

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



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

Mémoire présenté en vue de l'obtention
Du diplôme de
Magister en : Architecture

Option : Etablissements humains dans les milieux arides et semi-arides

**L'impact de la morphologie des tissus urbains sur
le confort thermique extérieur
- Cas d'étude ville de Tolga -**

Présenté par :

Matallah Mohamed Elhadi

Soutenu publiquement le : 16/06/2015

Devant le jury composé de :

Pr. Zemmouri Nouredine	Professeur	Président	Université de Biskra
Pr. Alkama Djamel	Professeur	Rapporteur	Université de Guelma
Dr. Benabbas Moussadek	Maitre de conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra
Dr. Brima Abdelhafid	Maitre de conférences 'A'	Examineur	Université de Biskra

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

Je dédie ce modeste travail à mes parents vénérés

Mes chers frères

Ainsi qu'à la mémoire de mon oncle « Messaoud »

« Par sa nature même, la vérité porte l'évidence en soi. Dès qu'on la débarrasse des toiles d'araignée de l'ignorance, elle brille avec éclat »

Mahatma Gandhi

Remerciements :

Merci Dieu le tout puissant, lumière des cieux et de la terre ;

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

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

Je tiens ainsi à remercier le Docteur Belakehal Azzedine, pour son grand aide, de m'avoir confié les instruments de mesure à ma disposition, et de me faciliter la voie au cours de l'investigation sur terrain.

Mes vifs remerciements au chef de la station météorologique de l'aéroport de Biskra, Monsieur, Ben Saleh Nabil, de m'avoir chaleureusement accueilli, et offert toute donnée indispensable pour cette étude.

Je remercie tous les enseignants du département d'architecture de Biskra ou ailleurs ceux qui m'ont jalonné la piste de la recherche, dans lesquels je les annonce en particulier Mme Hamel Khalissa qui n'a pas hésité à me répondre à mes interrogations infinies, Mme Boukhabla Moufida pour son aide notamment pour sur l'application du logiciel Envi-met. Melle Kedissa Chahrazed de l'université d'Oum Bouaghi qui m'a vraiment soutenu dans le domaine du confort thermique.

Je remercie également le Professeur Micheal Bruse de l'université de Bochum en Allemagne, pour ses orientations fidèles sur le logiciel et la nouvelle extension de BioMet, et Le Professeur Ben saci Abdelkader de l'université de Grenoble.

Un grand hommage à mon cher frère et cousin Ahriz Atef de l'université de Tébessa, pour son soutien tout le temps.

Ma sympathie à mes amis intimes : Amine, Oussama, Youcef, Abdelkrim, Hamza... pour leur assistance indéfectible.

Merci à tous mes amis et collègues de l'université de Biskra, de Constantine, et d'Alger.

Enfin, j'adresse toute ma reconnaissance à mes chers parents qui sont la source de ma joie en vie, à mes deux frères, et mes cousins qui m'ont encouragé et poussé à s'aventurer au bord de la mer des études toutes ces années ; Merci infiniment.

Sommaire

Sommaire.....	I
Liste des figures.....	IX
Liste des tableaux.....	XIII
Liste des graphes.....	XVI

Chapitre introductif.....

Problématique et hypothèses.....	1
----------------------------------	---

Chapitre 1 : Une vision urbanistique.....

Introduction.....	6
1. Définitions du tissu urbain.....	7
1.1 Tissu urbain.....	7
1.2 Eléments constitutifs du tissu urbain.....	8
1.2.1 Infrastructure.....	8
1.2.2 Superstructure.....	8
1.3 La combinaison entre différents systèmes.....	11
1.3.1 Les couplages.....	11
1.3.2 Les superpositions.....	12
2. La morphologie urbaine.....	12
2.1 Définitions.....	12
2.2 Le système morphologique.....	14
2.2.1 Les éléments.....	14
2.2.2 La structure.....	15
2.2.3 Les logiques et les moyens.....	15
2.3 Evolutivité des tissus urbains.....	16
2.3.1 Un parcours évolutif, formes et mutations.....	16
2.4 Critères de l'analyse morphologique des composants du tissu urbain.....	19
2.4.1 Critères topologiques.....	19
2.4.2 Critères géométriques.....	20
2.4.3 Critères dimensionnels.....	20
2.5 La morphologie du système parcellaire.....	21
2.5.1 Aspects planaires et géométriques.....	21
2.5.2 Définition de la parcelle.....	23
2.5.3 Principaux types de parcelles.....	23
2.5.4 Les types génériques de l'îlot.....	25
2.5.5 Les types morphologiques de l'îlot.....	25
2.6 La morphologie du système viaire.....	27
2.6.1 La topologie du système viaire.....	27
2.6.2 La relation topologiques entre les voies et les trames.....	27
2.6.3 Positionnement et géométrie relatifs au système viaire.....	29
2.6.4 Les dimensions de système viaire.....	30
2.7 La morphologie du système bâti.....	30

2.7.1 Typologie topologique « de base ».....	30
2.7.2 Les aspects topologiques.....	31
2.7.3 Aspects géométriques du système bâti.....	32
2.7.4 Aspects dimensionnels du système bâti.....	32
2.7.5 Analyse des bâtiments.....	33
3. Densité urbaine.....	34
3.1 Définitions de la densité.....	34
3.2 Les échelles de la densité urbaine.....	35
3.3 Les formes principales de densité.....	36
3.4 Les indicateurs de la densité urbaine.....	36
3.4.1 Le coefficient d'occupation du sol.....	37
3.4.2 Le coefficient d'emprise du sol.....	37
4. Formes urbaines sahariennes en Algérie, la micro-urbanisation (historique).....	38
5. Les caractéristiques de la concentration urbaine saharienne en Algérie.....	41
Conclusion.....	41

Chapitre 2 : Climat.....

Introduction.....	43
1. Le climat.....	44
1.1 Définition.....	44
2. Les échelles spatiales du climat.....	44
2.1 Le climat zonal.....	44
2.2 Le climat général.....	44
2.3 Le climat régional.....	44
2.4 Les climats locaux.....	44
2.5 Les microclimats.....	45
3. Les facteurs influents sur le climat.....	45
3.1 Le relief.....	45
3.2 Les océans, les mers, les lacs et les plans d'eau.....	46
3.3 Le sol.....	46
3.4 La végétation.....	46
4. Classification des climats.....	47
4.1 Les climats tropicaux.....	47
4.2 Les climats de mousson.....	47
4.3 Les climats secs (arides ou désertiques).....	47
4.4 Les climats tempérés.....	47
4.5 Les climats froids.....	48
5. Les éléments du climat.....	49
5.1 Rayonnement solaire.....	49
5.2 Température de l'air.....	49
5.3 Le vent.....	50
5.3.1 Les systèmes de vent.....	51
5.4 Humidité de l'air.....	52
5.5 les précipitations.....	53
5.6 Formation de rosée et de brouillard.....	54
6. Le climat en Algérie.....	54
6.1 Zones climatiques d'hiver.....	55

6.2 Zones climatiques d'été.....	56
Conclusion.....	57

Chapitre 3 : Microclimat et phénomènes urbains.....

Introduction	58
1. Comment percevaient-elles le climat les anciennes civilisations ?.....	59
1.1 La Grèce antique.....	59
1.2 La Rome impériale.....	59
1.3 Le règne musulman.....	59
1.4 Le moyen âge.....	60
2. Le climat urbain (microclimat).....	61
2.1 Définition.....	61
2.2 Les échelles du climat urbain.....	61
2.2.1 La couche limite atmosphérique CLA.....	61
2.2.2 La couche limite urbaine CLU.....	61
2.2.3 La canopée urbaine.....	62
2.3 Environnement thermique.....	63
2.3.1 Le bilan énergétique urbain.....	63
2.3.2. Le bilan radiatif urbain.....	64
2.4 Le rayonnement solaire.....	65
2.4.1 Le rayonnement solaire infrarouge.....	66
2.5 Îlot de chaleur urbain ICU.....	67
2.6 Les éléments intervenants sur la nuance thermique entre l'urbain et suburbain.....	68
2.7 Les impacts de l'îlot de chaleur urbain.....	68
3. Le bilan aérodynamique urbain.....	71
3.1 Vent et configuration topographique.....	72
3.1.1 Effet de rétrécissement.....	72
3.1.2 Effet de pente.....	72
3.1.3 Effet du plateau.....	72
3.2 L'écoulement d'air autour d'un bâtiment.....	73
3.3 L'écoulement d'air dans une rue.....	73
3.4 Les différentes formes des effets aérodynamiques.....	74
3.4.1 Effet de coin.....	74
3.4.2 Effet de tourbillon amont.....	75
3.4.3 Effet de sillage.....	75
3.4.4 Effet de trous sous immeuble.....	75
3.4.5 Effet de barre.....	76
3.4.6 Effet de Venturi.....	76
3.4.7 Effet Wise.....	77
3.4.8 Effet de canalisation.....	77
3.4.9 Effet de pyramide.....	77
3.4.10 Effet de maille.....	78
4. Le bilan de l'eau et les précipitations.....	78
5. Climat-ville catastrophe et désastre.....	80
Conclusion.....	82

Chapitre 4 : Confort thermique extérieur.....

Introduction.....	83
1. Le confort.....	84
1.1 Définition.....	84
1.2 Formes de confort.....	84
1.2.1 Confort matériel.....	84
1.2.2 Confort psychologique.....	85
1.2.3 Confort physiologique.....	86
1.2.4 Confort respiratoire.....	86
1.2.5 Confort visuel.....	87
1.2.5.1 Paramètres physiques.....	87
1.2.5.2 Caractéristiques propres à l'environnement.....	88
1.2.6 Confort acoustique.....	89
1.2.7 Confort thermique.....	91
1.2.7.1 Paramètres relatifs à l'individu.....	92
1.2.7.2 Paramètres relatifs à l'environnement.....	97
2. Zone de confort.....	102
2.1 Le diagramme d'Olgay.....	103
2.2 Le diagramme de Givoni.....	104
2.3 Le diagramme de Szokolay.....	106
2.4 Les tableaux de Mahoney.....	106
3. Evaluation du confort thermique par le biais des indices thermiques.....	108
3.1 La température effective (ET) et température effective standard (SET).....	109
3.2 La température résultante (RT).....	110
3.3 La température opérative (TO).....	110
3.4 Indice de contrainte thermique (ICT).....	110
3.5 Les indices DISC.....	111
3.6 L'indice de PMV et ses dérivés.....	112
3.7 PMV corrigé.....	115
3.8 Taux de sueur régulatrice (E_{rsw}).....	115
3.9 Indice de OUT_SET*.....	116
3.10 La température physiologique équivalente (PET).....	116
4. Evaluation du confort thermique à l'échelle du quartier (la rue élément crucial).....	118
5. Qu'est-ce que la subjectivité du confort thermique extérieur ?.....	121
5.1 Adaptation physique.....	121
5.2 Adaptation physiologique.....	121
5.3 Adaptation psychologique.....	121
5.3.1 Naturel.....	121
5.3.2 L'espérance.....	121
5.3.3 Le passé thermique.....	122
5.3.4 Le temps d'exposition.....	122
5.3.5 La culture.....	122
Conclusion.....	123

Chapitre 5 : Impact : morphologie urbaine-confort thermique extérieur

Introduction.....	125
1. Interaction : morphologie urbaine et microclimat urbain, comment se fait-il ?.....	126

1.1. La ville et ses activités.....	126
1.2 Influence de la ville sur le bilan thermique.....	126
2. Facteurs morphologiques influents sur le confort thermique dans les espaces extérieurs...	127
2.1 Rapports purement volumiques : des paramètres liés à l'irrégularité des formes urbaines	127
2.1.1 les irrégularités horizontales du tissu urbain.....	127
2.1.2 Les irrégularités verticales du tissu urbain.....	131
2.2 Quel impact pour la densité urbaine sur la température de l'air (T_{air}).....	133
2.3 Et comment manifestent la morphologie urbaine avec l'écoulement d'air ?.....	134
3. Urbanisation saharienne : la densité urbaine dans les milieux arides en Algérie.....	136
3.1 Le rapport bâti et non bâti.....	137
3.2 Est-ce la compacité urbaine a de l'influence sur le bilan thermique (températures) ?.....	139
3.3 Impacts sur le milieu aéraulique.....	140
3.4 La compacité du cadre bâti dans les tissus urbains traditionnels.....	141
3.5 Quelle est la forme élémentaire de l'organisation spatiale ? vers l'introversion.....	142
4. Analyses sur l'impact des formes urbaines sur le confort thermique extérieur.....	143
4.1 Les tissus denses (habitat traditionnel).....	143
4.2 Les tissus pavillonnaires (habitat individuel).....	145
4.3 Les cités jardins.....	145
4.4 Les îlots verticaux.....	146
5. Propriétés thermo-physiques des matériaux de construction : entre les caractéristiques et l'impact.....	148
5.1 Un matériau de construction comment réagit-il ?.....	148
5.1.1 Conductivité thermique.....	149
5.1.2 Les caractéristiques des surfaces vis-à-vis du rayonnement.....	149
5.1.3 Coefficient de surface.....	151
5.1.4 Capacité calorifique.....	152
Conclusion.....	153

Chapitre 6 : Etat de l'art.....

Introduction.....	155
1. Etude de Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer (2005).....	156
1.1 Résultats de l'expérience.....	157
2. Etude de Luc Adolphe et Claudia Krause (2012).....	158
2.1 Méthodologie du travail.....	158
2.2 Cas d'étude.....	158
2.3 Analyses et résultats.....	159
2.3.1 Température moyenne radiante et vitesse de l'air.....	159
2.3.2 Température physiologique équivalente.....	160
3. Etude de Chen-Yi Sun & al (2009).....	160
3.1 Résultats de l'expérience.....	161
3.1.1 La relation entre température de l'air et la densité végétale.....	161
3.1.2 La relation entre température de l'air et la densité urbaine.....	162
3.1.3 La relation entre température de l'air et le rapport d'aspect (H/W).....	162
4. Etude de Fatiha Bourbia & al (2004).....	163
4.1 Simulation de l'axe Nord Est-Sud Ouest.....	164
4.1.1 Température de l'air (T_{air}).....	164
4.1.2 Température moyenne radiante (TMR) et le PMV.....	164

4.2 Simulation des deux canyons NE-SO et NO-SE.....	164
4.2.1 Température de l'air.....	164
4.2.2 Température moyenne radiante.....	165
4.2.3 Vote moyen prévisible (PMV).....	165
5. Etude de Matzarakis et Gulyàs (2005).....	166
Conclusion.....	168

Chapitre 7 : Climat et formes urbaines à Tolga

Introduction.....	169
1. Milieu aride.....	170
1.1. Définitions.....	170
1.2. Répartition.....	170
1.3. Les causes de l'aridité.....	170
1.4 Climat des milieux arides.....	171
1.4.1 Rayonnement.....	171
1.4.2 Température de l'air.....	171
1.4.3 Précipitations.....	171
1.4.4 Humidité de l'atmosphère.....	171
1.4.5 Vent.....	171
2. Cas d'application : La ville de Tolga.....	172
2.1 Présentation du cas d'étude.....	172
2.1.1 Géographie.....	172
2.1.2 Historique.....	173
2.1.3 Cadre géophysique.....	173
2.1.4 Démographie : population croissante.....	175
2.2 Etude climatique.....	176
2.2.1 Température de l'air.....	176
2.2.2 Humidité relative.....	177
2.2.3 Précipitations.....	177
2.2.4 Insolation.....	178
2.2.5 Vents.....	179
2.2.6 Indice d'aridité.....	180
2.2.7 Détermination des isothermes de la ville de Tolga.....	181
3. Urbanisation et transformations morphologiques à Tolga.....	182
3.1 La morphogenèse de Tolga à travers l'histoire.....	183
3.2 Conséquences et résultats engendrés par la nouvelle urbanisation.....	183
Conclusion.....	188
	189

Chapitre 8 : Méthodologie du travail

Introduction.....	190
1. Objectif de l'expérience.....	190
1.1. Facteurs morphologiques.....	190
1.2 Facteurs climatiques.....	191
2. Echantillonnage des tissus urbains.....	191
2.1 classification des tissus urbains.....	191
2.2 classification des tissus urbains selon le niveau de la densité urbaine.....	193

3. Expérience, diagnostic et appareillage.....	194
3.1 Facteurs étudiés au cours de l'expérience.....	194
3.1.1 Température de l'air.....	194
3.1.2 Température moyenne radiante.....	194
3.1.3 humidité relative.....	195
3.1.4 La vitesse de l'air.....	195
3.2 Instruments.....	195
3.3 Descriptions des instruments.....	196
3.3.1 Thermo-hygromètre électronique HD 100.....	196
3.3.2 Anémomètre LV 100.....	197
3.3.3 Cason CA 380.....	198
4. Processus et parcours de l'expérience.....	198
Conclusion.....	199
Analyse des échantillons :	200
5. Analyse typo-morphologique des échantillons choisis.....	202
5.1 Tissu traditionnel (Vieux Tolga).....	202
5.2 Tissu colonial (Rassouta Ouest).....	204
5.3 Tissu auto-construit non planifié (quartier Sidi Rouag).....	206
5.4 Lotissement (quartier Hai El-Moudjahidine).....	208
5.5 Habitat collectif (quartier 17 octobre 1961 ou 150 logements C.N.E.P).....	210
Conclusion.....	212

Chapitre 9 : Résultats et interprétations.....

