe-bienalle-2011-japan/>

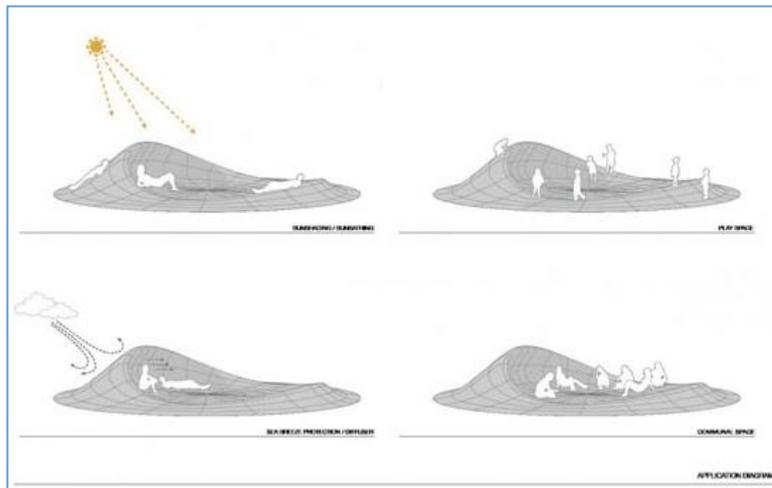


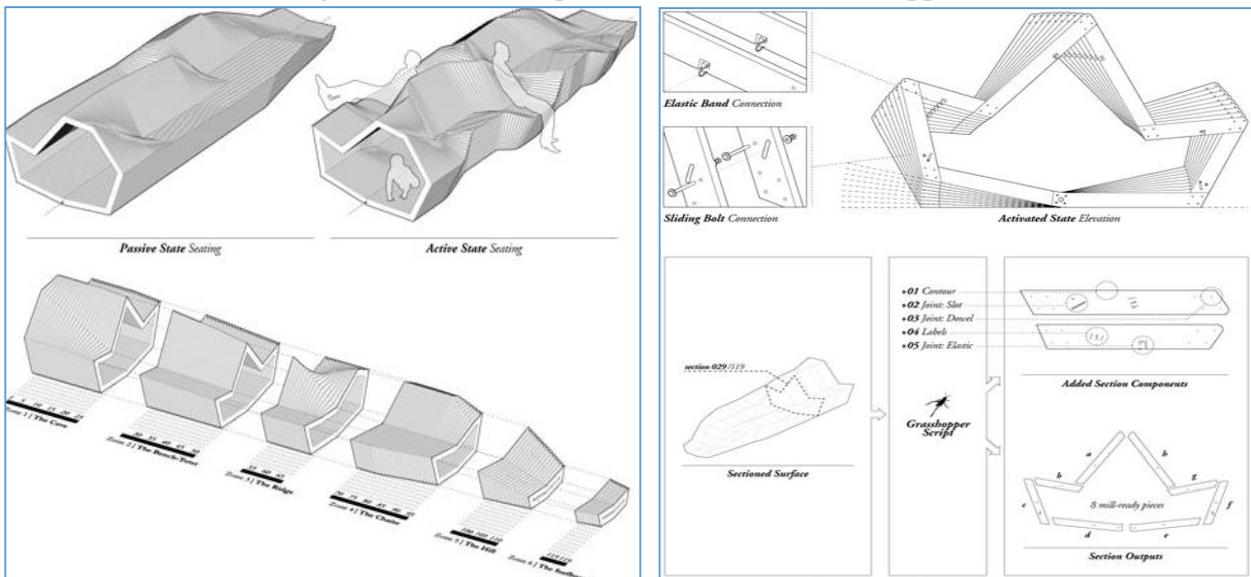
Figure IV.19. Le mobilier Crater Lake
 (Source : <http://academic.coda-office.com/>)

3.4.2.3. Kinetic Bank system: Slinky inspired, shape-shifting based

Ce banc a été inspiré d'une spirale, avec comme première intention l'adaptation et l'ajustement avec le corps humain. C'est une chaise interactive avec un profil ergonomique qui s'ajuste au poids de l'utilisateur tout en assurant confort et fonctionnalité.

Cette furniture représente une expérience révolutionnaire dans la mesure où elle intègre dans la conception les limites de la fabrication manuelle, tout en considérant les exigences contextuelles d'esthétique et de confort de l'individu. Ceci produit un système paramétrique adaptant à la fois le mobilier à la contrainte de fabrication et aux exigences de fonctionnalité.

Figure IV.20. Banc public réalisé avec Grasshopper¹⁷²



(Source : <http://edgeryders.eu/>)

3.4.2.4. Meeting Bowls NYC: The New Social Trend of Time Square

Le "bol de réunion" est un projet d'art public écologique espagnol, c'est un mobilier urbain créatif qui consiste en trois capsules de 1,50m de hauteur, dont chacune est dotée de 8 bancs destinés à accueillir le public de toutes les catégories d'âge et favoriser la conversation dans une ambiance conviviale. Ce mobilier fut très apprécié à la place piétonne "Time square" de Manhattan. Leur particularité est qu'ils balancent légèrement dès qu'une personne y accède, Le doux mouvement généré est destiné à être relaxant et amusant comme dans une balançoire.



Figure IV.21. « The meeting bowles » à Time square – Manhattan.

(Source : <http://edgeryders.eu/>)

3.4.2.5. Le banc écologique Ec-O banc

Il s'agit d'un banc urbain écologique destiné aux lieux publics, le banc Ec-O est un mobilier unique en son genre invitant au repos. Il collecte et filtre l'eau de pluie et capte l'énergie solaire grâce à des cellules photovoltaïques, ce qui lui permet d'éclairer les usagers même quand il fait sombre. Le collecteur d'eau de pluie et le système de filtre sont idéalement conçus pour permettre la croissance des plantes.¹⁷³ (Voir Figure IV.17).

¹⁷³ <http://www.paperblog.fr/3399312/ec-o-un-banc-public-ecologique-qui-cultive-des-plantes/>



Figure IV.22. Eco-banc qui cultive les plante
 (Source : <http://www.paperblog.fr/>)

3.5. Conclusion

De ce chapitre, nous pouvons résumer les principes d'aménagement des places publiques comme suit :

- Ouvert, accueillant et invitant dès le trottoir
- Facilement vu et lu comme ouvert au public
- Transmet l'ouverture par de faibles éléments de conception et les chemins généreux menant à la place

- visuellement intéressant et contient des sièges accessibles
- Améliore la circulation piétonne
- Situées à la même hauteur que le trottoir
- Fournit le sentiment de sécurité et la sécurité
- Contient des chemins faciles d'accès pour l'entrée et la sortie orientées et visuellement reliées à la rue
- Offre de places assises
- peut accueillir une variété de mobilier avec un bon design, des sièges confortables pour les petits groupes et les individus

Le mobilier écologique des places publiques constitue un sujet d'actualité du fait de sa grande influence sur la durabilité d'une ville. Le mobilier favorisant la biodiversité est en vogue, et les moyens informatiques de développement d'aménagement climatiques très innovants et intelligents en est la preuve.



CHAPITRE V:

Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatique du microclimat



**« SI VOUS N'ARRIVEZ PAS A EXPLIQUER
LES CHOSES AVEC SIMPLICITE, C'EST
CERTAINEMENT QUE VOUS NE LES
COMPRENEZ PAS ENCORE
SUFFISAMMENT »**

Albert EINSTEIN

V.1. Introduction

Le présent chapitre a pour objet d'identifier une série de stratégies possibles de réhabilitation, et que nous allons utiliser dans la partie schématique de la procédure d'aménagement.

Il est important, néanmoins, de rappeler que ces stratégies :

- Ne doivent pas manquer les opportunités majeures, c'est-à-dire, les potentialités qui créent ces opportunités (dont le but est d'en profiter)
- Définir les priorités sans se soucier de trop de détails dans lesquels on se perdrait, comme le confirment M. Dekay et al. « they have to be few enough in number that they are memorable, and do not bury the designer in too much information »¹⁷⁴, c'est-à-dire qu'ils ne doivent pas être nombreux afin qu'ils soient mémorables, sans pour autant enterrer le concepteur dans beaucoup d'informations. Ces auteurs attirent l'attention sur cinq critères à évaluer:

- L'énergie comme première priorité

- La nature passive

- Révéler la forme majeure et les relations d'organisation

- L'impact majeur de l'apparence

- Inclure, à la fin, les stratégies à petite échelle, de façon complémentaire

Il est à préciser, aussi, que chaque stratégie, telle qu'elle est appliquée en architecture, suscite un phénomène d'ordre énergétique, et dans lequel, nous avons la mission de dénicher une marge confort.

Ceci dit, la réhabilitation microclimatique d'une place, ne passe pas, comme nous avons pu déduire des chapitres précédents, sans une bonne maîtrise du rayonnement solaire et des mouvements de l'air qui la caractérisent. Des éléments vont entrer en interaction, ayant chacun un impact plus ou moins grand (couleurs, matériaux, végétation, eau, forme...etc), tout cela fera l'objet du chapitre en cours.

¹⁷⁴ M. Dekay, G. Z. Brown, Sun, Wind and Light, architectural design strategies, John Wiley & sons 2001. Page 78

V.2. Qu'est ce que la réhabilitation ?

« Nothing is experienced by itself, but always in relation to its surroundings...¹⁷⁵»

« In the long run at least, environmental cost equals social cost; conversely, environmental benefit equals social benefit¹⁷⁶»

La réhabilitation c'est **l'amélioration générale d'une construction**. C'est encore la mise en conformité d'un logement ou d'un bâtiment avec les normes en vigueur (normes électriques, sanitaires, d'isolation, d'équipement, et de confort).

La réhabilitation peut déboucher sur un changement de destination de l'ouvrage, mais demeure avant tout une activité d'amélioration de l'existant.

La réhabilitation a pour première priorité la préservation de l'existant. Une telle démarche assure une meilleure protection du patrimoine architectural ancien, et le respect des composantes de l'environnement de l'occupant.¹⁷⁷

Rappelons que l'objet de notre étude, consiste à réhabiliter les places publiques. Cette réhabilitation passe par l'amélioration du microclimat. Les recherches effectuées dans les chapitres précédents nous ont démontré que les places, en tant qu'espaces exposés à toutes sorte d'intempéries au niveau de l'urbain, sont surtout concernés par la radiation solaire et le vent, qui y sont prédominants. De plus, la place est un lieu de détente, de rencontre et d'échange, ce qui implique que le temps d'exposition de l'individu -utilisateur de ce lieu- est plus important que dans les autres espaces de la ville, où on a souvent le statut de piéton.

¹⁷⁵ Kevin Lynch. 1960. The Image of the City. Massachusetts: Massachusetts Institute of Technology. p. 11

¹⁷⁶ M. Dekay, G. Z. Brown, Sun, Wind and Light, architectural design strategies, John Wiley & sons 2001. Page xvi

¹⁷⁷ <http://www.rehabilitation-mq.com/spip6677.html?article27>

Beaucoup de stratégies peuvent améliorer les espaces intérieurs et extérieurs, et les rendre microclimatiquement confortables et appropriés, et ce en intervenant sur¹⁷⁸ :

- Les couleurs des surfaces et des objets qui peuvent être modifiés pour absorber plus ou moins de radiation solaire ;
- Les matériaux qui peuvent être utilisés pour chauffer ou refroidir les surfaces en fonction de leur admittance ;
- L'eau, qui contribue à rafraîchir les surfaces par évaporation ;
- Les écrans à vent qui peuvent être stratégiquement positionnés afin de réduire la vitesse des vents en hiver ;
- Les voiles, ou les tours pour diriger ou augmenter la vitesse des vents.

L'amélioration microclimatique d'un espace donné constitue un moyen de réhabilitation très important et loin d'être superfétatoire car, de prime abord, c'est une action qui doit avoir lieu en amont de chaque prise de décision (conception, planification, aménagement), puisqu'elle répond aux besoins physiologiques les plus primitives et les plus essentiels de l'homme, et qui, pour notre part, représentent les conditions de confort thermique bien évidemment.

Ceci dit, notre travail va verser dans des considérations microclimatiques qui traitent de l'aménagement et de la planification dans l'espace urbain, et dans la manière de l'utilisation des éléments du microclimat que nous avons appris des chapitres précédents (Cf. chapitre 2).

V.3. Les stratégies passives de réhabilitation bioclimatique- l'Amélioration du microclimat

V.3.1. Les manières de modification physique du microclimat

V.3.1..1. La modification de la radiation solaire

Virtuellement, les outils de modification de la radiation solaire sont illimités. Déjà tout ce qui se trouve au niveau du paysage modifie la radiation solaire d'une manière ou d'une autre.

¹⁷⁸ R. D. Brown, Design with microclimate, Edition Wiley & Sons, 2010. Page 100

Même si tous les objets influencent la radiation solaire, quelques uns ont plus d'impact que d'autres : **les éléments qui ont la plus grande influence sur la radiation solaire (quelle soit direct ou terrestre) sont de loin les plantes et les structures solides**, sans pour autant oublier leur emplacement et leur orientation dans le paysage.¹⁷⁹

Une chose est sûre, c'est que l'on peut:

- intercepter la radiation solaire avant qu'elle n'atteigne la surface qui serait utilisée ;
- provoquer la réflexion de plus ou moins de radiation solaire directe en modifiant la couleur de l'objet ;
- changer le taux de radiation absorbée en changeant le matériau de l'objet
- intervenir sur le partage de l'énergie dans le paysage en procurant plus ou moins d'eau pour l'évaporation, ou en changeant la capacité d'une surface à retenir la chaleur.

Avec de la végétation, dont les caractéristiques de transmissivité, d'absorption et de réflectivité du feuillage sont des plus efficaces, d'autant plus que les arbres ainsi que certaines plantes grimpantes ont cette capacité de perdre leur feuillage durant la saison froide, pour laisser profiter du soleil direct, contrairement à ceux dont le feuillage est permanent tout le long de l'année. D'après R. D. Brown, « Les feuilles des arbres poussent ou tombent à des périodes qui sont des dates critiques à l'égard de la capacité de contrôle de la radiation solaire d'un arbre dans un paysage »¹⁸⁰

Il est important de rappeler que : « les arbres qui jouent le rôle de protection solaire doivent avoir un tronc élancé afin de ne pas freiner l'écoulement du vent » car ainsi « les arbres élancés permettent le passage du vent à hauteur d'homme »¹⁸¹ .

La modification de la radiation terrestre quant à elle, a plutôt recours à la couleur et au type du matériau utilisé. Les surfaces rafraîchies avec une cascade d'eau ou végétalisées contribuent à atténuer, de manière significative le taux de rayonnement thermique réémis par les objets du paysage.

¹⁷⁹ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition J. Wiley & sons 1998 .Page 116.

¹⁸⁰ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition J. Wiley & sons 1998 .Page 117.

¹⁸¹ Alain Liébard, André de Herde, Traité de l'Architecture bioclimatique, Edition du moniteur. Décembre 2005

V.3.1..2. La modification du vent

Le vent peut être facilement modifié par le paysage. Parmi les caractéristiques des objets qui modifient le vent, il y a : les dimensions, la localisation, l'orientation, la porosité et la proximité. L'important, c'est d'avoir l'aménagement approprié dans la zone appropriée.

Selon Geiger (1965) « quand une barrière est imperméable, comme un mur solide, le modèle typique de la vitesse du vent établi engendre une zone de réduction de vent relativement petite, mais dont l'ampleur est assez grande »¹⁸². Le graphe suivant démontre que, pour un écran à vent imperméable de 2 mètres, la vitesse du vent atteint 100% au-delà de 5 mètres d'amplitude.

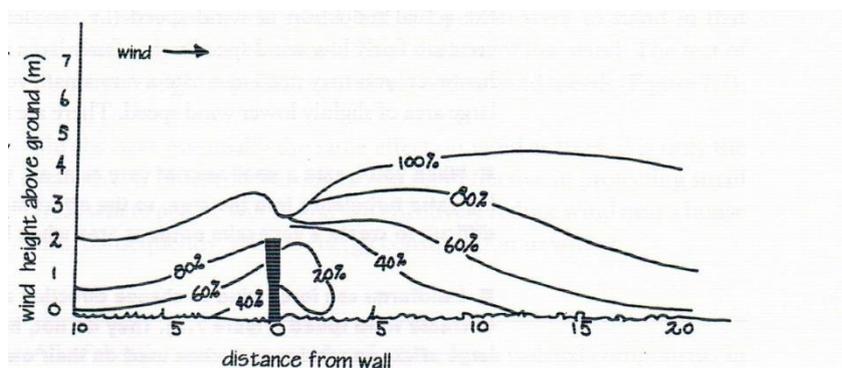


Figure V.01. Rapport entre le vent et la vitesse du courant engendré à 2m au-dessus du sol
(Source : R. D. Brown & T. J. Gillespie 1998)

La texture surfacique de l'écran à vent n'est pas à négliger aussi, car un écran de texture lisse affecte largement la vitesse du vent, mais l'amplitude qui en découle est plus petite, contrairement à s'il était de texture poreuse.

Trois réalités sont à retenir :¹⁸³

- Pour créer une petite zone d'air calme, nous allons provoquer beaucoup de turbulence, ce qui représente un échec.
- Il est donc difficile de créer une zone calme quand c'est venteux
- Les formes topographiques du sol sont efficaces dans ce cas là, car capables de changer la direction du vent, et d'affecter sa vitesse, mais à conditions qu'elles soient combinés avec des éléments paysagers comme les arbres et les arbustes.

¹⁸² Geiger (1965) in Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition J. Wiley & sons 1998 .Page 129.

¹⁸³ Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition J. Wiley & sons 1998 .Page 130.

V.3.1..3. Les consommateurs d'énergie

Il s'agit ici de minimiser stratégiquement l'effet du rayonnement thermique (l'émission des grandes longueurs d'ondes)

La conduction est un faible consommateur d'énergie, elle sert à passer l'énergie à travers les matériaux qui à leur tour vont la stocker pour la restituer après un temps de déphasage. Un aménagement subtil pourrait faire en sorte de créer un chemin pour le passage de cette énergie vers un grand mur stockeur qui pourrait la restituer dès la nuit quand les températures sont basses.

L'évaporation est le plus grand consommateur d'énergie, à condition que l'eau soit disponible (sous ses différentes formes : évapotranspiration des plantes par exemple). Une cascade ou un jet d'eau s'avère d'une avidité énergétique exceptionnelle. La convection quant à elle, est omniprésente car l'air, en éternel mouvement (mais de vitesses différentes), entraîne avec lui de l'énergie (mais qui, aussi, dépend aussi de sa température) des surfaces qu'il effleure.

V.4. Les méthodes d'analyse et d'aménagement

V.4.1. La cartographie

La cartographie permet de définir le type d'intervention qui est en rapport avec chaque zone telle qu'elle est représentée sur la carte. Son utilité réside dans le fait de spécifier, au niveau d'une zone jugée inconfortable par exemple, les sous-zones dont les facteurs qui les rendent inconfortables sont différents. Ces petites zones sont des microclimats susceptibles d'être traités, chacune à part, en fonction de leur type d'interaction avec leur environnement immédiat.

Lutz Katzschner et al. définissent cette méthodologie comme étant un moyen « orienté davantage sur les besoins des preneurs de décisions urbains, planificateurs et architectes. Les cartes de confort se rapportent à l'environnement urbain à l'échelle du quartier et visent à faciliter la prévision des conditions bioclimatiques, celle de l'utilisation de l'espace et influencer l'aménagement urbain en:

- Se concentrant sur l'analyse spatiale des zones de confort thermique dans un site,
- Facilitant la comparaison des conditions de confort thermique en différents sites,
- Permettant la comparaison des conditions de confort thermique entre différentes conceptions d'aménagement,
- Procurant de l'information sur le lien existant entre le confort thermique et l'utilisation de l'espace¹⁸⁴.»

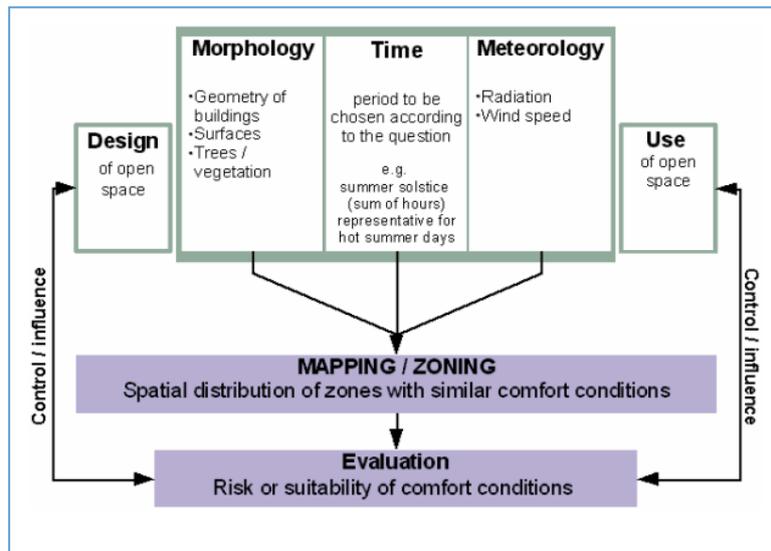


Figure V.02 : Structure de base du zonage du confort thermique
(Source : RUROS 2004)

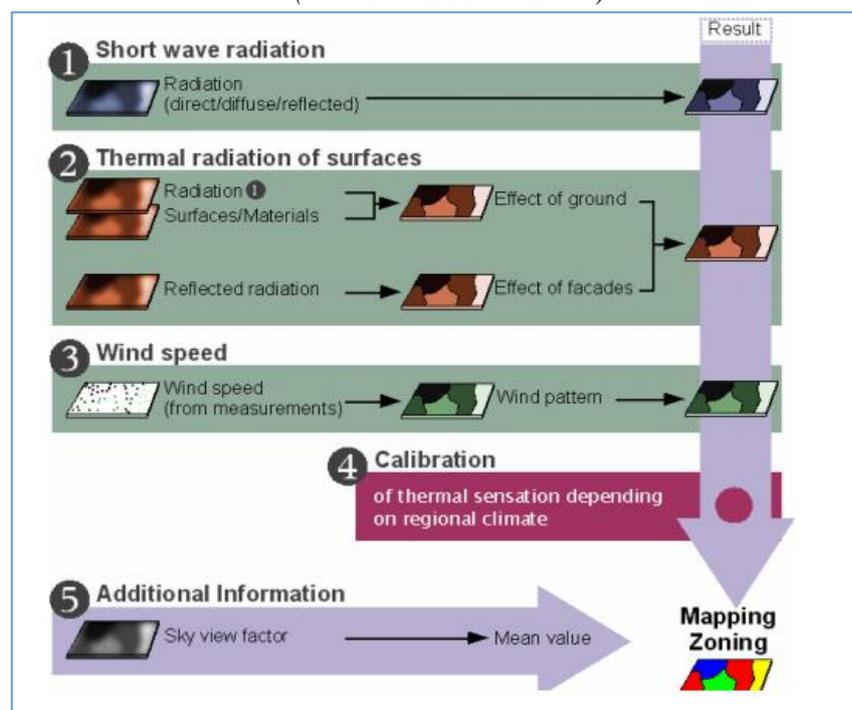


Figure V.03: Méthode de zonage du confort thermique

¹⁸⁴ RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Fifth Framework Program 1998-2002, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings 2004.

(Source : RUROS 2004)

Toujours d'après les mêmes auteurs « Le but le plus important de la cartographie est de se focaliser sur un outil facile d'utilisation et de compréhension aisée, dédié aux intérêts spéciaux et besoins des planificateurs ainsi qu'à ceux des architectes. Par conséquent, trois aspects influents principaux sont pris en considération :

- morphologie du site
- paramètres météorologiques et
- paramètres temporels. »¹⁸⁵

Selon ces auteurs, c'est vers **le rayonnement solaire et la vitesse du vent** que toute l'attention a été focalisée¹⁸⁶. Car ces deux variables qui représentent les paramètres météorologiques, sont soumises à des variations spatio-temporelles causant, par exemple, de multiples conditions de confort thermique dans un espace urbain de façon simultanée. Les paramètres temporels quant à eux, ont trait aux périodes, voire les durées d'utilisation spécifiques qu'on doit définir en fonction de l'objectif.

La dernière étape consiste à réunir, les zones possédant des conditions de confort similaires avec chacune une évaluation de pertinence.

Enfin, les mêmes auteurs affirment, à juste titre d'ailleurs, que « les questions de l'aménagement et de l'utilisation de l'espace ouvert sont considérées comme étant des facteurs/variables influents, agissant dans deux sens différents, d'une part ils influencent la cartographie et l'évaluation des résultats, et, d'autre part, la validation peut provoquer la nécessité de changements/d'adaptations dans l'aménagement, l'utilisation de l'espace, etc.¹⁸⁷ »

V.4.2.Adaptive skins

*"L'adaptation est le processus évolutif par lequel une population est mieux adaptée à son habitat. Ce processus se déroule sur plusieurs générations, et est l'un des phénomènes fondamentaux de la biologie. "*¹⁸⁸

¹⁸⁵ PD Dr Lutz Katzschner, Ulrike Bosch and Mathias Roettgen, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Fifth Framework Program 1998-2002, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings 2004.

¹⁸⁶ Idem

¹⁸⁷ PD Dr Lutz Katzschner, Ulrike Bosch and Mathias Roettgen, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Fifth Framework Program 1998-2002, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings 2004.

¹⁸⁸ Charles Darwin, On the Origin of species, www.arch2o.com/adaptive-architecture/

Une peau d'une construction traditionnelle offre une stabilité, régule la pression de l'air et protège l'intérieur des facteurs environnementaux directs (soleil, pluie et vent). L' « *adaptive skin* » est une notion susceptible de résoudre les problèmes de l'architecture sensible, puisqu'il s'agit d'un moyen par lequel l'intelligence peut être communiquée au système de construction pour répondre à un stimulus environnemental. Il se définit comme étant une peau intelligente qui s'adapte à toute construction car capable de modifier les flux d'énergie à travers l'enveloppe par le contrôle, l'amélioration, l'atténuation, le rejet ou la stimulation policière. »¹⁸⁹

D'après Yannas « *Les variations climatiques les plus significatives sont communément créées par les différences des modèles d'insolation et de vent* ». Ces différences affectent immédiatement la sensation de confort thermique que les gens expriment en étant assis, debout ou en mouvement. Mais ils affectent également la température, le degré d'humidification du sol, la pousse des plantes, etc. Ces derniers, en retour, contribuent à la différenciation et à la caractérisation du microclimat.¹⁹⁰

Dans ce sens, l'auteur a pensé à la compilation d'un profil microclimatique. Ce profil prend en considération : à la fois la durée d'ensoleillement avec son intensité et la direction du vent avec sa vitesse, sachant que ces deux derniers varient suivant le cycle journalier, selon chaque saison et d'année en année. Pour répondre à cette dynamique cyclique, Yannas définit alors une série de mécanismes d'adaptation (outils microclimatiques) ayant un comportement qui s'adapte au gré du climat :

V.4.2..1. Définir le contexte :

Ceci s'effectue en soulignant les différents microclimats de l'environnement urbain, et la lecture des paramètres environnementaux grâce à des investigations qui permettent de diagnostiquer les conditions thermiques dans les espaces extérieurs. L'utilisation de simulations numériques des phénomènes microclimatiques est indispensable.

¹⁸⁹ S. Yannas, Adaptive skins and microclimates, Plea2004; the 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19-22 September 2004.

¹⁹⁰ Idem

V.4.2..2. Topographies adaptatives :

L'étude des données climatiques et les observations (à court terme) de la durée d'insolation, des variations des températures et des vents permettent de créer une « topographie adaptive ». Celle-ci se concrétisera avec des formes qui varient en fonction des paramètres environnementaux qui peuvent être quotidiens ou saisonniers.

Ces topographies ont pour finalité de créer des conditions meilleures dans les espaces extérieurs.

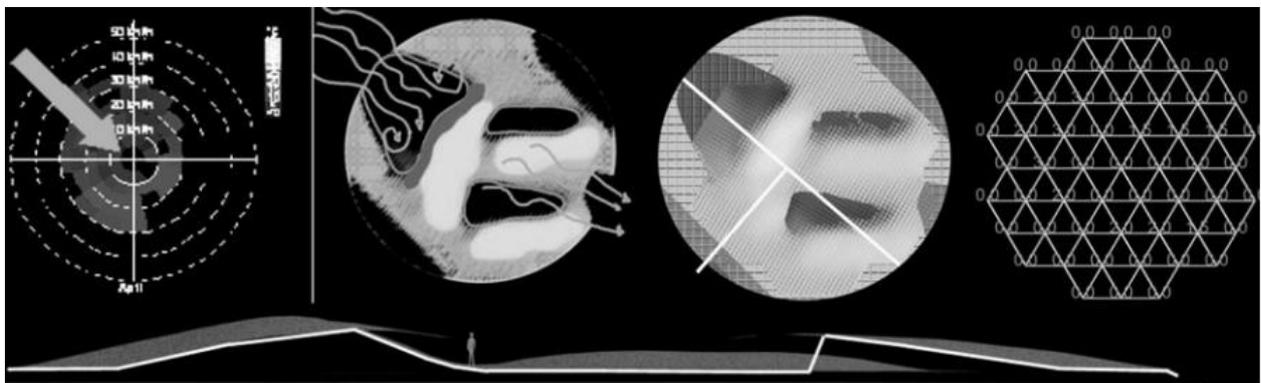
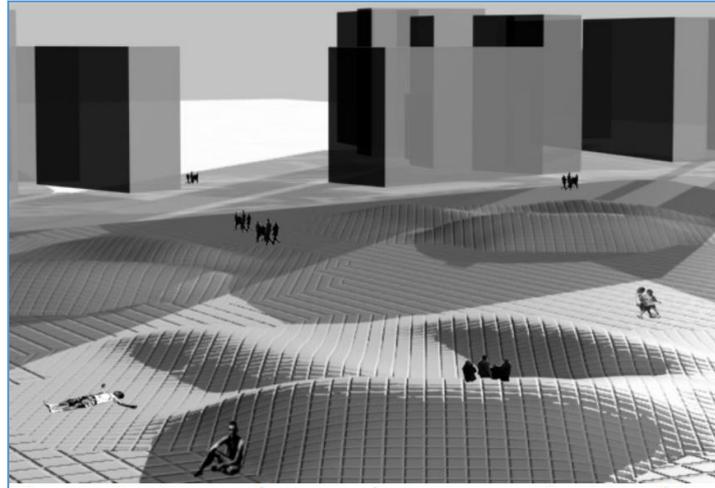
Ayant mis en œuvre son projet de peaux adaptives dans la ville de Londres, Simos Yannas, a pris le vent, le soleil et la pluie (les températures sont rarement extrêmes à Londres) pour des facteurs de décision. Ces derniers ,en effet décideront du type d'aménagement destiné aux activités qui se déroulent dans les espaces extérieurs.

Cette méthode aide à créer un aménagement dynamique avec des caractéristiques topographiques et des propriétés surfaciques variables. Cet aménagement prend forme suivant plusieurs couches (appelées communément, en anglais, « layers »), et qui sont :

a)- Land-Form layer : c'est une couche à ras-le-sol, représentée sur une grille hexagonale qui permet de réguler les mouvements ascendants ou descendants où : ascendant crée une mensuration (voire un monticule) pour servir d'écran à vent,et descendant, inversement, se présente sous forme de creux pour contrôler la radiation solaire. Ces mensurations au niveau du sol servent d'abris, et donnent lieu à ce qu'on appelle par « solar shadow » et « wind shadow » (voir *Figure V.05*).

b)- La couche parasol (parasol layer) : perché à 6 mètres au-dessus du sol,cette couche est conçue dans le but d'assurer une protection sélective des pluies et de contrôler la radiation solaire.

c)- La couche activité (activity layer) : celle-ci s'insère entre les deux couches précédentes, et combine éléments architecturaux et mobilier urbain avec des propriétés climatiques complémentaires. C'est la couche intermédiaire.



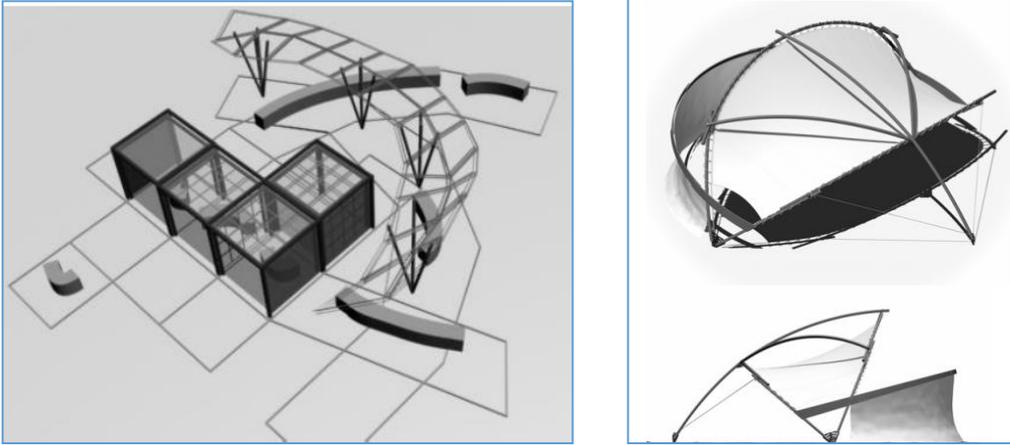
*Figure V.04 : Proposition composée de trois couches (landform, parasol, activity layers)
(Source: Simos Yannas, Adaptive skins and Microclimates; 2004)*

Figure V.05 : « land-form adaptive strategy » pour une journée typique du mois d'Avril sur le site « Tale Modem » à Londres. De gauche à droite : la rose des vents, données du vent et de l'insolation traduite en zones de protection du vent et d'exposition au soleil traduite sur la couche « land-form » dont les changements des altitudes apparaissent sur la grille hexagonale et la coupe section.

(Source: Simos Yannas, Adaptive skins and Microclimates; 2004)

V.4.2..3. Les abris urbains (Urban shelters) :

On les appelle également « les salons urbains », et se composent d'éléments amovibles, donnant lieu à un mécanisme adaptatif, qui s'ajuste au gré de l'humeur du climat de la journée. Ces abris, selon Yannas, sont très favorables dans la mesure où ils ont une influence positive qui stabilise les températures ainsi que l'effet tunnel du vent.