I. Envi-met / BioMet.....	213
II. La mise en fonction du logiciel.....	213
III. Démarrage du logiciel.....	213
IV. Le calcul des indices.....	214
Partie d'été :	216
1. Premier échantillon (Hai El-Moudjahidine).....	217
1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	217
1.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	220
1.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	222
2. Deuxième échantillon (Sidi Rouag).....	228
2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	228
2.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	231
2.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014).....	232
3. Troisième échantillon (150 logements C.N.E.P).....	239
3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	239
3.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	242
3.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	244
4. Quatrième échantillon (Rassouta Ouest).....	250
4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	250
4.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	253
4.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014).....	255
5. Cinquième échantillon (Vieux Tolga).....	261
5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014).....	261
5.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (17/07/2014).....	264

5.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014).....	266
5.6 Conclusion	272
Partie d'hiver :	
1. Premier échantillon (Hai El-Moudjahidine).....	274
1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	274
1.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	276
1.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	278
2. Deuxième échantillon (Sidi Rouag).....	282
2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	282
2.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	284
2.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014).....	286
3. Troisième échantillon (150 logements C.N.E.P).....	291
3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	291
3.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	293
3.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	295
4. Quatrième échantillon (Rassouta Ouest).....	300
4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	300
4.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	302
4.3 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014).....	304
5. Cinquième échantillon (Vieux Tolga).....	309
5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014).....	309
5.2 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014).....	311
5.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014).....	312
Conclusion.....	317
Conclusion générale	318
Bibliographie	328
Annexes	339
1. Annexe 1.....	339
2. Annexe 2.....	340
3. Annexe 3.....	340
4. Annexe 4.....	341

Table des figures

Chapitre 1 : Une vision urbanistique	
Figure 1.1 Le tissu urbain du Caire, le centre ancien.....	8
Figure 1.2 Les différents systèmes constitutifs d'un tissu urbain.....	10
Figure 1.3 Schéma de la superposition des quatre niveaux de structuration du tissu urbain.....	12
Figure 1.4 Détails des éléments du système morphologique.....	14
Figure 1.5 Les travaux de Camillo Sitte sur les villes de Bruges et Vienne.....	17
Figure 1.6 La ville moderne selon la philosophie corbuséenne.....	19
Figure 1.7 Exemple des rapports de position topographique entre composants	20
Figure 1.8 Exemple des rapports géométriques entre composants.....	20
Figure 1.9 Les types de relation îlots-parcellaire.....	26
Figure 1.10 Les relations topologiques entre les voies et les trames.....	29
Figure 1.11 La Bastide au sud français, des voies parallèlement hiérarchisées en des rues de 8m et d'autre de 2m de large entre elles.....	30
Figure 1.12 Olynthe en Grèce, trame quadrillée et hiérarchisée par la dimension des voies.....	30
Figure 1.13 Différentes typologies topologiques du bâti.....	32
Figure 1.14 Principaux types des volumes de bâtiments.....	33
Figure 1.15 Schéma explicatif de l'échelle de l'îlot, densité nette.....	35
Figure 1.16 Schéma explicatif de l'échelle du quartier, densité brute.....	35
Figure 1.17 Le Zab Gharbi, conurbation urbaine, continuité agricole.....	39
Figure 1.18 Un des ksours de la vallée de M'zab, Ghardaïa.....	40
Chapitre 2 : Climat : classification et éléments	
Figure 2.1 Illustration schématique du micro (M), local (L), méso (S), et macro (A) des échelles climatiques... ..	45
Figure 2.2 Distribution des climats tropicaux, secs, tempérés et froids.....	48
Figure 2.3 Variations de la vitesse du vent, selon l'altitude et la nature du sol.....	51
Figure 2.4 Rose du vent illustre des fréquences et des vitesses moyennes des vents à Grenoble.....	52
Figure 2.5 Carte des précipitations moyennes annuelles.....	53
Figure 2.6 Carte des zones climatiques d'hiver en Algérie.....	55
Figure 2.7 Carte des zones climatiques d'été en Algérie.....	56
Chapitre 3 : Microclimats et phénomènes urbains	
Figure 3.1 Représentation des échelles climatiques et atmosphériques, de l'échelle méso (a), à l'échelle local (b) et micro (c).....	62
Figure 3.2 Représentation schématique de la canopée urbaine.....	62
Figure 3.3 Bilan énergétique du quartier Tacubaya à Mexico pour 25 jours.....	63
Figure 3.4 Représentation des différents flux du bilan énergétique dans le milieu urbain.....	63
Figure 3.5 Schéma illustre le bilan radiatif dut au sein d'une ville.....	65
Figure 3.6 Apport d'énergie solaire dans la ville.....	66
Figure 3.7 Coupe schématique de visualisation des températures pour une nuit de canicule.....	67
Figure 3.8 La morphologie urbaine comme facteur de génération de l'ICU.....	68
Figure 3.9 La circulation des vents dans les villes.....	71
Figure 3.10 La formation du l'effet de rétrécissement.....	72
Figure 3.11 Corrélation entre pente en rupture et vent celle qui produit l'effet du plateau.....	72

Figure 3.12 Schéma représentatif d'un écoulement d'air autour d'un bâtiment.....	73
Figure 3.13 Ecoulement et régimes d'air au sein des rues.....	74
Figure 3.14 L'effet de tourbillon.....	75
Figure 3.15 L'effet de sillage.....	75
Figure 3.16 L'effet de trous ou de passages sous immeubles.....	76
Figure 3.17 L'effet de barre.....	76
Figure 3.18 L'effet de Venturi.....	76
Figure 3.19 L'effet Wise.....	77
Figure 3.20 L'effet de canalisation.....	77
Figure 3.21 L'effet de maille.....	78
Figure 3.22 Répartition des précipitations (1951 – 1970) dans la région parisienne pendant le semestre froid et le semestre chaud.....	79
Figure 3.23 La tempête de sable envahit la ville de Phoenix.....	80
Figure 3.24 Vague de froid frappait le monde entier notamment l'hémisphère nord constituant l'Europe En premier degré.....	81

Chapitre 4 : Confort thermique extérieur.....

Figure 4.1 Schéma représentatif des différents types de la composante naturelle.....	88
Figure 4.2 Confort, niveau de luminance acceptable et positionnement de la source.....	89
Figure 4.3 Plage du confort sonore (en vert) et bruits courants.....	90
Figure 4.4 Les échanges thermiques dépendent six paramètres.....	92
Figure 4.5 Les différents types d'échange thermique.....	96
Figure 4.6 Les composants de la balance de la chaleur métabolique.....	96

Chapitre 5 : Impact : morphologie urbaine - confort thermique extérieur.....

Figure 5.1 Relation entre taille de la ville, et la différence de températures, ainsi la force radiative urbaine et rurale.....	126
Figure 5.2 Le facteur de vue du ciel de la place A (FVC = 0,13). (b) Le facteur de vue du ciel de la place F (FVC = 0,81). (c) la relation entre le facteur de vue du ciel et le pourcentage de périodes de confort.....	128
Figure 5.3. Le facteur de vue du ciel pour les trois configurations étudiées. Formes fermées avec cours intérieures (a), formes compactes (b) et formes pavillonnaires (c).....	128
Figure 5.4 Différents rapports du prospect H/W des rues en ville.....	129
Figure 5.5 Schémas représentatifs des configurations étudiées dans la rue canyon.....	131
Figure 5.6 Le modèle de bâtiment en forme de carré utilisé pour l'étude numérique.....	132
Figure 5.7 La seconde configuration d'étude présentant des hauteurs différenciées.....	132
Figure 5.8 Îlot de chaleur urbain.....	134
Figure 5.9 Un tissu poreux démontre des bâtiments de hauteurs homogènes.....	135
Figure 5.10 Un effet de pyramide sur un groupement de construction à caractère pyramidal.....	135
Figure 5.11 Canalisation du vent par la direction de la rue.....	135
Figure 5.12 Présentation d'une anomalie aérodynamique "canalisation-Venturi".....	135
Figure 5.13 Profil de la circulation de l'air dans une rue canyon en fonction du rapport d'aspect H/ : (a) écoulement à rugosité isolée, (b) un écoulement à interface de sillage, (c) écoulement rasant.....	136
Figure 5.14 Plan du ksar de Ghardaïa, et des vues sur des ruelles mozabites.....	137
Figure 5.15 Représentation schématique des plans d'espaces urbains étudiés micro-climatiquement.....	138
Figure 5.16 Schématisation du contournement d'une structure bâtie par le vent.....	140
Figure 5.17 Habitations isolées, en revanche un rapport V/S important, à la ville Sanaa Yémen.....	141
Figure 5.18 Typologie des habitations accolées à Ghardaïa.....	141
Figure 5.19 Typologie des habitations troglodytes à Matmata en Tunisie.....	142

Figure 5.20 Formes de patios et espaces intermédiaires.....	143
Figure 5.21 Schéma représentatif du la protection solaire due au patio.....	143
Figure 5.22 Modification de la forme des cours intérieures des closes (a) en forme de rectangle en U, (b) en forme de T, (c) Variation typologique sur le thème du close Raymond Unwin à Welwyn en 1910.....	146
Figure 5.23 Îlots verticaux, des formes isolées engendrent des surfaces exposées au soleil plus l'augmentation des effets aérodynamiques.....	147
Figure 5.24 Différents albédos à l'intérieur de la ville.....	150
Figure 5.25 La relation de l'albédo du rapport Energie reçue/ réfléchie.....	150

Chapitre 6 : Etat de l'art.....

Figure 6.1 Schéma représentatif de la géométrie de la rue canyon simulée par Envi-met Model.....	156
Figure 6.2 La distribution spatiale et temporelle de l'indice de la PET à l'intérieur des quartiers visités.....	157
Figure 6.3 Comparaison entre valeurs journalières de la PET des scénarios : II et III.....	160
Figure 6.4 Relevés de valeurs des densités urbaine et végétale, et le rapport d'aspect (H/W).....	161
Figure 6.5 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Décembre.....	162
Figure 6.6 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Janvier.....	162
Figure 6.7 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Février.....	162
Figure 6.8 Coupes schématiques sur les différentes géométries d'espaces urbains pris en compte.....	163
Figure 6.9 Fish-eye des quatre types d'espaces respectivement de gauche à droite : espace ouvert, demi ouvert et deux canyons.....	163
Figure 6.10 Variation de la température moyenne radiante dans les deux canyons NE-SO et NO-SE.....	165
Figure 6.11 Variation du PMV dans les deux canyons NE-SO et NO-SE.....	165
Figure 6.12 Les diagrammes du Fish-eye produits par le modèle Rayman, ceux qui illustrent l'ombrage Produit par les trois situations.....	166

Chapitre 7 : Climat et formes urbaines à Tolga.....

Figure 7.1 Carte administrative d'Algérie.....	172
Figure 7.2 Localisation de la commune de Tolga dans la wilaya de Biskra.....	172
Figure 7.3 Situation de Tolga à l'intérieur des chapelets du Zab Gharbi.....	173
Figure 7.4 Direction et valeurs mensuelles et annuelles des vitesses du vent (1975-1984).....	180
Figure 7.5 Les premiers noyaux de Tolga : Vieux Tolga, Farfar, Sabkha.....	183
Figure 7.6 L'ancien noyau du vieux Tolga.....	183
Figure 7.7 Vues de l'ancien noyau de Tolga.....	184
Figure 7.8 Plan de l'extension coloniale et vues sur des réalisations française à Tolga.....	185
Figure 7.9 Formes urbaines récentes entre variété et discontinuité.....	187

Chapitre 8 : Méthodologie du travail.....

Figure 8.1 Le thermo-hygromètre Kimo, modèle HD100.....	196
Figure 8.2 Le thermo-hygromètre avec enceinte noirci, Kimo, modèle HD100.....	197
Figure 8.3 Le thermo-anémomètre Kimo, modèle LV100.....	197
Figure 8.4 Le thermomètre CA 380.....	198
Figure 8.5 Plan du quartier vieux Tolga.....	202
Figure 8.6 Vues de l'ancien noyau du vieux Tolga.....	203
Figure 8.7 Plan du quartier Rassouta Ouest.....	204
Figure 8.8 Vues du quartier Rassouta Ouest.....	205
Figure 8.9 Plan du quartier Sidi Rouag.....	206
Figure 8.10 Vues du quartier Sidi Rouag.....	207
Figure 8.11 Plan du quartier Hai El moudjahidine.....	208
Figure 8.12 Vues du quartier Hai El moudjahidine.....	209

Figure 8.13 Plan du quartier des 150 logements.....	210
Figure 8.14 Vues du quartier des 150 logements.....	211
Chapitre 9 : Résultats et interprétations	
Figure 9.1 Démarrage du logiciel BioMet.....	213
Figure 9.2 Table des heures du logiciel BioMet.....	214
Figure 9.3 Colonne des hauteurs du logiciel BioMet.....	214
Figure 9.4 Edition des paramètres personnels du logiciel BioMet.....	215
Figure 9.5 Processus de fonctionnement du logiciel BioMet.....	215
Figure 9.6 Schéma représentatif de l'évolution aéraulique dans le quartier de Sidi Rouag.....	234
Figure 9.7 Schéma représentatif du piégeage énergétique au niveau du point 2 aux 150 logements CNEP.....	242
Figure 9.8 Plan représente l'évolution des trois paramètres climatiques au niveau des points visités.....	256
Figure 9.9 Humidification des vents chauds par le biais de la palmeraie.....	267
Conclusion générale :	
Figure 9.10 Plan et perspectives illustrent le village agricole de la ville d'Abadla à Béchar (Algérie).....	321
Figure 9.11 Images préfigurent la structure urbaine du nouveau ksar de Tafilelt à Ghardaïa.....	322

Liste des Tableaux

Chapitre 1 : Une vision urbanistique	
Tableau 1.1 Différentes typologies du système parcellaire selon les critères dimensionnels et géométriques....	24
Tableau 1.2 Différentes formes de positions et géométrie du système viaire.....	29
Tableau 1.3 Types de bâti en fonction de la hauteur et de l'emprise au sol.....	33
Tableau 1.4 Quelques exemples de densités urbaines.....	38
Chapitre 4 : Confort thermique extérieur	
Tableau 4.1 Métabolisme thermique et énergie mécanique.....	93
Tableau 4.2 Valeurs des résistances propres Icl de quelques vêtements.....	97
Tableau 4.3 Echelle de Beaufort.....	100
Tableau 4.4 Fréquence de nuisance liée à l'activité.....	101
Tableau 4.5 Corrélation entre SET, sensation, et état physiologique.....	109
Tableau 4.6 Débit sudoral, mouillure cutanée et confort.....	112
Tableau 4.7 Indices DISC.....	112
Tableau 4.8 Classification des valeurs du PMV selon les sept échelles de confort « ASHRAE ».....	113
Tableau 4.9 Klima Michel Model (PMV), Jendritzky, 1979.....	115
Tableau 4.10 Classes de la sensation thermique indiquée par la PET.....	117
Tableau 4.11 Tableau récapitulatif de différents indices du confort thermique.....	120
Chapitre 5 : Impact : morphologie urbaine - confort thermique extérieur	
Tableau 5.1 Relation entre taille de la ville, et la différence de températures, ainsi la force radiative urbaine et rurale.....	126
Tableau 5.2 Relations entre le rapport d'aspect de la rue canyon et les conditions thermiques.....	130
Tableau 5.3 Facteurs d'absorption et d'émission de diverses surfaces.....	149
Tableau 5.4 Tableau des propriétés thermo-physiques des matériaux de construction.....	153
Chapitre 6 : Etat de l'art	
Tableau 6.1 Tableau répartit les expériences (scénarios) urbaines.....	158
Tableau 6.2 Tableau résume les différents paramètres morphologiques de chaque scénario.....	159
Tableau 6.3 Les données climatiques prises au cours des trois jours.....	161
Tableau 6.4 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Décembre.....	162
Tableau 6.5 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Janvier.....	162
Tableau 6.6 Corrélation entre température d'air et indices morphologiques en Février.....	162
Tableau 6.7 Relation entre la température de l'air, la température moyenne radiante et le PMV.....	164
Chapitre 7 : Climat et formes urbaines à Tolga	
Tableau 7.1 Genèse de la zone urbaine dans la commune de Tolga.....	175
Tableau 7.2 Recensement sur la zone urbaine de la commune de Tolga.....	175
Tableau 7.3 Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2003-2013).....	176
Tableau 7.4 Moyennes mensuelles de l'humidité relative pendant la décennie (2003-2013).....	177
Tableau 7.5 Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2003-2013).....	178
Tableau 7.6 Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2003-2013).....	178
Tableau 7.7 Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2003-2013).....	179

Tableau 7.8 Isothermes déterminant les différentes zones thermiques de l'année.....	182
Chapitre 8 : Méthodologie du travail.....	
Tableau 8.1 Tableau récapitulatif des caractéristiques typologiques des formes urbaines à Tolga.....	192
Chapitre 9 : Résultats et interprétations.....	
Partie d'été :	
Hai El-Moudjahidine :	
Tableau 9.1.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	217
Tableau 9.1.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Hai El Moudjahidine.....	218
Tableau 9.1.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	220
Tableau 9.1.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	222
Tableau 9.1.5 Evaluations de l'indice du PMV à Hai El Moudjahidine.....	224
Tableau 9.1.6 Evaluations de l'indice de PET à Hai El Moudjahidine.....	225
Sidi Rouag :	
Tableau 9.2.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	228
Tableau 9.2.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Sidi Rouag.....	229
Tableau 9.2.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	231
Tableau 9.2.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	232
Tableau 9.2.5 Evaluations de l'indice du PMV à Sidi Rouag.....	235
Tableau 9.2.6 Evaluations de l'indice de PET à Sidi Rouag.....	236
150 logements C.N.E.P :	
Tableau 9.3.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	239
Tableau 9.3.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au 150 logements CNEP.....	240
Tableau 9.3.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	242
Tableau 9.3.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	244
Tableau 9.3.5 Evaluations de l'indice du PMV au 150 logements CNEP.....	246
Tableau 9.3.6 Evaluations de l'indice de PET au 150 logements CNEP.....	248
Rassouta Ouest :	
Tableau 9.4.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	250
Tableau 9.4.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Rassouta Ouest.....	251
Tableau 9.4.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	253
Tableau 9.4.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	255
Tableau 9.4.5 Evaluations de l'indice du PMV à Rassouta Ouest.....	257
Tableau 9.4.6 Evaluations de l'indice de PET à Rassouta Ouest.....	259
Vieux Tolga :	
Tableau 9.5.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	261
Tableau 9.5.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Vieux Tolga.....	262
Tableau 9.5.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	264
Tableau 9.5.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	266
Tableau 9.5.5 Evaluations de l'indice du PMV à Vieux Tolga.....	268
Tableau 9.5.6 Evaluations de l'indice de PET à Vieux Tolga.....	270
Tableau 9.6 Tableau récapitulatif des données morphologiques et climatiques des différents quartiers.....	272

Partie d'hiver :

Hai El-Moudjahidine :

Tableau 9.1.1.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	274
Tableau 9.1.1.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Hai El Moudjahidine.....	275
Tableau 9.1.1.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	276
Tableau 9.1.1.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	278
Tableau 9.1.1.5 Evaluations de l'indice du PMV à Hai El Moudjahidine.....	279
Tableau 9.1.1.6 Evaluations de l'indice de PET à Hai El Moudjahidine.....	280

Sidi Rouag :

Tableau 9.2.2.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	282
Tableau 9.2.2.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Sidi Rouag.....	283
Tableau 9.2.2.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	284
Tableau 9.2.2.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	286
Tableau 9.2.2.5 Evaluations de l'indice du PMV à Sidi Rouag.....	288
Tableau 9.2.2.6 Evaluations de l'indice de PET à Sidi Rouag.....	289

150 logements C.N.E.P :

Tableau 9.3.3.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	291
Tableau 9.3.3.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au 150 logements CNEP.....	292
Tableau 9.3.3.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	293
Tableau 9.3.3.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	295
Tableau 9.3.3.5 Evaluations de l'indice du PMV au 150 logements CNEP.....	297
Tableau 9.3.3.6 Evaluations de l'indice de PET au 150 logements CNEP.....	298

Rassouta Ouest :

Tableau 9.4.4.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	300
Tableau 9.4.4.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Rassouta Ouest.....	301
Tableau 9.4.4.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	302
Tableau 9.4.4.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	304
Tableau 9.4.4.5 Evaluations de l'indice du PMV à Rassouta Ouest.....	306
Tableau 9.4.4.6 Evaluations de l'indice de PET à Rassouta Ouest.....	307

Vieux Tolga :

Tableau 9.5.5.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station.....	309
Tableau 9.5.5.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Vieux Tolga.....	310
Tableau 9.5.5.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station.....	311
Tableau 9.5.5.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station.....	312
Tableau 9.5.5.5 Evaluations de l'indice du PMV à Vieux Tolga.....	314
Tableau 9.5.5.6 Evaluations de l'indice de PET à Vieux Tolga.....	315
Tableau 9.7 Tableau récapitulatif des données morphologiques et climatiques des différents quartiers.....	317

Liste des graphes

Chapitre 2 : Climat	
Graphe 2.1 Evolution de la température d'air au cours des mois à Berlin.....	50
Chapitre 3 : Microclimats et phénomènes urbains	
Graphe 3.1 Différence de températures entre centre et limite nord d'Athènes.....	70
Graphe 3.2 Moyennes des températures, vagues de chaleur, et précipitations sur la terre.....	81
Chapitre 4 : Confort thermique extérieur	
Graphe 4.1 Evolution des taux de CO2 dans une salle de classe. Débit d'air frais et pourcentage prévisible de personnes insatisfaites.....	86
Graphe 4.2 Rapport de la température d'air et l'humidité relative.....	99
Graphe 4.3 Les différentes zones du confort hygrométrique.....	99
Graphe 4.4 Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen.....	99
Graphe 4.5 Conditions de confort pour un piéton au soleil.....	102
Graphe 4.6 Conditions de confort pour un piéton à l'ombre.....	102
Graphe 4.7 Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air.....	104
Graphe 4.8 Diagrammes bioclimatiques de Givoni.....	105
Graphe 4.9 Asymétrie du rayonnement et insatisfaction.....	107
Graphe 4.10 Diagramme de l'indice de la température résultante (RT).....	110
Graphe 4.11 Prédit d'insatisfaits PPD en fonction du PMV d'après la norme ISO 7730.....	113
Graphe 4.12 Diagramme du confort relatif au PMV *.....	114
Graphe 4.13 Classes de la sensation thermique indiquée par la PET.....	117
Graphe 4.14 Comparaison des résultats de l'évaluation du confort thermique dans les places et les parcs japonais et suédois.....	123
Chapitre 5 : Impact : Morphologie urbaine – Confort thermique extérieur	
Graphe 5.1 Évolution de la température de l'air (T air) et de la température radiante (tmrt) au cours d'une journée d'été au quartier M'cid.....	144
Graphe 5.2 Comparaison entre les écarts de températures de l'air dans les différents quartiers (à Biskra) Par rapport à la station météorologique (saison été).....	147
Graphe 5.3 La quantité d'énergie solaire absorbée en fonction de la température de surface pour plusieurs matériaux.....	151
Chapitre 6 : Etat de l'art	
Graphe 6.1 Comparaison entre valeurs journalières de la PET des scénarios : II et III.....	160
Graphe 6.2 Variation de la température moyenne radiante dans les deux canyons NE-SO et NO-SE.....	165
Graphe 6.3 Variation du PMV dans les deux canyons NE-SO et NO-SE.....	165
Graphe 6.4 Valeurs de la TMR et la PET calculées par le biais du Rayman modèle.....	167
Chapitre 7 : Climat et formes urbaines à Tolga	
Graphe 7.1 Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2003-2013).....	176
Graphe 7.2 Moyennes mensuelles de l'humidité relative pendant la décennie (2003-2013).....	177
Graphe 7.3 Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2003-2013).....	178
Graphe 7.4 Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2003-2013).....	178

Graphe 7.5 Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2003-2013).....	179
---	-----

Chapitre 9 : Résultats et interprétations.....

Partie d'été :

Hai El-Moudjahidine :

Graphe 9.1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	218
Graphe 9.1.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	219
Graphe 9.1.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	221
Graphe 9.1.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	223
Graphe 9.1.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine....	224
Graphe 9.1.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	226

Sidi Rouag :

Graphe 9.2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	229
Graphe 9.2.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	230
Graphe 9.2.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	231
Graphe 9.2.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	233
Graphe 9.2.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	235
Graphe 9.2.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	237

150 logements C.N.E.P :

Graphe 9.3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au quartier 150 logements (CNEP).....	240
Graphe 9.3.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP.....	241
Graphe 9.3.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP.....	243
Graphe 9.3.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP.....	244
Graphe 9.3.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP.....	246
Graphe 9.3.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP.....	248
Graphe 9.3.7 Corrélation entre la température physiologique équivalente (PET) et température moyenne radiante (TMR) au 150 logements CNEP.....	249

Rassouta Ouest :

Graphe 9.4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest	251
Graphe 9.4.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest.....	252
Graphe 9.4.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest.....	254
Graphe 9.4.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest.....	255
Graphe 9.4.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest.....	257
Graphe 9.4.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest.....	259

Vieux Tolga :

Graphe 9.5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga...	262
Graphe 9.5.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga.....	263
Graphe 9.5.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga.....	265
Graphe 9.5.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga.....	266
Graphe 9.5.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga.....	268
Graphe 9.5.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga.....	270
Graphe 9.5.7 Corrélation entre la température physiologique équivalente (PET) et température moyenne radiante (TMR) au vieux Tolga.....	271
Partie d'hiver :	
Hai El-Moudjahidine :	
Graphe 9.1.1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	274
Graphe 9.1.1.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	275
Graphe 9.1.1.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	277
Graphe 9.1.1.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	278
Graphe 9.1.1.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	279
Graphe 9.1.1.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.....	280
Sidi Rouag :	
Graphe 9.2.2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag.....	282
Graphe 9.2.2.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag.....	283
Graphe 9.2.2.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag.....	285
Graphe 9.2.2.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag.....	286
Graphe 9.2.2.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag.....	288
Graphe 9.2.2.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag.....	289
150 logements C.N.E.P :	
Graphe 9.3.3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements (CNEP).....	291
Graphe 9.3.3.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements CNEP.....	292
Graphe 9.3.3.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements CNEP.....	294
Graphe 9.3.3.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements CNEP.....	295
Graphe 9.3.3.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (20/01/2014) au quartier 150 logements CNEP.....	297
Graphe 9.3.3.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements CNEP.....	298
Rassouta Ouest :	
Graphe 9.4.4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	300
Graphe 9.4.4.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	301
Graphe 9.4.4.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	303
Graphe 9.4.4.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	304
Graphe 9.4.4.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	306

Graphe 9.4.4.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (20/01/2014) à Rassouta Ouest.....	307
Vieux Tolga :	
Graphe 9.5.5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga	309
Graphe 9.5.5.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga.....	310
Graphe 9.5.5.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga....	312
Graphe 9.5.5.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga.....	313
Graphe 9.5.5.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga.....	314
Graphe 9.5.5.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga.....	315

Chapitre introductif :

Problématique, **h**ypothèses ...

Objectifs, et **m**éthodologie de recherche



1. Introduction :

« ...une décision consciente peut être prise soit en se référant à la tradition, soit par des raisonnements logiques et l'analyse scientifique. Les deux démarches devraient conduire au même résultat, car la tradition est l'aboutissement de l'expérience pratique des maintes générations face à un même problème, tandis que l'analyse scientifique est simplement l'observation systématique des aspects du problème. »

H. Fathy

Pendant un demi-siècle, l'humanité enregistra un taux appréciable dans le cadre de l'urbanisation et un essor notable au niveau architectural, ces derniers font suite à une maîtrise parfaite de la haute technologie. Néanmoins ces progrès ont bouleversé l'équilibre écologique planétaire. A vrai dire, la planète terre souffre beaucoup des perturbations et changements climatiques qui agissent négativement sur l'environnement. La plupart de ces changements se manifestent par des hausses de température, l'îlot de chaleur urbain et tous les aspects inhérents aux bouleversements climatiques au niveau des centres urbains. De là, l'être humain souffre d'un malaise produit par des symptômes touchant l'espace urbain. La complexité des tissus urbains et leur interaction avec les phénomènes environnementaux a posé plusieurs difficultés aux concepteurs, et les maîtres d'ouvrage ; en outre il a ouvert beaucoup d'investigations afin de définir et résoudre ces problèmes. Sous le poids de l'explosion démographique, l'Etat avec l'aide des spécialistes cherche à trouver des solutions adéquates aux problèmes posés par les mauvaises conditions de vie, dont des initiatives de réflexion au niveau de la planification urbaine, face à cette explosion démographique. En outre, de nouvelles approches qui considèrent la ville comme un système dans lequel se développent, se chevauchent, plusieurs sous-systèmes ont été développés récemment. Ces nouvelles approches font l'objet de plusieurs études de systématisation liant ainsi les rapports entre les différentes propriétés de l'environnement urbain que ce soit les bâtiments, la population, le climat ou la morphologie urbaine.

Vu ces progrès, l'Etat algérien cherche toujours des solutions empruntées (à d'autres pays) qui vont à l'encontre de nos traditions et notre milieu vital, donc une idéologie qui ne permet pas d'améliorer notre cadre de vie.

Aujourd'hui l'Algérien est confronté à un futur aléatoire dans ses dimensions multiples ; son environnement, son abri et sa santé. Le confort thermique pose des questions importantes, en tant que l'un des critères du bien-être, et qui subit l'impact du milieu immédiat. Plusieurs relations conceptuelles, constructives, et socioculturelles associent la ville à son climat, dont les paramètres climatiques sont influencés directement ou indirectement par l'ensemble urbain. La nouvelle démarche du développement durable a mis l'accent sur ces problèmes écologiques d'une manière adaptée au contexte avec ses aspects physiques et morphologiques, sans toucher la masse naturelle, et préserver le cadre vital. Dans ce cas nous allons aborder un sujet qui traite de l'impact des tissus urbains sur le confort thermique extérieur, cherchant les points noirs dus à la gestion inadéquate de l'Etat,

et recommander une liste de solutions pouvant améliorer les conditions de vie, dont la régularisation de l'environnement thermique, le retour à l'image du passé avec une réflexion urbanistique locale maîtrisée.

2. Problématique :

Le contexte urbain offre un environnement riche et varié qui influence d'une part sur la manière de nos utilisations des espaces publics, et d'autre part de nos perceptions au stimulus thermique. Un tissu urbain forme un milieu où nos activités prennent des déroulements quotidiens, dont les activités humaines, l'industrie et le transport. Les centres urbains actuels, ont vu leur microclimat modifier au fur et à mesure l'activité humaine : or, les millions de déplacements automobiles quotidiens, le chauffage et l'éclairage des édifices et des lieux publics, la simple présence des milliers d'être humains sont autant des sources de chaleur et de pollutions diverses qui déterminent le microclimat urbain ; dans ce sens la chaleur ressentie dans les villes par les citoyens peut avoir diverses origines, naturelles ou anthropiques. Aujourd'hui les tissus urbains posent des questions délicates sur un déséquilibre et un impact néfaste sur le microclimat urbain de la ville (un réchauffement de l'air, les îlots de chaleur urbains ; ces derniers sont des phénomènes environnementaux caractérisés par des températures élevées dans le centre -ville par rapport au milieu rural environnant. Ce phénomène apparaît surtout pendant la nuit).

Plusieurs spécialistes ont commencé à faire des investigations sur ces phénomènes afin de définir un antidote de la maladie environnementale contractée par nos villes. Les changements climatiques dans ces espaces urbains illustrent l'ampleur de la forme urbaine, et indiquent des conséquences dues aux interventions humaines sur le milieu naturel. Suite aux besoins accrus de l'habitation et des services ; les terrains sont remplis de la matière dure telle que : béton, goudron, et structures de divers types. Le microclimat subit à ces interventions, ne cesse guère à stabiliser, vu une mutation journalière dont les hausses de chaleur, orages, écart de température journalière important, et on peut constater que l'année est devenue entre hiver, pas tellement froid et un été hyper-chaud. La complexité spatiale et morphologique des tissus urbains et leur interaction avec les phénomènes environnementaux suscite des difficultés pour les concepteurs, maîtres d'œuvres ou maîtres d'ouvrages (intégration des bâtiments au tissu urbain et interactions avec l'environnement), lors du processus de la conception et de la prise de décisions. Ce constat a favorisé le développement de la recherche dans le domaine de la morphologie urbaine. Néanmoins, la mauvaise planification urbaine, ou la faible conception et la gestion ont mis la ville dans des conditions inadéquates, dont la consommation d'espace et d'énergie (cette dernière exige une climatisation qui participe à l'augmentation du réchauffement extérieur).

Concernant les anciens établissements humains du sud algérien, où le confort thermique est l'un des critères essentiels à penser, ces agglomérations ont mis leurs empreintes à l'urbanisation saharienne, dans un contexte hostile et fragile. L'espace ksourien donna une idéologie bioclimatique parfaite à la conception des villes concernant toute les dimensions

urbanistiques et architecturales dont le ksar forme une masse compacte, dense, organique, labyrinthique, et homogène au site immédiat. Cette valeur bioclimatique s'exprime clairement à l'intravertis, inertie thermique, la densité, et la bonne maîtrise de la lumière naturelle et l'ombre. Cependant pour la morphologie urbaine qui est au cœur d'un grand débat, la densité du bâti constitue un objet d'étude fondamental. En dépit qu'elle révèle l'une des préoccupations de l'urbanisme bioclimatique, la densité urbaine constitue une caractéristique fondamentale de toute forme urbaine ; car il est bien évident que les villes ne représentent pas une forme unique, mais quelque soit leur forme, les villes se définissent avant tout par leur densité relative, des habitants ou des constructions (Adolphe et al, 2003). Aujourd'hui, les villes appartenant aux régions arides connaissent ces dernières décennies une croissance urbaine des plus démesurées, bénéficiant ainsi d'un rythme d'urbanisation très intense. Cette dynamique actuelle vive a débouché sur de nouvelles formes urbaines, issues d'une urbanisation peu dominée, utilisant des outils d'urbanisme basés sur des modèles importés, inadaptés au contexte saharien avec ses caractéristiques distinctives. Ajoutant à cela la diversification vigoureuse des activités anthropiques et la fragilité et la précarité des écosystèmes existants.

De ce point, l'urbanisme actuel fouille sur plusieurs détails provoquant le lien climatologie-urbaine, et après des recherches faites, des simulations ont prouvé que les anciens tissus des ksour participent à la régularisation du microclimat de la ville, dont la température de l'air extérieure est basse, la vitesse de l'air stable, et un albédo minimal, grâce à la composition urbaine dont la densité, le système parcellaire, viaire, le système bâti, et le système des espaces libres, décident et déterminent le climat urbain. Par contre les nouveaux tissus sont caractérisés par une géométrie régulière, rectiligne et ouverte par rapport à la fermeture et la densité des anciens noyaux, et souffrent d'une mauvaise adaptation climatique et intégration au contexte saharien, en conséquence ça engendre une importante utilisation de la climatisation et de la consommation énergétique.

Les villes du sud algérien aujourd'hui perdent leur identité, leur aspect qui était souvent un facteur de la symbiose entre nature et homme, et un indice du savoir faire face à l'environnement. Une nouvelle lecture a dominé le milieu saharien, la forme urbaine présente reste le résultat concret de la législation urbanistique erronée de notre pays. De ces points de vue les questions se posent:

- **Peut-on considérer que la morphologie des tissus urbains est le facteur phare des bouleversements thermiques extérieurs ?**
- **Quelle est la relation entre la morphologie urbaine et l'inconfort qui contracte la ville oasienne ?**

3. Hypothèses :

La problématique annonce plusieurs hypothèses, lesquelles supposent l'existence d'une relation entre les caractéristique du tissu et la situation microclimatique et environnementale qui lui est propre cela paraît évident en premier lieu, mais que l'on considère que la forme

urbaine comme un paramètre déterminant pour la compréhension de certains facteurs sur l'environnement urbain pourrait constituer une voie intéressante pour l'analyse urbaine prenant en compte les conditions environnementales aux travers des descripteurs morphologiques.

Pour répondre à la problématique posée, nous avons émis les hypothèses suivantes :

- La variation de la densité des tissus urbains, et les matériaux de constructions engendrent des modifications significatives sur les paramètres climatiques tels que : température de l'air, la température ambiante, la vitesse de l'air, et humidité relative.
- La densité urbaine, joue un rôle primordial à la préservation du cadre bâti, face aux changements climatiques, en particulier pendant la saison estivale.
- La configuration du tissu urbain véhicule le confort thermique extérieur d'une manière changeable en fonction de la morphologie urbaine.
- Le confort thermique de l'homme de la région diffère des standards internationalement établis.

Mots clés : Tissu urbain, morphologie urbaine, densité urbaine, confort thermique extérieur.