*Figure V.06 : Salon urbain (à gauche) et abri bioclimatique (à droite)
(Source: Simos Yannas, Adaptive skins and Microclimates; 2004)*

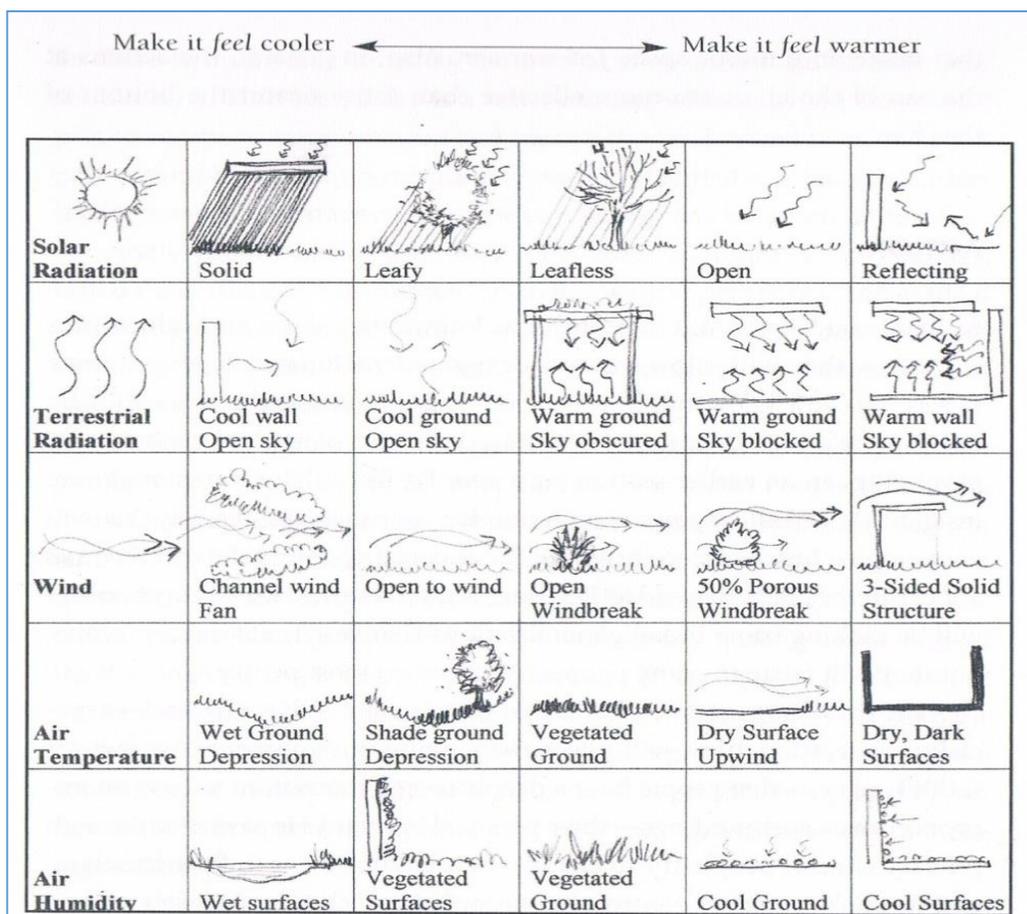
V.4.3. L'aménagement et le confort thermiques dans les places publiques

« Design form would begin to rediscover regional identity based on climate strategies.
The layout of street in cities would reflect the regional climate»¹⁹¹

¹⁹¹ R. D. Brown, Design with microclimate, Edition Wiley & Sons, 2010. Page 103

V.4.3..1. Le diagramme d'aménagement des espaces extérieurs :

Le diagramme que propose R. D. Brown dans son ouvrage « Design with microclimate » aide à prendre une décision quant à la manière selon laquelle le microclimat serait modifié. Dans ce diagramme (Tableau V.01) sont listés les éléments du microclimat à gauche, définissant chacun les stratégies de leurs modifications vers la droite, et ce, du besoin de se sentir plus frais à celui de se sentir plus chaud. L'auteur précise que les actions se rapportant aux radiations solaire et terrestre, et au vent sont les plus efficaces, et améliorent considérablement le microclimat si on les compare aux autres actions utilisant la température de l'air et à l'humidité relative¹⁹².



¹⁹² R. D. Brown, Design with microclimate, Edition whiley & sons 2010; page 157

bioclimatiques¹⁹⁵ » dans lesquelles les méthodes étaient si bien ajustées, performantes et affinées qu'elles servent encore de modèles d'architecture traditionnelle dont on apprend chaque jour.¹⁹⁶ En effet, les combinaisons distinctives des matériaux locaux et des méthodes, des cultures et des configurations, des clients et des constructeurs ont créé un environnement bâti qui ne peut être généralisé. L'architecture vernaculaire est un corps de savoir, ainsi qu'une technique de conception issue de l'expérience de nos prédécesseurs, et qui nous a été offerte en guise de guide.¹⁹⁷

Dans les pays du Maghreb, les dispositifs bioclimatiques les plus courants sont dans la plupart orientés vers l'Est, le Sud ou le Sud-Est. Ces dispositifs empruntent souvent la forme cubique avec des murs lourds en maçonnerie peinte en blanc.

Ci-dessous, sont expliqués, de manière non exhaustive, les dispositifs bioclimatiques les plus courants, primitifs et basiques, et desquels nous allons nous inspirer pour choisir, ultérieurement, un aménagement bioclimatique adaptable aux espaces extérieurs et capable d'améliorer les conditions thermiques des places publiques :

V.4.3..3. Dispositifs d'occultation de la radiation solaire :

Les quartiers étroits avec des constructions relativement hautes sont les caractéristiques principales de l'architecture vernaculaire des villes à climat chaud et aride. Ceci leur permet de fournir plus d'ombre que les quartiers larges.

Les surfaces ombragées ont une température plus faible que celles exposées au soleil. Les espaces extérieurs de la ville qui bénéficient de l'ombre portée en été, se caractérisent par une température moyenne radiante T_{mrt} plus réduite, et produisent par conséquent plus de confort.

¹⁹⁵ Originellement « Bioclimatic skills »

¹⁹⁶ Luis José Garcia-Pulido, Bioclimatic Devices of Nasrid Domestic Buildings, Architecture, histoire et culture, Papers by the 2011-2012 AKPIA@MIT, Page 33.

¹⁹⁷ Amjad Almusaed, Biophilic and Bioclimatic Architecture, Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture. Edition Springer-Verlag London Limited 2011. Page 229.

Dans les régions du Maghreb, le climat chaud et aride fait que l'on se passe des stratégies de ventilation transversale au niveau de l'urbain. Le rafraîchissement est presque garanti grâce à l'étroitesse des rues où les constructions se font de l'ombre mutuellement. La ville de Tunis en est témoin (*Figure V.07*).¹⁹⁸

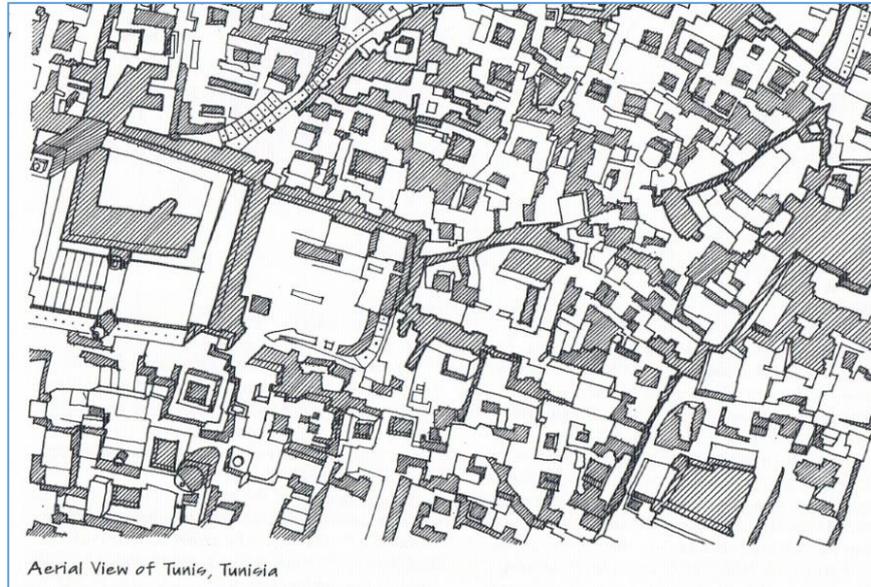


Figure V.07 . Photo aérienne de Tunis, Tunisie
(Source : M. Dekay et al. 2001)

Quand le soleil est haut dans le ciel, les éléments d'occultation horizontaux comme : **les porte-à-faux, La toile, les pergolas, les murs à persiennes, ou les canopées d'arbres (naturels ou artificiels)** (*Figure V.08 à Figure V.14*) sont très efficaces.

¹⁹⁸ M. Dekay, G. Z. Brown, Sun, Wind and Light, architectural design strategies, John Wiley & sons 2001. Page 83



*Figure V.08 : les porte-à-faux comme dispositif pare-soleil très efficace –
Robie House par F. L. Wright, Chicago, Illinois, USA
(Source : http://apotypomata.blogspot.com/2010_07_01_archive.html)*

*Figure V.09 : Passage couvert de Pergola à Turpan, Xinjiang, Chine
(Source : <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch013.htm>)*



Figure V.10 : Occultation solaire par la toile. A gauche : quartier de La Trinidad en Espagne, à droite : la cour de la mosquée « AL Masjid Annabawi » à Medine, Arabie Saoudite

(Source : <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch013.htm>)



Figure V.11 : Brise-soleil (louvered wall/ Le mur-persiennes), Milwaukee Arts Museum, Etats Unis. Architecte : Santiago Calatrava
 (Source : <http://www.payer.de/tropenarchitektur/troparch013.htm>)



Figure V.12 : Ombre produite par les canopées d'arbres
 (Source : <http://www.treesthatpleasenurseryblog.com/2012/05/austrian-black-pine.html>)

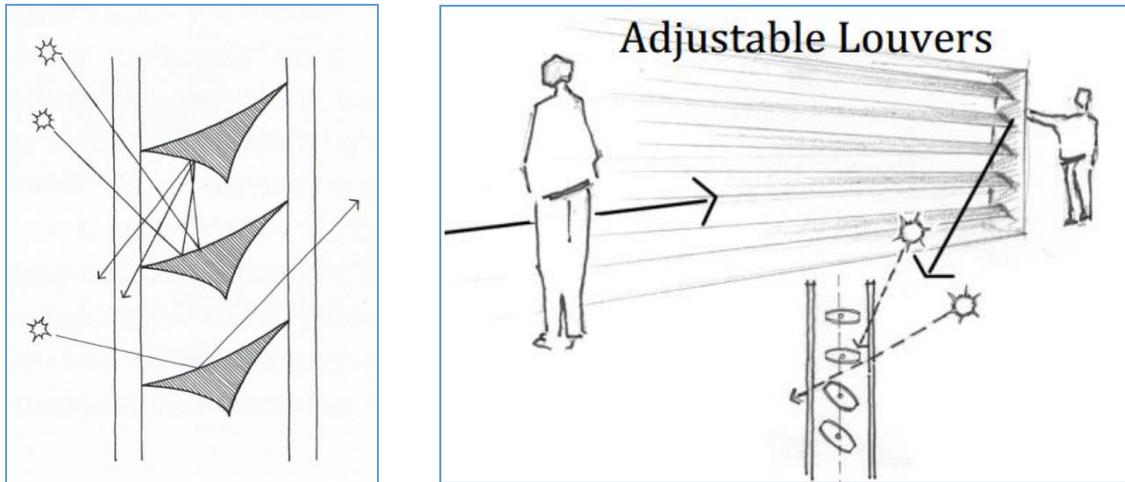


Figure V.13 : Canopées artificielles, Solar Powered Forest, Singapore
 (Source : http://www.swmm5.net/2012_06_01_archive.html)

Ainsi, procurer de l'ombre peut être atteint par :

- Particularités structurelles,
- Orientation appropriée des constructions et des avancées ;

- Les toits;
- Aménagement paysager (arbres),
- Produits externes tels que des volets, stores vénitiens, volets ou persiennes, brise soleil, toile.



*Figure V.14 : Les persiennes entre vitrage- réfléchissent les rayons solaires d'hiver à l'intérieur, rejettent les rayons solaires estivaux vers l'extérieur.
(Source : à gauche M. Dekay et al. 2001, à droite N. Mazhar)*

V.4.3..4. Dispositifs de ventilation :

Comme nous avons vu déjà dans le deuxième chapitre, la vitesse du vent augmente avec la hauteur. Ceci avait inspiré nos ancêtres à imaginer des dispositifs qui « attrapent » ces vents pour ventiler l'intérieur de leurs maisons, ainsi que les cours qui s'y trouvaient. « Al-Malkaf » ou « Wind Catcher » aspirent des vents de vitesses moyennes mais significantes, à une simple condition : que leurs ouvertures soient plus petites que celles au niveau du sol.

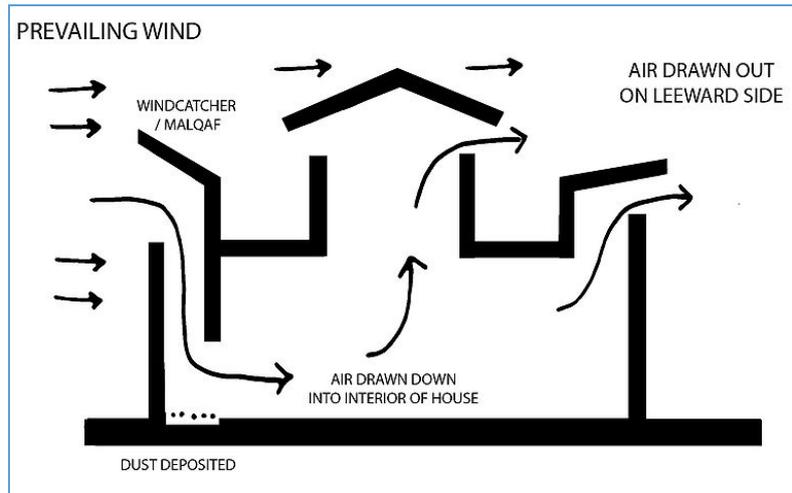


Figure V.15: le malqaf et son fonctionnement

(Source : http://apotypomata.blogspot.com/2010_07_01_archive.html)

Le Malqaf, étant haut, ne rencontre aucun obstacle, et peut par conséquent capter le vent de n'importe quelle direction. Ce dernier point est très important puisqu'il décide et du degré de sa performance, et de la forme qui peut emprunter des détails architectoniques intéressants. L'efficacité du Malqaf qui est tributaire de sa forme et de son angle d'orientation par rapport aux vents.

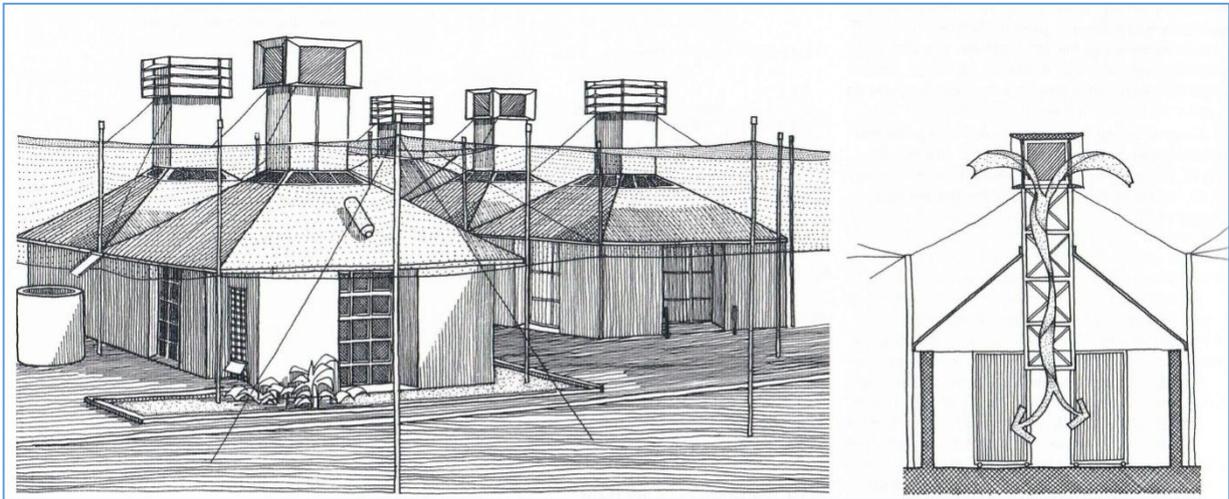
V.4.3..5. Dispositifs de rafraîchissement par évaporation :

Dans le climat où le refroidissement par évaporation est efficace, des tours peuvent être utilisées dans le but de produire un air frais de manière passive.

A la manière du Malqaf, ce système attrape l'air chaud et sec au niveau de l'ouverture de son extrémité supérieure, normalement couverte d'une membrane mouillée. L'air, passant

par celle-ci, perd une bonne partie de son énergie, et se charge d'humidité, ce qui fait baisser considérablement sa température.¹⁹⁹

Devenant frais, et par conséquent lourd, cet air descend dans la tour sous l'effet de la pesanteur. Ceci crée une pression négative au niveau de l'ouverture du malqaf qui aspire continuellement l'air chaud (voir *Figure V.16*).



*Figure V.16 : La tour à évaporation « Evaporative tower ». Laredo Texas, Piny Fisk
(Source :Oke et al. 2001)*

Un modèle de dimensionnement de ces tours a été développé par Givoni en 1994, il permet de déduire la forme de cette tour en déterminant sa hauteur, ainsi que la surface de son ouverture supérieure qui est fonction de la surface de la zone qu'on a l'intention de refroidir. (Voir Annexe C)

V.4.3..6. Dispositifs pare-vent:

Cette sorte de dispositif permet d'abriter les espaces des vents nuisibles ou agressifs. Au niveau de l'urbain, les brise-vents peuvent être des constructions (immeubles en barre par exemple), des arbres, ou des éléments construits avec l'intention de protéger certaines zones jugées inconfortablement venteuses.

¹⁹⁹ M. Dekay, G. Z. Brown, Sun, Wind and Light, architectural design strategies, John Wiley & sons 2001. Page 194

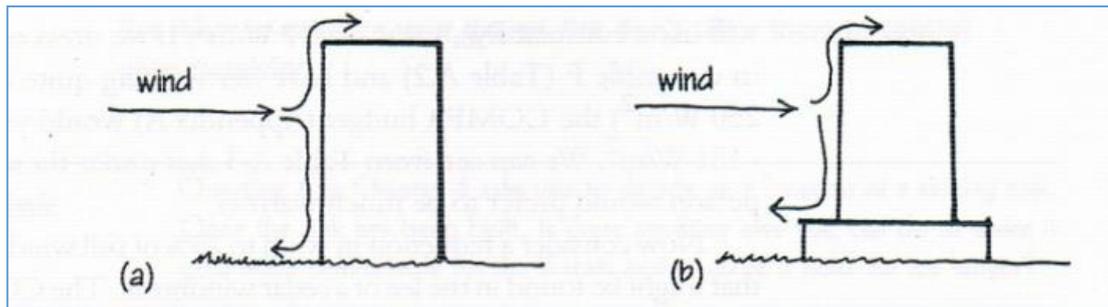


Figure V.17. Possibilité de dévier le vent et d'épargner les surfaces au niveau du piéton
(Source : R. D. Brown & T. J. Gillespie, 1998)

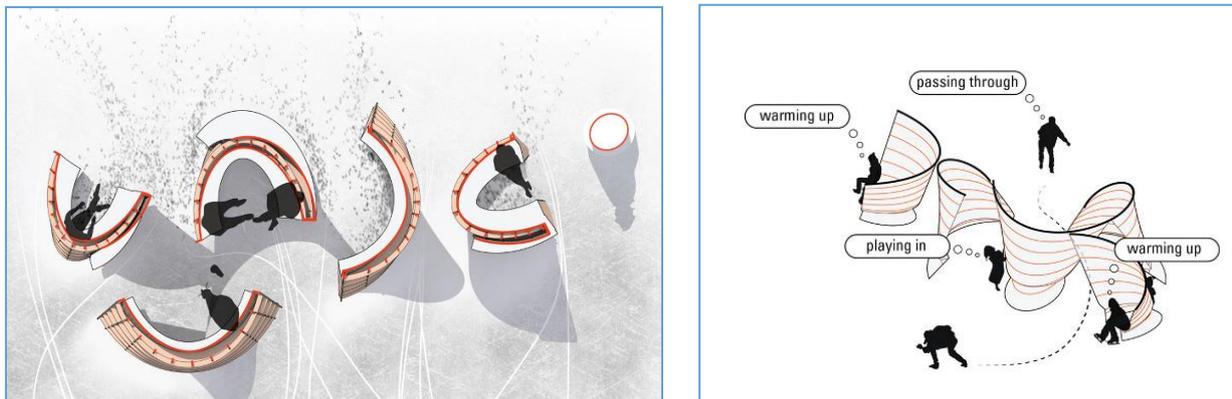


Figure V.18. Brise vent, pavillon de patinage, Manitoba
(Source : <http://lateraloffice.com/DRIFT-PASS-2012>)

Le principe est de dévier les vents et de changer leurs directions. Ceci peut se faire en adoptant : soit des formes aérodynamiques (*Figure V.19*), qui assurent carrément une protection des vents, cette méthode est utilisée le plus souvent dans les régions venteuses où le froid constitue une priorité climatique, soit avec de simples écrans (poreux) qui servent de ralentisseurs (*Figure V.18*). La trainée, qui est l'effet de turbulence dans les zones de basses pressions (sous le vent), peut être plus ou moins atténuée grâce à la forme de l'écran adoptée, elle augmente proportionnellement avec la verticalité et la hauteur de l'écran exposé au vent (*Figure V.20*).

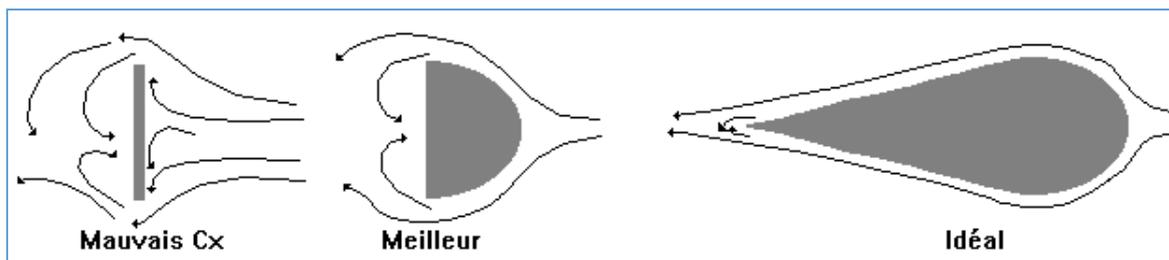


Figure V.19. Brise Forme et efficacité des formes aérodynamiques
 (Source : http://www.grandvol.com/FFP-manuel/my_03.htm)

Forme	Coefficient de traînée
Sphère → 	0.47
Demi-sphère → 	0.42
Cube → 	1.05
Corps profilé → 	0.04
Semi-corps profilé → 	0.09

Mesures des coefficients de traînée

Figure V.20. Types de forme et coefficient de la traînée qui s'en produit
 (Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9rodynamique>)

La végétation constitue en elle-même un écran à vent dont l'efficacité reste inégalable, mais toutefois imprévisible. La Figure V.21 montre, d'une manière tridimensionnelle, les zones de vent générées (les traînées) derrière un groupe d'arbres au niveau d'un corps humain exposé, et on peut constater à partir de l'image, que la zone sensée être calme ne touche que les chevilles de l'homme, et n'affecte cependant pas son confort thermique.

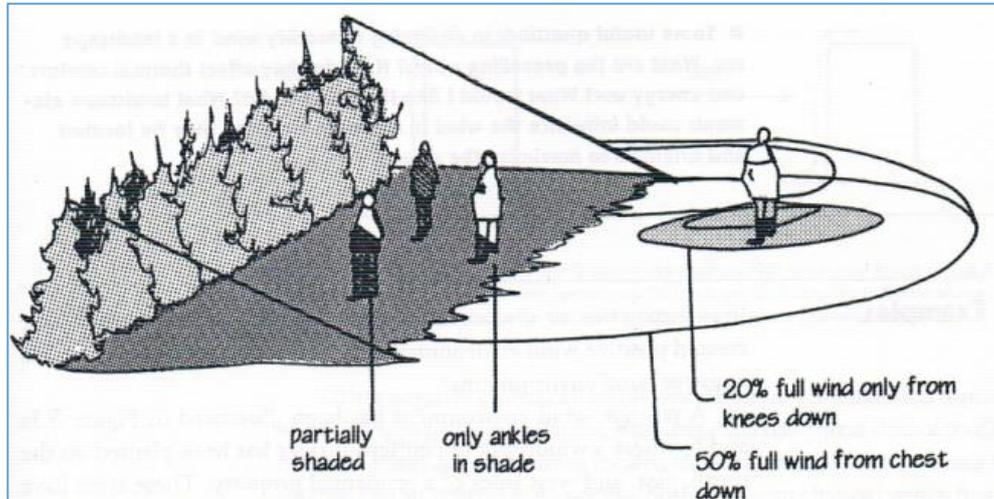


Figure V.21. Les zones de vents générées pas un groupe d'arbres

(Source : <http://fr.wikipedia.org/wiki/A%C3%A9rodynamique>)

V.4.4. Proposition d'aménagement (par zone/layer)

Toutes les propositions d'aménagement que nous allons proposer auront pour finalité de réduire la radiation solaire de prime abord.

Pour ce, localiser et positionner la source de la radiation solaire au niveau du site est cruciale pour pouvoir la modifier afin d'adoucir les microclimats, et les rendre plaisants et agréables.

Dans le premier chapitre (CF. chapitre 01 : Confort thermique de l'homme dans les espaces extérieurs), nous avons remarqué que le rayonnement réémis, autrement dit, les grandes longueurs d'ondes, constituent une source de chaleur significative, et ses valeurs absolues excèdent largement les petites longueurs d'ondes absorbées. C'est la raison pour laquelle la protection des surfaces urbaines environnantes du soleil est aussi importante que de protéger un homme du soleil direct pour remédier à la surchauffe.²⁰⁰

En adoptant le concept « Adaptive skins » précédemment expliqué, la procédure d'aménagement que nous allons proposer pour les places publiques, par analogie, est fondée sur trois couches (layers) dont :

²⁰⁰ Taoudert et al. In Naveed Mazhar, A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan, Guelph, Canada 2012.

- La couche parasol : décidera de la forme et du type d'aménagement qui peut servir de dispositif d'occultation solaire en guise de canopée, ou de dispositif de rafraîchissement.
- La couche d'activité : elle comprend le mobilier des places publiques qui a pour mission d'assurer le confort thermique de l'utilisateur, et donc capable d'améliorer le microclimat. Pour arriver à faire le bon choix au niveau de ce layer, il est utile de faire recours au diagramme d'aménagement qui a été proposé par R. D. Brown, et appliquer les stratégies de chauffage ou de refroidissement à notre sélection de mobilier.

En s'inspirant du diagramme d'aménagement proposé par R. D. Brown (Tableau V.01), nous allons essayer de proposer un aménagement (avec mobilier) susceptible d'améliorer le microclimat des places et placettes publiques dans l'aire du changement climatique où les périodes de surchauffe et l'effet de l'îlot de chaleur urbain sont de plus en plus perceptibles. Cet aménagement va constituer une réponse au microclimat « climate-responsive design ».

- La couche land-form : au niveau de cette partie du paysage, deux points seront abordés :
 - o Le type de pavage (Couleur, matériaux, végétation)
 - o La topographie aidant (créer des zones à l'abri du vent et du soleil) : cette topographie serait elle-même le résultat de notre cartographie des zones thermiques que nous auront définies.

Un exemple du projet « Rethink Athènes » montre de manière plus claire cette procédure ayant touché les 3 échelles décrites ci-dessus, telle qu'elle a été conçue par le bureau d'études « ABM Arquitectos » en Mars 2013, lauréats du deuxième prix :

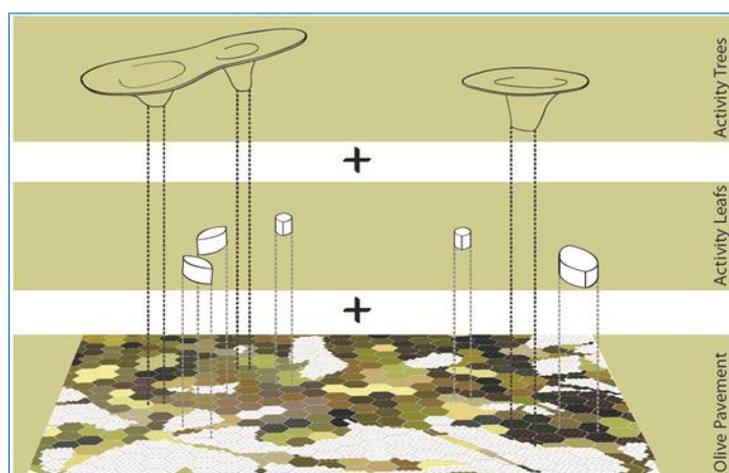


Figure V.22. Rethink Athènes. Les 3 échelles de conception sur l'espace public
(Source : <http://www.archdaily.com/>)



Figure V.23. Rethink Athènes. Aménagement bioclimatique de la place centrale
(Source : <http://www.archdaily.com/>)

Tableau V.02. Choix de l'aménagement en fonction du type thermique de la zone (venteuse/ensoleillée) et son layer (parasol-activity-landform). (Source : l'auteur)

LAYE	CHOIX DE LA STRATEGIE		PROPOSITION
R	Zonage	Hiver	ETE

PARASOL LAYER

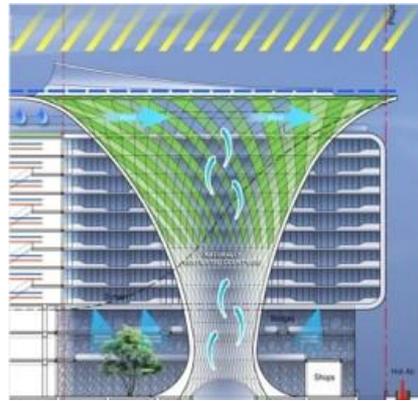
Zone
ensoleillée
et/ou
Venteuse

✓

✓

parasol-layer, concernera uniquement les zones critiques thermiquement en été, nécessitant à la fois ombre, évapotranspiration des plantes et ventilation naturelle. Leur localisation occupera les endroits très ensoleillés, les moins touchés par le vent.

Nous en avons deux variante : la première est un parasol sous forme de pergolas, ventilé est, qui, avec des plantes grimpantes procurerait de l'ombre en été, la deuxième est munie d'un malqaf.



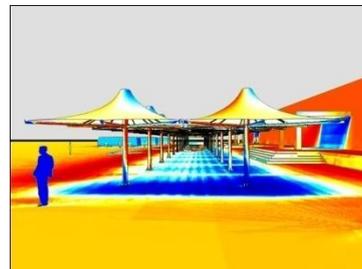
Chimney wind catcher²⁰¹

ACTIVITY LAYER

Zone
ensoleillée

✓

A.1, A.2



(Mehran-Iran, Novembre 2008)²⁰²

²⁰¹ <http://www.archdaily.com/565550/vincent-callebaut-designs-sustainable-mixed-use-complex-for-cairo/>

²⁰² <http://solarchvision.com/>

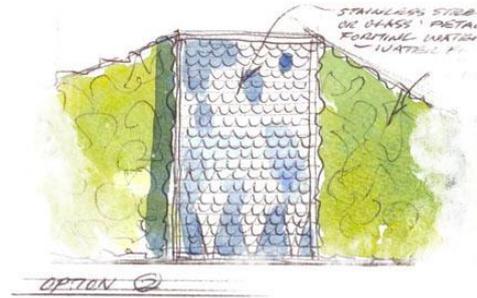
Zone
venteuse

D.3,
E.3

A.2



(Mur cascade)²⁰³



Mur végétalisé avec eau²⁰⁴

²⁰³ <http://www.digsdigs.com/>

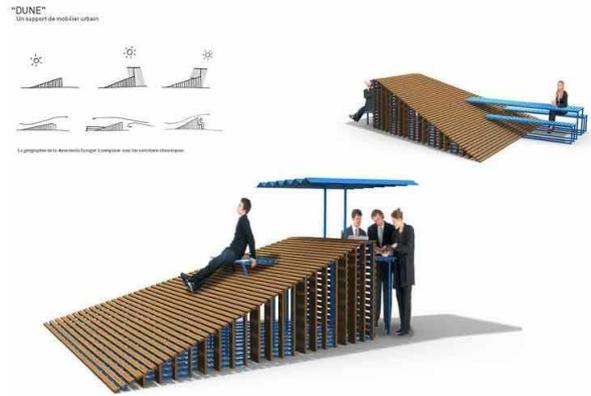
²⁰⁴ <http://www.davidharber.com/>

LANDFORM LAYER

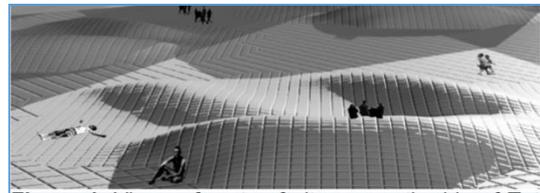
Zone
venteuse
et
ensoleillée

D.3

A.1, A.2,
E.3



« Dune » Support de mobilier urbain²⁰⁵



(Source : Simos Yannas, adaptive skins)

Zone
ensoleillée

✓

A.4
A.5/B.2



Surface humide, sol frais²⁰⁶

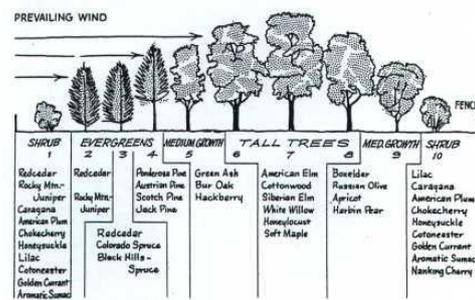
²⁰⁵ <http://projets-architecte-urbanisme.fr/images-archi/projet-dune-mobilier-urbain-defense-concours.jpg>

²⁰⁶ <http://disoriented.net/archives/2004/cambodia-2004/>

Zone
venteuse

D.4,
D.3

A.4, A.5,
B.5 (*pririté
pour
l' hiver*)



Ecrans à vents²⁰⁷



Combinaison de pavé sec avec la végétation²⁰⁸

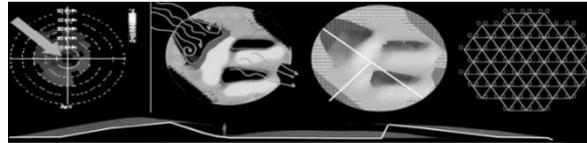
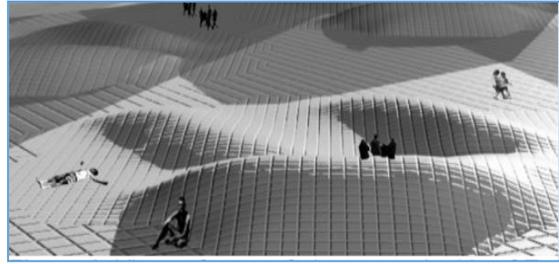
²⁰⁷ <http://www3.northern.edu/natsource/HABITATS/Windbr1.htm>

²⁰⁸ N. Gaitani & M. Santamouris, Integrated bioclimatic design a turban scale, Smart and sustainable cities conference 2014

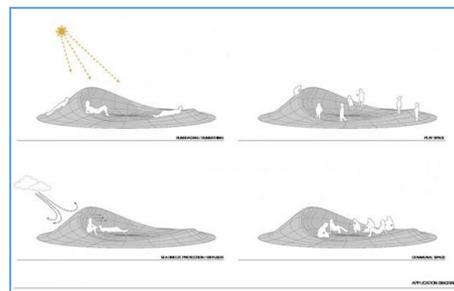
Zone
venteuse
et
ensoleillée

D.4

B.4



(Source : Simos Yannas, adaptive skins)



(Crater lake, Source : <http://academic.coda-office.com/>)

Remarque : les numérotations (A.1, B.2, etc.) renvoient au diagramme des stratégies d'aménagement avec des éléments du microclimat (*Tableau V.01*).