4. Objectifs de la recherche :

« Chaque lieu est certainement singulier, dans la mesure où il présente une multitude d'affinités ou d'analogies avec d'autres lieux ; même le concept d'identité, et donc d'étrangeté, est relatif [...] j'ai toujours affirmé que les lieux sont plus forts que les personnes, la scène fixe plus forte que l'épisode. C'est la base théorique, non de mon architecture, mais de l'architecture [...] je crois que le lieu et le temps sont la première condition de l'architecture, et donc la plus difficile »

Aldo Rossi

Les objectifs de notre recherche et de connaître les relations entre tissu urbain et confort extérieur dans un milieu qui cherche son identité perdue dans le temps :

- Faire une lecture morphologique sur notre ville, par conséquent analyser les tissus urbains existants et donner à chacun ses caractéristiques, pour bien décortiquer nos stations d'investigations.
- Le confort thermique est défini par quatre paramètres principaux (température de l'air, température ambiante, vitesse de l'air, et l'humidité relative), donc il s'agit de

- diagnostiquer les paramètres du confort thermique extérieur (ce pendant on utilise des outils de mesure) et définir les sources des réchauffements en ville suscitant l'inconfort.
- Comprendre les interactions, tissus urbains et confort extérieur : avec une étude comparative entre un tissu traditionnel et un autre planifié récent, en sortant l'ensemble des éléments principaux influents sur l'environnement thermique.
- Mentionner un ensemble de solutions appréciables pour un contrôle rigoureux de la planification et la gestion d'une ville suffisamment adaptée au climat.

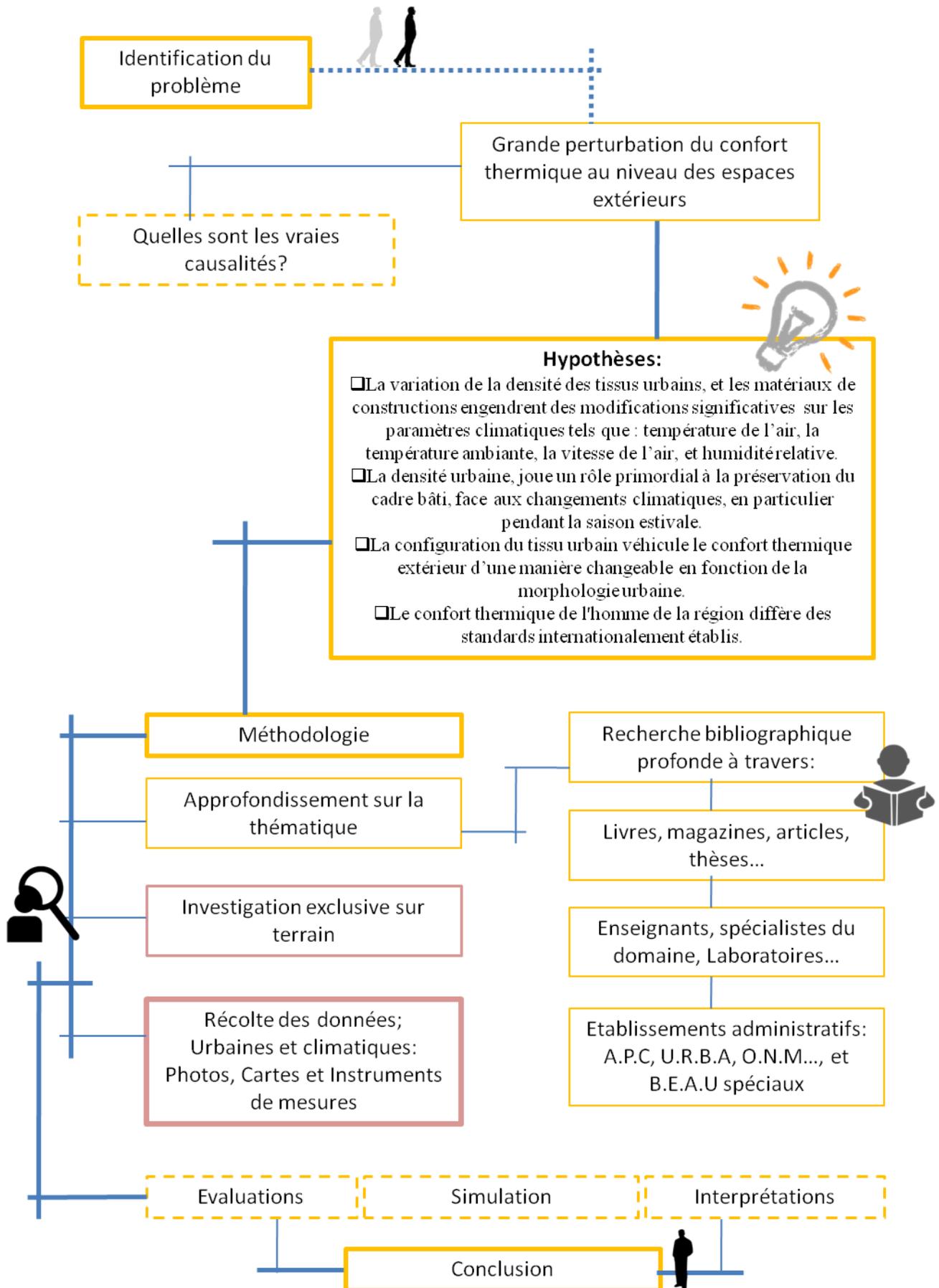
5. Méthodologie de travail :

Afin de répondre aux questions posées, et les hypothèses articulées, notre recherche s'établira de la manière suivante :

La première partie qui donne sur une recherche bibliographique sur le contenu du sujet proposé, dans un autre sens cette première étape vise à comprendre un croisement des termes, dont tous les concepts de base qui ont un rapport avec le sujet, alliant concepts urbanistiques, paramètres climatiques, et confort thermique extérieur. De là, une répartition frappera cette phase ; ensuite nous aborderons les interactions liées à la morphologie urbaine et microclimat, tout en insistant sur l'inconfort extérieur et les phénomènes physiques engendrés (îlot de chaleur urbain, rugosité...). Après ces deux phases (sont réparties en trois chapitres) il faudra passer sur l'état de l'art afin de comprendre les recherches antérieures sur notre sujet, ces dernières serviront de base de données approfondies, et montrent des expériences faites auparavant nécessaires au détail du sujet.

La deuxième partie abordera l'étape expérimentale, qui commencera par l'identification du cas de notre étude qui sera la ville de Tolga, dont la collecte des données urbanistiques et architecturales en imbriquant les paramètres climatiques. La seconde étape vise à l'investigation sur le terrain, dont l'opération se fera sur un échantillonnage de quartiers (quartier traditionnel, quartier colonial, lotissement planifié et auto construits, ensemble collectif), pour déterminer la densité urbaine du quartier concerné par on utilisant les indicateurs de la densité, or la prise des mesures concernant l'aspect microclimatique et l'indicateur du confort extérieur (faisait avec des outils de mesure, afin d'évaluer notre station d'étude), sans oublier nos interventions à travers des simulations, pour bien illustrer les données qu'on a collecté, d'où la synthèse que nous devons extraire de cette expérimentation.

La dernière partie prendra la phase conclusion, d'où sortira une collecte de solutions et législation sous la forme des recommandations adéquates à notre cas d'étude.



Chapitre 1 :

Une vision urbanistique ;

Tissu urbain, morphologie et densité urbaine



Introduction :

« Les métropoles continuent et continueront de grandir, de concentrer une partie croissante des hommes et des richesses, de s'étendre sur des territoires de plus en plus vastes, d'intégrer dans leur système quotidien des zones urbaines et rurales de plus en plus éloignées... »

François Ascher

Pendant l'évolution de l'humanité au cours des siècles, plusieurs mutations ont frappé notre planète terre où l'homme se fait protégé et s'alimenté, et vécu. L'être humain contrôlé par l'instinct animal cherche souvent à s'adapter et s'attacher à son environnement immédiat, dont il tente de trouver la bonne piste de son bien-être, comme abri, et toutes sortes d'alimentation. Ses lieux de vivre, les villes ou les agglomérations, continuent à lui donner la façon de telle intégration et de stabilité. Parlant de la ville, c'est l'espace où se déroule toute une vie, où s'abrite une société, et où s'enchevêtrent des faisceaux d'activités. Dans ce sens la ville, c'est une agglomération relativement importante et dont habitants ont des activités professionnelles diversifiées, notamment dans le domaine tertiaire (Larousse). L'homme et toujours accorder à son environnement immédiat, il prend ce que la nature lui donne puis il donne son propre produit. Les établissements humains sont des produits premièrement d'un environnement soit riche ou pauvre, et quelque soit le climat, et aussi d'un savoir faire. Toutes les civilisations précédentes cherchaient à créer une symbiose avec le milieu contenant leurs villes, malgré cette symbiose était un fait au hasard soit disant.

L'image de la ville a vécu des figures différentes en rapport avec son milieu, ces établissements humains se différençaient par, la taille, le climat, la culture, et leur développement socio-économique, et bien qu'il n'existe pas des villes types, certaines caractéristiques sont communes à populations urbaines en général. La forme de la ville actuelle reflète l'imbrication de plusieurs éléments constitutifs, se manifestent bel et sauf au niveau de l'organisation spatiale et la forme urbaine.

Les villes aujourd'hui prennent une voie qui ne connaisse guère une limite, vu l'explosion démographique mondiale et l'amélioration des taux de services, la population urbaine donne une image d'un déséquilibre entre urbain et environnement naturelle. Les tissus urbains contemporains cherchent bien une forme où se s'intègre la vie humaine, sans perturbations, sans fléaux menaçant la prospérité de l'être humain.

1. Définitions du tissu urbain :

*** Qu'est-ce qu'un tissu ?**

- Selon de dictionnaire « Larousse 2001 » le tissu c'est le matériau obtenu par l'assemblage de fils entrelacés. Ensemble d'éléments constituant un tout homogène.
- Disposition de l'habitat et des activités dans une ville.
- le « tissu urbain », est un concept développé en urbanisme pour décrire le rapport entre espace bâti et non bâti en milieu urbain.

1.1. Tissu urbain :

Abordons notre terme d'une vision biologique, la formule « tissu urbain » peut renvoyer aux sciences biologiques. Dans une conception dynamique et vitaliste de la réalité urbaine, la ville est considérée comme une entité vivante ; une structure en mutation, en évolution, qui s'oppose aux acceptions statiques de la cité figée dans ses murs, dans ses limites et sa géométrie. Comme l'organisme vivant, l'organisme urbain, est susceptible de croissance. Les éléments qui le composent sont sujets à des modifications, altérations, substitutions, au même titre qu'un tissu cellulaire. Ils peuvent être également l'objet des relations réciproques qui rappellent le métabolisme et les interactions entre les cellules biologiques.

Le tissu urbain c'est aussi la métaphore qui fait référence au tissage - le textile.

Le terme de tissu urbain entraîne une double acception. Il s'agit d'une vision locale qui « oublie » momentanément l'organisation de l'ensemble, l'armature, le squelette, pour s'intéresser au remplissage, à la substance. Il s'agit d'une organisation qui présente à la fois une forte solidarité entre les éléments et une capacité à s'adapter, à se modifier, à se transformer. Appliqué à la ville, le terme de tissu évoque la continuité et le renouvellement, la permanence et la variation (tissus urbains, colloque 1987).¹

En effet, l'unité constitutive du tissu urbain, pourrait se présenter comme une section de rue avec l'ensemble des parcelles desservies de part et d'autre. Mais dès qu'il s'agit un territoire plus vaste que le village-rue, la voirie s'organise en mailles plus ou moins régulières, et le bâti se resserre et s'adosse ou l'îlot fait le résultat de cette imbrication complexe (Panerai, 1999). Dans la totalité de cet ensemble, nous venons à voir une forme de solidarité entre parcelles et voirie, néanmoins cette solidarité ne signifie pas l'homogénéité d'un bâti indissociable.

Après toutes ces définitions, la ville reste souvent un lieu où s'imbriquent plusieurs savoir-faire et des variations de traditions ; autant que l'organisation urbaine ou la planification urbaine est faite avec des lois législatives et des doctrines précises annoncées par l'état sous la direction des spécialistes des domaines. L'architecte et l'urbaniste ont une influence primordiale vue l'intervention sur cet établissement qui ne cesse guère à être stable ou bien d'un autre terme constant.

¹ Colloque tenu à l'université d'Oran en 1987.



Figure 1.1 Le tissu du Caire, le centre ancien
Source : Philippe Panerai, 1980.

1.2. Éléments constitutifs du tissu urbain :

Selon Panerai, parmi les multiples définitions du tissu urbain, et sans préjuger des qualités que l'on peut lui prêter, on a choisi la plus simple. Le tissu urbain est constitué de la superposition ou de l'imbrication de trois ensembles:

- **Le réseau des voies** : caractérisé par leur double rôle de conduire et de distribuer.
- **Les découpages fonciers (système parcellaire)** : ceux où se nouent les enjeux fonciers, et où se manifestent les initiatives privées et publiques.
- **Les constructions (système de bâtis)** : celles qui abritent les différentes activités.

Pierre Pinon dans son ouvrage 'lire et composer l'espace public', l'auteur a représenté un tissu urbain comme ensemble décomposé en deux structures superposées sont :

1.2.1. L'infrastructure :

- Le site
- La trame viaire
- La trame parcellaire

1.2.2. Superstructure :

- Le bâti
- Les espaces libres

Dans un autre angle, Borie et Denieul eux aussi ont bien démontré la composition de la ville. Selon leur ouvrage sur l'analyse morphologique des tissus traditionnels, le tissu urbain est décomposé de quatre systèmes principaux, font les éléments constitutifs de l'espace urbain, ceci en les superposant afin d'avoir le produit dite ville :

a. Le système parcellaire :

En premier lieu, le système parcellaire fait la référence au système de la répartition de l'espace du territoire en un certain nombre d'unités foncières, voire les parcelles. Principalement relié aux lois judiciaires et urbaines, la fragmentation du territoire en entités hétérogènes génère des enjeux mondiaux, représentés dans le manque de l'assiette foncière et l'étalement à l'intérêt des terres agricoles. Ce système identifie bel et bien la forme urbaine initiale de la ville schématisé sous ces divers éléments. Les parcelles peuvent abriter un grand nombre d'activités telles que les jardins, les parcs, terrains réservés pour les constructions, et ainsi des espaces libres.

b. Le système viaire :

Le système viaire est le système de liaison de l'espace du territoire. Il est constitué par l'ensemble des circulations de fonction et d'importance variables. Ce réseau est destiné à innerver les parcelles, donc à relier entre elles les différentes parties du territoire. En principe, mais cette règle souffre peu d'exceptions, chaque parcelle est desservie par une circulation. L'évidence de la voirie c'est absolument la rue, cette structure simple et continue qui permet de circuler, de rentrer chez soi, et d'avoir une desserte. Droite ou sinueuse, large ou étroite, inscrite dans un maillage régulier comme les villes chinoises ou les villes dites coloniales (Panerai, 1999), ce qui la permet un point impératif de la composition urbaine.

c. Le système bâti (tissu constructif) :

Le système bâti regroupe l'ensemble des masses construites de la forme urbaine, quelle que soit leur fonction (habitation, équipement) ou leur dimension. L'îlot identifie le produit propre du système, généralement bâti en partie ou en totalité, délimité par les voies comme il peut contenir en lui-même des parcelles de tailles variables qui font un rapport étroit avec la typologie celle du plan de la ville (quadrillé ou ramifié).

d. Le système des espaces libres :

Le réseau des espaces libres est l'ensemble des parties non construites de la forme urbaine, que ces espaces soient publics (places, esplanades, rues...) ou privés (cours, jardins). La distinction entre espaces libres et terrains privés appartient au droit, elle prend selon les cultures et les époques des formes juridiques différentes qui ne sont pas sans conséquences sur les dispositions concrètes. La connaissance même sommaire du cadre juridique évitera des extrapolations trop hâtives ou des approximations hasardeuses.

Donc, comprendre une composition d'un tissu urbain, c'est de le répartir sous des systèmes, ce qui permet de la facilité dans la comparaison entre divers tissus, ceci afin de connaître les caractéristiques propres à chacun de ces systèmes cités.

Cette illustration met en évidence les caractères qui permettent aux différentes parties de la ville d'évoluer tout en maintenant la cohésion de l'ensemble et la clarté de sa structure. Elle s'applique aussi bien aux tissus anciens - fortement marqués par la sédimentation historique qu'aux secteurs d'urbanisation plus récente où la constitution du tissu se présente souvent à un stade initial sous une forme encore embryonnaire. Mais poser ainsi la question c'est admettre même dans les cas les plus défavorables la capacité des choses à évoluer.

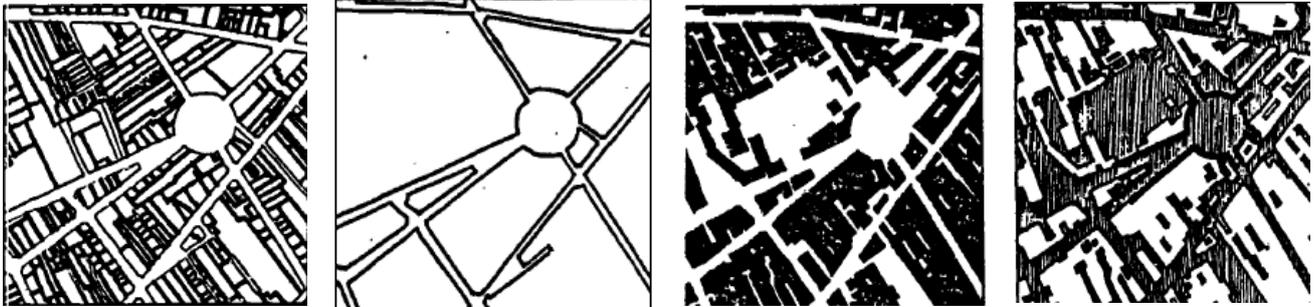


Figure 1.2 Les différents systèmes constitutifs d'un tissu urbain
De gauche à droite : les systèmes : parcellaire, viaire, bâti, espaces libres
Source : Borie et Denieul, 1980.