-Dans ce tableau, nous avons traité avec les photos les propositions ayant trait à la saison chaude

V.5. Etat de l'art sur les différentes pratiques d'améliorations microclimatiques

V.5.1. Thermal comfort conditions in outdoor spaces (Gaitani, Santamouris & Mihalakakou)²⁰⁹ :

Il s'agit ici de décrire comment appliquer les techniques bioclimatiques dans les espaces ouverts afin d'améliorer le microclimat. **Tout en ayant la certitude que les conditions thermiques sont les principaux indicateurs du confort car leur impact est le plus important et prime sur les autres paramètres de confort (visuel, acoustique et olfactif).**

En comparant deux places publiques différentes dans ce sens, dont une a été conçue selon les principes bioclimatiques (avec plans d'eau, espaces verts et matériaux très réfléchissants et d'une grande émissivité), il s'est avéré que cette dernière était très performante et plus efficace en matière d'amélioration du microclimat, et du confort thermique plus spécialement.

V.5.2. Le confort thermique dans les espaces publics à Athènes (M. Nikolopoulou – RUROS)²¹⁰ :

L'objectif de l'étude consiste en l'analyse des paramètres microclimatiques qui sont en relation avec l'évaluation subjective du confort thermique par les usagers, et ce, dans l'intention de développer des modèles de quantification des conditions microclimatiques du confort thermique susceptibles de raffiner et de corriger les conceptions dans les espaces publics, tout en ouvrant de nouvelles possibilités de développement de ceux-ci.

Grace à cette quantification, qui s'est basée sur des questionnaires et la surveillance des lieux et du comportement des usagers, on a pu élaborer des modèles à partir de données empiriques. Ces résultats destinés aux concepteurs en premier lieu devrait être très utiles.

V.5.3. Thermal comfort and microclimates in open spaces (Latini, Cocci & Tascini)²¹¹ :

L'étude s'est penchée sur l'influence des surfaces et les variations microclimatiques, **étant donné que le microclimat local, dépend directement des propriétés physiques des**

²⁰⁹ Gaitani, N., Mihalakakou, G., & 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), 317-324.

²¹⁰ NIKOLOPOULOU, Marialena, LYKOUDIS, Spyros, et KIKIRA, Maria. Thermal comfort in outdoor spaces: field studies in Greece. In : *INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE*. 2003.

²¹¹ LATINI, G., GRIFONI, R. Cocci, et TASCINI, S. Thermal Comfort and Microclimates in Open Spaces. 2010

surfaces et des objets environnants, suscitant ainsi : l'augmentation de la vitesse de l'air, des turbulences et de l'emmagasinement de la chaleur dans la masse.

Le résultat de cette recherche a révélé que les espaces verts ne suffisent pas pour procurer le confort désiré, et que l'introduction d'autres dispositifs d'ombrage (pergolas par exemple) améliorerait considérablement le confort de la zone en question.

V.5.4. Comfort in outdoor spaces in Manchester and Lewes. UK (Nicol, Ueberjahn, Nanayakkara & Kessler) ²¹²:

Cette recherche a voulu mettre en relief **comment formes et caractéristiques des espaces ouverts sont étroitement liées au confort, et aussi voir comment l'impact du changement climatique influencerait la conception de ces espaces.**

L'étude s'est plutôt dirigée vers les comportements des individus, leurs besoins et leurs choix. Et a démontré que les usagers préfèrent les grands mouvements d'airs quand il fait chaud, et les zones plutôt protégées en hiver, et que leurs perceptions dépendent des conditions objectives et qu'ils préfèrent rester plus longtemps dans les endroits tièdes.

V.5.5. Radiation absorption and urban texture (K. Nikolopoulou, et al.) ²¹³:

Partant du constat de Steemers qui stipule que « se protéger du soleil direct est plus important que l'augmentation de la radiation solaire terrestre due à la réflexion des parois », ces chercheurs ont conclu que :

- La radiation solaire directe augmente la température effective T de 06° C.
- Que la géométrie urbaine est plus importante au niveau du microclimat que le comportement des matériaux et de l'albédo
- **Que le confort est principalement affecté par l'exposition à la radiation solaire**
(« Comfort is mainly affected by exposure to solar radiation »)

²¹² NICOL, F., WILSON, E., UEERJAHN-TRITTA, A., NANAYAKKARA, L. & KESSLER, M. (2006) Comfort in outdoor spaces in Manchester and Lewes, UK. IN Windsor Conference 2006: Comfort and Energy Use in Buildings: getting them right, Windsor, UK, April 2006.

²¹³ Steemers, Nick Baker, David Crowther, Jo Dubiel & Marialena Nikolopoulou, Radiation absorption and urban texture, Building Research and Information 1998 ; 26(02) : 103-112, Oct 2010

- **Et que l'effet de la vitesse du vent vient en second lieu** (« the effect of wind speed on thermal comfort was proved to be the second important parameter for thermal sensation after shading »)

V.6. Conclusion

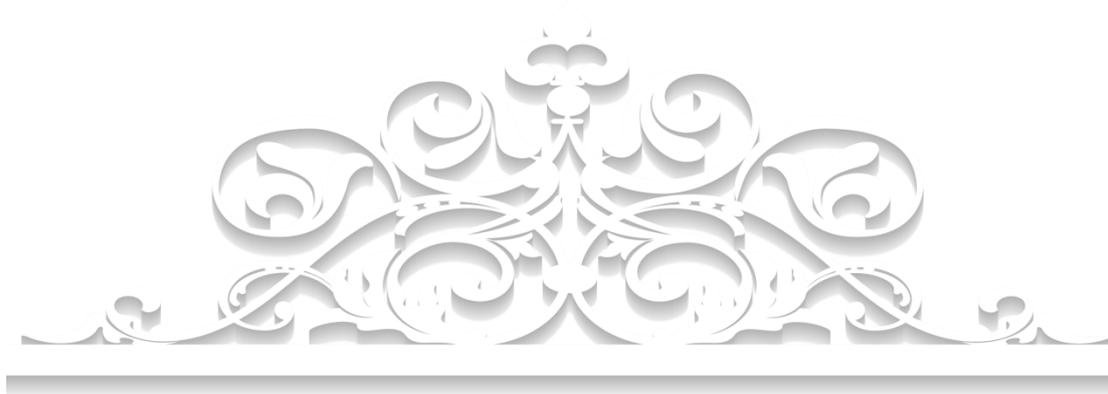
Dans le chapitre que nous venons de développer, nous avons essayé d'expliquer, de manière succincte, les différentes stratégies de modification des éléments du microclimat, notamment la radiation (solaire et terrestre) et le vent.

Et après avoir, d'une part, donné un aperçu sur les méthodes les plus récentes traitant du landscape design urbain (telles qu'elles ont été définies par leurs auteurs), et d'autre part, mis en relief les quelques formes d'aménagement existants, adoptés depuis la nuit des temps par nos ancêtres (histoire de conserver un héritage, un ensemble d'attitudes traditionnalistes pouvant constituer un support à l'architecture vernaculaire), nous nous sommes retrouvés avec un « bagage » suffisant pour créer l'aménagement qui répond le mieux à chaque zone du microclimat de nos places publiques, en particulier celles de la ville de Constantine (objet de notre étude).

Toutefois, ceci demeure une simple tentative d'amélioration des conditions de confort quant à ces espaces, dans l'attente d'une vérification basée sur des simulations numériques informatisées que nous ne pouvons entreprendre qu'après avoir réalisé une enquête (plutôt penchée sur le climat) sur la ville en question (Constantine), où nous essayerons donc d'intervenir et d'appliquer les résultats de notre modeste contribution sur quelques unes de ses places publiques, choisies par nos soins en fonction des impératifs de l'étude.

- Une partie sur l'état de l'art nous a permis de déduire les éléments suivants :
 - Les espaces verts ne sont pas suffisants pour l'amélioration de la qualité du microclimat, ils ont un effet moindre par rapport aux dispositifs urbains architecturaux ;
 - Un modèle empirique doit s'appuyer sur des avis subjectifs, des questionnaires et de la surveillance ;
 - Les caractéristiques des surfaces constituant la zone publique sont en grande partie responsables des diverses variations microclimatiques ;
 - L'analyse du comportement des individus, leurs espaces préférés, ainsi que la disposition des formes architecturales en disent énormément sur la manière dont on conçoit des places publiques.

- La radiation solaire directe augmente considérablement la température effective
- Le type du matériau et son albédo sont de moindre effet
- **Les deux principaux paramètres affectant le confort de l'homme sont la radiation solaire, suivie par la vitesse du vent.**



CHAPITRE VI:

L'investigation



VI.1. Introduction

Dans ce chapitre, il est question de présenter brièvement la ville au niveau de laquelle nous allons intervenir, et enquêter sur le climat dominant avant de passer aux places publiques que représente nos deux cas d'étude. Ceci a pour finalité de cerner le contexte climatique, social et historique de la ville.

L'investigation a suivi deux étapes essentielles : la première étant une analyse détaillée sur le climat de la ville de Constantine, nous a permis de connaître les caractéristiques climatiques dominantes, et de conclure les pratiques architecturales bioclimatiques utilisées dans des villes du monde ayant le même climat. La deuxième partie est consacrée à nos cas d'études, où le climat prédominant de la ville se conjugue avec les caractéristiques de chacune de nos places, engendrant une mutation du climat en microclimat. Cette partie a été renforcée par un sondage ainsi qu'une surveillance in-situ.

Pour cela, nous avons suivi une logique d'investigation développée par S. Lenzholzer et al.

Les étapes à suivre sont :²¹⁴

- -Acquérir et analyser les informations du climat urbain : phase analytique du climat de la région ;.
- -rassembler les informations basiques sur le climat : Température, humidité, radiation solaire, vents, précipitations, etc.
- -les anciens 'responsive-climate' appropriés, réalisés dans des régions similaires du monde (ayant la même classification KOPPEN)
- -Etude pour identifier les caractéristiques qui répondent au climat
- -Fournir une palette de modificateurs climatiques du paysage. (Réalisée dans le chapitre précédent)
- Evaluer le site avec une cartographie qui identifie les zones susceptibles de modifier le microclimat.

Cette méthodologie va nous permettre de bien nous informer, et d'informer le design que nous allons proposer au niveau de chaque place, avec toutefois, des simulations (en matière

²¹⁴ S. Lenzholzer, R. D. Brown, Climate-responsive landscape architecture design education, Journal of Cleaner Production 2013, 61 : 89-99

de vent et de radiation solaire) qui nous aidera à vérifier l'efficacité de la modification que nous y avons apportée.

VI.2. Présentation de la ville de Constantine

La ville de Constantine, située à l'Est de l'Algérie, constitue une charnière entre le Tell et les hauts plateaux dans le Nord-Est du pays.

Elle s'étend sur un plateau rocheux d'environ 650m d'altitude, sa topographie est très accidentée avec des escarpements vertigineux, exigeant le recours aux ponts dont elle a pris le nom (ville des ponts).

C'est l'une des villes les plus anciennes du monde²¹⁵. Quand dans l'antiquité, elle s'appelait « Cirta » capitale de la Numidie. Constantin, qui a fondé la Rome chrétienne, la construisit en 313 après J.C dont elle porte le nom « Qacentina » depuis 17 siècles déjà.

On reconnaît la ville par ces différentes dénominations : « la ville des ponts suspendus », « la ville du Maalouf », « la ville des Oulémas », « la ville du vieux rocher » ou encore « la ville des aigles ».

²¹⁵ Wikipédia



FigureVI. 01. Situation de la ville de Constantine

(Source : édité par l'auteur)

« Perchée sur d'étroits plateaux rocheux, le site de la médina prend la forme d'un trapèze aux angles orientés vers les quatre points cardinaux. En sens inverse des pentes des vallées qui l'entourent l'inclinaison, du nord au sud est assez sensible : le saillant nord (casbah) atteint 644 mètres. Au sud sidi Rached s'abaisse à 580 mètres. La diagonale unissant ces deux points n'a guère plus d'un Kilomètre. Il est d'usage de diviser la médina en deux parties principales :

Le Rocher, espace transformé lors de la période française en vue d'y créer un centre européen. La Brèche qui assure la jonction entre le quartier traditionnel et le quartier européen. »²¹⁶

VI.2.1. Analyse climatique

VI.2.1.1. Le rayonnement solaire

La ville de Constantine reçoit une quantité considérable d'énergie solaire durant toute l'année comme le démontrent les figures VI.02 et VI.03 relatives respectivement à la durée

²¹⁶ A.KABOUCHE & M.KABOUCHE, La médina de Constantine: Dynamique et recomposition, politiques d'interventions. 2010.

d'enneillement et à l'nergie incidente sur un plan horizontal. Cette quantité atteint son paroxysme durant le mois de juin, avec presque 8000 wh/m².

C'est entre les mois de Mai et Août qu'on remarque les plus grandes durées d'enneillement, ceci est du aux longues journées d'été. Il est clair, et logique que le taux de rayonnement incident sur les surfaces horizontales soit proportionnel à la longueur de la journée.

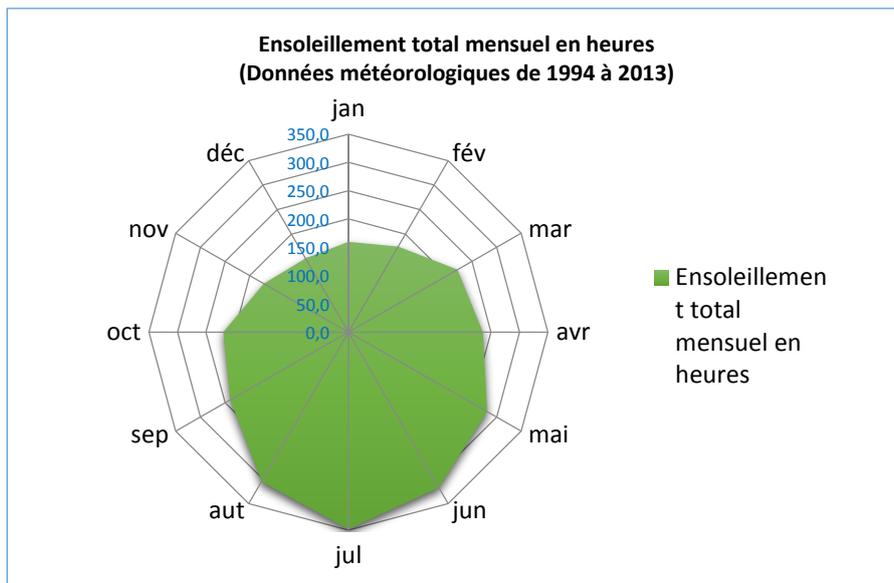


Figure VI. 02. Ensoleillement total mensuel en heures sur
(Source : l'auteur)

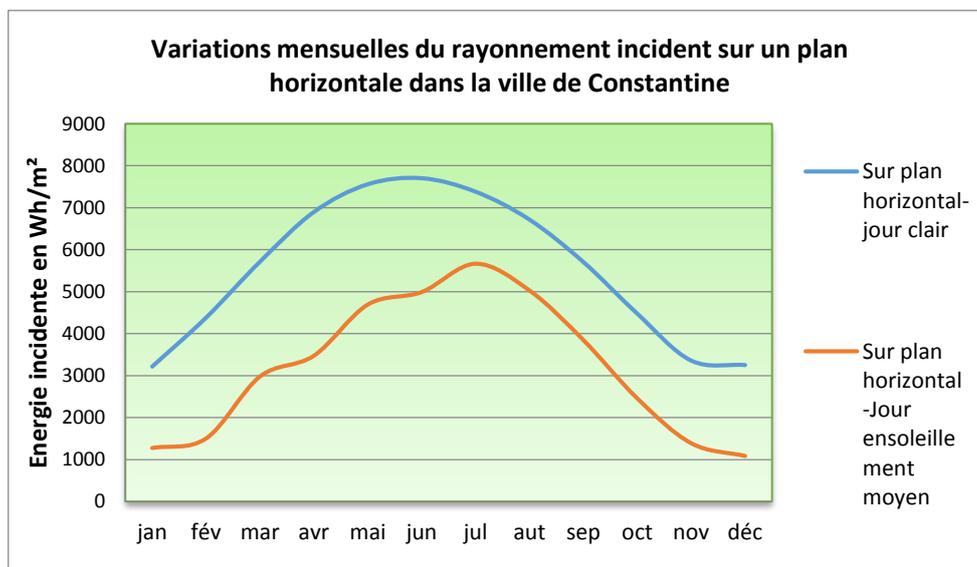


Figure VI. 03. Ensoleillement total mensuel en heures
sur une durée de 20 ans (1994-2013)

(Source : l'auteur)

VI.2.1.2. Température et humidité

Les données météorologiques les plus récentes (1994-2013) des températures moyennes minimales T_n , maximales T_x et moyennes mensuelles T_m , et celle de l'humidité relative nous révèlent un climat chaud est sec en été, mais tout en étant froid et humide en hiver également.

On note aussi un écart de température de l'ordre de 10°C entre les températures nocturnes et journalières, et qui atteint 15°C en juillet. Cet état de fait est la caractéristique principale des climats continentaux, où l'océan ne régule pas (ou peu) la variation saisonnière d'énergie apportée par le soleil (la régulation se faisant grâce à l'inertie thermique de l'eau).²¹⁷

²¹⁷ uromet.meteo.fr/sommaire.php3?lang=fr

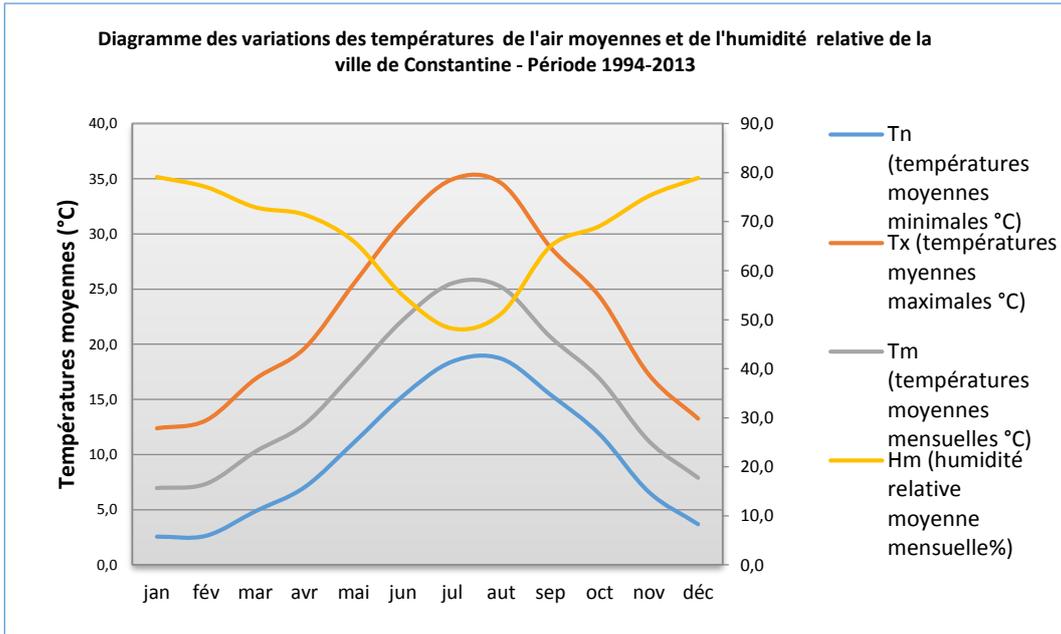


Figure VI. 04. Diagramme des variations des températures de l'air sur une durée de 20 ans (1994-2013)

(Source : l'auteur)

VI.2.1.3. Vents

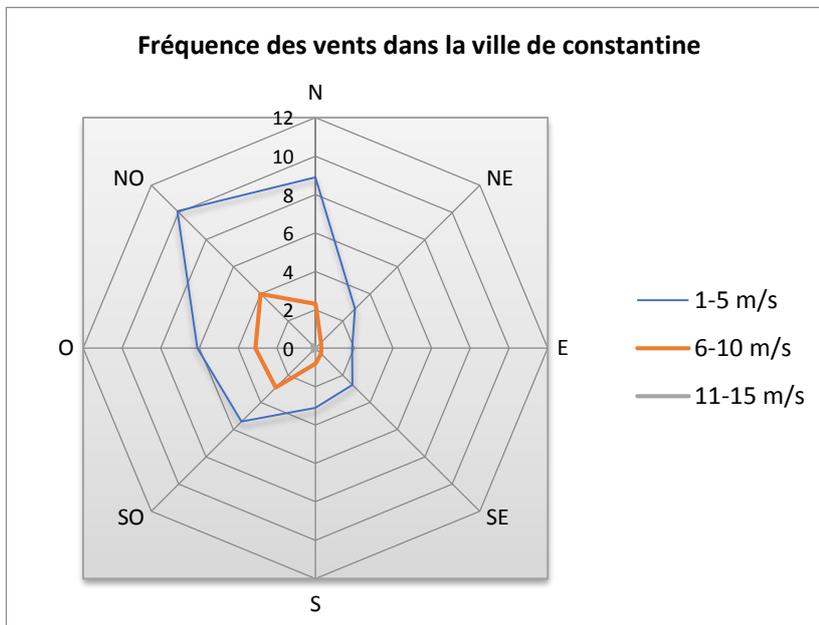


Figure VI. 05. Diagramme des fréquences des vents selon leurs directions

(Source : l'auteur)

Tableau VI.1. Fréquences des vents en pourcentage (1995-2005) sur la ville de Constantine
(Source : Ain El Bey, Constantine)

Direction	N	NE	E	SE	S	SO	O	NO
Vitesses des vents								
1 > 5 m/s	8.8	2.9	1.9	2.7	3.1	5.4	6.1	10.1
6 > 10 m/s	2.3	0.4	0.3	0.4	0.8	2.9	3.1	4.0
11 > 15 m/s	00	00	00	00	0.1	0.2	0.1	0.2
... >16 m/s	00	00	00	00	00	00	00	00
Totaux	11.1	303	2.2	3.2	3.9	8.4	9.4	14.2
calme	44.3							

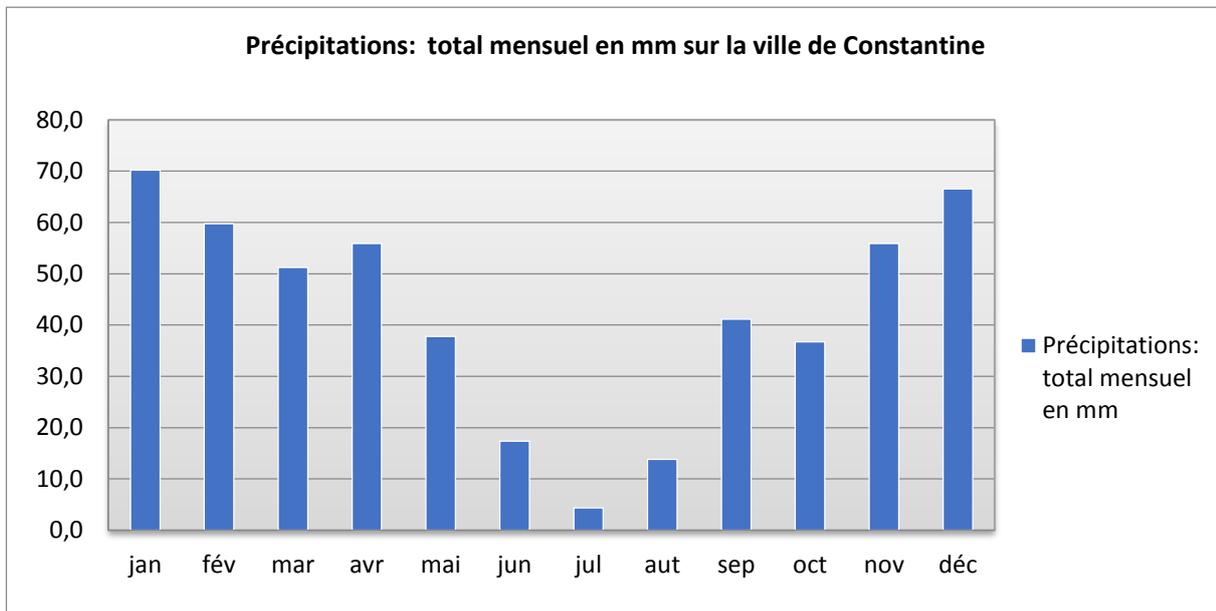
Les vents les plus fréquents que connaît la ville sont à prédominance Nord et Nord Ouest comme le démontre le diagramme (Figure VI.05). On a enregistré les vitesses les plus élevées du vent durant le mois d'Avril. Durant ce mois la vélocité du vent oscille entre 2.9 m/s et 2.1 m/s.

VI.2.1.4. Les précipitations

Les données météorologiques de la période s'étalant entre 1994 et 2013 nous démontrent qu'entre le mois de Septembre et le mois de Mai les précipitations sont assez importantes, avec des quantités qui varient entre 70 et 40 mm. L'été est plutôt caractérisé par une quantité nettement plus petite, ne dépassant pas les 10mm en juillet.

La sécheresse estivale se raccourcit à trois mois sous la forme d'un minimum pluviométrique. Ceci est car, en saison froide, des perturbations pluvieuses circulent principalement d'ouest en est sur la Méditerranée, et ce contrairement à la saison chaude, où Les hautes pressions subtropicales associées à des masses d'air chaud et sec

typiques assèchent l'air par compression, ce qui occasionne un temps clair et une sécheresse sévère. De plus, les températures y sont en général élevées, souvent autour de 30 °C.²¹⁸



FigureVI. 06. Diagramme des variations des précipitations sur une durée de 20 ans (1994-2013)
(Source : l'auteur)

VI.2.1.5. La classification Köppen et les zones climatiques similaires

Le Système de classification climatique de Köppen est le système le plus largement utilisé pour classer les climats du monde. Ses catégories sont basées sur les moyennes annuelles et mensuelles de la température et des précipitations. Le système Köppen reconnaît cinq grands types climatiques, chaque type est désigné par une lettre majuscule.²¹⁹

La ville de Constantine est classée zone semi-aride, de type Bsk d'après cette classification. C'est une zone où l'évaporation excède souvent la précipitation. Notons qu'Amarillo (Texas), Athènes (Grèce) et Grenade (Espagne) sont de la même classification que Constantine (BSK), et sont donc des zones semi-arides. Ceci attire l'attention sur les possibles similarités des pratiques architecturales répondant aux climats au niveau de ces villes.

²¹⁸ www.worldweather.org

²¹⁹ <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html>

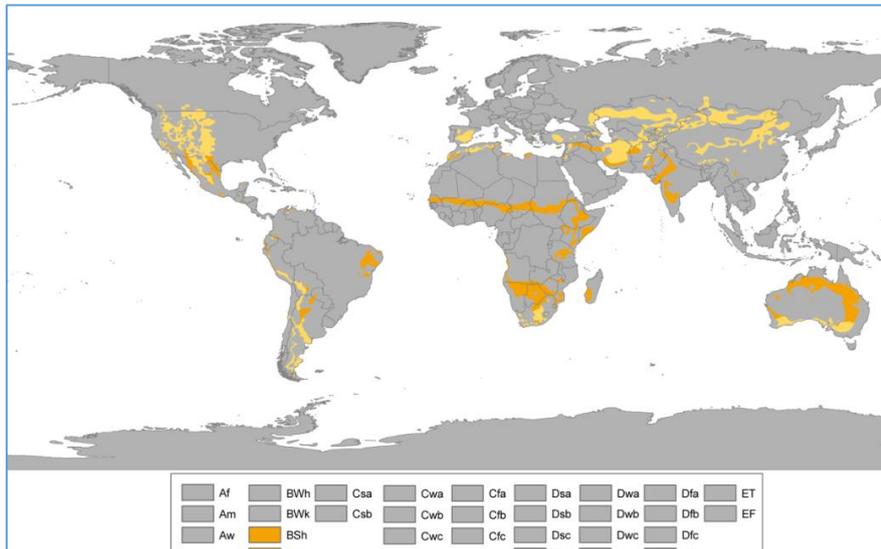


Figure VI. 07. Les Zones semi-arides et arides selon la classification Köppen
(Source : Wikimedia)

VI.2.2. Conclusion

La ville de Constantine possède un climat semi-arides, de type continental méditerranéen humide. Ce dernier, justement, est caractérisé par des étés bien chauds et des hivers bien froids. Les écarts saisonniers des températures sont importantes, elles sont comprises entre 15 et 22 °C mais peuvent monter jusqu'à 33 °C. Plus la zone est éloignée des océans plus cette variation des températures entre l'été et l'hiver est importante.²²⁰

.Dans la carte ci-dessus (Figure VI. 02), sont mentionnées uniquement les zones arides de type Bsk et Bsh. Ces zones ayant le même climat peuvent bien avoir des analogies quant à la manière de s'abriter des intempéries dans les espaces extérieurs de leurs villes.

Parmi ces zones, citons : Amarillo (dans le Texas), Grenade (en Espagne), et Athènes (la fameuse cité grecque). C'est surtout cette dernière dont les caractéristiques climatiques se rapprochent le plus de celles de la ville de Constantine.

²²⁰ <http://la.climatologie.free.fr/facteur-climat/factclimat.htm>

Nous avons essayé de rassembler quelques pratiques architecturales similaires dans ces villes, de la même classification climatiques (notamment Athènes et Grenade), et que nous pouvons appliquer aux espaces extérieurs (voir annexe). Ces pratiques sont :

- Plafond assez haut pour que l'air chaud soit loin de l'individu (car de densité légère)
- L'usage des plans d'eau pour l'effet de refroidissement par évaporation
- Large utilisation des occultations solaires
- Usage de la masse thermique de stockage

VI.3. L'investigation

VI.3.1. Choix des cas d'étude

➤ **La motivation pour le choix de la place du 1er Novembre (la brèche) a été animée par plusieurs raisons dont :**

- Sa situation stratégique : elle est en plein centre de la ville de Constantine et marque le point de jonction (voire articulation) entre le tissu traditionnel et le tissu colonial. C'est d'ailleurs à partir de cette place que les percées à la haussmannienne ont éventré le tissu traditionnel.

- Cet endroit est donc d'un héritage historique précieux. La place du 1^{er} Novembre traîne un douloureux souvenir, car elle a servi d'une brèche, l'unique faille, par laquelle les colons français ont pénétré dans la vieille Constantine jusque-là protégée et fortifiée. **Cette place est donc d'une valeur patrimoniale qui sert de référence chronologique rappelant un évènement des plus marquants de l'histoire de la ville.**

- Aujourd'hui, cette place, spécialement la terrasse, constitue un point de repère, et de référence aux constantinois et aux visiteurs de la ville.



Figure VI. 08. Vue sur l'esplanade du 1^{er} Novembre

(Source : L'auteur)

Et pour justifier encore plus le choix de cette place (la terrasse), disons que malgré les points énumérés ci-dessus, le taux de fréquentation de cette place est en baisse, et le flux des visiteurs est de plus en plus faible. Ceci attire l'attention sur le fait que, l'importance dont jouit cette place n'est pas justifiée, car ne joue pas son rôle de lieu d'interactions socioculturelles et d'animation, et ne draine pas le flux de visiteurs comme il se doit.

➤ **La motivation pour le choix de la place Kerkri a été animée par plusieurs raisons dont :**

- Kerkri occupe un site moitié colonial, moitié traditionnel : c'est une place qui relie « la Souika » de son côté Est au tissu colonial qui se trouve à l'Ouest de la place.

- L'aménagement du site, qui, jadis, servi de station de bus insalubre et boueuse, a réussi à chasser cette image polluée et répugnante, qui plus est, se trouve au niveau du centre de la ville, mais cet aménagement s'est avéré inutile, fortuit, car ne joue nullement son rôle de place, puisque cette dernière demeure désertée tout au long de l'année, si ce n'est un maigre flux de clients habituels, fréquentant le marché du remblais, se trouvant sur le talus sous la place. Ces visiteurs se servent des escaliers y descendant à l'Ouest du Belvédère.

- Donc, nous pouvons dire que malgré sa situation stratégique, cette place récemment aménagée demeure vide est sans âme tout au long de la journée. Elle est aussi mal fréquentée (devenue

même le foyer de prédilection des chiens errants) et fait très souvent objet d'articles de presse qui déplorent le gaspillage des fonds de la population de Constantine pour la construction onéreuse d'une place qui, selon J. Kribeche « n'a pas trouvé sa place »²²¹.

Rappelons aussi que ces deux places sont situées au niveau du centre ancien de la ville de Constantine, celle-ci est, d'après J. Kribeche : « *une véritable entité urbaine et patrimoine historique avec ses deux typologies, traditionnelle et coloniale, et qui demeure aujourd'hui le centre multifonctionnel de la ville de Constantine. Son originalité réside dans la vitalité et le rôle qu'il a assumé à travers le temps, celui de constituer une nodalité à un territoire orienté vers les quatre directions cardinales. Ce rôle qui est un trait d'héritage (chef lieu de la confédération romaine, beylik de l'est à l'époque ottomane, puis métropole régionale pendant l'occupation française et enfin chef lieu de wilaya la particularise des autres médinas maghrébines, qui, toutefois, il ne la dispense pas de leurs problèmes communs, à savoir : les difficultés de fonctionnement et l'altération du cadre bâti* »²²².

La réhabilitation de ces places publiques se révèle donc cruciale, et même obligatoire pour une ville dont la réputation n'est plus à faire, et ce à l'échelle internationale.

Ayant soulevé, dans les chapitres précédents, le problème des conditions thermiques qui est le plus souvent à l'origine du degré de la popularité, et (par conséquent) la longévité des places publiques, nous allons essayer de traiter le problème de "désertification" de nos deux places selon notre perspective, dont l'objectif est celui d'améliorer leurs microclimats.

²²¹ Kribeche Youcef- ALI Jennie Fatima- Zohra, Pour une revalorisation de l'espace public traditionnel dans la vieille ville de Constantine, Université de Constantine.

²²² J. KRIBECHE - YUCEF ALI, PPSMVSS VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE, PHASE III : REDACTION FINALE DU PPSMVSS, Octobre 2012. Page 113



Figure VI.09 . Situation des deux cas d'étude (les places 1^{er} Novembre et Kerkri)

(Source : l'auteur)

VI.3.2. Présentation

VI.3.2.1. La place du 1^{er} Novembre

« Lourde d'histoire et de problèmes, la place du 1er Novembre, connue sous le nom de la Brèche, trône majestueusement en plein centre de Constantine. »²²³

²²³ http://www.vitamedz.com/constantine-place-de-la-breche-un-retour-tant-espere/Articles_15688_110234_25_1.html

La place du 1^{er} Novembre, et qu'on appelle toujours « la Brèche » représente la principale place de la ville de Constantine. Elle a été, pour longtemps, le théâtre des cérémonies officielles de commémoration des événements français les plus marquants.

En 1837, et à partir de ce lieu, les colons français avaient ouvert une brèche dans la muraille qui délimitait la vieille cité. Ce fut le début de la colonisation de Constantine et c'est la raison pour laquelle cette place prit la dénomination de « la Brèche » (voir figure VI.10).

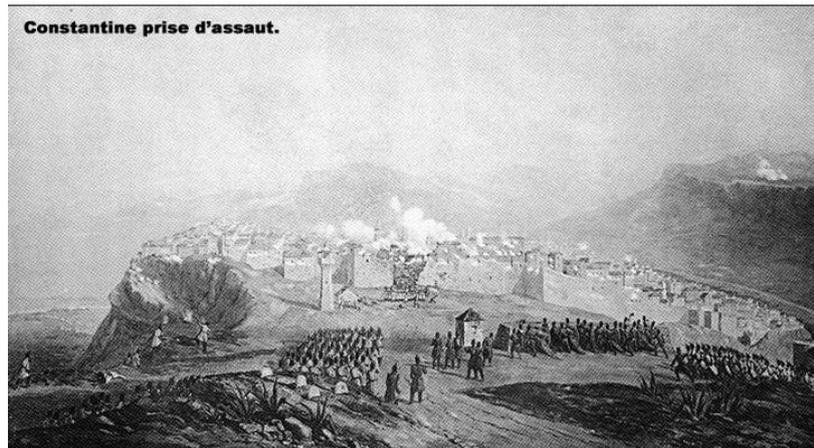


Figure VI.10 . Constantine prise d'assaut en 1837 à partir du site actuel de la Brèche
(Source : <http://www.algerie-ancienne.com/Salon/sieges/305.htm>)

Aujourd'hui, la place du 1^{er} Novembre, constitue un espace de transition entre les deux tissus : traditionnel et colonial. Sa topographie permet d'une part la convergence des voies de circulation en un point central, et d'autre part, la desserte vers d'autres quartiers du centre. Cette place centrale abrite le plus grand nombre de bâtiments de très grande valeur architecturale et historique (le palais de justice, le théâtre, la grande poste.)²²⁴ « Lorsque l'on part de la place Lamoricière, la Brèche apparaît tout en haut de l'avenue. La brèche est en face du théâtre régional de Constantine, du Crédit populaire, et du palais de la justice. »²²⁵

²²⁴ A. Kabouche & M. Kabouche, La médina de Constantine: Dynamique et recomposition, politiques d'interventions,

²²⁵ <http://www.hotelpanoramic-dz.com/content/la-place-de-la-br%C3%A7he>



Figure VI.11. place du 1^{er} Novembre était le témoin d'une vie socioculturelle florissante. (Transactions et fêtes arabes avant la construction de l'esplanade)

(Source : <http://adcha-cartes-postales-constantine.blogspot.com/2008/08/la-place-de-la-brèche.html>)

Le texte suivant, écrit par H. Bellagha, donne une vue globale sur la vie sociale et dynamique qu'animait la brèche : « L'esplanade sera pendant plus de 20 ans le centre névralgique de la ville, accueillant chaque jour des centaines de personnes qui y venaient déguster des glaces chez Bentchouala et bien d'autres occupants des kiosques. Même les étrangers à la ville se devaient de faire un détour par la Brèche pour savourer un sorbet ou plus tard un café ou une boisson fraîche. (...). La Brèche est ressuscitée. Il est vrai qu'il n'y a plus autant de marchands de glace et autres sorbets. Sur place, et à partir de 20 h, c'est la ruée. »²²⁶

²²⁶ Article de presse intitulé « Constantine, place de la Brèche, un retour tant espéré » écrit par Hamid Bellagha le 28/07/2008, Source : www.elwatan.com.



Figure VI.12. Constantine avant et après (typologie des constructions sur l'esplanade
(Source : <http://www.panoramio.com/photo/25294686>)

VI.3.2.2. La place Kerkri

L'étude de la place Kerkri a été lancée après une commande de vérification d'un mur en pierre qui servait de soutènement qu'on allait remplacer par un autre en béton. Ce dernier étant stable, a inspiré à la Commune de Constantine le réaménagement du site en place publique.

La place Kerkri se situe derrière l'hôtel Cirta, et donne sur le pont de Sidi Rached et sur la partie basse de la Souika. Elle est délimitée de part et d'autre par deux portes urbaines. Des immeubles coloniaux à grande valeur architecturale (dont l'hôtel Cirta) agrémentent la place et lui donnent un cachet spécial.

L'aménagement de la place tel qu'il est actuellement, est un résultat de multiples réfections de réseaux d'assainissement dont le dysfonctionnement a obligé le maître de l'œuvre de faire recours à des murs de soutènement pour y remédier. Ces derniers sont à l'origine de la division actuelle de la place en plusieurs placettes, avec un théâtre en plein air.

La place Kerkri abrite :

- Deux restaurants : dont un seul est fonctionnel ,
- Un grand belvédère : qui offre une vue panoramique sur le pont de Sidi Rached ainsi que le pont géant qui est récemment construit ,
- Des placettes délimitées par une série de colonnes, dont une est protégée par une pergola.



Figure VI.13.. La place Kerkri

(Source : Google maps & <http://www.constantine-hier-aujourd'hui.fr/>)

Malheureusement, « Après avoir dépensé des milliards pour rénover la place Kerkri (qui se trouve derrière l'hôtel Cirta), et après y avoir installé des structures censées accueillir des activités commerciales, voilà que certaines de ces installations sont complètement abandonnées à leur triste sort. Un état de délabrement, qui ne peut nous laisser indifférents d'autant plus que cette rénovation s'est effectuée avec des fonds publics »²²⁷.

VI.3.3. Observation

VI.3.3.1. La place du 1^{er} Novembre

L'observation nous a permis de faire une liste de constatations sur la place du 1^{er} Novembre dans le but de mieux comprendre son fonctionnement, et ce, en hiver, au printemps ainsi qu'en été.

²²⁷ <http://bazoga.over-blog.com/article-photos-place-kerkri-une-triste-realite-76573485.html>

Nous avons remarqué ce qui suit :

- En hiver, à 9h les vieux du quartier (environs une dizaine) se rassemblent dans la cafeteria qui se trouve au niveau des stations I & J. ces dernières sont directement exposées aux rayons solaires. Vers 11h la place devient pratiquement vide, si ce n'est quelques touristes désintéressés qui y font un petit tour et puis, sans tarder, s'en vont.
- Au printemps, c'est plutôt animé : le flux commence après 10h, et l'on voit venir groupes d'avocats et de journalistes, couples, vieux couples et jeunes filles. Après une vingtaine de minutes, des enfants affluent, certains avec leurs vélos et occupent l'entrée de la place (station B et C). Cet état demeure ainsi jusqu'à 14h 30, parfois 15h. C'est alors que la vie sur la place s'estompe rapidement ne laissant aucun individu à 16h.
- Les constats faits en été sont similaires à ceux du printemps, avec quelques exceptions : le flux commence après 11h30, à cette heure ci, nous avons compté une vingtaine d'hommes. Mais dès 13h30, le nombre augmenta de façon très rapide : nous avons pu compter 100, et une demi-heure après, les visiteurs ont atteint les 180. Les gens qui affluent durant ce mois ne sont pas les mêmes que ceux du mois de Mai : l'ambiance prend un caractère « familial », et l'on remarque des petites familles avec deux ou trois enfants (et parfois plus), de jeunes couples, de très vieux touristes (qui semblent familiers avec les lieux). Mais le plus important, c'est la durée qu'ils passent sur l'esplanade : des 180 individus qui ont occupé la place, environs 70 personnes n'ont pas quitté leurs chaises et ce de 11h30 jusqu'à 16h, heure durant laquelle les gens commencent à partir, mais pas aussi rapidement qu'au printemps.
- Le flux, par rapport aux 4800m² qu'occupe la place, demeure très faible et en dessous de la moyenne car la surface de cette place permet de contenir entre 800 et 1200 personnes.

VI.3.3.2. La place Kerkri

L'observation que nous avons effectuée sur la place Kerkri nous a permis de faire une liste de constatations dans le but de mieux comprendre son fonctionnement, et ce, en hiver, au printemps ainsi qu'en été.

Ce qui est frappant sur cette place, c'est qu'elle est remarquablement tiède en hiver dès que le ciel est dégagé. Au printemps et en été c'est la surchauffe (avec un risque de brûlure de premier degré de la peau à cause du double rayonnement solaire émis et réfléchi). L'orientation du site vers le Sud, et sa forte exposition (l'absence de masques solaires) rend cette place très

vulnérable au moindre flux de chaleur, d'autant plus que le pavage est en marbre blanc (Albédo ≈ 0.95), ce qui fait de la place un foyer de radiation solaire et terrestre très dynamique.

Nous avons également remarqué que la place est promptement fraîche par temps couvert (et se transforme en congélateur en hiver).

Il faut reconnaître que Kerkri est un site répulsif, infrequenté et complètement abandonné. Il arrive de temps à autre que les enfants du quartier se rassemblent au niveau des stations 4 et 5 pour jouer au ballon durant l'après midi, activité propre au printemps car en été, la place se transforme en une véritable « fournaise ».

VI.3.4. Conclusion

- Pour ce qui est de la place du 1^{er} Novembre, nous concluons avec la période dans laquelle nous allons investir notre tentative d'amélioration :
 - Le flux des gens, tels qu'il a été décrit plus haut nous révèle un rythme spécial typique du lieu:
 - En hiver, les vieux, amoureux du soleil, profitent de l'endroit le plus ensoleillé le matin, et ce de 9h à 10 , pour profiter des rayons chauds et discuter tout en savourant leur petit déjeuner.
 - Au printemps, les fonctionnaires, les enfants en vacances, profitent de leurs moments de pauses ou de congés pour se rassembler, discuter et s'acheter des snacks. Le reste des visiteurs affluent surtout dans le but de se reposer d'une longue marche et qui, très souvent prennent la pente progressive vers la vieille ville où le commerce est abondant. La place prend vie de 10h à 15h
 - **En été, c'est plutôt de 13h30 à 16h que l'animation, secoue la place. On est plutôt oisifs et ce n'est pas le commerce d'à côté qui presse les gens. On y prend tout son temps profitant de la saison des vacances.**
- Pour ce qui est de la place Kerkri : Sans aménagement, sans mobilier et sans arbres, la place demeure vide en permanence malgré sa situation et la jolie vue qu'elle offre. Le réseau d'assainissement récemment rénové, ainsi que les murs de soutènements, sous la plate forme du site, ont constitué un véritable frein pour l'implantation d'arbres.

VI.3.5. Compagne de mesure

VI.3.5.1. Appareil de mesure

Cette dernière eut lieu en Janvier (hiver), en Mai (printemps) et en Août (été). Le but était de savoir ce qu'il en est microclimatiquement sur les deux places, le taux, la période et la durée de fréquentation par les gens qui la visitent.

Les températures, les vitesses des vents et le taux d'humidité ont été pris toutes les deux heures, et ce de 8h jusqu'à 18h. Entre temps, une observation minutieuse ainsi qu'un petit recensement des visiteurs ont eu lieu afin de localiser les endroits les plus prisés sur cette place, les activités s'y déroulant ainsi que la qualité des gens qui la fréquentent.

II.1.1. Appareil de mesure

Pour notre campagne de mesure, nous avons utilisé des multimètres LM-8000 portables, et avons mesuré : Température, Vitesse du vent et humidité en se déplaçant sur les différentes stations des deux places.



Figure VI. 13. Le multimètre

(Source : www.testequipmentdepot.com)

Le multimètre LM-8000 est un instrument de mesure 4 en 1 professionnel portable, comportant : un anémomètre, un hygromètre, un thermomètre ainsi qu'un luxmètre. C'est un appareil qui affiche simultanément la température et la vitesse de l'air ou l'humidité relative, et permet d'enregistrer les records maximums et minimums. Il jouit des caractéristiques suivantes :

- Equipé d'une roue à aubes de friction pour améliorer la précision de la vitesse de l'air en ft / min, MPH, m / s, km / h, et les nœuds ,
- Equipé de capteur d'humidité à couche mince pour une réponse rapide ,
- Construit en thermistance pour la mesure de la température ambiante ,

- Mesures à haute température à l'aide de thermocouple de type K (une sonde) ,
- Capteur intégré Humidité, capteur de lumière et Vane roue, dragonne, et pile 9V228.

VI.3.5.2. Choix des stations de mesures (justification)

VI.3.5.2.1.1. La place du 1^{er} Novembre

Plusieurs raisons ont alimenté le choix de chaque station sur la place du 1^{er} Novembre.

Tout d'abord, elle a été divisée transversalement sur trois parties (de l'entrée vers le balcon) : la partie du milieu constitue un couloir de transition. De part et d'autre de celui-ci, des kiosques ayant équipés les surfaces environnantes de chaises et de tables (sans d'ailleurs oublier les structures métalliques recouvertes en bâche en guise de canopées protégeant du soleil et de la pluie).

Ensuite, l'irrégularité de la place et l'hétérogénéité de son environnement a attiré l'attention sur l'ombre portée par les bâtiments environnant, donnant lieu à des zones ombragées au niveau de cette place connue surtout par son exposition au soleil.

Puis c'est les endroits les plus fréquentés et les moins fréquentés qui nous ont aidé à fixer le choix final des stations sur l'esplanade.

Le choix s'est alors fixé, de façon simple, sur 15 stations, en guise de « pixellisation » de la surface, dans le but d'avoir des résultats représentatifs sans pour autant se perdre dans beaucoup de détails.

Donc, notre choix s'est fait, après une minutieuse observation d'une semaine, en fonction de:

- Des zones proches des constructions (influent sur la température moyenne radiante)
- Les zones les plus fréquentées
- Les zones les plus exposées (SVF)
- Les zones à l'ombre
- Les zones venteuses
- Les zones de circulation
- Les zones aménagées

Les figure VI.15 , VI.8 et VI.12 expliquent de manière plus détaillée les motifs qui ont conduit au choix de 15 stations sur la place.



Figure VI. 15. Choix des stations de mesure sur la place du 1^{er} novembre
(Source : l'auteur)

VI.3.5.2.1.1. La place Kerkri

Le choix des stations sur la place Kerkri a été très simple : la place étant elle même divisée en plusieurs lieux, nous a facilité la tâche en faisant de chacun de ces lieux une station. On peut catégoriser ces lieux constituant la place comme suit :

- Quatre (04) placettes, avec des différences de niveaux, dont une est recouverte de pergola
- Un théâtre en plein air
- Un Belvédère qui offre une vue panoramique intéressante.(Voir figure VI.11).

Le choix de la station n° 03 était juste pour voir la possibilité d'un éventuel mouvement d'air qui serait provoqué par effet Venturi.

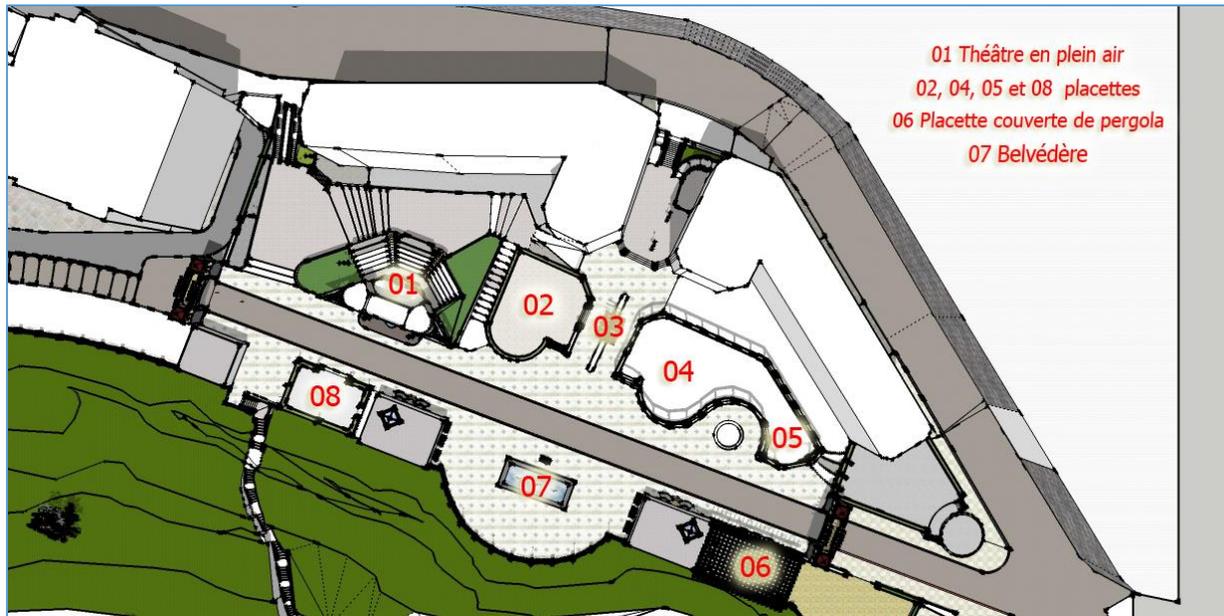


Figure VI.16. Choix des stations de mesure sur la place Kerkri
(Source : l'auteur)

VI.3.5.3. Analyse des résultats

VI.3.5.3.1. La place du 1^{er} Novembre

VI.3.5.3.1.1. Période hivernale

Les vents ont été les plus difficiles à mesurer et à en découvrir la provenance sur l'esplanade du 1^{er} Novembre, car de nature intermittente, avec des vitesses très variable. Ce n'est d'ailleurs qu'après plusieurs jours que nous avons compris que ces mouvements d'air étaient des tourbillons dans l'ensemble, souvent très froids et inconfortables en hiver, ou des rebonds, voire des trainées sous le vent (CF. Chapitre V). Ces mouvements indiscernables et quasi-aléatoires ne sont que le résultat du vent qui bute contre les surfaces verticales et imperméables qu'il rencontre, et les formes cubiques à angle droit des kiosques.

Nous pouvons dire que l'aménagement actuel au niveau de l'esplanade du 1^{er} Novembre a créé un microclimat « agressif », venteux et par conséquent inconfortable.

Dans le tableau ci-dessus, sont organisés les graphes des vitesses des mouvements d'air, mesurées in-situ, le 31 Janvier, le 20 Mai, et le 22 Août avec chacun une brève description :

a). Températures

Dès la première visite, nous avons remarqué que la place est très exposée au soleil (et à toute sorte d'intempéries d'ailleurs). Sa surface brillante est carrelée d'un pavé de couleur clair, moyennement réfléchissant (d'un albédo $\cong 0,55$), mais l'éblouissement est gênant dès que le soleil est haut dans le ciel.

Les immeubles environnants ne sont pas très généreux en ombre car relativement éloignés. Ces derniers ne projettent pas assez d'ombre en été (dont l'étendue est rétrécie à cause de l'altitude de la ville de 36°).

A l'entrée de l'esplanade, deux arbres à feuilles caduques marquent l'accueil, nous avons remarqué que sous leur canopée réside l'endroit le plus prisé de toute l'esplanade, et ce, par toute sorte de visiteurs : étrangers, jeunes, adolescents, étudiants, vieux feuilletant leurs journaux.... Etc. et qui aiment s'asseoir sur les bordures entourant ces arbres et les marches de l'entrée, mais jamais par les femmes, car ces dernières préfèrent des endroits un peu plus éloignés de l'entrée.

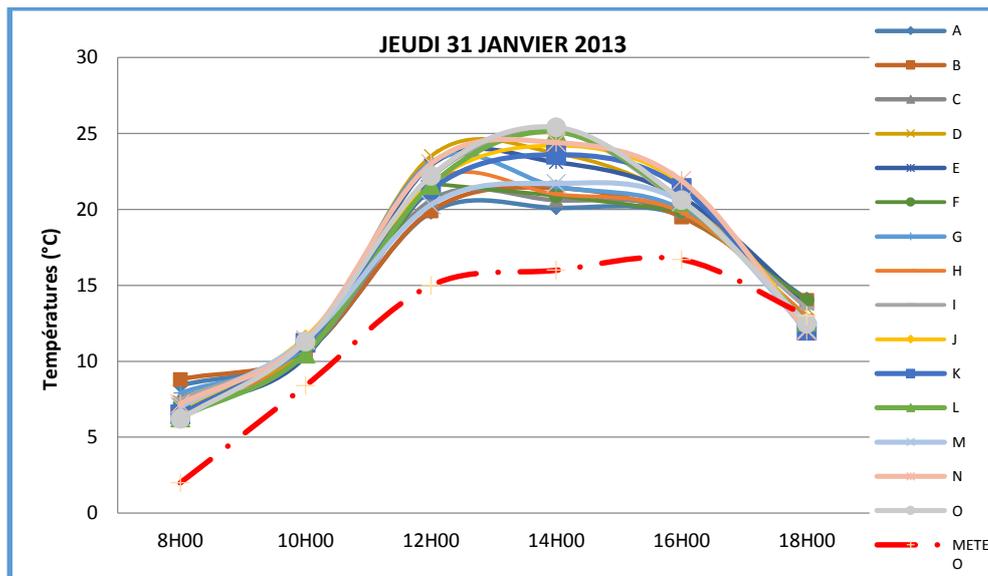


Figure VI. 17. Températures prises sur les différentes stations sur la place du 1^{er} Novembre (Source : l'auteur)

- Les températures hivernales sur la place du 1^{er} Novembre sont nettement hautes par rapport à celles prises au niveau de la station météorologique. La différence qui, tôt le matin, est de l'ordre de 4°C , atteint son maximum à 14h avec 8°C d'écart : les stations N, O, K, J, E et D se sont révélées chaudes durant cette journée à ciel dégagé.

- Vers la fin de la journée, cette différence s'est estompée graduellement, et les températures se sont quasiment uniformisées au niveau de toute la place jusqu'à coïncider avec la température de la station météorologique.

b). Vents

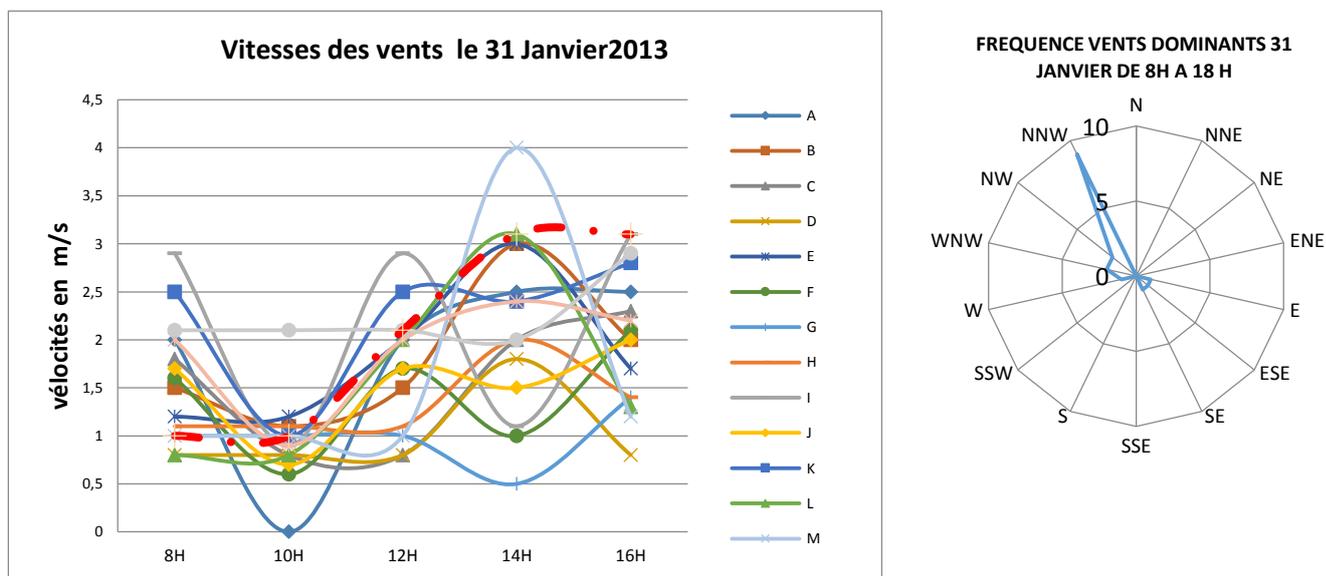


Figure VI. 18. Vitesses des vents prises sur les différentes stations sur la places du 1^{er} Novembre
(Source : l'auteur)

A première vue, le graphe, si enchevêtré qu'il paraît, nous donne une idée plus « claire » sur le mouvement de l'air sur l'esplanade. On ne peut considérer ces résultats scientifiquement valables pour notre analyse car aléatoires et leur variabilité est telle qu'elle nous révèle des vitesses différentes dans un très court laps de temps.

Mais en général, on peut constater que :

- La station M est la plus venteuse avec 4m/s à 14h, et dépasse la vitesse du vent prise au niveau de la station météorologique ,

- Les stations B, E et L suivent la courbe de la station météorologique, et reflètent un microclimat indépendant de son entourage,
- Les vitesses prises au niveau de la station O sont pratiquement stables durant toute la journée,
- La station A est la moins venteuse de toutes les stations de la place.

VI.3.5.3.1.2. Période printanière

a). Températures

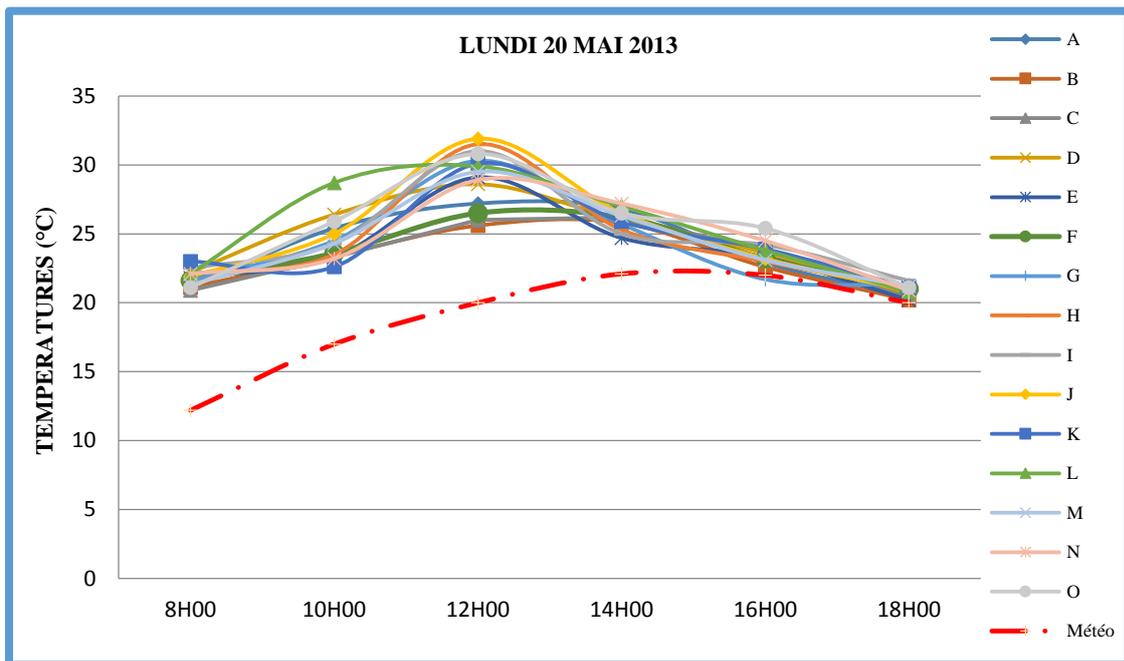


Figure VI. 19. Températures prises sur les différentes stations sur la places du 1^{er} Novembre
(Source : l'auteur)

Avant de comparer les températures relevées sur l'esplanade avec celles de la station météorologiques, notons tout d'abord les trois types de stations ayant des courbes similaires :

- La première catégorie comporte les stations de températures relativement basses : F, C et B

- La deuxième catégorie comporte les stations ayant des températures relativement moyennes, avec une augmentation sensible vers 10h : A, D et L
- La troisième catégorie comporte les stations qui affichent des températures relativement hautes, et ce spécialement à 12h : E, G, H, I, J, K, M, N et O.

Dans cette dernière, les stations ont atteint une différence de température de l'ordre de 13°C avec celle de la station météorologique à 12h.

Vers la fin de la journée, cette différence s'est également estompée graduellement, et les températures se sont quasiment uniformisées, à partir de 16h au niveau de toute la place jusqu'à coïncider avec les températures de la station météorologique.

II.1.1.1. Vents

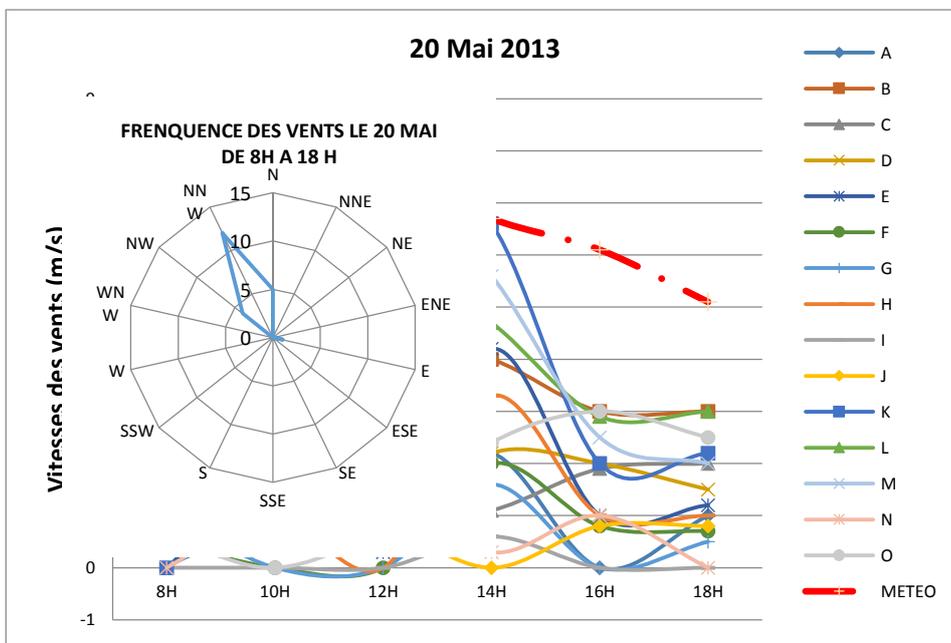


Figure VI. 20. Vitesses des vents prises sur les

différentes stations sur la place du 1^{er} Novembre

(Source : l'auteur)

Cette saison est surtout caractérisée par des vents très forts, chose répondeue dans la ville de Constantine. Et sur la place ces vents se comportent comme suit :

-A partir de midi, le vent commence à s'accélérer (notons qu'à à partir de cette heure il provient du NO/NNO)

-Les stations les plus venteuses sont : K, M, L et B , la station K dépasse en vitesse celle de la station météorologique

-Un peu moins venteuses : E, H et F

-Les autres stations affichent des mouvements très aléatoires par rapport aux précédentes.

VI.3.5.3.1.3. Période estivale

a). Températures

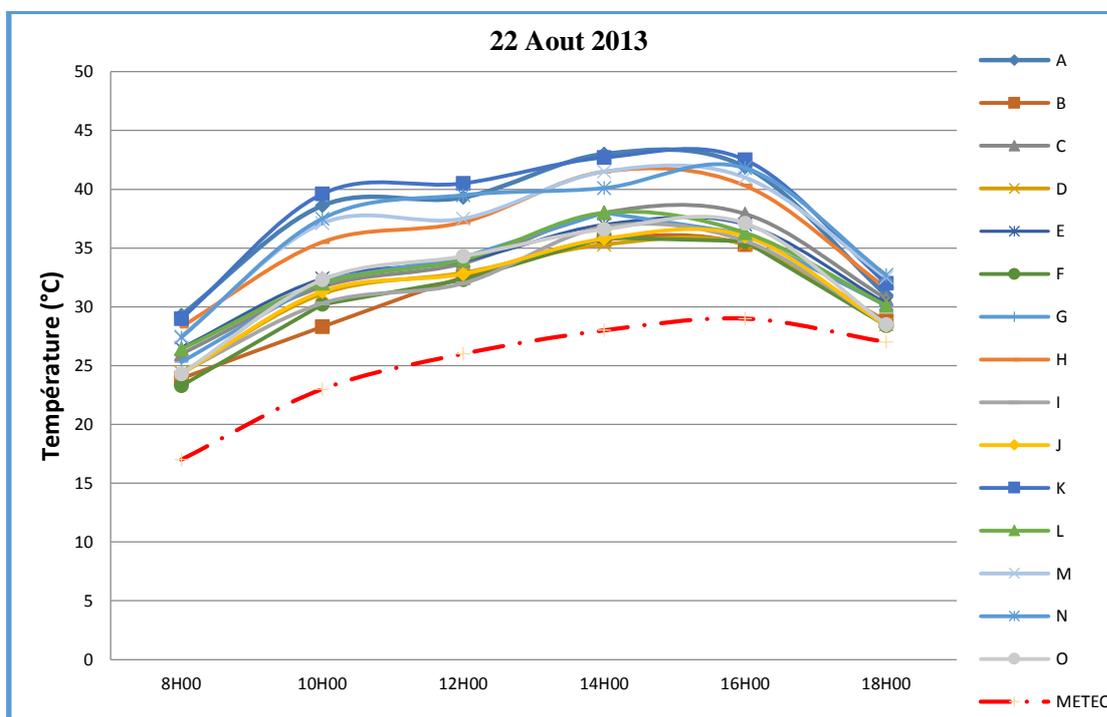


Figure VI. 21. Températures prises sur les différentes stations sur la places du 1^{er} Novembre
(Source : l'auteur)

Les températures estivales sont plutôt simples à décrire et à analyser : l'absence de vents fait que toutes les stations aient pratiquement les mêmes températures.

Dès 8h, on note une différence entre la température sur la place du 1^{er} Novembre et celle de la station météorologique de plus de 8°C. Cette différence est maintenue jusqu'à 18h, où elle est réduite à 3°C.

Les stations K, N, M et H se démarquent à partir de 10h avec une différence d'environ 2°C.

On dénote une stabilité des températures entre 10h et 12h, et entre 14h et 16h.
ceci explique que la chaleur est emmagasinée, voir stockée quelque part.