* Pourquoi la ville est considérée comme un système ?

Un système c'est la combinaison d'éléments réunis de manière à former un ensemble.

Considérer la ville comme un système est une approche intéressante dans la mesure où elle permet d'avoir une idée globale de la ville. La ville sensible, c'est-à-dire les formes urbaines visibles, les usagers, des citoyens et les significations données aux différents espaces sont les effets résultants des interactions complexes qu'entretiennent les facteurs déterminants que sont le développement historique, les progrès techniques, la réglementation, l'organisation sociale, les conjonctures économiques, le pouvoir politique, les références culturelles et les conceptions du monde de la société (Saidouni, 2000).

Jay W. Forrester (*Urban dynamic*, 1969) a tenté de décrire la ville comme un système caractérisé par sa totalité, ses possibilités de transformation et d'autorégulation. La totalité est constituée de trois sous systèmes : les entreprises, les logements, et les populations. Les transformations du système résultent des interventions à l'extérieur.

La ville est à la fois système de domination, mais aussi un système de construction possédant un centre et une périphérie. C'est un système contrasté reposant sur un paradoxe parce qu'animé par un système de dynamique en opposition. La ville peut se définir comme un système sous tension. Dans sa description du système nantais, il a voulu traduire ce qui restait de la ville dans la mémoire des habitants. « *La ville c'est l'antagonisme qui règne entre un système de pentes nettement centrifuge qui toutes mènent le noyau urbain vers son émiettement périphérique et en regard de la puissance atteinte centrale qui les contrebalance et qui maintient la cohésion de la cité* ». ²

² Citation de Julien Gracq écrivain surréaliste Français.

1.3. La combinaison entre différents systèmes :

Il ne faut pas croire que chacun de ces systèmes possède une totale autonomie de structure vis-à-vis des autres. Plusieurs modes qui déterminent la combinaison des systèmes ont été évoqués par les spécialistes ceci pour un objectif opérationnel sur le plan, ainsi pour une connaissance pertinente de la véritable dynamique urbaine. D'après la méthode recommandée de la part de Borie et Denieul (1980), et quels que soient les tissus urbains envisagés, il existe en effet certains modes de couplage ou certains types de superposition privilégiés, c'est-à-dire tous les éléments constitutifs d'un tissu urbain sont toujours en complémentarité.

1.3.1. Les couplages :

Au niveau du couplage, on rencontre une double opération, celle de la complémentarité et l'exclusion entre le système du bâti et le système des espaces libres. Bâti et espaces libres sont les deux systèmes opposés et complémentaires d'occupation de l'espace urbain, ce que les architectes appellent le « **plein** » et le « **vide** » dans un plan de masse.

Aussi, on affirme qu'il y a une complémentarité et exclusion entre le système parcellaire et le système viaire. **Exclusion** : tout ce qui est parcelle n'est pas rue et réciproquement. **Complémentarité** : le système parcellaire sépare les différents espaces et l'autre les relie. Ils ont en commun la propriété de structurer aussi bien l'espace rural que l'espace urbain.

De la manière que en architecture, la distribution est la façon dont l'architecte répartit et relie les différents espaces entre eux, le couple formé par le système parcellaire et le système viaire constitue le mode distribution du territoire urbain.

En revanche, le couple formé par le système bâti et le système des espaces libres constitue le mode d'occupation du territoire urbain.

En conclure, une réglementation générale pour la relation entre système viaire et celui de la parcelle qui le borde, nous tentons à élaborer un ensemble de stratégies qui peuvent ordonnées tel rapport (Panerai, 1999). On signale que certaines voies peuvent être ordonnancées, et d'autres non, ce qui nous permet à recommander les règles suivantes :

- Fixer la largeur de la voie, et son emprise (en laissant ainsi l'implantation des bâtiments, leur hauteur, le revêtement s'il y en a à l'initiative de chacun.
- Imposer des bordures (voire des clôtures) en fixant leurs dimensions et matériaux.
- Imposer de construire juste à l'alignement, sur une rive ou sur les deux.
- La construction en mitoyenneté, de même sur une ou deux rives de la rue.

Cette méthode nous facilite d'avoir le résultat engendré du mariage entre deux ou plusieurs systèmes, principalement exécuté sur le niveau plane et le tridimensionnel de la forme urbaine existante. On rajoute ainsi que les éléments définis par l'approche paysagiste d'après Kevin Lynch font aussi un référentiel de ce mode de combinaison.

1.3.2. Les superpositions :

Le bâtiment se situe exclusivement sur la parcelle : le système bâti vient donc s'inscrire exclusivement dans le système parcellaire. Cependant, il peut arriver que les bâtiments recouvrent une rue (passage couverts dans les tissus urbains arabes ou médiévaux).

En revanche, les espaces libres s'inscrivent à la fois dans le système viaire (rues, boulevards...) et dans le système parcellaire (espaces libres privatifs associés aux bâtiments). On notera que les espaces libres à caractère singulier et non répétitif s'inscrivent tantôt dans le système viaire (mails, places) lorsqu'ils s'articulent directement à la voirie, tantôt dans le système parcellaire lorsqu'ils en sont relativement indépendants (jardins, parcs... Etc.) (Borie et Denieul, 1980).

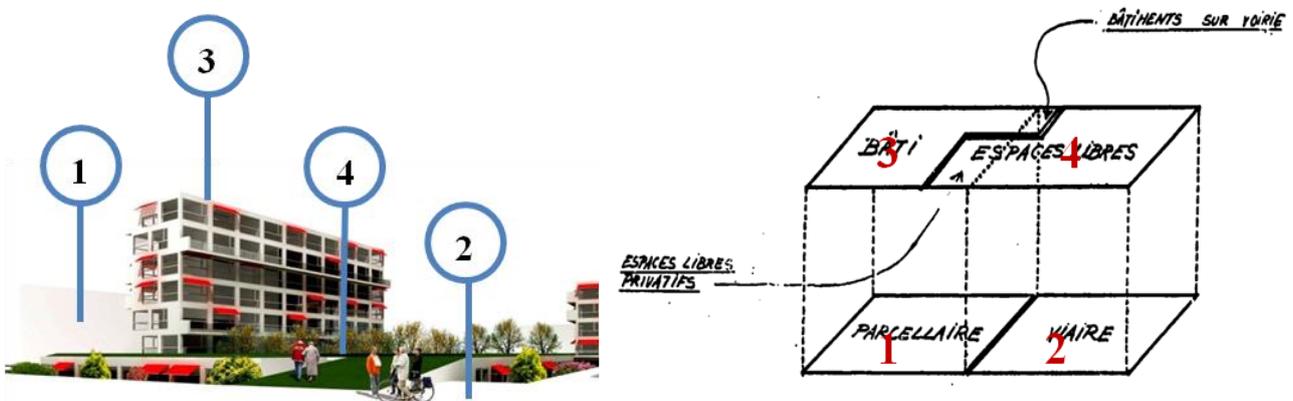


Figure 1.3 Schéma de la superposition des quatre niveaux de structuration du tissu urbain

Source : Borie et Denieul, 1980 reproduit par l'auteur.

2. La morphologie urbaine :

2.1. Définitions :

Une morphologie selon le dictionnaire Larousse c'est l'étude de la forme et de la structure externes des êtres vivants dans les différentes sciences biologiques.

Or, l'étude de la quantité, de la forme, de la répartition et de la proximité des éléments d'une structure macro- ou micrographique.

Nous pouvons décrire qu'une morphologie soit la forme tridimensionnelle d'une particule solide, elle combine entre hauteur, largeur, et profondeur. En outre, l'ingrédient constitutif sera bien déterminé selon son matériau et couleur, ceci afin d'avoir la possibilité de connaître une interaction réciproque envers l'entourage immédiat.

* **Qu'est ce qu'une morphologie urbaine ?**

La morphologie urbaine est l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive de son tissu urbain et des rapports réciproques des éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (rues, places et autres espaces publics...) (Rémy Allain, 2005).

Selon Lévy (2005), l'objet principal de la morphologie est de permettre la lecture de la ville en comprenant l'évolution de la forme urbaine. Cette dernière constitue un objet d'étude construit à partir d'une hypothèse de définition, d'une représentation et d'un point de vue sur la forme. Selon Lévy (2005), la forme urbaine est une notion polymorphe qui peut être saisie de différents aspects selon le point de vue pris par chaque urbaniste et la définition adoptée. En croisant les différents points de vue, Lévy (2005) a distingué cinq approches ou registres de la forme urbaine.

L'approche de la forme urbaine comme forme des **paysages urbains**, pour laquelle l'espace urbain est saisi visuellement (couleur, style, etc.) dans sa tridimensionnalité (volumétrie et gabarits) et dans son style architectural (mouvement moderne ou high-tech par exemple) (Lynch, 1960 ; Castex et al. 1980).

La forme urbaine comme forme sociale, pour laquelle l'espace urbain est étudié dans son occupation par les divers groupes sociaux, démographiques, ethniques ou religieux (Grafmeyer et Joseph, 1984 ; Roncayolo, 1996).

L'approche de la forme urbaine comme forme des tissus urbains, qui consiste à étudier les corrélations entre les éléments composant l'espace urbain (parcellaire, voiries, rapport espaces libres/espaces bâtis et morphologie des îlots par exemple) (Panerai et Langé, 2001).

L'approche de la forme urbaine comme forme des tracés (Pinon, 1994 ; Lévy, 1996). Cette approche renvoie à la forme géométrique du plan de la ville (plan organique, plan en damier ou plan radioconcentrique par exemple).

L'espace urbain comme forme bioclimatique, pour laquelle la forme urbaine est traitée dans sa dimension environnementale, comme microclimat urbain, tant dans ses variations géographiques par quartier, que dans sa diversité liée aux types de tissu (ouvert, fermé, vertical), selon l'orientation (héliothermique), selon le site (eau, relief, végétation) (Escourrou, 1980 ; Escourrou, 1991).

En fin, c'est on évoque la notion d'un angle paysagère (voir la troisième définition), Kevin Lynch parle des paysages urbains qui font les éléments fondateurs de la ville. Cependant ses paysages (séquences) identifient la personnalité et contribuent à une atmosphère civile. Mais dès qu'une compréhension précise des éléments s'impose c'est la forme urbaine qu'il s'agit. Une analyse morphologique complète et enrichit cette approche paysagère et permet de dépasser la vision superficielle d'une ville-décor. L'expression évoque l'aménagement, l'urbanisme, quelque chose souhaitée par l'homme. En revanche la forme urbaine dépasse les volontés des décideurs ou concepteurs des villes (Rémy, 2005). C'est tout d'abord une

construction progressive, évolutive, complexe de tracés, de rues, de façades, de monuments, et un tissu vivant qui se nourrit au fur et à mesure du temps et de ses particularités.

Voir ces définitions, nous pouvons constater que la morphologie urbaine, joue le rôle primordial dont la forme urbaine d'une ville ou bien d'une agglomération, soit le produit exclusif aux interactions entre éléments composants d'un tel tissu urbain.

2.2. Le système morphologique :

A vrai dire le système morphologique s'agit de l'un des sous-systèmes du système urbain global. Ceci peut être décomposé en trois grands composants : des éléments qui fondent une structure (mode d'organisation de ces éléments), cette dernière obéit géométriquement et juridiquement à des logiques spontanées ou réglementées qu'on peut les appeler moyens.

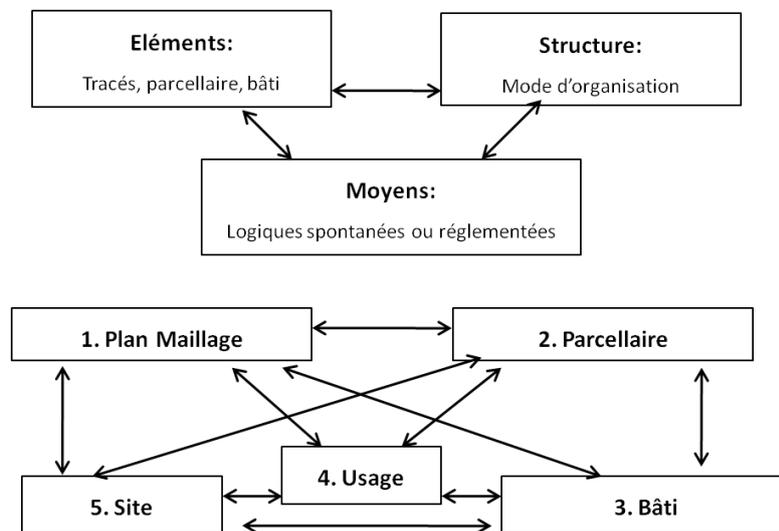


Figure 1.4 Détails des éléments du système morphologique
Source : Rémy Allain, 2005 reproduit par l'auteur.

2.2.1. Les éléments :

Comme caractère fidèle à l'aspect formel d'un tissu urbain, la morphologie n'échappe pas des éléments constatifs du tissu. Ces derniers correspondent aux trois structures mentionnées par (M.R.G Conzen) le père de la morphologie urbaine anglo-saxonne qui l'a réparti en sous-éléments tels que : le plan, le bâti, et l'usage du sol. Ces derniers peuvent être détaillés par des cinq composantes principales (Rémy, 2005) :

- a. **Le plan** : celui qui aborde trois réalités planaires celles de la forme générale de l'agglomération, le plan général de la ville structuré par une trame de voiries (viaires), et le plan du maillage qui recouvre l'échelle des lotissements et les différents secteur de ville.

- b. **Le parcellaire** : qui correspond au découpage du sol en lots ou parcelles, pour le but de son appropriation ou son utilisation. Le parcellaire se caractérise par son évolution lente et qui subit en général aux divisions multiples, comme aussi il sert de support au bâti qu'il influence et par lequel il peut être influencé.
- c. **Le bâti ou le tissu constructif** : représente la composition d'immeubles se diffèrent selon quelques critères comme l'âge, leur typologie, leurs styles architectoniques. Le bâti ne renvoie seulement pas aux bâtiments il peut conférer à le non bâti ce qui est connait du plein et vide (voire les espaces publics tels : places, parcs, jardins....etc.). Conzen définit l'enchevêtrement complexe et varié entre le bâti et le non bâti comme tissu urbain (urban fabric). Majoritairement stable chez un grand nombre des villes, mais il est relatif d'une grande part aux dimensions socio-économiques.
- d. **L'utilisation du sol** : elle définit les ensembles fonctionnels (activités pratiquées) dans la ville c'est-à-dire le zoning sous formes de secteurs (espaces industriels, tertiaires, de loisirs ou résidentiels). Il détermine un parcellaire et des formes adaptées particulières ainsi que leurs évolutions. Mais il existe d'innombrables exemples de déconnexion entre forme et son usage dus au caractère plus instable de cet élément qui sans être purement morphologique et un élément essentiel pour la définition des formes (Rémy, 2005).
- e. **Le site** : son influence est importante sur les structures précédentes mais il fait lui-même une partie intégrante de la forme. Le site se définit avant tout par la topographie, l'hydrographie, et la végétation, celles-ci entraînent leurs spécificités sur la forme urbaine de la ville comme exemple fameux nous citons la pentapole ³ de la ville de Ghardaïa.

2.2.2. La structure :

Une structure du système morphologique correspond au mode d'organisation des éléments entre eux, ce qui construit un tissu urbain. Cependant le résultat peut être continu, discontinu, dense, lâche ou étalé en se basant sur certains axes trafics, la contrainte physique du contexte (vallée, rempart), ou la limite administrative celle qui détermine les valeurs quantifiables des densités urbaines, des maillages, des parcellaires ou bien des modes d'organisation différents des unités bâties.

2.2.3. Les logiques et les moyens :

Pour assembler des éléments constructifs sous une structure quelconque il est impératif de se référer aux moyens d'un système morphologique. Les moyens sont en fait les idéologies et les décisions revendiquées à un processus conceptuel qui contribue à donner naissance à une structure, dans un autre sens un type de combinaison plutôt qu'un autre.

³ Pentapole est le nom donné par les urbanistes à la ville de Ghardaïa, dont le rayonnement s'étend sur cinq ksour.

Un système morphologique est considéré comme le fœtus qui s'accroît au fur et à mesure de l'accroissement démographique et économique, ce qui rend sa morphogénèse un parcours très difficile à le jalonner aisément sur la base d'un code urbain.

2.3. Evolutivité morphologique des tissus urbains :

*** De quoi parle-t-on ?**

Un regard historique nous montre qu'une ville ne cesse d'évoluer en se transformant au gré des pratiques citadines, des cultures, des usages, etc. Il semble que selon les types d'urbanisations et selon les logiques de marché, cette évolution soit plus ou moins facile : à titre d'exemple à *Levallois Perret, l'évolution de la ville s'est faite et continue de se faire à un rythme très soutenu*, à *Ivry-sur-Seine, le rythme de l'évolution urbaine est plus lent*.

Un tissu évoluera plus ou moins vite selon que les pouvoirs publics décideront d'accompagner ou non cette transformation. Les évolutions socio-démographiques (vieillesse, taille des ménages, etc.) semblent également conditionner des évolutions plus spontanées de la ville (actions individuelles d'extension des logements, de divisions de parcelles, etc.). Enfin, la typologie du tissu urbain, à travers son découpage et le type de bâti, rend plus ou moins évidente les transformations (reconversions, extensions, etc.) : les grands ensembles se transforment moins facilement que les tissus pavillonnaires de proche banlieue. C'est sur les champs de la trame urbaine et des formes bâties que l'urbaniste peut intervenir et auxquels nous avons choisi de nous intéresser dans cette étude.