La place est ainsi remarquablement très chaude, à 14h la température dépasse les 35°C pour atteindre 38,3°C sur la station O à 16h.

b). Vents

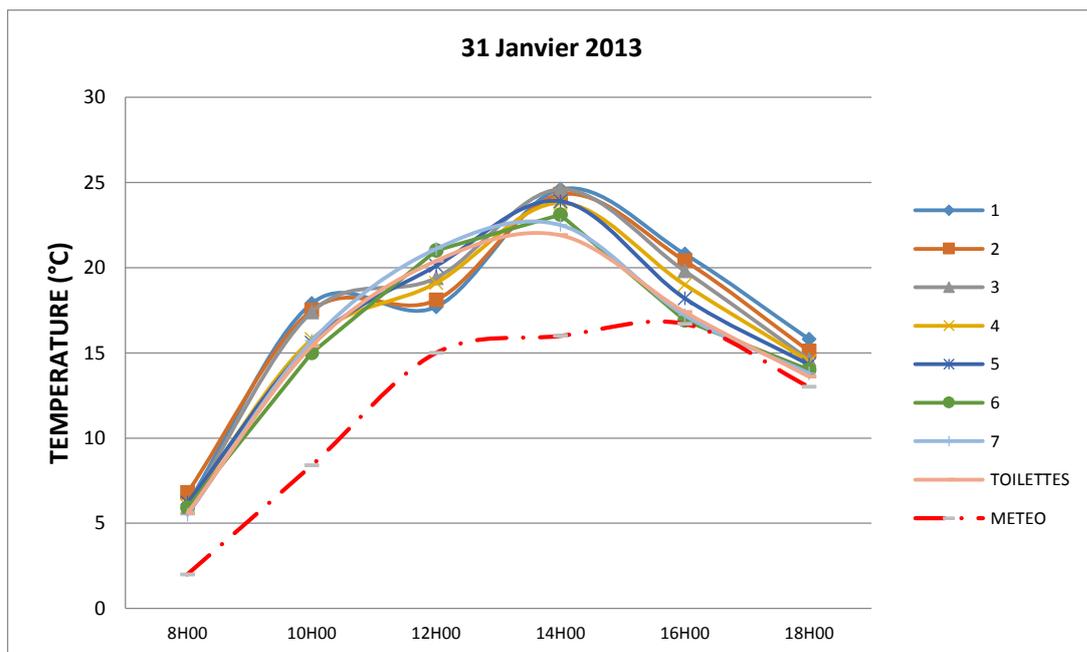
Durant cette journée, le vent était inexistant, si ce n'est de faibles mouvements d'air dont la vitesse n'a pas dépassé 1m/s dans la majorité des stations.

D'ailleurs, sans effort physique, les gens transpiraient et ne demandaient que des rafraîchissants pour assouvir leur soif.

VI.3.5.3.2. La place *Kerkri*

VI.3.5.3.2.1. Période hivernale

a). Températures



Figure

VI. 22. Températures prises sur les différentes stations sur la place Kerkri

(Source : l'auteur)

Les températures sur les différentes placettes de kerkri sont clairement très élevées, et l'on remarque un écart par rapport à celles de la station météorologique qui commence par 3,6°C à 8h, et qui progresse jusqu'à atteindre un écart de 8°C à 14h. ce n'est qu'à partir de cette

heure que la température commence à décroître jusqu'à égaler celle de la station météorologique.

Notons que le théâtre en plein air, la placette 02 et le passage se démarquent du reste des stations par leurs températures qui s'élèvent à 10h et à 14h. le reste des stations suivent la courbe des températures de la station météorologique et répondent donc avec les mêmes conditions mais avec des degrés de trop (donc quasi indépendantes du microclimat).

b). Vents

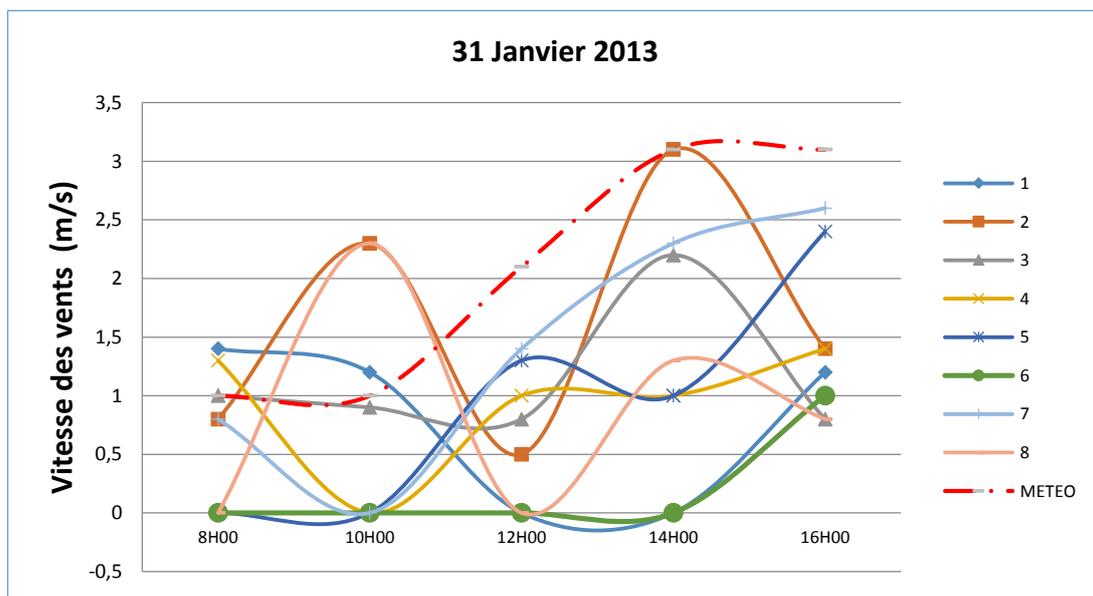


Figure VI. 23. Vitesses des vents prises sur les différentes stations sur la place Kerkri Novembre
(Source : l'auteur)

A partir de ce graphe on peut déduire les éléments suivants :

-Les vitesses des vents sont faibles, ce n'est qu'après une heure de décalage que les stations 2,3 et 7 suivent le rythme de la vitesse de la station météorologique. L'espace sous pergola (station 6) en est le plus dépourvu. En deçà de 3m/s donnée par cette dernière, les valeurs sont jugées négligeables, surtout s'agissant de la saison froide.

VI.3.5.3.2.2. Période printanière

a). Températures

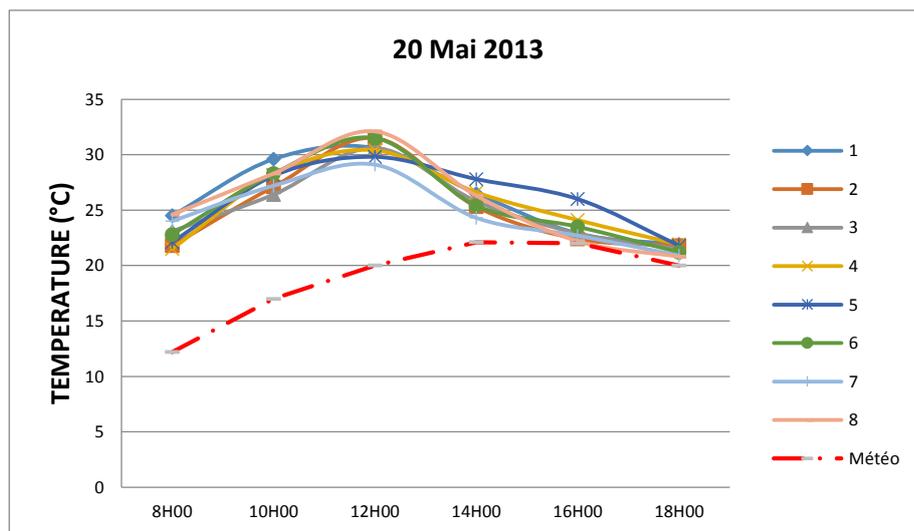


Figure VI. 24. Températures prises sur les différentes stations sur la place Kerkri
(Source : l'auteur)

Le graphe révèle un ensemble de placette « fournaise » car les températures sont très élevées dès 8h avec un écart thermique de 5°C ; cet état de fait nous rappelle les vents forts qui caractérisent cette saison, et qui donc n'affectent pas les placettes qui sont à l'abri, d'où ces températures qui révèlent un microclimat spécifiquement chaud au niveau des espaces de la place.

b). Vents

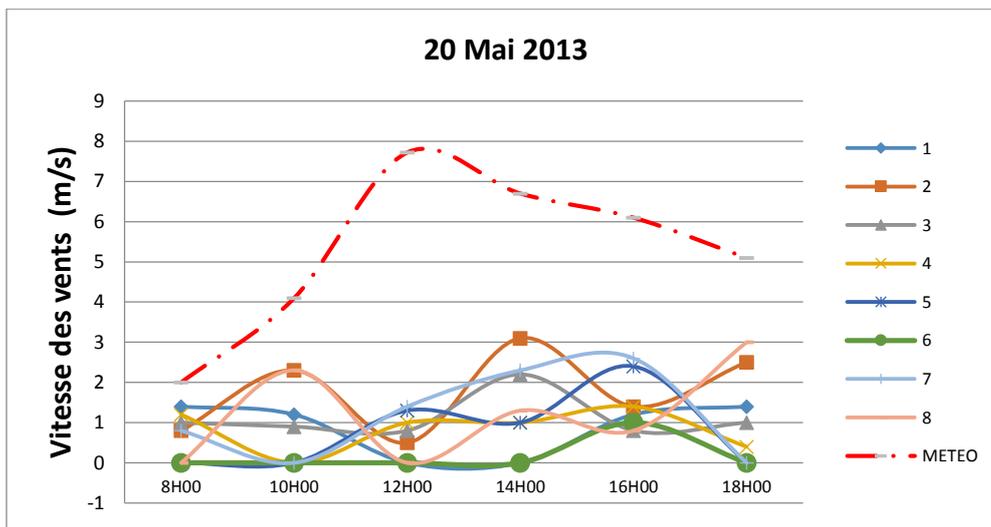


Figure VI. 25. Vitesses des vents prises sur les différentes stations sur la place Kerkri
(Source : l'auteur)

Les stations, ou placettes de Kerkri semblent à l'abri des vents forts du printemps. Même si, cette fois-ci les valeurs ont atteint 3m/s, ils demeurent loin des vitesses prises dans la station météorologique. Les valeurs semblent être le résultats de mouvements d'air aléatoires, et la placette sous pergola est à peine touchée.

VI.3.5.3.2.3. Période estivale

a). Températures

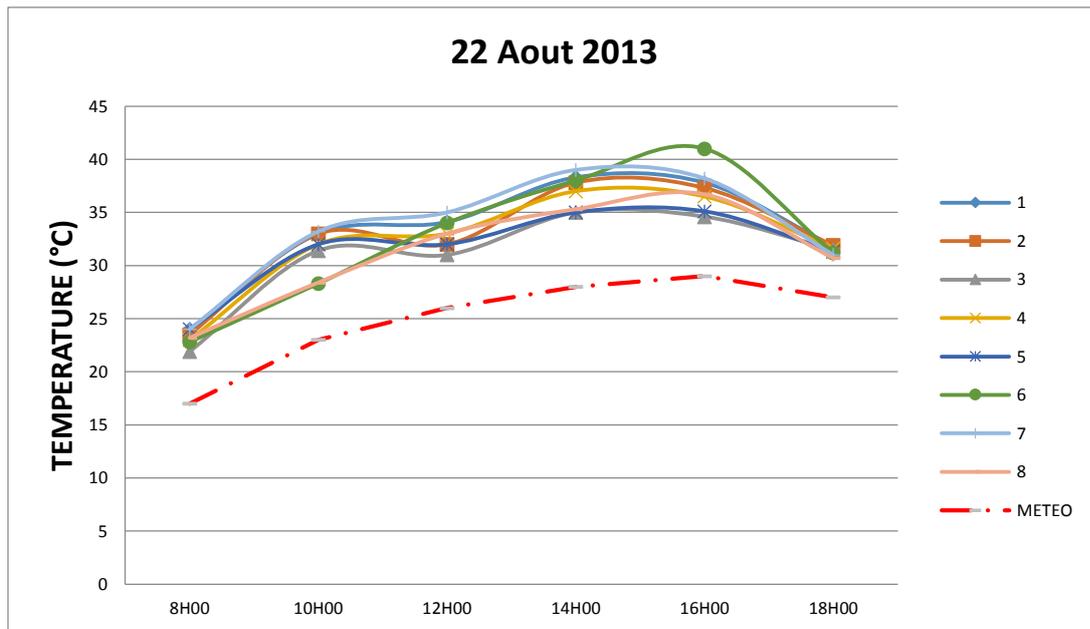


Figure VI. 26. Températures prises sur les différentes stations sur la place Kerkri
(Source : l'auteur)

Tout en suivant la logique de la courbe des températures prises au niveau de la station météorologique, les températures prises au niveau des différentes placettes de Kerkri présentent un écart quasi constant de l'ordre de 6°C, et qui atteint 10°C à 10h et à 16h.

La placette sous pergolas qui au début affiche des températures plus faibles que celle des autres placettes sans protection solaire, atteint à 16h les 41°C, et affiche un écart de température de 12°C, et on en vient à conclure que c'est la canopée du feuillage qui recouvre les treillis qui en est responsable car elle emprisonne les ondes de chaleur et les empêche de s'échapper, et ceci est aggravé par l'absence du mouvement de l'air sur les lieux.

b). Vents

Tout comme sur l'esplanade du 1^{er} Novembre, le vent était inexistant, à l'exception de faibles mouvements d'air de l'ordre de 1m/s sur la 1^{ère} station (le théâtre en plein air).

VI.3.5.4. Conclusion

VI.3.5.4.1. La place du 1^{er} Novembre

L'aménagement actuel sur l'esplanade, comme nous venons de le décrire plus haut, consiste en un aménagement en dur : six kiosques construits en maçonnerie, et un aménagement

léger, qui consiste en mobilier de détente et de restauration : parasols avec tables entourées de chaises. Le premier type d'aménagement influe négativement sur le cours des vents, dont la provenance principale est du côté non bâti de l'esplanade (le Nord-Ouest comme ultime porte qui aspire les vents forts de la saison froide), et renverse dans son passage parasols, tables et chaises.

L'aménagement de l'esplanade, comme nous venons de le décrire, semble avoir été destiné uniquement pour procurer de l'ombre, **mais en été, les couvertures en plastique des parasols, même si elles arrivent à intercepter une partie du rayonnement, ceux réfléchis et diffus, sont emprisonnés en dessous, le manque de mouvement d'air et la forme convexe des parasols de petites hauteurs les empêchent de s'échapper, et sont donc clairement à l'origine de ce microclimat thermiquement très chaud et très inconfortable.**

En résumé :

- **L'aménagement de la place du 1^{er} Novembre influe négativement sur son microclimat : créant des vents agressifs et tourbillonnaires, surtout au printemps, et une chaleur insupportable qui reste emprisonnée sous les canopées concaves des parasols et les couvertures (constituées d'une matière plastique) des abris métalliques.**
- **En été, il est question de radiation solaire et terrestre : sans canopée, c'est l'intense rayonnement de petites longueurs d'ondes qui crée la surchauffe et la sensation d'inconfort, mais aussi et surtout de radiation terrestre : le rayonnement réfléchi est séquestrée sous les couvertures en plastique des abris et des parasols. Cet état de fait est aggravé par l'absence quasi-totale de mouvements d'air, et d'évapotranspiration (eau, végétation) susceptible de rafraîchir l'atmosphère.**
- **La place du 1^{er} Novembre « est une entité thermiquement effusive » et a besoin de consommateurs d'énergie.**

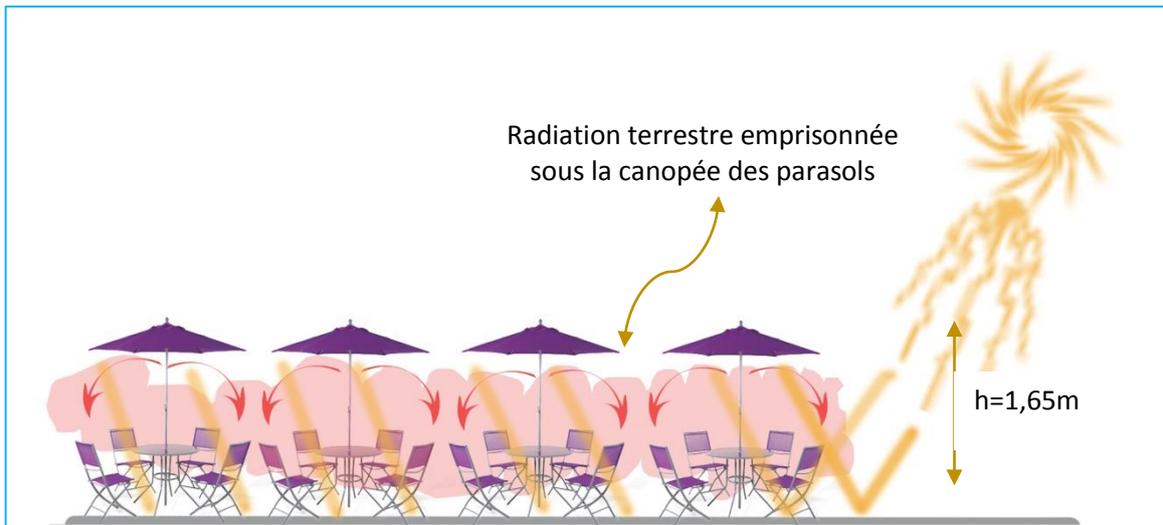


Figure VI.27. Influence des parasols sur les ondes thermiques au niveau la place du 1^{er} Novembre.
(Source : l'auteur)

VI.3.5.4.1. La place Kerkri

Le microclimat de la place Kerkri affiche un comportement très vulnérable au soleil : sa température augmente subitement en présence du soleil, et baisse promptement dès que le ciel est couvert. Exposée au Sud, et protégée des vents du côté Nord par deux grands immeubles qui datent de l'époque coloniale, qui lui confère cette tendance à être plutôt chaude. Le risque de surchauffe y est très fréquent au printemps comme en automne, et surtout, bien-sûr en été.

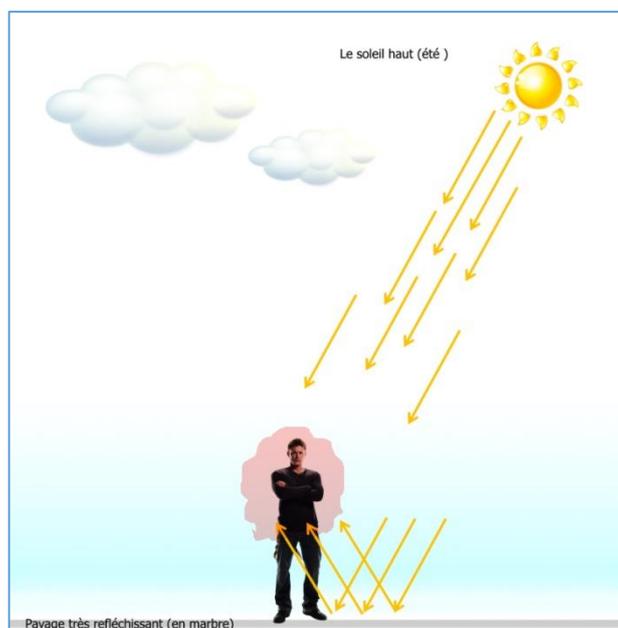


Figure VI.28. Influence absence place Kerkri

du pavage et de l' d'occultations sur la

(Source : l'auteur)

Le microclimat de la place Kerkri affiche un comportement très vulnérable au soleil : sa température augmente subitement en présence du soleil, et baisse promptement dès que le ciel est couvert.

Au risque de nous répéter, nous pouvons dire que, sans aménagement, sans mobilier et sans arbres, la place demeure vide en permanence malgré sa situation et la jolie vue qu'elle offre. Le réseau d'assainissement récemment rénové, ainsi que les murs de soutènements, sous la plate forme du site, ont constitué un véritable frein pour l'implantation d'arbres.

VI.3.6. Sondage

Pour avoir une idée sur ce qu'il en est de la perception de ces deux places par les gens, nous avons mis en ligne (sur le réseau social le plus populaire au monde, ainsi qu'en Algérie, à savoir : Facebook)²²⁹, un petit sondage ayant pour objet de connaître l'avis du public qui ont déjà visité la place du 1er Novembre (ex La Brèche) ainsi que la place Kerkri, par rapport à leur confort thermique, et comment il y est perçu, ainsi que sur ce qu'ils désirent changer ou améliorer dans ces places.

Les questions de ce sondage (Voir Annexe D-3), ont voulu attirer, de façon directe, l'attention du public sur les deux paramètres climatiques qui ont le plus d'impact en matière d'aménagement sur le confort des gens dans les places publiques.

Les résultats ont révélé les points suivants :

- 80% des gens ayant répondu au questionnaire attestent que la place ne leur plaît pas telle qu'elle se présente
- On apprécie surtout son emplacement (en plein centre de la ville) et le style architectural qui y prédomine
- Les gens n'apprécient pas l'aménagement de la place, le fait qu'elle soit très exposée, et l'absence d'animations socioculturelles
- Les gens sont beaucoup plus dérangés par le soleil en été (45%) contre 27% qui sont dérangés par le vent

²²⁹ <http://www.webmarketing-conseil.fr/classement-reseaux-sociaux/>

- Les gens souhaitent surtout : des programmations des activités culturelles et sociales, un aménagement de qualité (destiné aux public plutôt qu'au commerce), et aimeraient y voir arbres et végétation pour favoriser une ambiance familiale durant la journée.

Le sondage qui a été mis en ligne pour la place Kerkri n'a malheureusement pas eu beaucoup de participants, dont le nombre n'a pas dépassé la dizaine.

Toutefois, des forums de discussions et des commentaires relatifs à plusieurs articles de presse au sujet de cette place nous ont aidés à connaître, d'une manière globale, l'avis des gens (très négatif) concernant cette place (Voir Annexe D-4).

VI.3.7. Evaluation des deux places

Déduction des potentialités du site

La place du 1^{er} Novembre

Très exposée aux vents et au soleil est un inconvénient, mais c'est aussi un avantage dans la mesure où l'on peut en profiter en hiver en se protégeant contre les vents froids tout en se régaland de la chaleur des rayons solaires.

- -la place en tant que terrasse ne s'apprête pas à la plantation d'arbres, ce qui n'empêcherait pas d'envisager des arbustes, du gazon et les plantes grimpantes sur des murs poreux et légers, ou treillis.
- -En été, quoique inconfortable de façon critique, cette place dans sa situation, et le fait qu'elle soit construite en terrasse, nous offre la possibilité d'y prévoir des dispositifs capables d'attraper les vents à partir d'une certaine hauteur.
- -La place de part sa situation offre une belle vue panoramique, son confort visuel est à préserver.

Kerkri:

Exposée au Sud et protégée du côté Nord, elle serait donc agréable en hiver

Les vents y sont plutôt faibles, si ce n'est quelques flux provenant des entrées sous formes de couloirs par effet venturi. Mais cet effet est trop faible pour mériter une prise en considération.

Le confort visuel est garanti grâce à la vue qui donne sur le Sud à partir du Belvédère (pont Sidi Rached, le pont géant, la végétation ...etc)

VI.4. Conclusion

Lors de ce chapitre, nous avons constaté que la première hypothèse, qui est celle de « **traiter la place comme étant une entité, en corrigeant ses défauts par un seul dispositif qui procurerait les éléments qui font défaut en matière de confort** » est tout simplement à écarter, et ce ç cause de :

- La différence entre le degré d'ouverture sur le ciel (SVF) au niveau des différentes stations
- L'orientation du site et la proximité des constructions rend la surface des sites sujette à une hétérogénéité par rapport au vent et à l'ombre qu'elle reçoit
- L'immensité de la surface rend difficile, voire thermiquement impossible de traiter toute la place avec un seul et unique dispositif bioclimatique.

Nous avons donc infirmé directement cette hypothèse (dès le choix des stations).

Cette investigation, qui s'est déroulée sur trois étapes (Analyse climatique de la ville de Constantine et les pratiques architecturales répondant au climat dans les zones similaires , l'analyse des données microclimatiques sur chacune des places choisies au sein de la ville , la partie sociologique ayant sondé l'avis et l'évaluation des gens ayant déjà visité les lieux), nous a révélé ce qui suit :

Dans un premier temps, citons les défauts de chacune des deux places :

1- La place du 1er Novembre (ex la Brèche) :

- L'aménagement en dur accélère les vents par effet Venturi (surtout entre l'hôtel Ibis et les deux kiosques donnant sur le côté Ouest/Nord-Ouest), renversant l'aménagement léger sur son passage
- L'aménagement léger : parasols de petites hauteurs, avec couvertures concaves en plastique emprisonnent la radiation réfléchiée et rendent la place thermiquement inconfortable.
- C'est à peine si les vents accèdent à la place en été car de provenance Nord, donc entravé par le tissu traditionnel qui sert d'obstacle.

La place du 1^{er} Novembre, en été, renvoie l'image d'une boîte remplie d'air chaud, voire une fournaise.

2- La place Kerkri :

- Un site très exposé au soleil, sans la moindre occultation (exceptée une pergola de treillis très serrés) avec un pavage en marbre blanc très réfléchissant : risque de brûlures de premier degré à cause du double rayonnement qui y prédomine.
- très chaude tout au long de l'année sous ciel dégagé, mais devient subitement froide dès que le ciel est couvert de nuage.
- les placettes du site sont le résultat des murs de soutènement et du réseau d'assainissement qui se cachent dessous, d'où l'impossibilité d'y implanter des arbres à larges canopées sous peines de détériorer ce réseau, ayant déjà coûté des rénovations assez onéreuses.
- la placette manque grandement d'aménagement qui permettrait aux gens de s'asseoir et de se reposer

La place Kerkri ressemble à une plaque métallique exposée aux variations climatiques, avec une tendance chaude : un peu de soleil la rend très chaude, une fois protégée, elle devient très froide.

Dans un deuxième temps, nous pouvons ressortir de notre enquête, y compris le sondage les potentiels suivants :

1- La place du 1er Novembre (ex la Brèche) :

- La place du 1^{er} novembre est un héritage historique très précieux
- Sa situation est majestueuse, imposante, et qui plus est, offre une liberté d'aménagement
- elle était autrefois le théâtre des fêtes arabes (avant la construction de l'esplanade) puis celui des fêtes organisées par les colons. ces activités d'animation socioculturelles sont à réhabiliter pour retrouver la vraie valeur de la place.

2- La place Kerkri :

- Son aspect tiède en hiver peut bien la rendre un endroit privilégié durant la saison froide
- Le belvédère offre une belle et large vue panoramique, qui est encore plus attrayante grâce au pont géant qui vient d'être achevé, et qu'on peut regarder à partir de ce balcon urbain.



Chapitre VII : **La simulation**



**« IF YOU CAN'T DO GREAT THINGS, DO SMALL
THINGS IN A GREAT WAY »**

NAPOLEON Hill

VII.1. Présentation des logiciels de simulation

VII.1.1. Townscope

Townscope est un outil de simulation numérique, muni d'une interface graphique qui nous permet une analyse interactive ainsi qu'une évaluation rapide qui traite en premier lieu du soleil dans les espaces urbains. Ces outils d'analyse sont :

- Solar acces (l'accès du soleil) : permet d'estimer la quantité de radiation solaire directe, diffuse ou réfléchié dans une zone ou un point préalablement déterminé, ainsi que la durée d'ensoleillement estimée par nombre d'heures,
- Thermal Comfort (confort thermique) : donne une évaluation du confort thermique de l'homme dans un espace urbain, en terme de Ts (température ressentie), sweat rate (le taux de sueur) et Mrt (Température moyenne radiante) ,
- Sky opening (SVF) : donne en pourcentage l'ouverture au ciel visible à partir d'un espace urbain.

Le logiciel ne prends malheureusement pas en considération les vents comme paramètre crucial d'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs, pour ce, nous avons opté pour Autodesk Flow Design 2013, présenté ci-après.

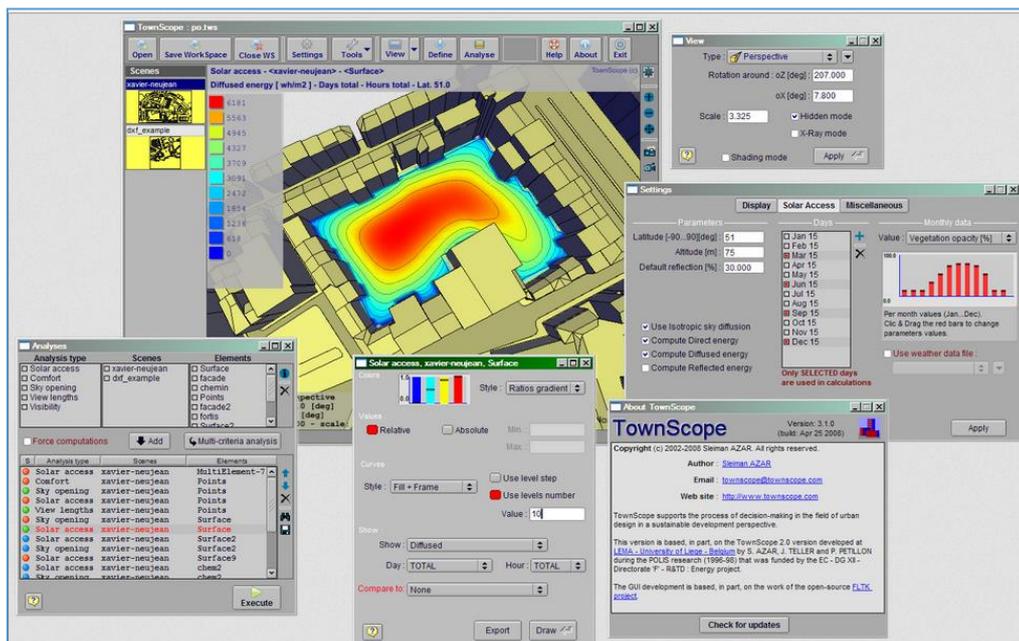


Figure VII.01. Capture d'écran illustrant l'interface et les outils de Townscope
(Source : Sleiman Azar, <http://www.townscope.com>)

VII.1.2. Autodesk Flow Design

La simulation du vent nous permet la prédiction du mouvement de l'air au niveau de la zone dans laquelle il agit. Ceci aide le concepteur à prendre des décisions en respectant la présence du bâti dans le site. C'est d'ailleurs la raison pour laquelle une variété de logiciels de simulations telles que AFL (Autodesk Flow Design) ont été envisagés.

AFL réalise des tests de soufflerie autour des véhicules, des bâtiments et toutes sortes d'équipement dans l'espace extérieur dans un tunnel à vent qu'on peut aisément définir.

- Il nous permet de voir et de comprendre (en temps réel) le comportement du vent dans un espace donné ,
- Il permet de visualiser comment le design interagit avec le vent ainsi que les régions de pressions qui se créent à son niveau ,
- Les résultats sont immédiats, et l'on peut explorer les effets de différentes conditions.

Il est toutefois important de remarquer que ce logiciel, aussi puissant et révolutionnaire soit-il, ne permet pas de donner les températures de l'air, ce qui serait très utile pour certaines études plus avancées.

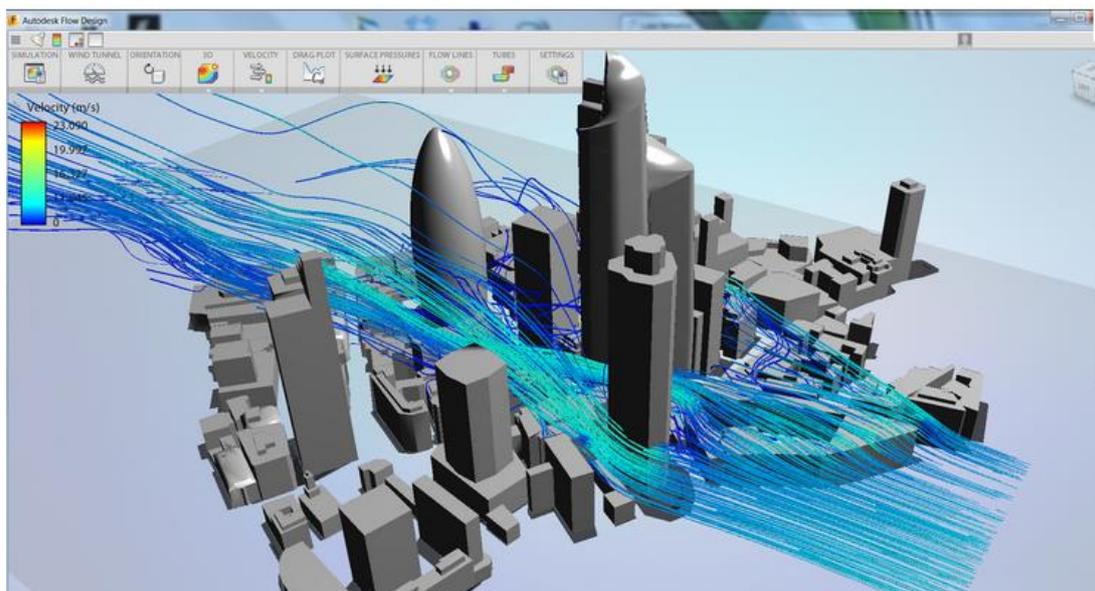


Figure VII.02. Capture d'écran illustrant l'interface de Autodesk Flow Design
(Source : <http://labs.blogs.com>)

VII.1.3. Le programme d'évaluation ComFA (Comfort Formula)

« Comfort Formula » (ComFA) permet d'évaluer les conditions de confort thermiques dans les espaces extérieurs en général (CF. Chapitre Confort thermique de l'être humain dans les espaces extérieurs). Le programme dont nous disposons, récemment mis à jour par son auteur (Juin 2014) contient un questionnaire dont « *Le côté supérieur gauche de l'écran vous permet de choisir les conditions d'entrée pour le test - Niveaux de vêtements, lieu, temps, etc. Le budget de l'énergie qui en résulte peut être interprété à l'aide du tableau en haut à droite. Le côté inférieur gauche de l'écran vous permet de modifier les conditions du site pour voir l'effet sur le bilan énergétique. Vous pouvez ajouter des arbres avec ou sans feuilles, brise-vent, etc.* »²³⁰

²³⁰ Email de Pr. R. D. Brown en date du 19.06.2014

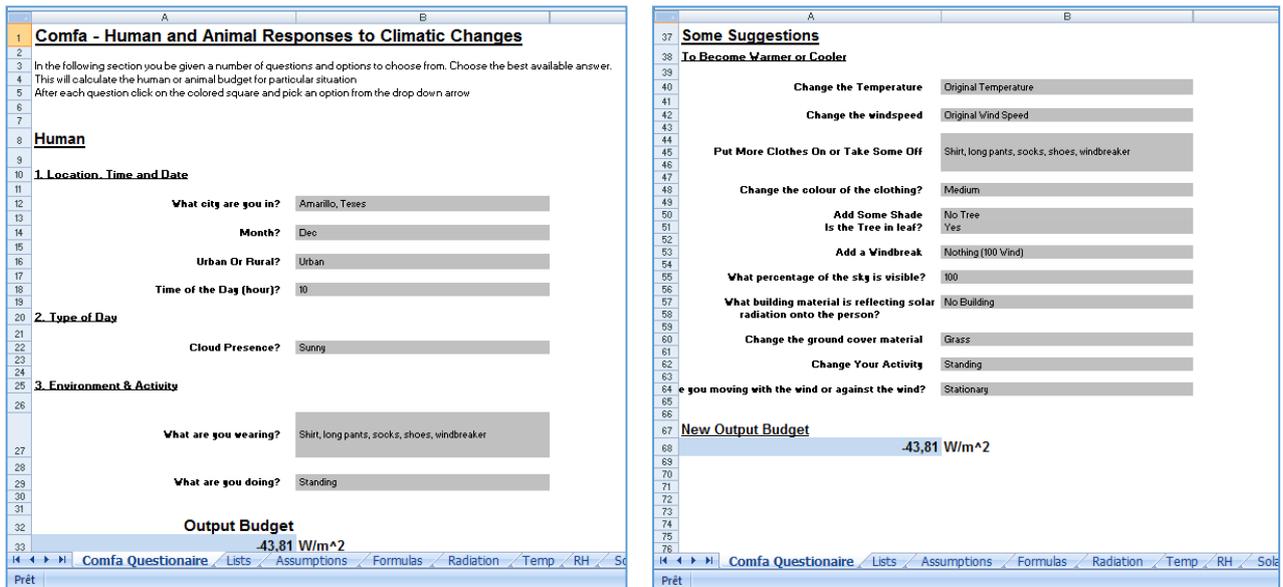


Figure VII.03. Le programme ComFa sous format Excel
(Source : Robert D. Brown)

Ce programme contient une liste de villes avec leur classification climatique (suivant Koppen). Pour notre part, nous allons choisir la ville d'Amarillo, sise au Texas au Sud-Ouest de l'Amérique du Nord et qui est disponible sur le programme, sachant qu'elle possède pratiquement les mêmes caractéristiques climatiques que la ville de Constantine car de la même classification (Bsk).