2.3.1. Un parcours évolutif, formes et mutations :

L'analyse diachronique et synchronique décortique soigneusement les différentes mutations qu'ont vécu les tissus urbains à travers le monde, dans lequel cet organe qu'on peut le dire qui ne cesse guère à changer d'un temps à l'autre et d'un lieu à un autre aussi. En effet nous tentons à examiner une liste catégorique qui explique certains exemples mondiaux ont bien gravé leur empreinte sur les lignes de l'histoire.

a. La ville islamique :

Caractérisée par un maillage spécifique fait de rues étroites avec des maisons basses à patio « serrées comme des grains de grenade », et organisées autour des points de convergence que sont la grande mosquée et le souk. Les coutumes islamiques interdisent de construire en hauteur, les gains se font aux dépens de l'espace dit public déjà restreint à la rue et que le droit musulman défend mal. Les traces demeurent dans toutes les villes des pays ayant connu une longue période de domination musulmane. Innombrable d'exemples sont témoins de l'urbanisation islamique telle que la ville de Bagdad, Le Caire, et Sanaa, aussi sans oublier le caractère essentiel du ksar celui qui représente l'agglomération saharienne dotée d'une forte densité et compacité urbaine. Le fond de l'urbanisation islamique respecte les traditions musulmanes comme l'environnement immédiat majoritairement situées au climat désertique, ce qui préfigure la coexistence conjugée entre site naturel et civil. L'architecture islamique elle aussi marque bien ces spécificités par les ornements et éléments tels que les coupoles et les minarets ornés d'une texture architecturale séduisante.

b. La ville médiévale européenne :

En effet la ville dite médiévale n'est pas le produit d'un système urbanistique imposé par un pouvoir mais d'un urbanisme de marchands et artisans citoyens, de multiples initiatives individuelles, de techniques artisanales, d'un savoir-faire varié. C'est une typologie parcellisée dont le micro-parcellaire et l'irrégularité du tissu, l'adaptation au contexte, sont les corollaires. Homogène sans être uniforme, elle est à l'image d'une structure sociale ou l'organisation du travail (les métiers et les corporations) joue un rôle essentiel en tant que demande et savoir-faire. Même si ces conditions ont disparu depuis longtemps, la forme urbaine produite persiste et nous parle (Rémy, 2005). Ce modèle urbanistique préindustriel à évidemment beaucoup inspiré certains courants tels que les culturalistes contemporains. Ceux-ci par réaction de la nostalgie ont voulu réanimer l'aspect perdu dans la vigueur de l'industrialisation vers le retour du pittoresque et la paysage urbain chaleureux des anciennes villes, par titre d'exemples nous citons les travaux de Camillo Sitte ⁴, Arts and Crafts, et Raymond Unwin ⁵ que nous allons aborder dans la suite.

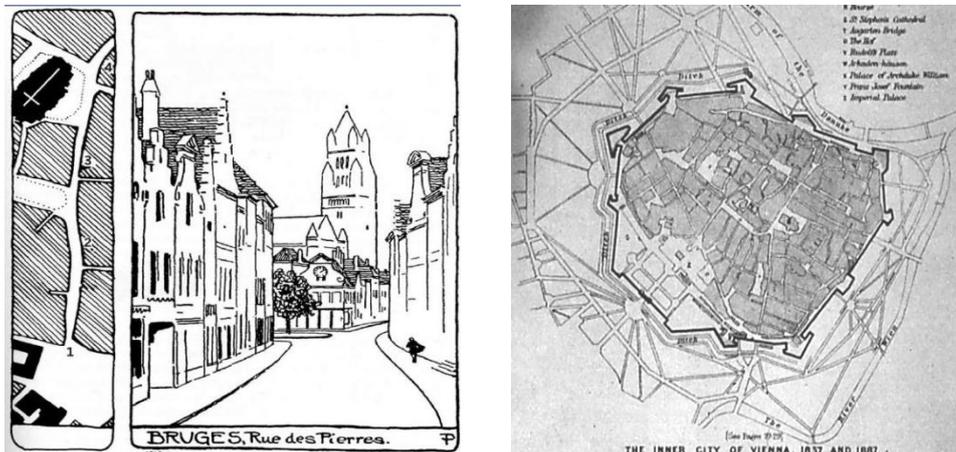


Figure 1.5 Les travaux de Camillo Sitte sur les villes de Bruges et Vienne
Source : Said Mazouz, cours d'architecture 2011.

c. L'idéal urbain classique :

À l'arrivée de la renaissance, les anciens principes urbanistiques celles de l'Antiquité ont été redécouverts pour des nouvelles stratégies de bâtir les villes. Cependant la ville est assimilée à une œuvre d'arts, mais à part la beauté est synonyme de raison c'est d'une mise en ordre selon des canons de la géométrie pythagoricienne qu'il s'agit : homogénéité, géométrie, symétrie, proportion, monumentalité, perspective dans les compositions urbaines qui sont des « scénographies ». Les empreintes délaissées sont timides car la croissance des villes était relativement faible récapitulées sous les éléments : architecture, rues droites, places rendues symétriques par adjonction de « panneaux » ou arcades. Le fruit pertinent du nouveau classique était à l'époque baroque, celle-ci qui définit une période où triomphent les principes classiques.

⁴ Camillo Sitte est un architecte, théoricien Autrichien, connu par son ouvrage *l'Art de bâtir les villes* (1889).

⁵ Raymond Unwin est un urbaniste anglais, il est considéré comme le père des cités jardins en Angleterre.

d. Les cités-jardins :

La naissance des cités-jardins est incontestablement liée au nom de Sir Ebenezer Howard. Né en 1850, il fut un fervent serviteur du mouvement socialiste anglais prônant des notions d'égalité et de solidarité dans la perspective d'une justice sociale. Son profond désir d'améliorer l'organisation sociale des villes selon un esprit communautaire l'a poussé vers l'élaboration d'une nouvelle conception de la ville : la **cité-jardin**.

A travers son ouvrage, paru en 1898 : *Tomorrow : A Peaceful Path to Social Reform* (Demain : Une Voie Pacifique vers La Réforme Sociale), l'idée d'une ville nouvelle est née. Celle-ci y est décrite comme « une ville conçue pour une vie et une industrie saines, d'une taille qui permette d'atteindre la pleine mesure de la vie sociale, entourée par un cordon rural, et où le terrain serait à la disposition de la communauté » (Ebenezer Howard). Il dénonce la ville d'aujourd'hui comme chaotique et non maîtrisable. Il propose donc de faire « table rase » et de réorganiser entièrement le système politique, économique et urbain de la société. Selon le dictionnaire Robert, la cité-jardin est une ville qui comporte une importante part d'espaces verts mais cette définition restreint le véritable concept de la cité-jardin. En réaction à la croissance désordonnée des villes, la cité-jardin se définit comme un lieu social organisé, prônant un idéal de vie sous l'alliance de l'urbanité de la ville et de la ruralité de la campagne.

e. Le fonctionnalisme et la ville (mouvement moderne) :

Le passage fut apparaît des anciennes villes à l'aire industrielle a donné naissance aux nouvelles formes urbaines manifestées sous la répétitive industrielle, aux grands séries, et à la consommation extensive d'espace au milieu du XX^e siècle. Ce changement radical a trouvé son justification théorique dans le mouvement moderne, cela par la proposition de réconcilier la création et les valeurs sociales, ainsi il a donné la priorité aux réalisations à grande échelle, à la rationalité technique et à l'efficacité des plans, et à l'architecture stéréotypée. Le Corbusier le leader de ce mouvement dans sa vision fonctionnaliste a offert au monde une référence urbanistique qui est basée du mythe de la cité radieuse. Malgré son inexistence mais les schémas fondés ont bien illustré la stratégie de cette immense ville qui peut abriter trois millions d'habitants, dans un contexte défend ce qui étroit et chaotique et qui refuse forcément le sol. La fameuse cité radieuse était inventée sur la base de l'îlot vertical qui représentait un nouveau mode de la création architecturale, dont l'ensemble des constructions sont perchées sur des pilotis indépendants, dans lesquels nagent dans une vaste surface d'espaces verts, de passages piétons, et des voies carrossables. La rue comme l'exprime ce projet est devenu propre au bâtiment, par la loi de la rue corridor. A vrai dire le nouveau modèle des villes serait une opposition à l'idéologie nostalgique qui revendique le retour vers l'image des anciens tissus.

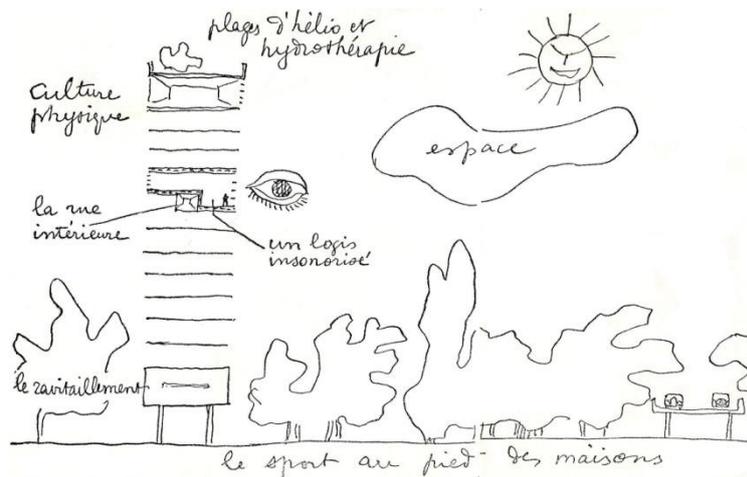


Figure 1.6 La ville moderne selon la philosophie Corbuséenne
Source : Le Corbusier séries, la ville radieuse 1935.

f. La réaction postmoderne :

La réaction contre la tyrannie fonctionnaliste débute dans les années 1960 chez les architectes, urbanistes, et sociologues. La prise de conscience des effets destructeurs du modernisme sur la texture des villes et l'effacement du sens, conduit le mouvement postmoderne à proposer une conception fragmentée du tissu urbain, un palimpseste de formes passées, surimposées et des réinvestissements par de nouveaux usages. En point de vue architectural, les réalisations postmodernes sont caractérisées par un certain éclectisme voire le pastiche ou l'historicisme : villas néopalladiennes, et immeubles néoclassiques avec un retour à la complexité, à l'architecture signifiante s'accompagne d'une certaine provocation. A l'autre rive, l'urbanisme postmoderne fait fin du mythe d'une ville idéale ou de sa mutation radicale, et la fin aussi des idéologies de l'illusion formatrice, pour un retour aux principes anciens de composition urbaine, vers des propositions plus respectueuses des contextes existants, tentent de concilier les vertus des tissus urbains traditionnels et les contraintes de la modernité.

2.4. Critères de l'analyse morphologique des composants du tissu urbain :

Afin de mettre l'accent sur les aspects d'un tissu urbain, il faut bien connaître des critères morphologiques, ces derniers sont les points essentiels, influent sur la forme urbaine, comme ils aident à classifier les tissus urbains, selon des mesures indiqués ci-dessous :

2.4.1. Critères topologiques :

L'analyse topologique permet de caractériser les rapports entre les éléments selon leur positionnement réciproque. Cependant, l'opération met en évidence les positions respectives des composants (ou des systèmes) les uns par rapport aux autres (éloignement, accollement, superposition, inclusion) comme le schématise la figure ci-dessous, ainsi que le caractère discontinuité ou la continuité des systèmes.

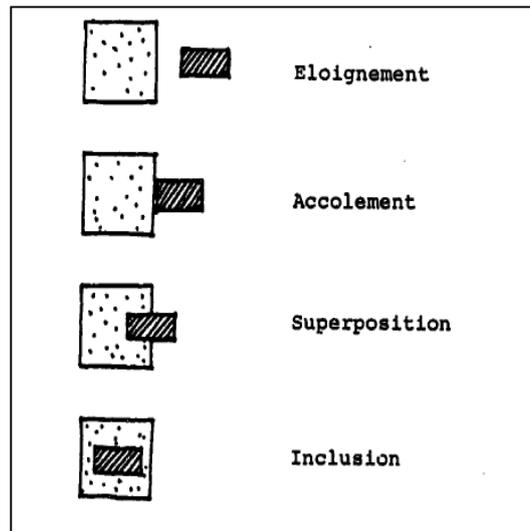


Figure 1.7 Exemple des rapports de position topographique entre composants
 Source : Borie et Denieul, 1980.

2.4.2. Critères géométriques :

Il faut mettre en évidence les directions respectives des composants (comme systèmes) les uns par rapport aux autres, ainsi que les caractéristiques formelles des figures géométriques : régulières, irrégulières, résiduelles ou non résiduelles, pour but d'ordonner la variation et la constance des formes architecturales.

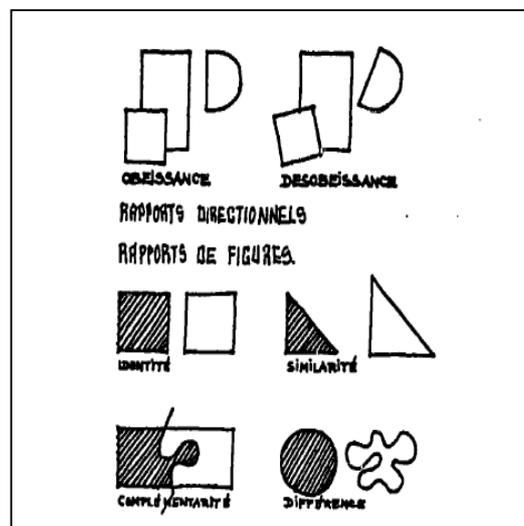


Figure 1.8 Exemple de rapports géométriques entre composants
 Source : Borie et Denieul, 1980.

2.4.3. Critères dimensionnels :

En troisième lieu, les critères dimensionnels cherchent à prendre en considération les rapports de dimension entre composants, ainsi que leurs proportions respectives.

2.5. La morphologie du système parcellaire :

2.5.1. Aspects planaires et géométriques :

I. La trame parcellaire spontanée ou organique :

Beaucoup de tissus urbains n'obéissent à aucune règle d'organisation apparente (trames des villes médiévale, médinas, vieux noyaux de nombreuses villes au monde...). Il est rare cependant que l'analyse ne révèle pas certaines logiques. Paradoxalement ces plans qui se font d'eux-mêmes, sans urbanisme sont la plupart déterminés. Les facteurs déterminant le processus collectif et progressif de la constitution d'un plan spontané sont la logique de la centralité et les contraintes physiques du site. En effet, la maximisation alliée à la minimisation des déplacements impose une convergence des flux et de voies majeures en provenance de l'extérieur de la ville vers un point focal celui-ci est peut être le port, le pont, la place centrale et aussi les édifices qui symbolisent la centralité religieuse ou marchande (mosquée, souk). Cette disposition concentrique des voies enveloppantes est secondaire, elle complète le dispositif pour augmenter la connectivité.

En outre, la topographie et l'hydrographie peuvent renforcer ou perturber le principe de la centralité-convergence. Jadis l'emplacement du noyau primitif a été choisi pour ses avantages et en fonction des exigences de la situation, cela a créé les fréquents problèmes pour le site d'extension. Architecturalement, la trame se lit aussi dans les tracés des rues qui s'adaptent aux pentes et aux courbes de niveau.

II. La trame volontaire ou imposée :

Le plan volontaire représente un grand nombre de stratégie telle qu'économique (lotissement), politique (structure d'une défense), idéologique (conception de l'urbain et de l'urbanité). En effet, cette trame peut être parfois complètement artificielle, créée ex-nihilo sur une table rase, comme elle s'intègre profondément avec les indications fournies par le contexte naturel ou hérité, ce qui explique que le plan fondé ne soit pas forcément régulier. Nous tentons à lire quelques typologies relatives aux plans volontaires comme suivant :

- **Le parcellaire quadrillé orthogonaux :**

Celui qui préfigure le grand nombre depuis l'Antiquité (Mésopotamie, Inde...). Ces plans ont aussi connu une grande permanence sous le modèle fameux hippodamien pris pour toutes les villes grecques, tandis que les villes romaines structurées par deux axes principaux nord-sud (cardo) est-ouest (decumanus) celui qui a influencé beaucoup de villes anciennes européennes.

- **Le plan circulaire volontaire :**

Ils sont plus rares. La fascination pour le cercle, symbole de la perfection se retrouve aussi bien chez les pythagoriciens que dans les systèmes mystiques. Les villes médiévales aux remparts plus ou moins circulaires sont parfois organisées volontairement autour d'édifice symbolique avec les rues radiales convergeant sur l'église et le château que les rues concentriques enveloppent.

Pour le plan baroque en est une variante : quelques points forts ou monuments sont mis en relation par des avenues ou grandes rues rectilignes dont sa logique est à la fois fonctionnelle et esthétique.

- **Le parcellaire linéaire :**

C'est une réalité ancienne souvent spontanée résultant des effets de site ou de facilité de transport. Elle a été théorisée et appliquée à plusieurs reprises : par A. Soria Y Mata, organisée sur une ligne ferrée, ainsi par le projet de Tony Garnier de la cité industrielle, Le Corbusier pour la cité industrielle linéaire. Son principal avantage est l'accès à la campagne à condition de juguler la spéculation foncière de part et d'autre de l'axe, notamment aux stations, en revanche sa contrepartie négative est l'absence de centre et d'urbanité.

- **Le plan réticulaire distendu :**

On y retrouve les logiques du plan quadrillé et du plan linéaire. Les voies sont très espacées, sinueuses et les interstices occupés par des parcs ou de vastes terrains naturels ou agricoles. Ses avantages se concentrent en termes de flexibilité, de fluidité de la circulation, de proximité de la nature ont comme contrepartie son caractère sociofuge.

- **Le parcellaire introverti :**

Celui qui caractérise les villes islamiques traditionnelles, marqué par la fermeture, avec une organisation arborescente, et un aspect labyrinthique : l'irrégularité et la sinuosité des rues, la fréquence des impasses. En effet cette irrégularité, ce désordre serait dans ce cas le résultat d'une évolution anarchique due à l'absence d'urbanisme et de pouvoir municipal. Le plan fait la traduction spatiale d'une organisation sociale : hiérarchisation et disposition concentrique autour de la grande mosquée, souvent située à l'emplacement de l'agora ou du forum des villes préexistantes.

- **La parcellaire mosaïque :**

Le plan d'ensemble de la plupart des villes est complexe et polygénique. Les faubourgs sont à l'origine des bourgs construits hors de la ville : extension médiévale au maillage concentrique près du noyau « romain » quadrillé. Dans le cas des juxtapositions coloniales, les systèmes urbanistiques relevant de sociétés très différentes, les contrastes morphologiques sont extrêmes : maillages de larges rues et avenues rectilignes juxtaposés aux maillages denses des médinas ou villes anciennes.