Selon l'auteur du programme : « **In many cases the absolute value of the budget is not that important. If you modify the design of your plaza and compare the results before and after, you can show the 'relative' value of your changes** ». Rappelons que notre objectif est d'améliorer le microclimat des deux places.

VII.2. Les scénarios :

Dans le premier scénario, nous allons vérifier les résultats de notre étude expérimentale que nous avons présentée et analysée dans la partie « Investigation » de l'étude, et ce, pour une éventuelle validation qui nous permettrait, à la fois, de tester la fiabilité de nos outils de simulation, et de localiser de manière plus précise les anomalies que cache le microclimat de nos places publiques en matière de Radiation solaire et de vent.

VII.2.1. La place du 1^{er} Novembre :

VII.2.1.1. Scénario 01 : ETAT DES LIEUX

VII.2.1.1.1. La radiation solaire

A l'aide de Townscope, nous avons simulé le taux de rayonnement solaire sur la surface de l'esplanade en termes d'énergie évaluée en wh/m^2 . Les résultats sont prises toutes les deux heures et ce, à partir de 8h et jusqu'à 18h. Cette simulation n'a pas pris en considération l'aménagement actuel de l'esplanade, car notre but est de trouver les potentialités passives de la place, détecter ses zones critiques et la réaménager pour améliorer son microclimat.

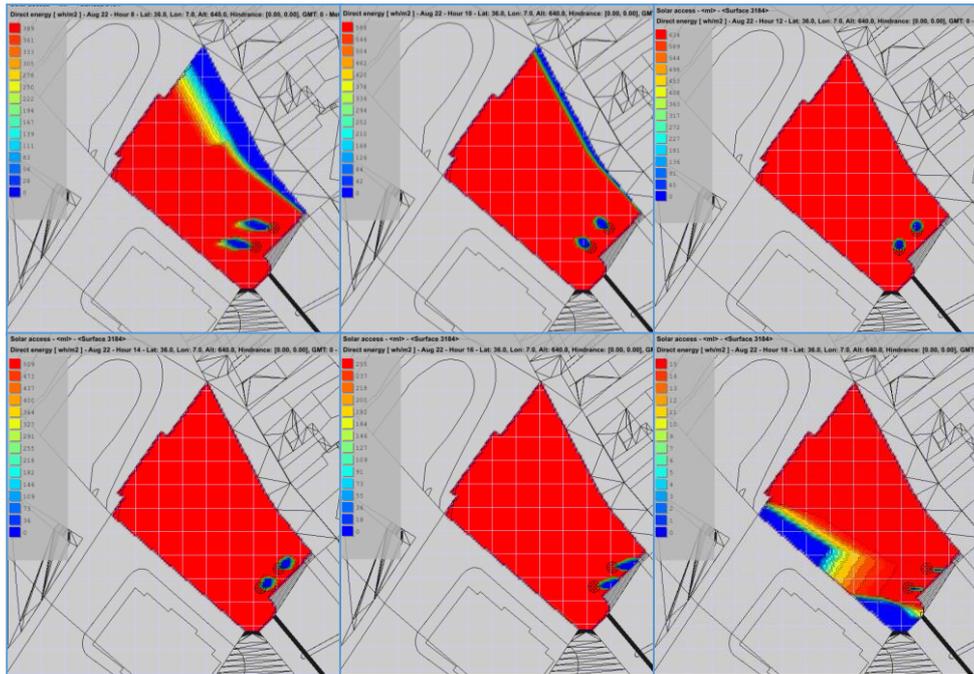


Figure VII.04. L'enseillement sur la place du 1^{er} Novembre de 8h à 18h

(Source : l'auteur)

Il en ressort que cette place, est effectivement très exposée au soleil, ce n'est qu'à 8h et à 18h qu'un peu d'ombre se projette sur la place. Les deux arbres, à l'entrée, sont généreux en ombre, et constituent un endroit de prédilection, c'est d'ailleurs le plus peuplé de toute l'esplanade.

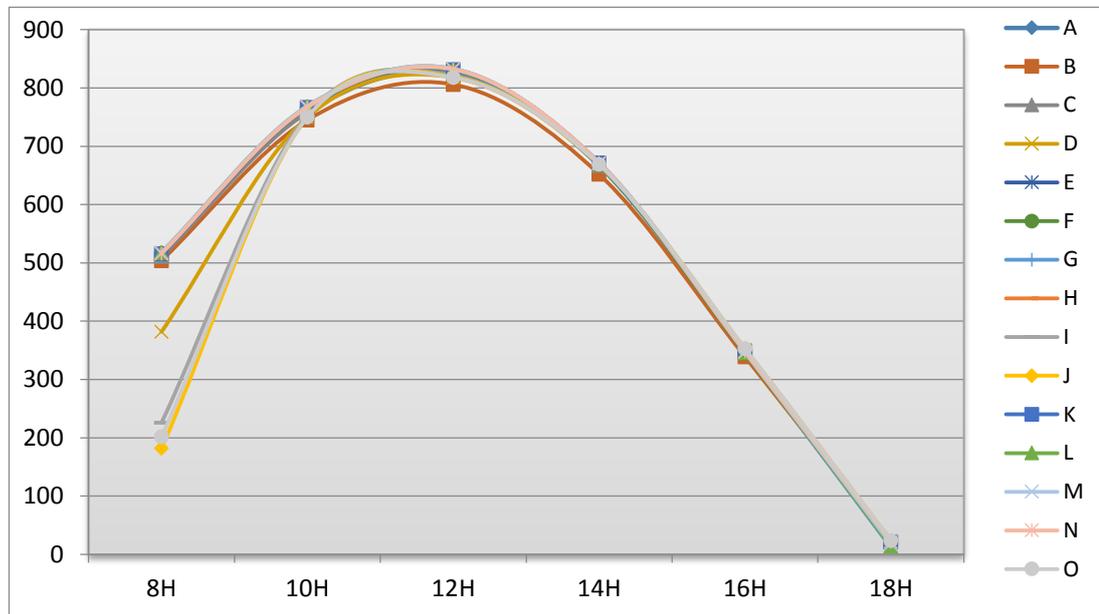


Figure VII.05. Les taux de radiation solaire (en wh/m^2) simulées avec Townscope pour le 22 Août 2013
(Source : l'auteur)

Dans la figure VII.05, les courbes sont presque identiques, à l'exception de la station B qui affiche une légère différence de radiation interceptée dans le pic de 12h, et ce grâce aux deux arbres qui s'y trouvent.

A 8h, ces valeurs diffèrent car la radiation est masquée par les immeubles coloniaux, perchés sur une hauteur qui atteint les 9 mètres dans le côté Nord (le rocher).

La place est immergée de soleil de 10h à 16h. à partir de 18h, le masque solaire que procure le palais de justice sis au Sud opère une différence sur le taux de radiation incidents sur les stations, mais cette différence, de l'ordre de 20 wh/m², est négligeable.

Nous pouvons voir la durée d'ensoleillement au niveau de chaque station sur la place du 1^{er} Novembre comme le démontre la figure VII.06.

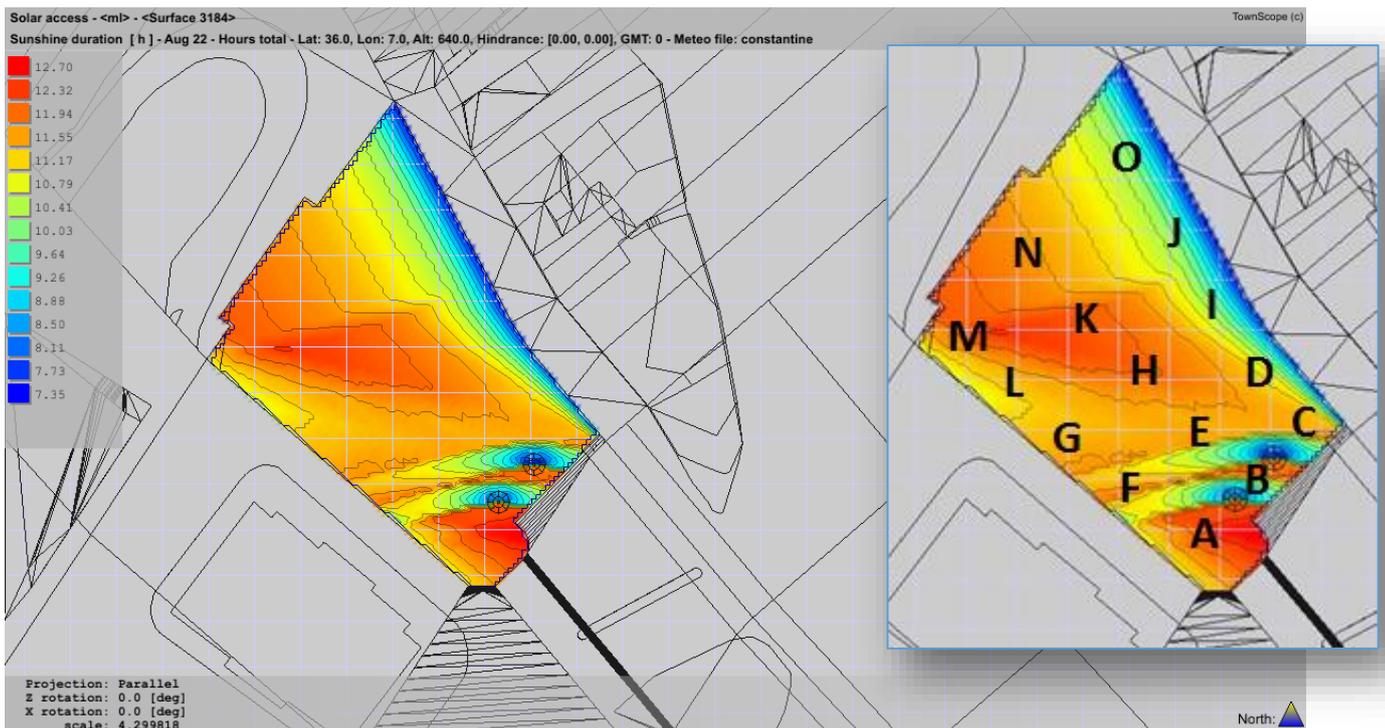


Figure VII.06. La durée d'ensoleillement (en h) simulée avec ownscope pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

(Source : l'auteur)

On peut conclure que, les zones critiques, sujettes à une radiation solaire durant plus de 12h sont : A, H, K, N et M, suivies, avec moins de temps d'ensoleillement, par C, D, E, G et L. Et paraissent plus confortables les zones B, I, J et O, mais on n'est pas encore en mesure de juger cela avant d'évaluer les conditions du vent sur la place.

VII.2.1.1.2. Vent

Dans la partie de l'investigation, les données climatiques nous ont révélé que les vents dominants en été, parviennent du Nord. La simulation des mouvements de l'air sur la place du

1^{er} Novembre effectuée grâce à Autodesk Flow Design, n'a pas pris en considération l'aménagement actuel, et a donné les résultats suivants :

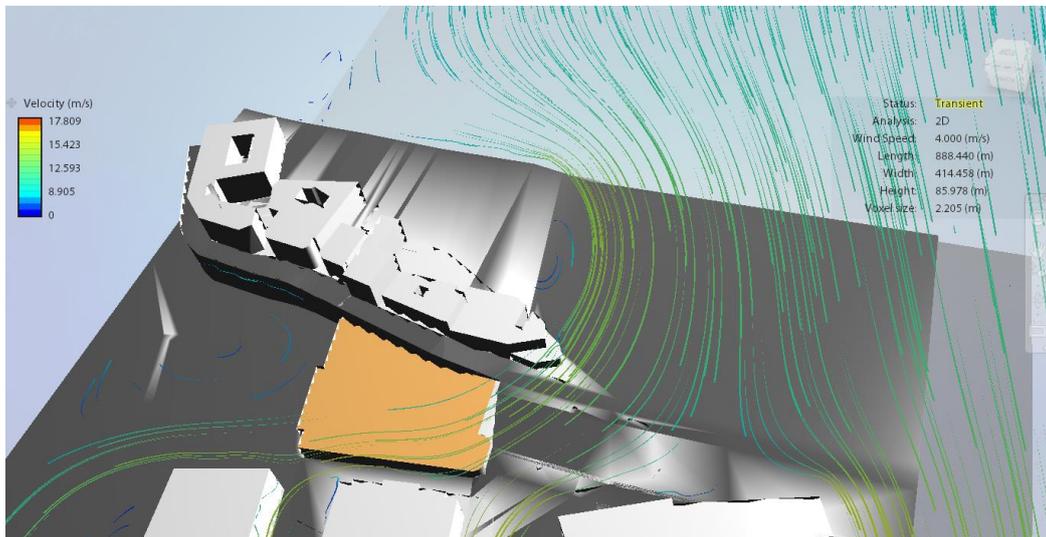


Figure VII.07. Le mouvement du vent (Orientation Nord, $v=4\text{m/s}$) simulé pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

(Source : l'auteur)

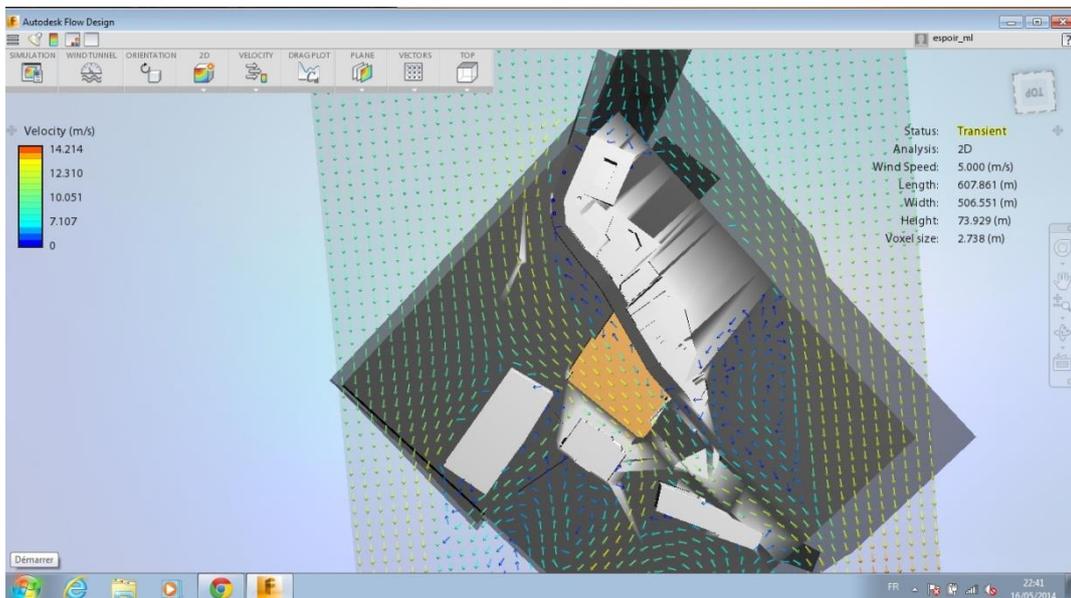


Figure VII.08. Le mouvement du vent (Orientation Nord, $v=5\text{m/s}$) simulé pour le 22 Août 2013 sur la place du 1^{er} Novembre

(Source : l'auteur)

On remarque clairement que la morphologie du tissu traditionnel qui domine la place du côté Nord facilite l'entrée du vent sur la place, soit à partir de son côté Est (avec une vitesse de 4m/s), soit par son côté Nord-Ouest (avec une vitesse de 5m/s). Cette deuxième possibilité donne lieu à des vents très forts, mais pas constants dans l'ensemble (voir « Transient » sur la photo de la simulation qui fait allusion au mouvement instable et transitoire du vent).

VII.2.1.1.3. Evaluation

Après avoir fixé la période de la journée qui reçoit le plus de visiteurs sur la place, à savoir : entre 13h30 et 18h, nous allons évaluer cette période durant laquelle le flux de fréquentation est à son apogée, pour tenter de l'améliorer ultérieurement. Les taux de radiation solaire que nous avons simulés avec Townscope, ainsi que les vitesses des vents obtenues grâce à Autodesk Flow design, nous servent de données climatiques essentielles pour l'évaluation des conditions de confort au de niveau chaque station, et ce , grâce au programme ComFA.

Dans l'annexe C sont organisés les tableaux des taux de radiations (direct et diffus) simulés au niveau des différentes stations, les vitesses des vents, les SVF ainsi que tous les paramètres nécessaires qui servent de données d'entrées dans le programme ComFA.

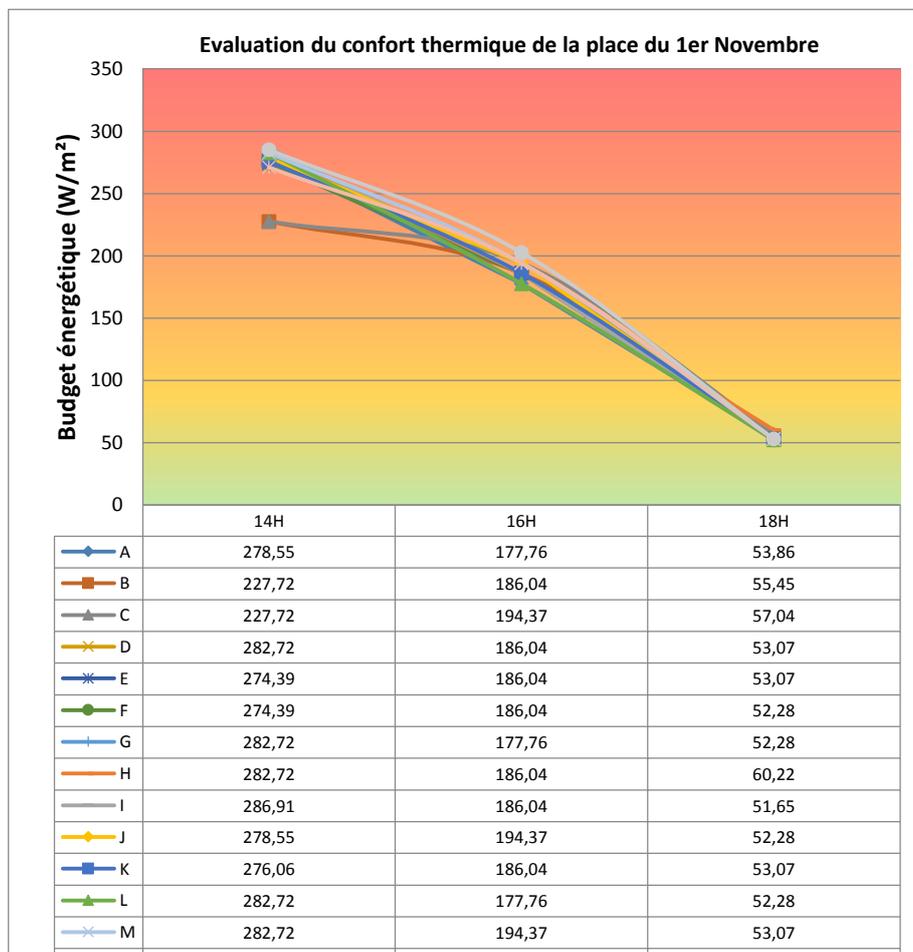


Figure VII.09. Evaluation du confort thermique pour le 22 Août 2013 (été) sur la place du 1er Novembre de 14h à 18h. (Source : l'auteur)

VII.2.1.1.4. Conclusion

La place du 1^{er} Novembre est très inconfortable en été, plus précisément de 14h à 16h où l'on remarque un excédent de budget énergétique de 230W/m² (la valeur budgétaire idéale étant comprise entre (-50W/m² et 50W/m²), une quantité qui nous pousse à user d'un aménagement bioclimatique stratégique afin de la réduire.

Avant la proposition finale de l'aménagement, il est utile de donner une vue d'ensemble sur les potentialités qu'offre le site, et qui sont abordées ci-dessous :

VII.2.1.2. : Scénario 02 : AMENAGEMENT ET AMELIORATION

VII.2.1.2.1. Potentialités du site

La place du 1^{er} Novembre offre les potentialités suivantes :

- Ouverte sur le côté Ouest/Nord-Ouest, et sur le côté Sud-Est
- Son SVF est de 90%
- Les immeubles environnants sont relativement éloignés

Tout cela nous offre une liberté d'aménagement sur trois échelles :

- La couche Parasol : nous y installerons des arbres artificiels, et qui peuvent être munis de malqaf pour attraper les vents. Leurs hauteurs doivent à la fois être suffisantes pour, d'une part éviter d'emprisonner la radiation terrestre, et d'autre part arriver à attraper les vents qui sont plus forts au niveau de cette couche.
- La couche d'activités : nous y installerons le mobilier urbain, selon le tableau VI.01 (Cf. chapitre « Les stratégies passives d'amélioration du microclimat) et ce, cas par cas, ce qui dépendra du type de zone qui nous sera déterminée par la cartographie,

- La couche sol : le type de pavage à cette échelle sera choisi à partir du modèle **ComFA** dont nous disposons, la forme quant à elle sera choisie en fonction du tableau VI.01 (cité ci-dessus).

O J I D C
N K H E B
M L G F A

VII.2.1.2.2. Cartographie et proposition

Déterminons tout d'abord les zones qui offrent le potentiel de ventilation à une certaine hauteur :

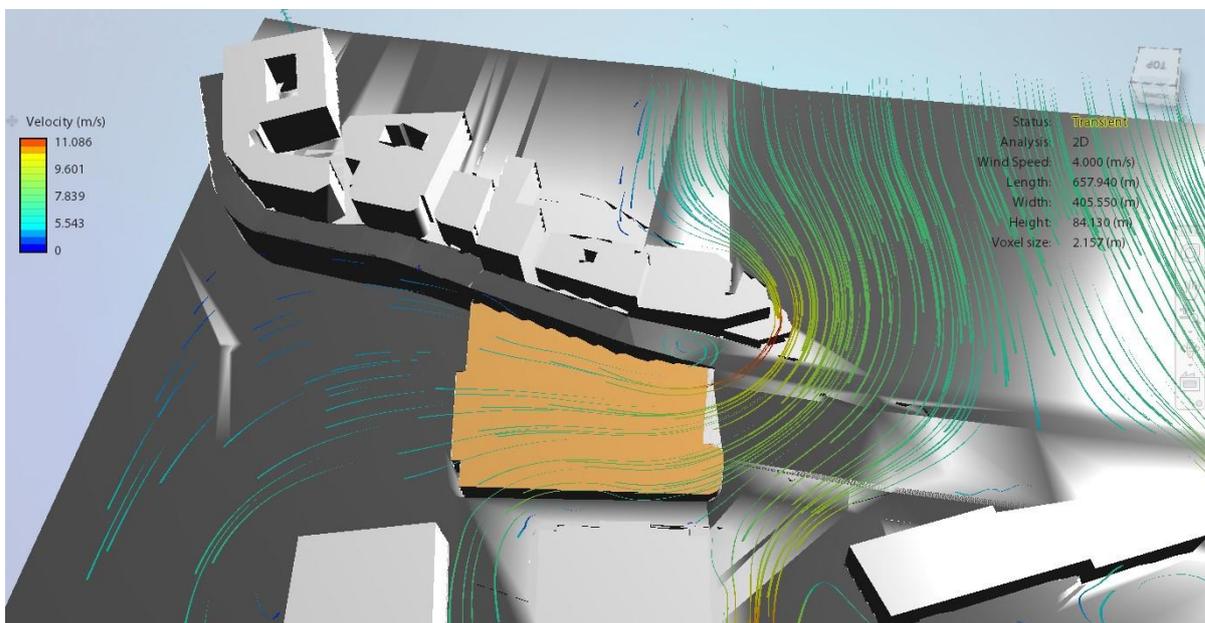


Figure VII.10. Potentiel de ventilation (été) à 9 mètres de hauteur sur la place du 1er Novembre de 14h à 18h. (Source : l'auteur)

Nous pouvons remarquer grâce à la figure VII.11, qu'à environ 9 mètres de hauteur, les vents sont plus forts qu'à l'échelle de l'homme sur la place. Avec une vitesse de 4m/s, les vitesses suscitées au niveau de la place sont comprises entre 5,5m /s et 11m/s. Rappelons que la vitesse augmente avec la hauteur, ce qui nous donne l'idée d'envisager des malqafs plus hauts là où la vitesse est moins importante.

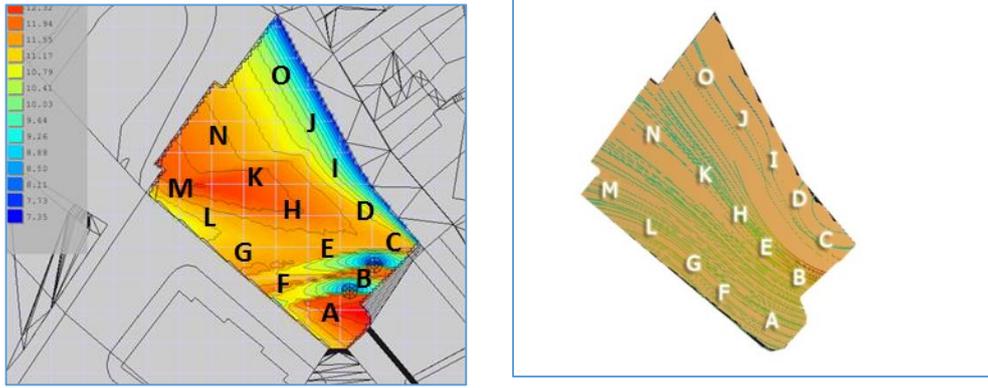


Figure VII.11. Cartographie : à gauches zonage thermique, à droite zonage des vitesses de l'air
(Source : l'auteur)

Les deux cartographies ci-dessus montrent respectivement les types de zones en fonction du rayonnement solaire de 14h à 18h sur la place du 1^{er} Novembre, et les types de zones en fonction du vent, et qui est plus fréquent du côté Nord durant l'été.

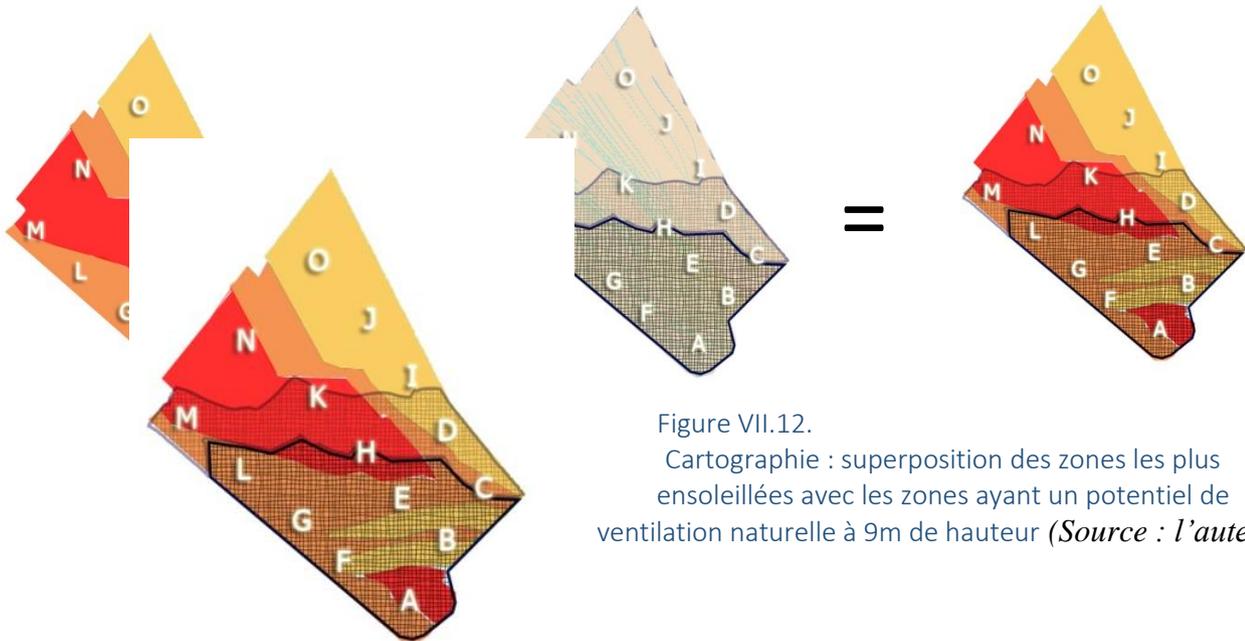


Figure VII.12.
Cartographie : superposition des zones les plus ensoleillées avec les zones ayant un potentiel de ventilation naturelle à 9m de hauteur (Source : l'auteur)

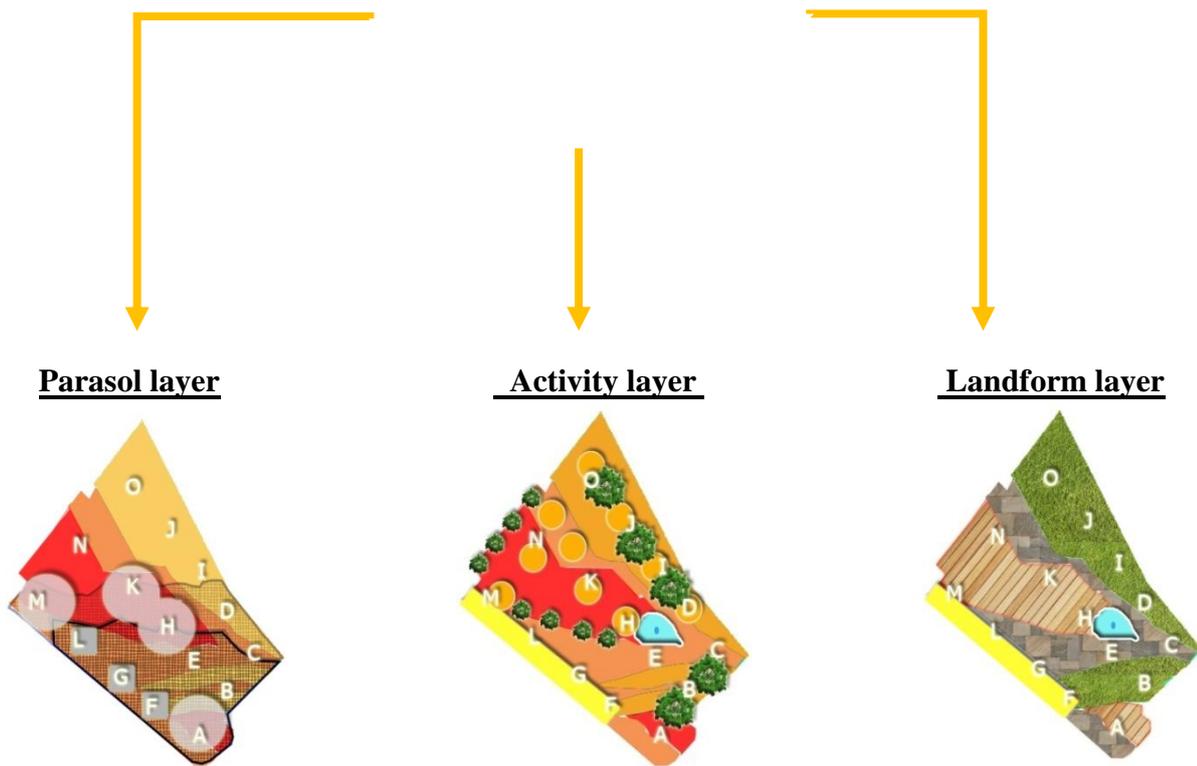


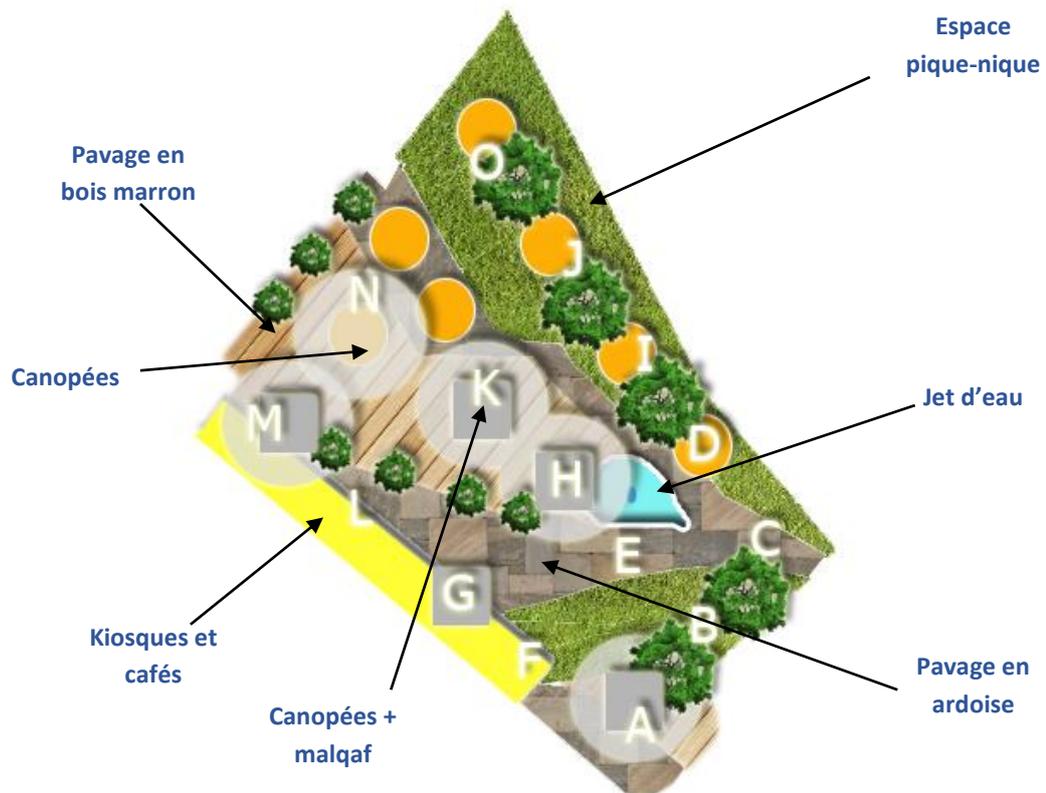
Figure VII.13. Aménagement

selon les les 3 couches (Adaptive skins)

(Source : l'auteur)

Proposition

Il est à remarquer que la cartographie constitue un outil qui aide à aménager nos places publiques



FigureVII.14. La proposition d'aménagement de la place du 1^{er} Novembre
(Source : l'auteur)

Tout en considérant la couche « activités » comportant le mobilier urbain comme étant la couche intermédiaire concernée par le confort, subissant les changements de la couche parasol et celle au niveau du sol, c'est dans ces derniers que nous apporterons les changements pour améliorer les conditions thermiques par zone :

Parasol layer :

- Canopées assez hautes (4 à 6m) , en treillis accueillant plantes grimpantes à feuilles caduques pour ne pas entraver le rayonnement du soleil d'hiver
- Malqaf pour attraper les vents à une dimension que nous avons estimée à 9m et plus
- Canopées munies de malqaf
- Occultations en toit avec persiennes (louvered roof)
- canopées Couvertures en toile pour une ambiance lumineuse et pour diversifier

Activity layer :

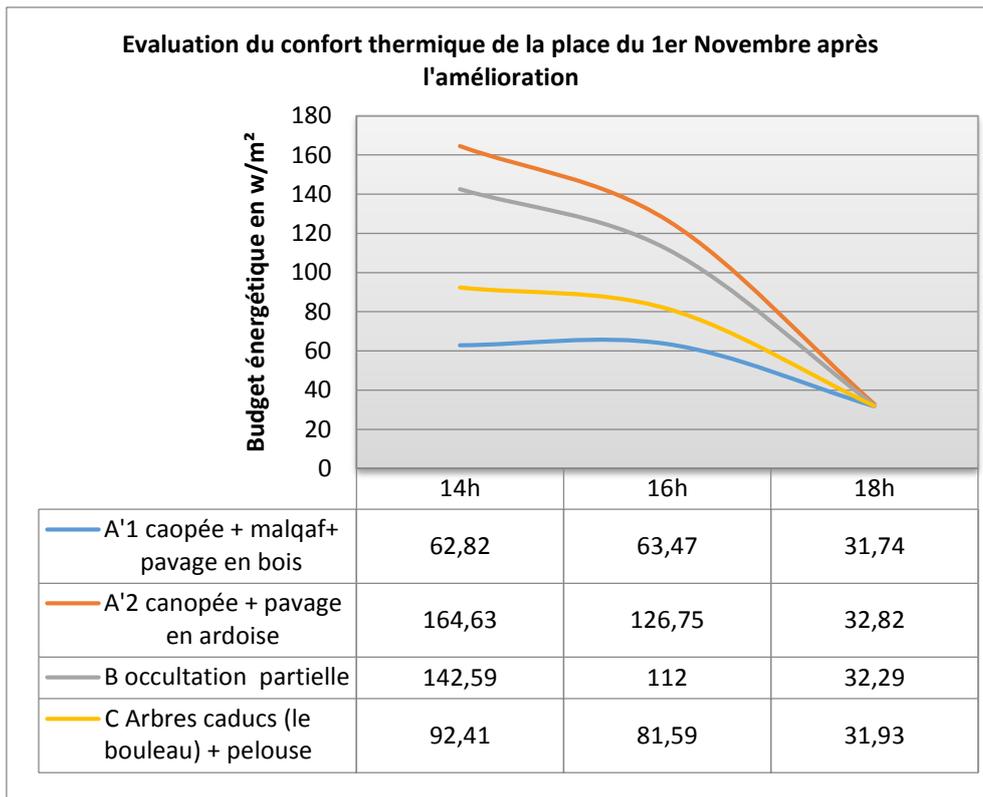
- bancs (bois/ pierre) avec bacs à fleurs
- bancs (bois/ pierre) avec mur persiennes (louvered wall Cf. Chapitre les stratégies passives d'amélioration du microclimat) qui permet l'infiltration des rayons solaire hivernaux tout en empêchant ceux de l'été de toucher la personne assise
- bancs (bois/ pierre) avec mur cascade (watered wall)
- Fontaine pour consommer l'excédent d'énergie
- arbustes (le bouleau) –voir Annexe D-
- construction de kiosques avec porte-à-faux similaires à ceux de la figure VI.05 (Cf. chapitre investigation)

Landform layer :

- Pavage en ardoise (slate pavement)
- Pavage en gazon
- pavage en bois
- bordures et gradins en guise de bancs

VII.2.1.2.3. Evaluation de l'amélioration

La cartographie nous a permis de regrouper les stations similaires par zone, donnant lieu à 4 zones de pavage différent au niveau de la couche du sol (landform layer), avec ou sans canopée Parasol layer). Nous essayerons évaluer le confort thermique sur la place en changeant les paramètres prédéfinis sur le programme ComFA, et qui sont liés à la température, la radiation solaire, le type d'habillement, le taux d'ouverture sur le ciel (SVF), l'élévation du soleil, le type d'occultation, la couleur des objets, le type de pavage, etc.