Le système parcellaire qui détermine le fond urbain de la ville relève une grande complexité dans son analyse. Beaucoup de facteurs dus son changement soit géométriquement ou dimensionnellement ceci-ci par l'intervention idéologique, politique, et économique. Dans le détail suivant nous abordons une méthode d'analyse qui cherche à identifier le compartiment basique du système, celui de la parcelle.

2.5.2. Définition de la parcelle:

La parcelle matérialise sur le sol la propriété foncière. Ses limites peuvent être plus ou moins matérialisées grâce à des clôtures de toutes formes, notamment à l'intérieur du milieu urbain. Elle généralement un espace privé, dont certaines parcelles sont toutefois affectées à un usage public (bâtiments administratifs, écoles, équipements divers...) (Borie et al. 1980)

2.5.3. Principaux types de parcelles:

I. Critères géométriques:

Bien souvent, la forme de la parcelle s'éloigne du simple rectangle, comme suivant:

▪ La parcelle trapézoïdale :

On peut considérer que le trapèze est issu de la déformation d'une trame rectangulaire: dans certains cas ce sera l'adaptation du rectangle de la parcelle aux courbes de niveau qui provoquera son élargissement ou son rétrécissement. Dans d'autres cas, c'est la courbure qui provoque le même angle de déformation.

▪ La parcelle biseautée:

Celle qui n'arrive pas perpendiculairement à la rue comme il est de règle habituellement. En général, cela se produit lorsque la rue ouverte dans un parcellaire déjà existant, ce qui permet donc arriver que la rue soit tracée indépendamment de la position des parcelles existantes.

▪ La parcelle triangulaire:

Cette forme est amenée à titre d'exemple par la rencontre de rues qui ne se recoupent pas de manière orthogonale, ou ainsi par un rétrécissement très important de la trame parcellaire.

II. Critères dimensionnels :

Evidemment la surface d'une telle parcelle soit une indication directe de l'importance d'une propriété. A vrai dire, les tissus anciens marquent bien la grande dimension de certaines masses constructives par rapport aux autres qui sont minuscules, ce qui explique que la proportion d'une parcelle, c'est le rapport entre sa dimension en façade sur la rue et sa profondeur. Les parcelles courantes sont généralement rectangulaires, mais si ce rectangle est très allongé en profondeur, nous devons parler de parcelles linéaires. Si au contraire le rectangle de la parcelle tend à se rapprocher du carré ça sera le cas de la parcelle trapue, ce dernier est souvent rencontré dans les anciens tissus dotés de maisons à patio (médiens musulmanes, caractérisées de la compacité des habitations, ouvertes sur le centre domestique tel que le patio), comme nous la trouvons dans les tissus pavillonnaires contemporains.

Dans qui suit nous allons récapituler les typologies possibles du système parcellaire, ou nous faisons un classement logique selon l'illustration du tableau ci-dessous :

Typologie du système parcellaire				
Repérage de la proportion moyenne des parcelles composantes	Très allongé, en lanières			
	Allongé, rectangulaire			
	Trapu, proche du carré			
Repérage des directions géométriques	Non déformé, orthogonal			
	Déformé par désaxement			
	Déformé par convergence ou divergence « en éventail »			
Combinaison des deux formes de classification (dimension et géométrie)	En lanières, non déformé			
	En lanières, désaxé			
	En lanières en éventail			
	Rectangulaire non déformé			
	Rectangulaire désaxé			
	Rectangulaire en éventail			
	Trapu non déformé			
	Trapu désaxé			
	Trapu en éventail			

Tableau 1.1 Différentes typologies du système parcellaire selon les critères dimensionnels et géométriques

Source : d'après Borie et al 1980, reproduit par l'auteur.

* **Qu'est-ce qu'un îlot ?**

D'après le dictionnaire Larousse 2001, le mot îlot désigne un groupe de maisons, d'immeubles délimité par des rues à l'intérieur d'une ville.

« C'est la plus petite unité de l'espace urbain, entièrement délimitée par des voies (souvent appelée p^âté de maisons, dans le français courant, block dans les pays anglo-saxons et germaniques, cu^{ad}ras d'Amérique du Sud, etc.) ⁶ » Françoise Choay. En effet, l'îlot est une forme urbaine globale qui démontre une réalité urbanistique, ainsi considéré un élément crucial de la qualité des tissus urbains. Tout d'abord l'îlot est un ensemble de parcelles limité par des voies dans lequel il génère avec le réseau viaire la membrane de la forme urbaine. Il à signaler que l'îlot peut couvrir une surface bâtie comme des surfaces non-bâties voire les anciens noyaux menés de la logique introvertie.

⁶ Vocabulaire français de l'Art urbain, Lyon, Certu, 1978.

2.5.4. Les types génériques de l'îlot :

La notion de l'îlot cache des réalités diverses qui dépendent en premier lieu du rapport fondamental entre parcelle-îlot, dans ce cas la classification est due comme suivant :

- **L'îlot spontané :**

Le plus courant, résulte des processus d'urbanisation spontanés au coup par coup de la ville traditionnelle. Cependant il n'est pas envisagé comme cadre d'une opération urbanistique ni a fortiori comme élément de base d'une composition urbaine ou de recomposition du tissu urbain.

- **L'îlot explicite :**

Celui-ci est pensé comme condition d'un découpage idéal, ou comme élément de base d'une composition urbaine. A titre d'exemple, pour l'extension de Barcelone Cerda a conçu des îlots carrés qu'il considérait comme la forme optimale pour permettre l'aération du tissu, ces îlots ne devaient pas être construits sur toute leur périphérie. Nombre d'entre eux étaient coupés par des espaces verts traversant.

- **L'îlot hybride :**

Procède des deux précédents, dont sa forme est souvent triangulaire ou rectangulaire allongé, conséquence de la superposition d'un nouveau maillage conçu pour faciliter la circulation entre les quartiers et entre les grands équipements (gares) ou créer des perspectives, comme le cas de l'îlot haussmannien.

- **L'îlot immobilier :**

Qui est intégralement occupé par un ensemble immobilier (grand magasin, gratte-ciel) ou qui encercle un espace public central. Mais à part, la parcelle n'ayant plus de raison d'être disparaît.

2.5.5. Les types morphologiques de l'îlot :

A. Géométrie :

- **L'îlot carré :** qui fait la caractéristique du système hippodamien, recouvre des réalités diverses. Ses avantages sont nombreux : facilite de la division parcellaire, régularité de la maille permettant de passer d'une échelle à l'autre par le biais des multiples, adaptation aux expériences monumentales (diagonales perpendiculaires, aussi bissectrices des angles). Tandis que son principal inconvénient est la difficulté d'accessibilité et l'utilisation du cœur d'îlot quand les carrés sont grands, ce qui implique l'introduction des systèmes des passages.

- **L'îlot rectangulaire :** celui-ci est très fréquent en Angleterre et les pays anglo-saxons, a comme principal point positif l'économie de la voirie (rangées allongées, parcelles étroites et peu profondes), mais en revanche ce ne plus le cas lorsqu'il s'agit d'une unique rangée de bâtiments. A vrai dire le point négatif de cet îlot est constitué dans la

longueur des rectangles, puisque ces derniers nuisent à la disserte optimale des quartiers centraux.

- **L'îlot triangulaire** : qui résulte fréquemment de la superposition d'une nouvelle trame de rue oblique par rapport à une autre trame quadrangulaire ou rectangulaire (îlots haussmanniens). Son vrai inconvénient est l'inégalité du découpage et l'utilisation difficile des parcelles d'angles.
- **L'îlot barre** : qui est avec une seule épaisseur de bâti entre les deux rues parallèles est fréquent dans les villes anciennes aux tissus très denses, comme il peut être généré par une percée parallèle à des rues anciennes.

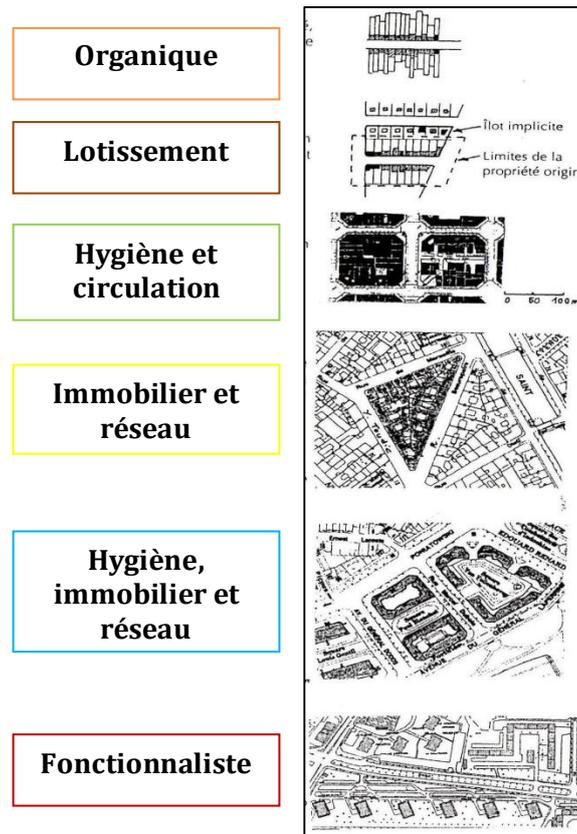


Figure 1.9 Les types de relations îlots-parcellaire
Source : Rémy Allain, 2005.

B. Taille et usage de l'îlot :

Les îlots sont de tailles variantes, ça peut être de quelques dizaines de m² dans certaines modestes villes anciennes à plusieurs hectares parfois. Les limites se balancent entre 30 m et 35 m de largeur à l'intérieur des villes de l'Antiquité grecque, 70 m ou plus dans le fameux **insulae**⁷ romaine, 120 à 140 m chez la **manzana** coloniale espagnole, et 90 m pour les îlots des parties centrales des villes nord-américaines mais beaucoup plus en périphérie. A propos de l'usage et l'organisation interne de l'îlot qui varient aussi, ceux-ci sont parfois totalement bâtis, mais le plus souvent ils comportent un espace central non bâti. Mono ou

⁷ Insula constitue la forme de l'habitat urbain durant l'antiquité romaine.

plurifonctionnels : ils peuvent accueillir des usages variés qui utilisent des parcelles de taille variable.

C. Degré d'ouverture :

L'îlot se définit aussi par sa plus ou moins grande ouverture, pour cela nous distinguons trois types différents qui se conjuguent comme la suite :

Les îlots fermés : ceux qui s'enferment autour d'un noyau constitué d'espace privatif (cours, jardins, clos, ou plus ou moins densément bâtis ou remplis de bâtiments annexes (hangars, ateliers, cabanes).

- **Les îlots ouverts :** ces derniers se reconnaissent quand les limites sont invisibles ou d'un autre sens laissent voir l'autre rive des propriétés telles que les jardins et cours privés ou publics, ou bien sont partiellement ouverts par la juxtaposition d'une ruelle, un porche, ou un espace traversant. La typologie des grands ensembles entre dans cette catégorie voire l'alignement des immeubles qui engendre un espace semi-fermé (semi-public) dans sa pratique est souvent d'un square, ou un aire de jeux.
- **Les îlots hyperdenses :** comme le montre son nom, les hyperdenses sont en totalité bâtis.

Pour une fermeture claire de la morphologie du système parcellaire, nous devons indiquer la profondeur de la notion abordée ce qui réplique à une recherche très détaillée afin d'englober le maximum. Parcelle, îlot, maille, tous font des termes clés en jouant les principaux rôles de la constitution du système, ceci qui est considéré le support de la ville.

2.6. La morphologie du système viaire :

L'analyse du système viaire repose sur la décomposition de ce dernier en sous systèmes élémentaires et sur l'analyse de leurs rapports. Ces sous systèmes se définissent à partir de critères topologiques.

L'organisation topologique régit par la proximité et l'assemblage en grappe, les espaces rues sont groupés par la proximité ou par l'existence de traits visuels communs. Cette organisation n'a pas de structure géométrique fixe.

2.6.1. La topologie de système viaire :

La topologie du système viaire décrit les caractéristiques ou dispositions internes des éléments composants ce système, ainsi que les positions et les liaisons de ces espaces les uns par rapport aux autres.

2.6.2. La relation topologique entre les voies et les trames :

▪ **La trame viaire linéaire :**

Elle consiste essentiellement en un alignement d'une rue à cause de son caractère allongé. Elle se caractérise par le fait qu'un seul chemin mène d'un point à un autre. Il s'agit là d'un des systèmes les plus contraignants les plus contrôlables dans l'organisation urbaine parce

qu'il implique une absence de choix dans l'itinéraire emprunté pour aller d'un lieu à un autre. Cette caractéristique est encore plus forte lorsque le système est disposé en cul-de-sac et constitue un passage obligé pour l'entrée et la sortie. L'organisation linéaire exprime une direction et signifie le mouvement, l'extension et la croissance.

▪ **La trame viaire arborescente :**

Ce cas est bien démontré pour chaque « branche » est commandée par une branche plus importante qui dépend elle-même d'un tronc principal (ramification). La trame viaire arborescente implique un principe de hiérarchie, cette hiérarchie crée des confluences naturelles de circulation dans les branches les plus importantes qui sont généralement plus grandes en dimensions (longueur et largeur) imposantes et dominantes. Notant que la hiérarchisation est plus forte encore lorsque le système est en cul-de-sac.

▪ **La trame viaire rayonnante (radioconcentrique) :**

Cette trame consiste une concentration urbaine autour d'un espace central, c'est-à-dire une convergence des bâtisses vers un noyau urbain. Les anciennes villes font un échantillon pertinent du cas rayonnant (voir la figure 1.18 chap.1).

▪ **La trame viaire quadrillée :**

Les rues sont organisées dans le cadre d'une grille orthogonale, ce type de trame peut créer une forme simple, ou plus complexe par l'addition, la soustraction des unités modulaires formés par la grille. Donc, cette trame se caractérise par le fait qu'un grand nombre de chemins conduisent d'un point à un autre, où peut apparaître de véritables îlots isolés de tout côté par des rues de nature à peu près équivalentes. On peut considérer que la trame viaire quadrillée c'est la trame la moins hiérarchisée.

▪ **La trame viaire en échelle :**

Une séquence ou série verticale des rues, pour limiter ces rues, cette trame peut se terminer dans les deux côtés par deux rues plus longues.

▪ **La trame viaire en boucle :**

Un espace central entouré par une rue sous forme de boucle. Donc, cette trame se caractérise par le fait qu'il y'a deux chemins pour aller d'un point à un autre. On peut observer deux variantes :

- La trame en cul-de-sac, ou à double issue.
- La trame hiérarchisé, ou non hiérarchisé.

La trame viaire en boucle a la particularité de créer un type d'îlot très spécifique qui contraste avec le reste du tissu en raison de son inclusion à l'intérieur de la boucle. Les trames viaires en boucle ont la particularité de créer un type d'îlot très spécifique qui

contraste avec le reste du tissu en raison de son inclusion privilégiée à l'intérieur de la boucle. A cet égard, il faut mieux parler de « noyau ».

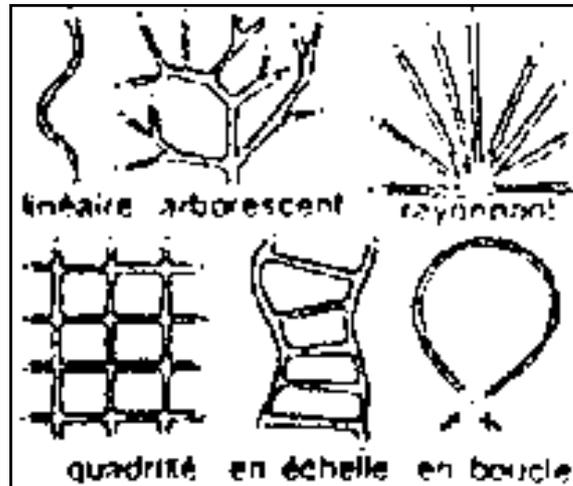


Figure 1.10 Les relations topologiques entre les voies et les trames
 Source : Pierre Pinon, 1991.

2.6.3. Positionnement et géométrie relatifs au système viaire :

Différemment issue, la trame géométrique du système viaire compris un ensemble de directions et de formes dans lesquelles déterminent l'image réelle de la trame. Le tableau ci-dessous démontre globalement, des types de positionnement et de géométrie possible pour certains systèmes viaires.

Positions relatives des trames du réseau viaire		
Trames juxtaposées	Deux types ou plus de trames viaires différents sont Positionnés de manières juxtaposées	
Trames superposées	Deux types de trames viaires différents sont Positionnés de manières superposées	
La géométrie de système viaire		
Relations bidirectionnelles	Dépendance directionnelle	Exemple : une trame quadrillée (grille orthogonale) obéissant à un axe
	Indépendance directionnelle	Exemple : une trame quadrillée désobéissant à un axe
Relations directionnelles	Trames obéissantes	
	Trames désobéissantes	
Relations de figure entre trames	Figures semblables	
	Figure dissemblables	

Tableau 1.2 Différentes formes de positions et géométrie du système viaire
 Source : Boukhala. M, d'après Pierre Pinon, 1991.

2.6.4. Les dimensions de système viaire :

Le dimensionnement, ou ensemble des dimensions, décrit les dimensions des éléments de système viaire et leurs proportions les uns par rapport aux autres.

Il est évident que la largeur des voies est un facteur primordial de l'hierarchisation d'un système viaire, aussi bien la longueur joue un rôle crucial : plus une rue est longue, plus sa fonction de desserte s'accroît et plus elle a un rôle structurant dans la perception de la ville. Souvent il arrive dans un réseau quadrillé que certaines voies se différencient uniquement par leur largeur et constituent ainsi une direction privilégiée. Dans un tel réseau, le moins hiérarchisé de tous les réseaux, tandis que le seul facteur de hiérarchisation possible est le dimensionnement relatif des voies. C'est on évoque les dimensions que quelques exemples, à Paris et depuis le projet de Haussmann, les rues sont fixées à 12, 15, et 18m, ce qui marque la différence entre les boulevards et avenues qui ont toujours au moins 20m de largeur. Pour le plan de Barcelone, les rues dites ordinaires font de 20m, certaines les plus importantes se confondent avec les **ramblas** et les **paseos** dans la largeur de 25 à 50m, ayant de plus de 40m pour les grandes avenues (Panerai et al.1999). le vieux Caire, de nombreuses rues importantes atteignent à peine 5 à 6m de large, ce qui a entraîné avec la densification récente un dysfonctionnement assez délicat.