FigureVII.14. Evaluation du confort thermique sur la place du 1^{er} Novembre après amélioration
(Source : l'auteur)

Notons que la différence entre la zone A'1 et la zone A'2 réside dans le fait que, pour la première nous avons prévu des canopées solides, tandis que la deuxième utilise des canopées avec treillis.

VII.2.2. La place Kerkri :

VII.2.2.1. Scénario 01 : ETAT DES LIEUX

VII.2.2.1.1. La radiation solaire

A l'aide de Townscope, nous avons simulé le taux de rayonnement solaire sur les différentes placette ainsi que le théâtre en plein air en termes d'énergie évaluée en wh/m². Les résultats sont pris toutes les deux heures et ce, à partir de 8h et jusqu'à 18h.

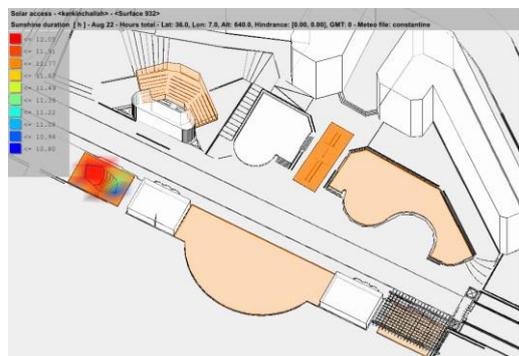
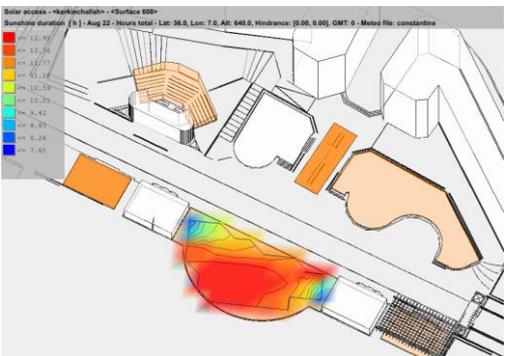
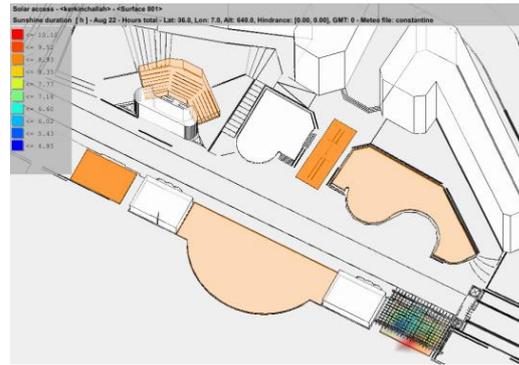
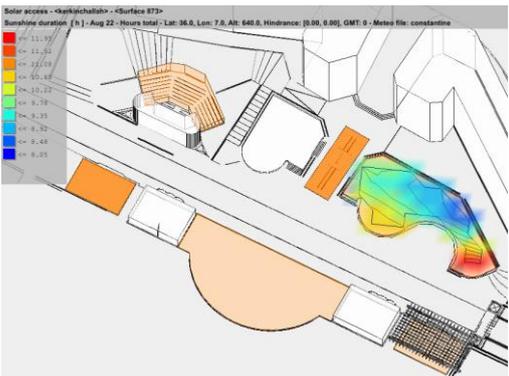
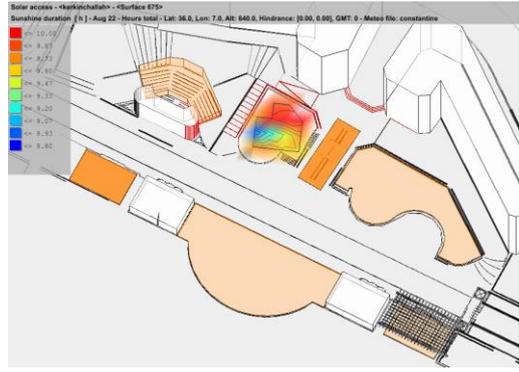
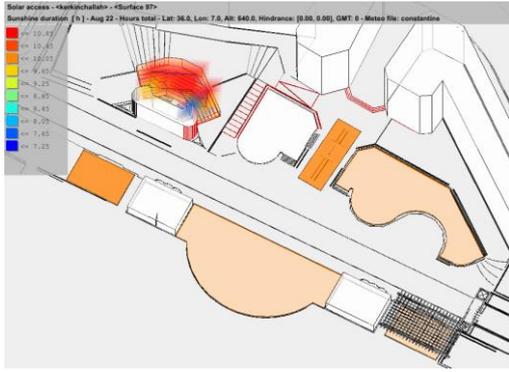


Figure VII.15. Durée d'ensoleillement sur les différentes placettes de Kerkri
(Source : l'auteur)

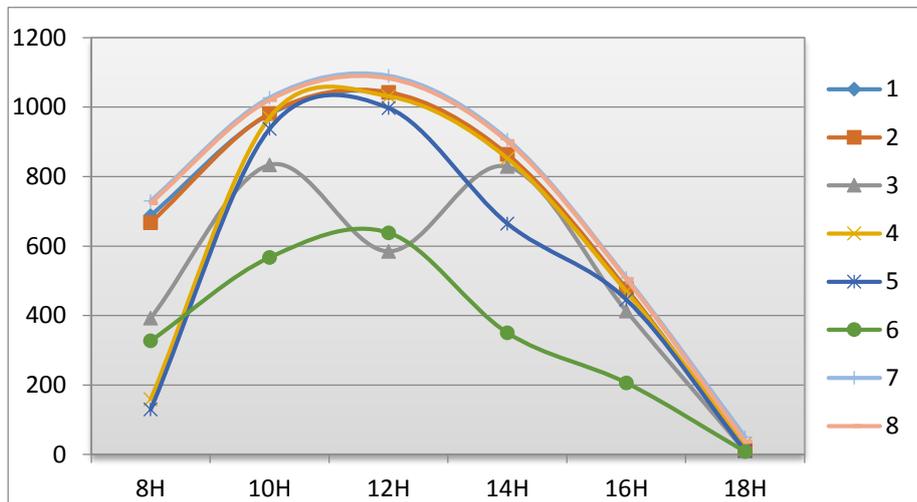


Figure VII.16. Taux de radiation solaire incidents sur les différentes placettes
(Source : l'auteur)

Le graphe nous a révélé que :

- La station n° 06 présentent les taux de radiation les plus faibles, ceci est dû au fait qu'elle est protégée par une pergola avec des treillis relativement serrés ,
- Le passage (station n° 03) et la placette n° 05 reçoivent des taux relativement faibles surtout l'après midi, ceci s'explique par leur situation qui se trouve à l'Est du site ,
- Le Belvédère (station n° 07) reçoit le plus de radiation solaire car très ouvert avec un SVF de 80%, suivi par la placette ,n° 08 qui est également ouverte sur le Sud.
- Le théâtre en plein air, tout comme le belvédère, reçoit des taux élevées de radiation solaire, ce ci s'explique par ses gradins en pente qui font face au sud

N'oublions pas, cependant, que l'espace sous pergolas, affichant les taux les plus faibles de rayonnement incident, a donné dans notre investigation les températures les plus chaudes de toutes les placettes, et ce à cause du rayonnement terrestre qui reste séquestré sous la canopée que fait le feuillage sur la pergola.

VII.2.2.1.2. Vent

Dans la partie de l'investigation, les données climatiques nous ont révélé que les vents dominants en été parviennent du Nord. La simulation des mouvements de l'air sur la place

Kerkri grâce à Autodesk Flow Design nous a révélé les résultats comme le démontre la figure ci-dessous :

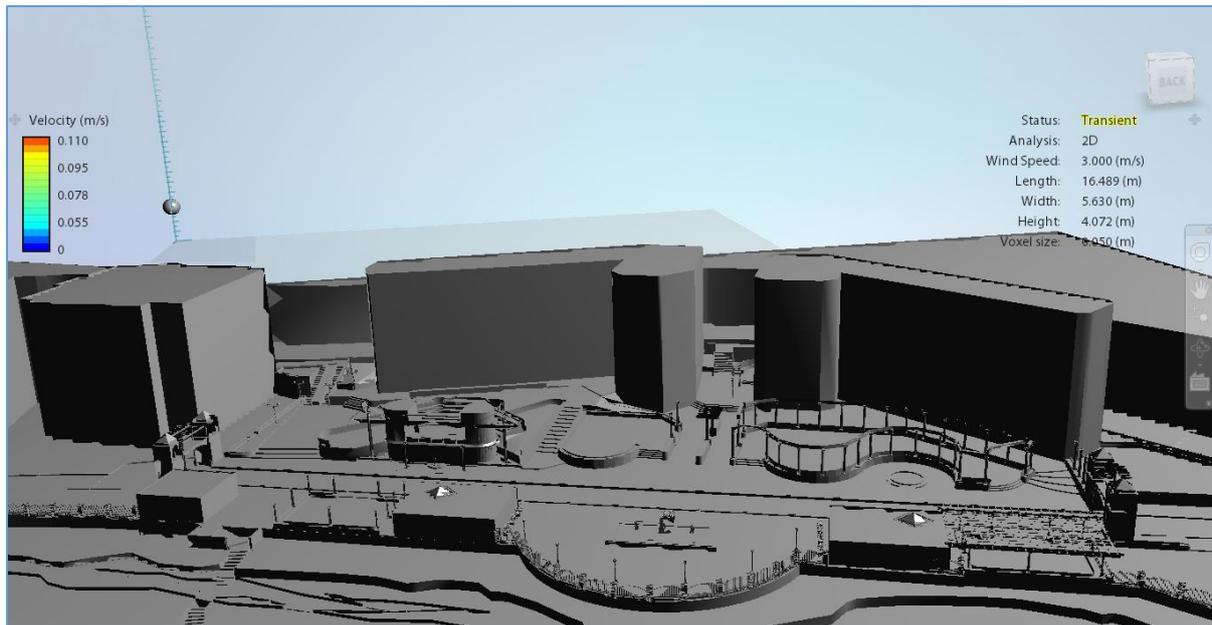


Figure VII.17. Les vents n'accèdent pas à la place Kerkri à 1,50m
(Source : l'auteur)

En effet, le site Kerkri est très protégé des vents : les deux immeubles coloniaux dont la hauteur dépasse 20mètres, constituent un écran à vent du côté Nord de la place, et qui est encore plus renforcé par la morphologie du terrain qui se trouve derrière ces deux immeubles. Cette morphologie, fait que les vents, même s'il leur arrive d'être très rapides, passe avec une telle vitesse qu'aucun flux n'a la chance de s'infiltrer par les interstices.

VII.2.2.1.3. Evaluation

La surveillance et l'observation effectuées sur la place Kerkri ne nous a malheureusement pas informée sur le rythme et la période de fréquentation de la place par les gens, car ces derniers ne la fréquentent pas tout simplement. Les taux de radiation solaire que nous avons simulés avec Townscope, (les vitesses des vents obtenues grâce à Autodesk Flow design étant nulles), nous servent de données climatiques essentielles pour l'évaluation des conditions de confort au niveau chaque station, et ce, grâce au programme ComFA.

Dans l'annexe C sont organisés les tableaux des taux de radiation (direct et diffus) simulés au niveau des différentes stations, les vitesses des vents, les SVF ainsi que tous les paramètres nécessaires qui servent de données d'entrées dans le programme ComFA.

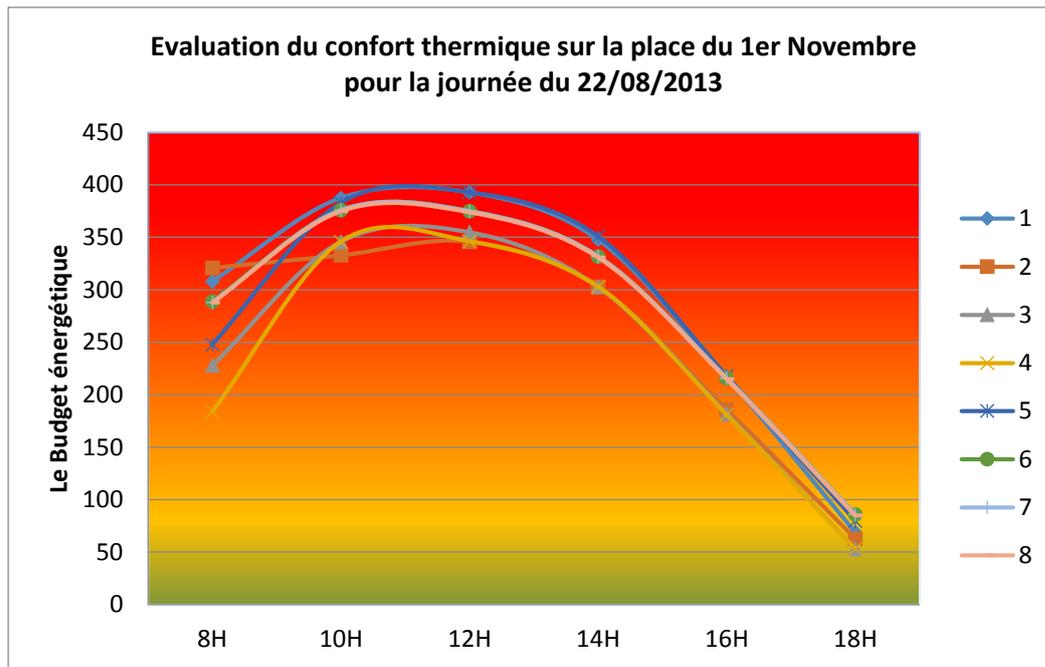


Figure VII.18. Evaluation du confort thermique pour le 22 Août 2013 (été) sur la place du 1^{er} Novembre de 14h à 18h.

(Source : l'auteur)

Encore pire que la place du 1^{er} Novembre, l'évaluation du confort de la place Kerkri démontre un site très chaud, avec, à midi, un budget énergétique qui dépasse beaucoup la marge de confort (comprise en -50 et 50 wh/m²).

L'amélioration de cette place nécessiterait des stratégies de refroidissement par évaporation : ainsi, eau et vent ferait bon ménage pour diminuer la vulnérabilité des placettes du site au soleil.

VII.2.2.1.4. Conclusion

La place Kerkri, tout comme la Brèche, est très inconfortable en été, plus précisément de 10h à 14h où l'on remarque un excédent de budget énergétique de 340Wh/m² (la valeur budgétaire idéale étant comprise entre -50Wh/m² et 50Wh/m²), une quantité qui nous pousse à user d'un aménagement bioclimatique stratégique afin de la réduire.

Avant la proposition finale de l'aménagement, il est utile de donner une vue d'ensemble sur les potentialités qu'offre le site comme nous l'avons déjà fait pour la place du 1^{er} Novembre :

VII.2.2.2. : Scénario 02 : AMENAGEMENT ET AMELIORATION

VII.2.2.2.1. Potentialités du site

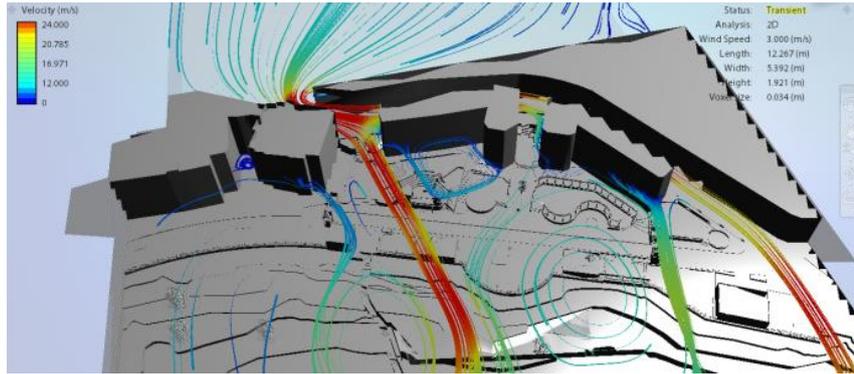
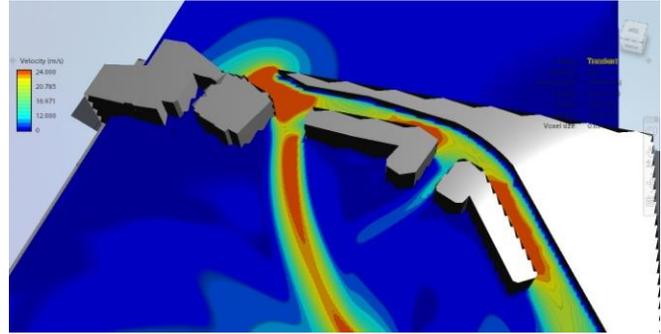
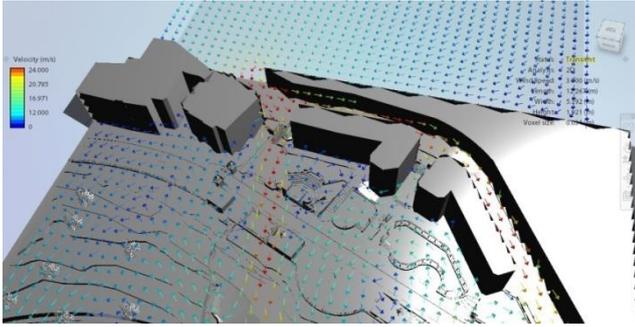
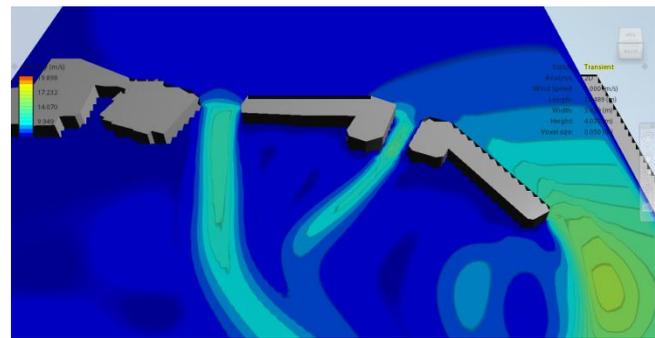
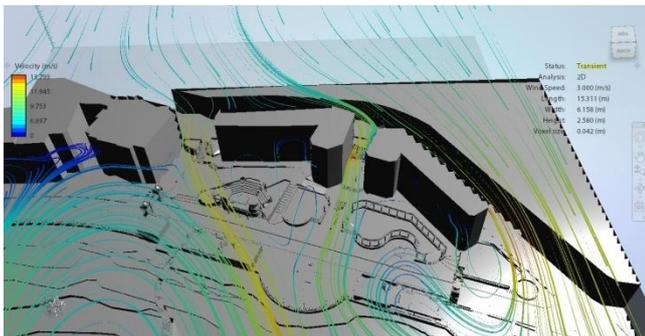
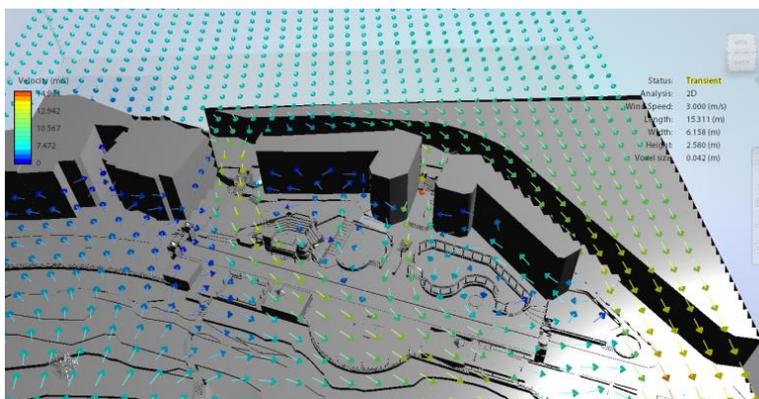


Figure VII.19.Vents à 6mètres au dessus du sol



sur la place Kerkri

Figure
au dessus
Kerkri
(Source :

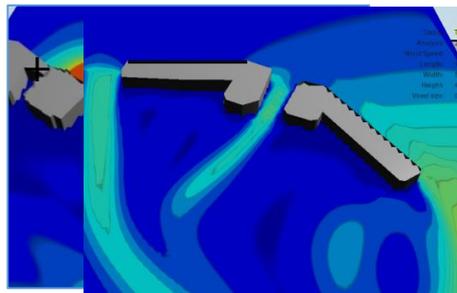
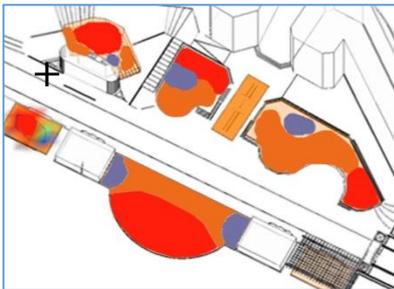


VII.20.Vents à 12m
du sol sur la place

l'auteur)

Nous pouvons remarquer grâce à la figure VII.19 et la figure VII.20 qu'à environ 6 et 12 mètres de hauteur, les vents sont plus forts qu'à l'échelle de l'homme sur la place. Avec une vitesse de 4m/s, les vitesses simulées au-dessus de la place sont comprises entre 10m /s et 12m/s.

VII.2.2.2.2. Cartographie et proposition



—

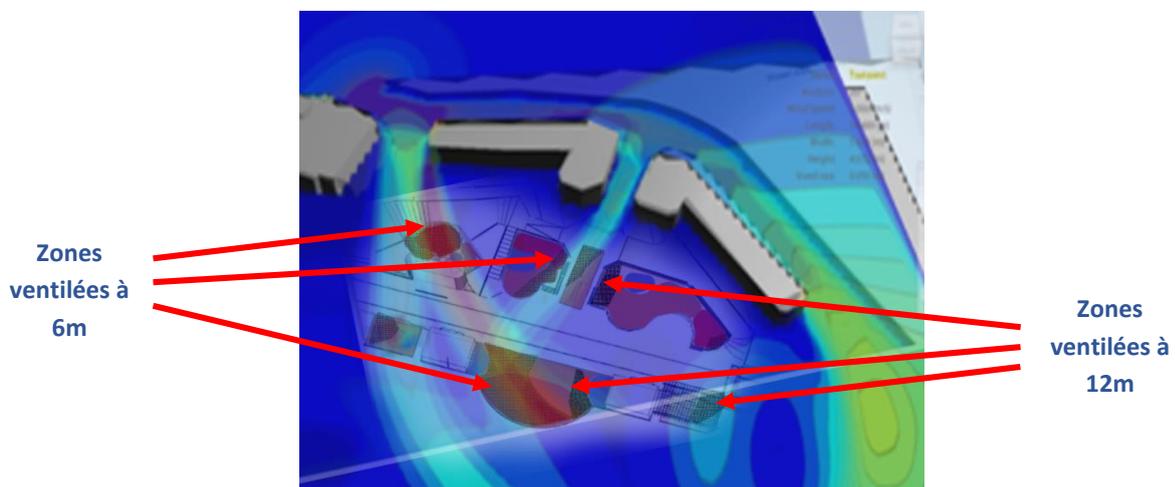
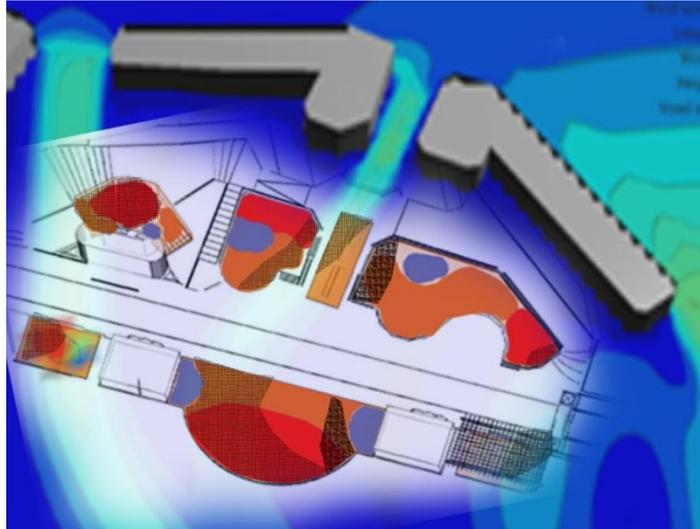


Figure VII.12. Cartographie : superposition des zones les plus ensoleillées avec les zones ayant un potentiel de ventilation naturelle à 6m & à 12m de hauteur

(Source : l'auteur)



Parasol layer

Landform layer

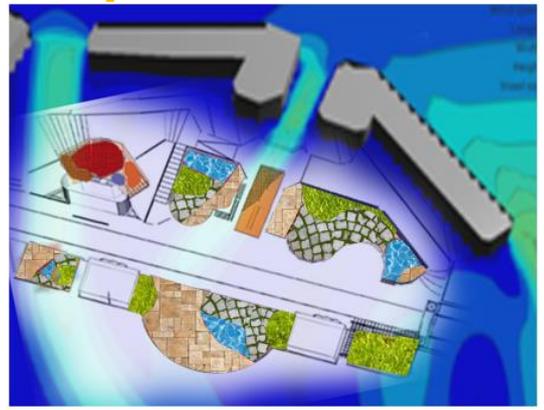


Figure VII.12. Cartographie : superposition des zones les plus ensoleillées avec les zones
(Source : l'auteur)

Proposition

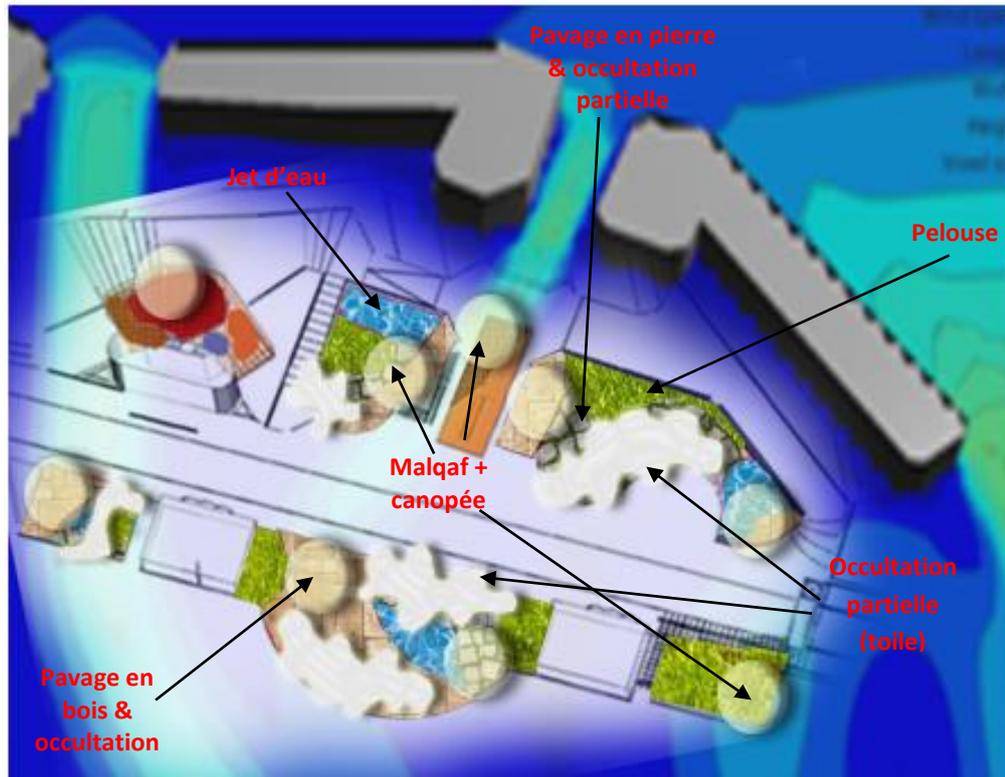


Figure VII.12. La proposition d'aménagement de la place Kerkri
(Source : l'auteur)

Tout en considérant la couche « activités » comportant le mobilier urbain comme étant la couche intermédiaire concernée par le confort, subissant les changements de la couche parasol et celle au niveau du sol, c'est dans ces derniers que nous apporterons les changements pour améliorer les conditions thermiques par zone :

Parasol layer :

- Canopées assez hautes (6m) en toile
- Malqaf pour attraper les vents à une dimension que nous avons estimée de 6m et de 12m , munis de canopées en treillis accueillant plantes grimpantes à feuilles caduques pour ne pas entraver le rayonnement du soleil d'hiver
- Occultations en toit avec persiennes (louvered roof)

Activity layer :

- bancs (bois/ pierre) avec bacs à fleurs
- bancs (bois/ pierre) avec mur persiennes (louvered wall Cf. Chapitre les stratégies passives d'amélioration du microclimat) qui permet l'infiltration des

rayons solaire hivernaux tout en empêchant ceux de l'été de toucher la personne assise

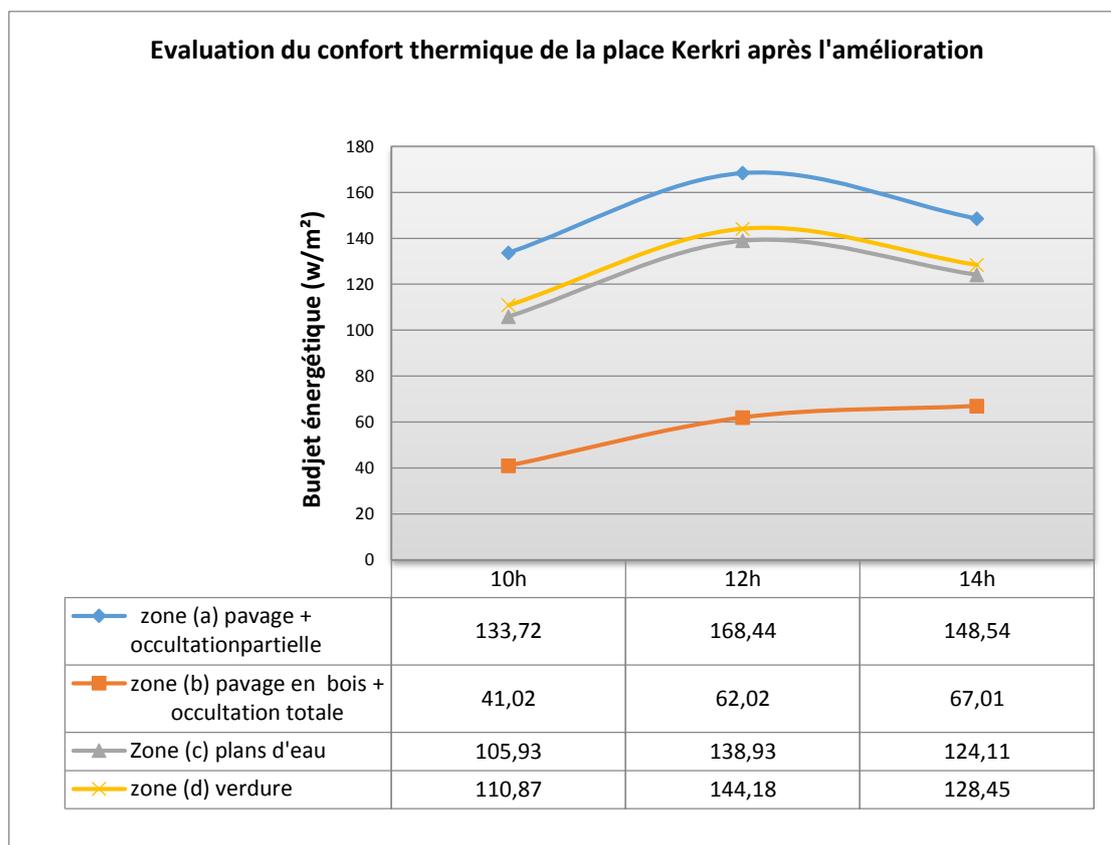
- bancs (bois/ pierre) avec mur cascade (watered wall)
- Fontaine pour consommer l'excédent d'énergie

Landform layer :

- Pavage en bois
- Pavage en gazon
- Jets d'eau

VII.2.2.2.3. Evaluation de l'amélioration

Nous avons procédé de la même manière que pour la place du 1^{er} Novembre, et les résultats obtenues sont consignées dans le tableau ci-après.



FigureVII.14. Evaluation du confort thermique sur la place du 1^{er} Novembre après amélioration
(Source : l'auteur)

D'après nos résultats, nous constatons qu'il y a réellement possibilité d'amélioration du microclimat de notre place, étant donné que nous pouvons diminuer le budget énergétique d'environ 390w/m² à pratiquement 170m².

VII.3. Conclusion

Dans ce chapitre, nous constatons que l'hypothèse, qui est de « **diviser la place publique en plusieurs stations, et traiter chacune de façon spécifique, selon l'intensité des phénomènes qui s'y produisent** » semble assez bonne et faisable, cependant, elle présente beaucoup d'inconvénients :

- Elle traite chaque station choisie sur les deux place de manière ponctuelle ;
- Ne gère pas l'ensemble ;
- Accentue formellement l'hétérogénéité de nos places ;
- On se perdrait dans une multitude de solutions d'aménagement, qui d'autant plus limiterait la créativité (Cf chapitre V. Les stratégies passive de réhabilitation - Introduction)

Contrairement à la troisième hypothèse dont l'amélioration du microclimat de nos places s'effectuerait « **à travers une cartographie (mapping) utilisant les différentes stations pour ressortir les zones similaires (iso) ainsi que les zones critiques et celles avantageuses dont on pourrait tirer profit** ». Car en effet, la cartographie nous a permis d'intégrer les différents stratégies d'aménagement par zones similaires. Cette technique qui révèlent les zones critiques et celles ayant des potentialités dont on peut profiter, constitue en elle-même une réponse climatique sous forme de peau adaptative. Cette hypothèse offre les avantages suivants :

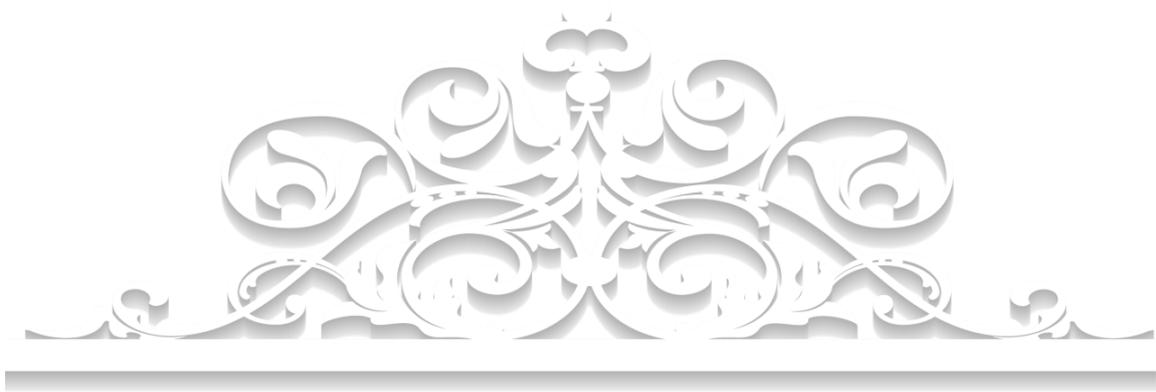
- On traite avec les zones similaires avec le même aménagement thermique ;
- Offre une identité au site qui dépend du climat
- Gère l'ensemble, en tenant compte des priorités majeures et des potentialités du site.

Et tout en ayant tiré profit des potentialités passives que cachent nos sites, nous avons du moins réussi à développer un modèle d'amélioration du microclimat, et grâce auquel nous avons réussi à réduire l'inconfort sur les deux places, évalué grâce à ComFA sous forme de budget énergétique comme suit :

- Sur la place du 1^{er} Novembre, nous avons pu atteindre une réduction de l'ordre de 200 w/m²

- Sur la place Kerkri, nous avons eu la possibilité de réduire environ 300w/m^2

Sachant que la marge de confort pour les places publiques est comprise entre -50 et 50w/m^2 .



CONCLUSION GENERALE ET RECOMMANDATIONS



Conclusion générale

Notre étude, dont l'objectif est la réhabilitation de deux places publiques du centre ville de Constantine par le biais d'une amélioration du microclimat, a consisté en un traitement particulier de l'espace public urbain.

La méthodologie adoptée par nos soins est simple et se présente comme suit :

- Dans un premier temps ; nous avons essayé de déterminer les paramètres les plus influents sur le confort thermique de l'homme dans les espaces extérieurs, et qui sont : la radiation solaire (directe et terrestre) et le vent ;
- Par la suite, dans notre effort d'explorer le microclimat urbain, il nous a été révélé le fait suivant :
 - dans une localité, le climat de la ville, qui est d'ailleurs plus chaud au centre qu'à la périphérie subit une mutation de climat en microclimat, et ce ; grâce à la contribution d'un certain nombre d'éléments tels que : la morphologie, l'orientation, le type et la couleur des matériaux, la présence de l'eau et de la végétation.
 - Il faut noter au passage, que la tendance de cette mutation penche plutôt vers le chaud

Et pour passer à l'application de l'amélioration du microclimat de nos espaces publiques en question, il nous a fallu, à priori, cerner le contexte d'étude, à savoir : la place publique urbaine. Élément de première importance socioculturelle, souvent historique, la place publique paraît comme indispensable dans chaque ville, chez nous en Algérie comme partout ailleurs dans le monde, où très souvent, les villes sont reconnaissables grâce à leurs places – la Place rouge de Moscow - est éloquente à ce titre. Cependant, toute place nécessite un microclimat confortable afin de pouvoir remplir le rôle qui lui est dévolu, et d'être plus fréquentée, mieux animée, plus attractive et surtout conviviale.

Dans cette perspective, mobilier urbain écologique et moderne, apparaît comme incontournable quant au confort thermique de l'espace public urbain.

Après toutes ces considérations, nous pouvons avancer le fait que l'aménagement, s'il est doté de modificateurs du vent et de la radiation solaire, pourrait améliorer le microclimat de nos places publiques et les rendre plus confortables ; c'est ce qui nous a conforté dans l'idée

d'opter pour l'emploi des peaux adaptives (Adaptive skins) qui permettent un aménagement de l'espace selon trois (03) couches : Parasol layer – Activity layer – landform layer. Les première et troisième couches sont décisives par rapport à la couche intermédiaire (activity) qui, elle, subit les changements thermiques majeurs du fait qu'elle représente la couche habitée, donc concernée par le confort.

Grâce à nos investigations sur le climat de la ville de Constantine, nous avons cherché les pratiques architecturales similaires répondant au climat dans des villes (Denver au Colorado, Grenade en Espagne et Athènes en Grèce) relevant de la même classification climatique de Koppen (Bsk). Citons : aménagement avec des plafonds assez hauts, des systèmes de ventilation passives, l'usage de l'eau et de la végétation ainsi que des murs lourds et massifs (notons que ces pratiques sont applicables aussi bien pour l'extérieur que pour l'intérieur des bâtiments).

Le but dans tout cela est, bien-sûr :

- D'éloigner l'air chaud de l'utilisateur
- De stocker l'excédent d'énergie dans la masse (les murs massifs)
- De rafraîchir l'atmosphère avec ventilation verticale et plans d'eau

Pour revenir à nos deux places, situées au centre de la ville de Constantine (la place du 1^{er} Novembre et la place Kerkeri), Nous avons constaté, grâce à nos relevés des températures et des vitesses des vents, que celles-ci sont très inconfortables, surtout en été :

- Premièrement, pour ce qui est de la place du 1^{er} Novembre, son aménagement mal conçu a eu un impact négatif sur son microclimat. En effet ce dernier se comporte comme une « boîte d'air chaud fermée »
- Deuxièmement, pour la place Kerkri, dépourvue de tout aménagement, très exposée au Sud, avec un pavage très réfléchissant, son microclimat renvoie l'image d'une « plaque métallique » dont le réchauffement est aussi rapide que le refroidissement.

Un petit sondage nous a confirmé que c'est bel et bien la chaleur excessive qui incommoder les gens, et rend ces espaces indésirables en été.

Ce même sondage nous a permis de relever les points forts et les points faibles de la place du 1^{er} Novembre, et de recueillir les souhaits des gens en vue d'une meilleure fréquentation future.

Quant à l'histoire de chacune de ces places, elle nous dévoile qu'un certain nombre de pratiques sociales, de festivités existaient autrefois au niveau de la place du 1^{er} Novembre, et qu'il serait souhaitable de rétablir. Alors que la place Kerkri, si elle paraît aussi décevante, c'est à cause de sa conception initiale avec des murs de soutènement érigés sur sol glissant et des réseaux d'assainissement défectueux, ce qui ne milite pas en faveur de la plantation d'arbres, dont le rôle rafraîchissant n'est pas à démontrer.

Enfin, les résultats de nos investigations ont été confirmés et validés grâce à un travail de simulation utilisant les taux de radiation solaire (wh/m^2) et des vitesses des vents (m/s), ce qui nous a permis d'évaluer le confort thermique au niveau des deux places grâce au programme ComFA qui nous a confirmé le constat selon lequel ces places sont très chaudes, avec un excédent de budget énergétique de l'ordre de 250wh/m^2 .

Pour remédier à cela, nous avons procédé comme suit :

- Diminuer l'excédent énergétique grâce à un aménagement comportant des consommateurs d'énergie (les plus avides) ;
- Pour la place du 1^{er} Novembre, que nous avons comparé à « une boîte d'air chaud », nous avons accordé la priorité à la ventilation.
- Pour Kerkri, avec son microclimat comparé à une plaque métallique, un système de rafraîchissement par évaporation combiné à une masse de stockage thermique nous a paru le plus adéquat.
- Le choix de l'aménagement est le résultat de la cartographie, grâce à laquelle nous avons pu dégager des superpositions de zones potentielles de ventilation (avec des hauteurs variant entre 6m et 12m) avec les zones les plus ensoleillées

Recommandations

Nos recommandations, pour finir, sont les suivantes :

- Les aménagements des espaces urbains de nos villes doivent prendre en ligne de compte le vent et le rayonnement solaire comme les premiers paramètres de prise de décision durant le processus de conception ;
- S'inspirer des anciennes pratiques architecturales répondant au climat, et en choisir les plus appropriées selon le cas

- Avant toute tentative de réhabilitation microclimatique, il faut penser en termes de « tirer profit de l'existant », car chaque site cache en lui des potentialités qui peuvent donc être très pratiques et qu'on peut utiliser par saison ;
- Les occultations solaires ne doivent pas être complètement opaques : des treillis destinées à se couvrir de plantes grimpantes sont les bienvenues, à conditions que leurs hauteurs soient assez suffisantes pour laisser s'échapper les rayons de grandes longueurs d'ondes (radiation terrestre) qui ont tendance à se rassembler en dessous, sinon, d'opter pour des formes convexes et ventilées, ou pour de la toile perforée (façon hutte). Ceci permet de se protéger des radiations solaire et terrestre en été tout en en bénéficiant en hiver d'une ambiance lumineuse agréable
- Les espaces urbains étant plus inconfortables en été, il est recommandé de toujours avoir à la portée de nos places publiques des consommateurs d'énergie, susceptibles d'atténuer la radiation terrestre comme : plan d'eau, fontaines et ventilation naturelle. La combinaison de ces deux consommateurs est encore plus efficace
- L'intégration de masses volumiques effusives, capable de stocker l'excédent de chaleur et de la restituer doucement est nécessaire dans les climats semi-arides, ceci éviterait à nos places publiques les changements brusques de températures ;
- Utiliser une fourniture solide et écologique à la fois éviterait bien des ennuis : des bancs en bois avec base solide en maçonnerie, en béton ou avec de la pierre peut bien être amovible tout en demeurant stable en cas de rafales venteuses soudaines ;

A la fin, n'oublions pas de recommander, comme mesures secondaires, de programmer et médiatiser des événements socioculturels qui pourraient se dérouler régulièrement (voire quotidiennement) sur ces places ; et de veiller à la commémoration de fêtes religieuses, nationales et socioculturelles. Sans omettre de sensibiliser les décideurs à l'apport économique de l'aménagement « bioclimatique » des places urbaines et leur communiquer, ainsi qu'aux architectes, urbanistes et paysagistes, de tels modèles de recherches, dans le but de les appliquer, d'en tirer profit et permettre à la population qui fréquente ces lieux, de jouir d'une vie urbaine saine et animée ;

Bibliographie

Ouvrages

1. A Mathai, N. Rabadi et N. Grosland, Gigital Human Modeling and Virtual Reality for FCS. Tachnical report in C. Kedissa, Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain. Mémoire de magister, 2010.
2. A.KABOUCHE & M.KABOUCHE, La médina de Constantine: Dynamique et recomposition, politiques d'interventions. 2010.
3. Ahmed Ouameur Fouad, Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics, Mémoire de maîtrise, Université Laval, Québec, 2007
4. Alain Liébard & André de Herde, Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, concevoir, édifier et aménager avec le développement durable. Editions le Moniteur, Décembre 2005.
5. Alessi et F. Schiavio –Les espaces ouverts : nature et qualité de la vie urbaine dans Architecture bio-écologique in Architecture écologique
6. Alexandros N. Tombazis, Climate responsive architecture: a design handbook for energy efficient buildings, publié par Arvind Krishan, Edition Tata McGraw-Hill Education, 2001.
7. Amjad Almusaed, Biophilic and Bioclimatic Architecture, Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture. Edition Springer-Verlag London Limited 2011.
8. Annie Boyer, Élisabeth Rojat-Lefebvre, Aménager les espaces publics. Le mobilier urbain, Paris, éd. du Moniteur.
9. Aronin, 1927 in A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan, Naveed Mazhar, University of Guelph, Septembre 2012
10. ASHRAE American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers ASHRAE, 2010

11. Ballout Amor, le rôle de la végétation et l'eau dans la création d'un microclimat urbain, Cas de la place de Ain El Fouara à Sétif, Université Mentouri, Département d'Architecture et d'Urbanisme, Constantine 2010.
12. Benoit Beckers, Solar Energy at Urban Scale, Editions John Wiley & Sons, USA 2012
13. Bertrand Lévy, La place urbaine en Europe comme lieu idéal, Maison des sciences de l'homme, Paris, 65-85
14. C. Kedissa, Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain. Mémoire de magister, 2010.
15. CLare C. Marcus, C. Francis & Rob Russel, People Places : Design guidelines for urban open space, partie 4. Edition John Wiley & Sons 1998.
16. E. Erell, D. Pearlmutter & T. Williamson, Urban Microclimate, Designing the spaces between buildings, Edition Earthscan 2011.
17. Edward Mazria, Le guide de l'énergie solaire passive, Editions Parenthèses 1981.
18. F. Ali Toudert, Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate, Thèse de doctorat, Freiburg, Novembre 2005.
19. F. Ali-Taoudert et al. In Naveed Mazhar, A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan, Guelph, Canada 2012.
20. G. Z. Brown & M. Decay, Sun, Wind and Light, Architectural design strategies, Edition John Wiley & sons 2001.
21. Gieger (1965) in Robert D. Brown, Terry J. Gillespie, Microclimatic Landscape Design, Creating thermal comfort and energy efficiency, Edition J. Whiley & sons 1998 .
22. Givoni, 1989; Yannas, 1994, Compact Cities, Sustainable urban forms dor developing countries, Mike Jenks & Rod Burgess, Edition Spon Press 2000.
23. Hans Hollein in Finding lost space:Theories of urban design, Roger Trancik
24. J. Gandemer & A. Guyot, Intégration du phénomène du vent dans la conception du milieu bâti, Décembre 1976.
25. J. kribeche - youcef ali, ppsmvss vieille ville de constantine, phaseiii : redaction finale du PPSMVSS, Octobre 2012.
26. Julien Bouyer, Modélisation et simulation des microclimats urbains Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments, Septembre 2009.

27. Kevin Lynch. 1960. The Image of the City. Massachussets: Massachussets Institute of Tecnology.
28. Kribeche Youcef- ALI Jennie Fatima- Zohra, Pour une revalorisation de l'espace public traditionnel dans la vieille ville de Constantine, Université de Constantine.
29. Laurence Baudoux-Rousseau :La place publique urbaine. Edition Artois Presses Université, 2007 in le rôle de la végétation et l'eau dans la creation d'un microclimat urbain, Ballout Amor, 2010.
30. Luis José Garcia-Pulido, Bioclimatic Devices of Nasrid Domestic Buildings, Architecture, histoire et culture, Papers by the 2011-2012 AKPIA@MIT.
31. M. Dekay, G. Z. Brown, Sun, Wind and Light, architectural design strategies, John Wiley & sons 2001.
32. M. Santamouris, J. Adnot, S. Alvarez, N. Klitsikas, M. Orphelin, C. Lopes, F. Sanchez, Edition Presses de l'Ecole des Mines, décembre 2004
33. Madanipour in P. Bosselmann, Urban transformation, understanding city form,
34. Marilyn. Decision Making in Allocating Metropolitan Open Space: State of the Art. Transactions of the Kansas Academy of Science 1975
35. MERLIN, pierre, CHOAY, Françoise, Dictionnaire de l'Urbanisme et de l'Aménagement, Presses Universitaires de France, Paris, 2005
36. Mike Jenks & Rod Burgess, Compact Cities, Sustainable urban forms dor developing countries, Edition Spon Press 2000.
37. Monographie de la wilaya de Constantine sur le site de l'ANDI, p. 8.
38. Naveed Mazhar, A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan-Thèse de master, Université de Guelph, Canada ; Septembre 2012
39. Oke, 1987 in Naveed Mazhar, A Microclimatic Analysis of Ancient and Contemporary Urban Landscape Patterns in Lahore-Pakistan-Thèse de master, Université de Guelph, Canada ; Septembre 2012
40. P. Bosselmann, Urban transformation understanding city form, streets and climate,
41. P. Panerai, J. C. Depaule, M. Demorgon, Analyse urbaine, Editions Parenthèses.
42. PD Dr Lutz Katzschner, Ulrike Bosch and Mathias Roettgen, RUROS: Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Fifth Framework Program 1998-2002, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings 2004.

43. Potvin A., Assessing the microclimate of urban transitional spaces, *Architecture, City, Environment, Proceedings of PLEA (Passive Low Energy Architecture)* :.581-586.
44. R. D. Brown & T. J. Gillespie *Microclimatic Landscape Design*, Editions John Wiley & Sons 1995.
45. R. D. Brown, *Design with microclimate*, Edition Wiley & Sons, 2010.
46. Robert Krier :*L'espace de la ville*. Edition Archives d'Architecture Moderne, 1975
47. Roger Trancik, *Finding lost space : Theories of urban design*
48. RUROS: *Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*, Fifth Framework Program 1998-2002, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings 2004.
49. S. Lenzholzer, R. D. Brown, *Climate-responsive landscape architecture design education*, *Journal of Cleaner*
50. Schiller & Evan in *Urban Climate and Compact Cities in Developing Countries*, Spon Press 2000
51. Szokzlay,S. *Introduction to architectural science: the basis of sustainable design*, Elsevier,GreatBritain.
52. W. R. Van Wijn et J. de Wilde *Rapport sur la microclimatologie, colloque general sur les problems de la zone aride*, Paris 11-18 Mai 1960, Projet majeure relatif aux recherches scientifiques sur les terres arides, UNESCO
53. W. Yang, N. H. Wong, Steve Kardinal Jusuf, *Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces in Singapore*, *Building and environment* 59 (2013) 426-435.
54. William H. Whyte, *Rediscovering the center*, University of Pennsylvania press 2009.
55. Yoshihara Akiko, *qu'est ce qu'une place réussie?*, Master Urbanisme et Territoires, Istitut d'Urbanisme de Paris, 2008

Publications

1. A Dimoudi, A. Kantzioura, S. Zoras, C. Pallas, P. Kosmopoulos, *Investigation of urban microclimate parameters in an urban center*, *Energy and Buildings* 64 (2013) 1–9

2. Ayman Hassan A. Mahmoud, An analysis of bioclimatic zones and implications for design of outdoor built environment in Egypt, *Building and environment* 2011 46: 605-620
3. C. Georgakis, M. Santamouris, Experimental investigation of air flow and temperature distribution in deep urban canyons for natural ventilation purposes, *Energy and Buildings* 38 (4) (2006) 367–376.
4. G. Brager, M. Foutain, R. J. de Dear, Expectation of indoor climate control, *Energy and buildings*, 1996;24:179-182
5. Gaitani et al. 2007 in J.K.Vanos, J. S. Warland, T. J. Gillespie, N. A. Kenny, Review of the physiology of human thermal comfort while exercising in urban landscapes and implications for bioclimatic design, *int. Biometeorol* 2010; 54: 319-334
6. Gaitani, N., Mihalakakou, G., & 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), 317-324.
7. Gérard Houzard (1984), *Vers un classement des bioclimats des forêts caducifoliées françaises*. *Rev. Forest. Fr*, 5, p. 362-374.
8. Givoni B. Noguchi M. Saaroni H. Pochter O. Yaacov Y. Feller N. Becker S, Outdoor thermal comfort research issues in *Energy and Buildings* 2003;35:77-86
9. In M. Nikolopoulou, N. Baker, K. Steemers, Thermal comfort in outdoor urban spaces : understanding the human parameter, *Solar Energy*, 2001;70:227-235 – S.
10. K. Błażejczyk, G. Jendritzky, P. Bröde, D. Fiala, G. Havenith, Y. Epstein, A. Psikuta, B. Kampmann, AN NTRODUCTION TO THE UNIVERSAL THERMAL CLIMATE INDEX (UTCI) *Geographia Polonica* 2013, Volume 86, Issue 1, pp. 5-10
11. L. M. Monteiro & M. P. Alucci, Outdoor thermal comfort: comparison of results of empirical field research and predictive models simulation, Faculty of Architecture and Urbanism, University of Sao Paulo, Sao Paulo, Brazil
12. Landsberg, 1981 in Peter Moonen, Thijs Defraeye, ViktorDorer, Bert Blocken, Jan Carmeliet, *Urban Physics: Effect of the microclimate on comfort, health and energy demand; Frontiers of Architectural Research* (2012)1, 197–228.
13. LATINI, G., GRIFONI, R. Cocci, et TASCINI, S. Thermal Comfort and Microclimates in Open Spaces. 2010
14. Liang Chen, Edward Ng, Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade, *Cities* 29 (2012) 118–125

15. M. Bassand, A. Compagnon, D. Joyé et V. Stein in KRIBECHE YUCEF- ALI Jennie Fatima- Zohra, POUR UNE REVALORISATION DE L'ESPACE PUBLIC RADITIONNEL DANS LA VIEILLE VILLE DE CONSTANTINE,
16. N. Gaitani, G. Mihalakakou, M. Santamouris, On the use of bioclimatic architecture principles in order to improve thermal comfort conditions in outdoor spaces, *Building and Environment* 2007 ; 42 :317-324
17. Peter Moonen, Thijs Defraeye, ViktorDorer, Bert Blocken, Jan Carmeliet, Urban Physics: Effect of the microclimate on comfort, health and energy demand; *Frontiers of Architectural Research* (2012)1, 197–228.
18. R. D. Brown, Ameliorating the effects of climate change: Modifying microclimates through design, *Landscape and Urban Planning*100 (2011) 372–374
19. S. Yannas, Adaptive skins and microclimates, *Plea2004*; The Netherlands, 19-22 September 2004.
20. Thorsson, M. Linsqvist, S. Linsqvist, Thermal bioclimatic conditions and patterns of behavior in an urban park in Goteberg, Sweden, *int J. Biometeorol* 2004;48:149-156
21. W. Yang, N. H. Wong, S. K. Jusuf, Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore, *Building and environment* 2013, 59: 426-435
22. Wei Yang, Nyuk Hwei Wong et Steve Kardinal Jusuf, Thermal comfort in outdoor urban spaces in Singapore, *Building and Environment* , 2013;59:426-435

Conférences et Colloques internationaux

1. Conception et aménagement des espaces bâtis Sigrid Reiter Chargée de cours à l'Université de Liège (ULg)
2. Gerd Jendritzky, Abdel Maarouf, Henning Staiger :Looking for a Universal Thermal Climate Index UTCI for Outdoor Applications Windsor-Conference on Thermal Standards, April 5-8, 2001, Windsor, UK
3. N. Gaitani & M. Santamouris, Integrated bioclimatic design a turban scale, Smart and sustainable cities conference 2014
4. NICOL, F., WILSON, E., UEBERJAHN-TRITTA, A., NANAYAKKARA, L. & KESSLER, M. (2006) Comfort in outdoor spaces in Manchester and Lewes, UK.IN Windsor Conference 2006: Comfort and Energy Use in Buildings: getting them right, Windsor, UK, April 2006.

5. NIKOLOPOULOU, Marialena, LYKOUDIS, Spyros, et KIKIRA, Maria. Thermal comfort in outdoor spaces: field studies in Greece. In : *INTERNATIONAL CONFERENCE ON URBAN CLIMATE*. 2003.
6. S. Yannas, Adaptive skins and microclimates, Plea2004; the 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture. Eindhoven, The Netherlands, 19-22 September 2004.
7. Said Mazouz, 2^{ème} Workshop International, Université Mentouri, Constantine, Avril 2012.

Sites web

1. <http://academic.coda-office.com/projects/jukbuin-pavillion-erected/>
2. <http://app.bruxellesenvironnement.be/energieplus/fr/CDRom/mesures/mesconforttherm.htm#nbnx10005>
3. <http://bazoga.over-blog.com/article-photos-place-kerkri-une-triste-realite-76573485.html>
4. <http://blog.preservationnation.org>
5. <http://edgeryders.eu/en/unmonastery/some-ideas-about-furniture-unmonastery>
6. <http://inhabitat.com>
7. http://www.arturotedeschi.com/wordpress/?page_id=4618
8. <http://www.energieplus-lesite.be/>
9. <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm#comf>
10. <http://www.greenstructureplanning.eu/COSTC11/comfort.htm#comf>
11. <http://www.hotelpanoramic-dz.com/content/la-place-de-la-br%C3%Aache>
12. http://www.nyc.gov/html/dcp/html/pops/plaza_standards.shtml#location
13. <http://www.paperblog.fr/3399312/ec-o-un-banc-public-ecologique-qui-cultive-des-plantes/>
14. <http://www.physicalgeography.net/fundamentals/7v.html>
15. <http://www.rehabilitation-mq.com/spip6677.html?article27>
16. <http://www.testequipmentdepot.com/>
17. http://www.thermoanalytics.com/human_simulation_technology
18. <http://www.utci.org/>
19. http://www.utci.org/utci_doku.php, Mean Radiant Temperature Tmrt.doc
20. http://www.utci.org/utci_doku.php, Mean Radiant Temperature; Tmrt.doc

21. http://www.vitamedz.com/constantine-place-de-la-breche-un-retour-tant-espere/Articles_15688_110234_25_1.html
22. <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>
23. <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>
24. <http://www.weatherbase.com/weather/weatherall.php3?s=91406&refer=&cityname=Constantine-Constantine-Algeria&units=>
25. <http://www.webmarketing-conseil.fr/classement-reseaux-sociaux/>
26. <http://www3.northern.edu/natsource/HABITATS/Windbr1.htm>
27. <https://apps.facebook.com/mes-sondages/ubvmvo>
28. <https://effervescentdesign.wordpress.com/tag/ecologie/page/2/>
29. http://sacredsites.com/asia/japan/ryoan_ji_kyoto.html , Places of peace and power
30. <http://www.arturbain.fr>, Robert-Max Antoni, Vocabulaire français de l'Art urbain
31. <http://calenda.org/189008>, Sarah Lazaro, Colloque international, La place publique urbaine (XII-XXIe siècle)
32. <http://www.wbdg.org/design/plaza.php>, Sophia Greenbaum
33. Wikipédia, encyclopédie collaborative en ligne
34. <http://www.arch2o.com/adaptive-architecture/>, Charles Darwin, On the Origin of species,
35. <http://www.cnrtl.fr>
36. <http://www.elwatan.com>., article de presse intitulé « Constantine, place de la Brèche, un retour tant espéré » écrit par Hamid Bellagha le 28/07/2008.
37. <http://actu-fjm.blogspot.com/2009/07/la-place-publique-un-espace-part.html>
38. <http://actu-fjm.blogspot.com/2009/07/la-place-publique-un-espace-part.html>
39. <http://www.utci.org/> (Freiburg, Germany, October 15, 2009)



Résumé



Résumé

Avec le changement climatique et la disponibilité de toutes les commodités dues aux nouvelles technologies, la rupture est consommée entre l'homme et l'espace extérieur de la ville, avec toutes les répercussions que cela engendre sur la vie sociétale.

Dans notre démarche globale, nous avons essayé de bien cerner le problème qui se pose à nous, celui de savoir : par quelle procédure nous pouvons réhabiliter les places urbaines, et plus particulièrement celles du centre de la ville de Constantine (1^{er} Novembre et Kerkri), choisies comme lieux d'étude.

Rappelons toutefois que les dites places, se retrouvent actuellement dans un état qui ne réponds nullement aux normes de confort et du développement durable, ce qui justifie évidemment le fait qu'elles soient délaissées, désertées.

Pour remédier à cet état de fait et redonner à ces places le rôle qui leur est dévolu, nous devons apporter la solution au problème posé qui, à notre avis, passe par l'amélioration de leurs microclimats.

Pour ce faire ; une recherche sur les modificateurs climatiques, et sur les méthodes les plus pratiques de leur emploi, s'est avérée indispensable afin de nous permettre de contrôler les microclimats que créent ces espaces. Ces modificateurs représentent pour nous des actions stratégiques de réhabilitation dans la mesure où ils nous révèlent le type d'aménagement (au sens large du mot) quant à ces espaces.

Au terme de cette étude, et après avoir procédé à une simulation de la radiation solaire et du vent, nous avons utilisé l'indice ComFA pour évaluer les conditions de confort thermique dans les places mentionnés ci-dessus. Deux scénarios d'améliorations à travers un aménagement ont été présentés et analysés.

Mots clés : Microclimat, confort thermique, places publiques, rayonnement solaire, ventilation, systèmes passifs, cartographie, adaptive skins, ComFA.

Abstract

With climate change and the availability of all life conveniences due to new technologies, there is a break between man and the space outside the city ; this break creates a lot of repercussions on social life.

In our global approach, we tried to identify the problem that confronts us, to know by what procedure we can rehabilitate the urban areas, particularly those in the center of the city of Constantine (November 1st and Kerkri) which were chosen to study.

Nowadays, we find those two places above mentioned in a bad state, which does not answer the standards of comfort and sustainable development. That clearly justifies the fact that they are abandoned and deserted.

So to remedy this situation and to give these places their real value, we must bring the solution to the problem which, in our opinion, can be achieved through the improvement of their microclimates.

Our research on climate modifiers, and the most practical methods of their use, has proven to be essential to enable us to monitor microclimates that create these spaces. These modifiers are to us strategic rehabilitation actions insofar as they reveal the type of design to opt for on these spaces.

At the end of the study, and after conducting a simulation of solar radiation and wind, we used CoMFA index to evaluate thermal comfort conditions in the places mentioned above. Two scenarios of improvements through a proposed design were presented and analyzed.

Keywords: microclimate, thermal comfort, public plazas, sunlight, ventilation, passive systems, mapping, adaptive skins, ComFA.

الملخص

مع تغير المناخ وتوفر كافة التسهيلات بسبب التكنولوجيات الجديدة، شهدنا قطيعة و هوة في تزايد مستمر ما بين الإنسان والفضاءات الحضرية بالمدينة، مع كل ما يترتب من آثار سلبية على الحياة الاجتماعية.

في المنهج الذي اتخذناه، حاولنا التعرف على المشكلة التي تواجهنا، لمعرفة ما يلي: ما الإجراءات التي بواسطتها يمكننا إعادة تأهيل المناطق الحضرية، ولا سيما الساحات الحضرية. حيث اخترنا ساحتي أول نوفمبر و كركري المتواجدة بوسط مدينة قسنطينة كمواقع لهذه الدراسة.

تجدر بنا الإشارة إلى أن هاته الأماكن المذكورة، توجد الآن في حالة سيئة، لا تتوافق و معايير الراحة والتنمية المستدامة، هذا ما يبرر حقيقة عدم التردد عليها، و هجرها من قبل السكان المدنيين وكذا السواح.

لتصحيح هذا الوضع وإعطاء هذه الأماكن دورها الحقيقي، يجب علينا تقديم حل لهذه المشكلة التي، في رأينا، تتم من خلال تحسين مناخاتها المحلية.

من أجل بذلك قمنا بالبحث عن المعدلات المناخية، والطرق العملية لاستعمالها، و التي تعدد ضرورية لتمكيننا من رصد المناخ الصغير الذي خلق هذه المساحات. هذه المعدلات تعتبر إحدى الطرق الإستراتيجية لإجراء إعادة التأهيل بقدر ما تكشف عن نوع التهيئة اللائقة بهذه المساحات.

في نهاية الدراسة، وبعد إجراء محاكاة لأشعة الشمس والرياح، استخدمنا مؤشر COMFA لتقييم ظروف الراحة الحرارية في الأماكن المذكورة أعلاه. وعرضنا سيناريوهين من التحسينات عن طريق تهيئة هاتان الساحتان الحضريتان و تحليل النتائج .

الكلمات الرئيسية: المناخ المحلي، الراحة الحرارية، الساحات العامة، ضوء الشمس، الرياح، رسم الخرائط، التكيف، ComFA.