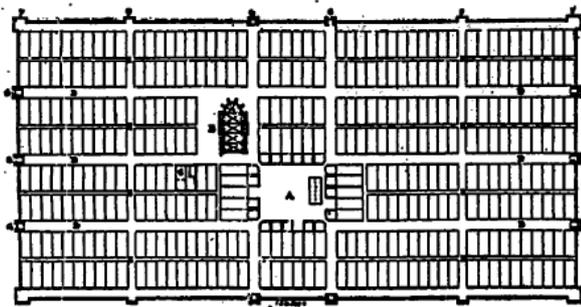


Figure 1.11 La Bastide au sud français, des voies parallèlement hiérarchisées en des rues de 8m et d'autres de 2m de large entre elles.
Source : Borie et al, 1980.

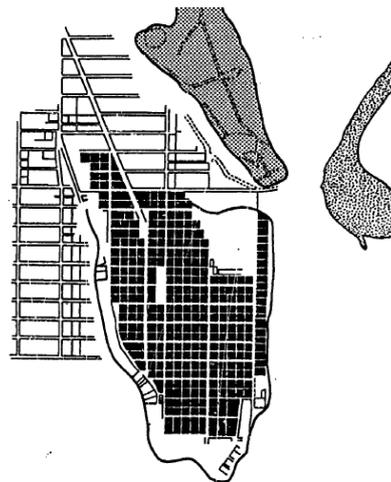


Figure 1.12 Olynthe en Grèce, trame quadrillée et hiérarchisée par la dimension des voies
Source : Borie et al, 1980.

2.7. La morphologie du système bâti :

2.7.1. Typologie topologique « de base » :

Pour une claire compréhension, on examine la continuité et la discontinuité de l'ensemble des masses construites qui découle directement de la position des bâtiments les uns par rapport aux autres. Ceux-ci sont soit continus soit plus ou moins éloignés les uns des autres. Le système bâti peut donc se présenter sous trois grands degrés de continuité ou de discontinuité : on parlera alors de bâti ponctuel, de bâti linéaire, de bâti planaire.

- **Le bâti ponctuel (pavillonnaire) :**

La première catégorie préfigure un éloignement des entités urbaines, dans lesquels les bâtiments sont séparés les uns des autres par une distance plus au moins grande : ce qui fait que le bâti est discontinu.

Du point de vue perceptif, cette disposition ne facilite guère une vision d'ensemble. Par conséquent, la perception sera fragmentée et peu hiérarchisée.

On trouve généralement ce type de bâti ponctuel dans les tissus pavillonnaires contemporains, maisons individuelles, ensembles collectifs, mais aussi dans certaines villes arabes traditionnelles constituées par des maisons-tours comme celles du Yémen (Sanaa) séparées les unes des autres.

- **Le bâti linéaire (en rangées) :**

Ce type constitue une forme d'habitat particulièrement économe d'espace, de distribution et d'énergie, où les bâtiments sont juxtaposés les uns aux autres de manière à former une ligne continue : il y a une continuité du bâti dans une seule direction de l'espace. Cette formule est celle du logement économique par excellence depuis l'ancien temps, ceci était expérimenté du modèle des **maisons charitables**, puis il a été systématisé dans le logement social ou le logement ouvrier (Panerai et al.1999).

Il est intéressant d'observer les conséquences que ce phénomène peut entraîner pour une perception unique des masses bâties. Dans ce cas, les bâtiments ne sont pas « lus » individuellement dès l'abord mais perçus comme un ensemble, c'est-à-dire comme une masse bâtie continue. Une continuité du bâti contribue à une lecture perceptuelle hiérarchisée et progressive du bâtiment.

- **Le bâti planaire (massif) :**

Les bâtiments sont accolés les uns aux autres de tous les côtés de manière à former une masse continue uniquement interrompue par les rues : il y a donc une continuité du bâti dans plusieurs directions de l'espace. Ce bâti planaire est généralement perforé par des cours plus ou moins importantes qui ne compromettent pas sa continuité.

2.7.2. Les aspects topologiques :

Il est à signaler que les différentes catégories illustrées ci-dessus peuvent être modifiées par la ramification du bâti (Borie et al.1980). Dans le cas du bâti linéaire ramifié, le prolongement des constructions ne se fait généralement que sur l'arrière du front bâti, lorsque les bâtiments sont alignés le long de la rue. Pour le cas du planaire ramifié, les bâtisses se prolongent à l'intérieur des cours ou des jardins en créant une forme irrégulière à ces espaces privés.

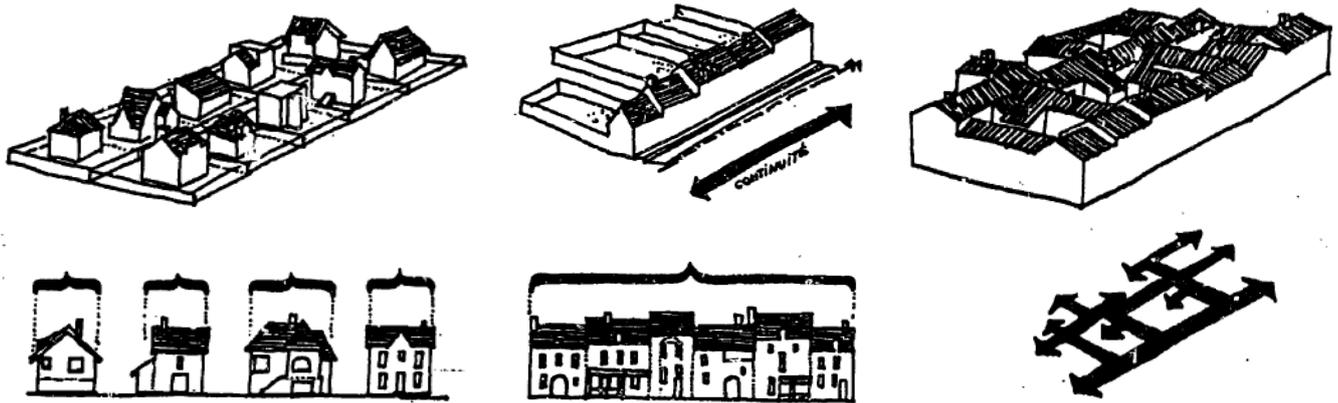


Figure 1.13 Différentes typologies topologiques du bâti
De gauche à droite : bâti ponctuel, linéaire, planaire
Source : Borie et al, 1980.

2.7.3. Aspects géométriques du système bâti :

En ce qui concerne les aspects géométriques, la direction du bâti, ou l'alignement joue un rôle impératif, bien de créer une diversité des formes à percevoir ; plus les directions des bâtiments sont similaires, plus ces bâtiments seront perçus comme un ensemble homogène. En outre, dans le cas d'un bâti ponctuel, l'alignement rigoureux des bâtiments isolés leur confère une certaine continuité et compense leur isolement. Le rapport géométrique entre les bâtiments constitue donc une sorte de lien immatériel entre eux. En revanche, toujours dans le cas d'un bâti ponctuel, le moindre décalage entre deux bâtiments accentue l'individualité des bâtiments.

Il faut noter que la cohérence géométrique de l'ensemble n'est pas forcément liée au parallélisme ou axialité des bâtiments les uns par rapport aux autres, mais qu'en fait ceux-ci réfèrent tous à une même ligne géométrique, fut-elle curviligne.

Dans l'urbanisme vernaculaire, en particulier, cette impression de cohérence géométrique existe, même avec des bâtiments séparés, quand leurs directions respectives obéissent à une courbe de niveau.

2.7.4. Aspects dimensionnels du système bâti :

On examine essentiellement ici l'importance des masses bâties par rapport au vide qui subsiste entre elles (rapport résolu entre plein et vide), autrement dit **la densité du bâti**. Quel que soit le type de continuité du système bâti, il est possible de rencontrer des densités de construction assez variables. Ainsi, dans un même bâti ponctuel, on peut passer d'un pavillonnaire très lâche à un bâti très resserré, avec tous les intermédiaires possibles.

La diversité dimensionnelle comprise est étroitement liée aux types des bâtiments (maison individuelle, maisons jumelées, tours, immeubles, divers équipements) dans lesquels se diffèrent d'un endroit à un autre sous un rapport avec les coefficients d'urbanisme, ou par détermination des contraintes physiques du site naturel.

Hauteur Emprise au sol	Elevée R+6 et plus	Moyenne R+2 à R+5	Basse Sans étage, R+1 Ou R+combles
Forte 50 à 100%	Gratte-ciel central	Immeuble urbain de rapport (type haussmannien) collectif	Maisons à patio
Moyenne 20 à 50%	Barres élevées	Petits collectifs ou habitat intermédiaire (accès individuel)	Individuel groupé, en bande, maison de ville
Faible Jusqu'à 20%	Tours dans un espace vert	Plots bas	Individuel jumelé Individuel pur Pavillon

Tableau 1.3 Types de bâti en fonction de la hauteur et de l'emprise au sol
Source : Rémy Allain, d'après K.Lynch, 1971.

2.7.5. Analyse des bâtiments :

A. Principaux types de volumes :

Dans notre étude, nous allons analyser les bâtiments comme composants du système bâti et non pas comme un type architectural spécifique. Nous allons s'intéresser aux proportions générales de volume construit, ce qui donne la classification suivante :

- Le plot (volume pur) : celui qui désigne le bâtiment présentant le plus de compacité dans les trois dimensions, c'est-à-dire une très forte fermeture de la part de l'enveloppe.
- Le bloc linéaire, dont le volume présente un allongement dans une direction horizontale de l'espace, tel que la typologie de la barre.
- La tour, dont le volume présente un allongement vertical, ce qui est le cas des grands ensembles, et les nouvelles cités mondiales.
- Le bâtiment à cour centrale (à patio, à jardin intérieur), dont le volume est resserré en suivant le mode introverti.

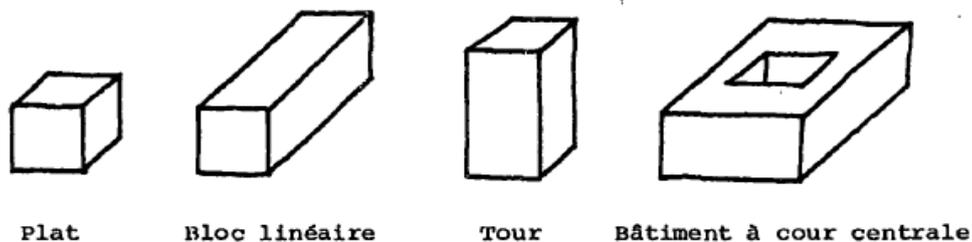


Figure 1.14 Principaux types des volumes de bâtiments
Source : Borie et al, 1980.

B. Rapports entre les types de bâtiments et les types de système bâti :

D'une manière générale, les bâtiments qui présentent une certaine compacité en plan, comme les plots ou les tours, correspondent à un système bâti ponctuel.

Les bâtiments linéaires correspondent à un système bâti linéaire, et les bâtiments à cour centrale à un système bâti planaire « perforé ».

Il existe toutefois de nombreuses exceptions à cette correspondance générale. Autant, des plots peuvent se trouver accolés les uns aux autres de manière à créer une continuité linéaire (pavillonnaires en mitoyenneté). De même, des bâtiments linéaires, former des fronts continus. Inversement, des bâtiments linéaires, s'ils sont dissociés les uns des autres, peuvent former un bâti ponctuel (Burgenland), et l'on rencontre aussi de nombreux cas où des maisons à cour centrale peuvent être isolées les unes des autres et former également un bâti ponctuel (Borie et al.1980)

3. Densité urbaine :

On entend souvent sur la notion de la densité urbaine, et depuis un bon temps, l'urbanisme évoque ce concept afin d'améliorer un niveau de vie étonnant. La densité reste toujours un outil de mesure, dont elle s'adapte au domaine chargé par le spécialiste tel : un architecte, urbaniste, géographe etc. Lorsqu'on compare des densités, il importe que l'échelle à laquelle on se situe soit la même : beaucoup d'analyses négligent cet aspect essentiel, ce qui les conduit à des conclusions erronées.

3.1. Définition de la densité :

'' La densité d'un corps dépend du nombre de ses points matériels renfermés sous un volume donné ; elle est donc proportionnelle au rapport de la masse au volume ''.

Laplace

En physique, la densité est un rapport de la masse d'un certain volume d'un corps homogène à la masse du même volume d'eau. La notion de forte ou faible densité prend sens, puisqu'elle renvoie à une référence commune, voire l'eau. En urbanisme ce que nous désignons par densité d'occupation d'un lieu ou d'une aire, n'est pas vraiment une densité puisqu'il n'est pas question de volume mais de surface de référence.

* Qu'est ce qu'une densité urbaine ?

Une densité est un rapport entre une quantité et une surface. On utilise couramment au numérateur la surface construite (**coefficient d'emprise au sol**) ou la surface bâtie hors œuvre autorisée (**coefficient d'occupation du sol**) ou effective (densité bâtie), le nombre de logements L (densité de logements), la population P (densité de population) ou le nombre d'emplois E (densité d'emplois). On mentionnera l'intérêt de la « densité d'activité humaine » qui utilise la somme P + E de la population et des emplois.

☞ **Densité urbaine = quantité (habitants, emplois, mètres carrés de plancher, etc.) / Surface réf** *

3.2. Les Echelles de la densité urbaine :

Le rapport entre densité et formes urbaines ne peut être saisi qu'à plusieurs échelles. Chaque échelle a ses propres indicateurs. Quatre échelles principales peuvent être mises en évidence pour mieux cerner la complexité des calculs de densité.

▪ L'échelle de la parcelle :

Seuls les ratios de coefficients d'occupation du sol ou d'emprise bâties trouvent une application à cette échelle. En effet, la densité sert de référence à l'application de la réglementation des réceptivités autorisées. Cependant « la notion de la densité ne devient pas pertinente à l'échelle de la parcelle » (CETE et CERTU.2002).

▪ L'échelle de l'îlot :

C'est l'échelle de référence de la densité « dite nette » car elle se rapporte à la surface de l'îlot, elle sert à la programmation et à la planification, dans ce cas elle ne peut pas donner une indication relative à la forme urbaine.

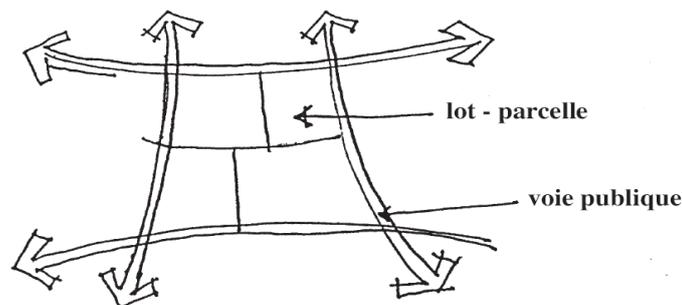


Figure 1.15 Schéma explicatif de l'échelle de l'îlot (densité nette)
Source : IAURIF, 1995.

▪ L'échelle du quartier :

La densité rapportée à la surface du quartier exprime la densité « brute », dans laquelle prend en compte la voirie locale et les équipements d'intégrations du quartier. C'est également à cette échelle qu'il est possible de prendre en compte le rapport entre espace privé (l'îlot foncier) et espace public (voirie et équipement).

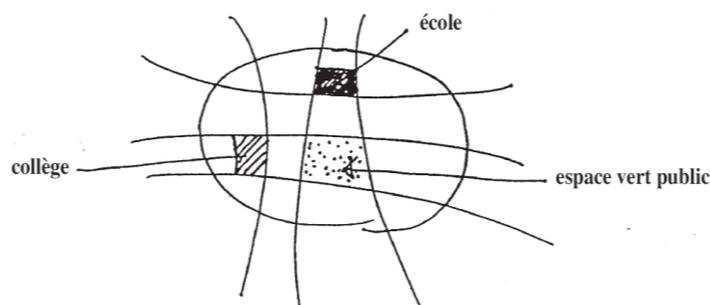


Figure 1.16 Schéma explicatif de l'échelle du quartier (densité brute)
Source : IAURIF, 1995.

▪ L'échelle de la ville, commune :

Les calculs de la densité urbaine seraient incomplets s'ils se limitaient aux quartiers, c'est à cette échelle que tous types de densité trouvent leurs intérêts. C'est l'échelle de l'intervention de l'urbaniste, l'aménageur, géographe, planificateur et du transporteur. On se réfère à ce niveau à la densité dite « brute de brute » qui prend en considération la voirie primaire et les grands équipements implantés tels que les hôpitaux, universités, hôtels...etc.

3.3. Les formes principales de densités :

▪ La densité nette :

La densité nette ne prend en compte que les surfaces des parcelles réellement occupées par l'affectation donnée : emprise du bâti, espaces libres à l'intérieur de la parcelle ou de l'îlot, voies de desserte interne.

☞ *Densité nette = population résidentielle totale / surf brute – surf équipements **

▪ La densité brute :

La densité brute prend en compte l'ensemble du territoire considéré sans exclusion : équipements collectifs (bâti ou non), espaces verts, voirie principale et infrastructures. Suivant le type de tissu urbain (largeur des voies, importance des espaces libres), la densité peut varier considérablement. D'où la nécessité de choisir avec pertinence la surface sur laquelle le calcul doit être fait.

☞ *Densité brute = population résidentielle totale / surface brute **

▪ La densité brute de brute :

Certains grands équipements comme l'université, hôpital, cimetière, ne peuvent être pris qu'à l'échelle de la ville ou d'une agglomération. De même la voirie principale ou les grands espaces verts font partie de l'échelle de la ville et ne sont comptabilisables qu'à cette échelle.

On peut même élargir la notion de densité. On peut évoquer une « **densité perçue** », souvent différente de la « **densité réelle** » : ainsi, les bâtiments hauts des grands ensembles font souvent croire que leur densité bâtie est élevée, alors qu'on verra qu'elle est le plus souvent inférieure à celle des maisons de ville par exemple. On peut aussi essayer de définir, à titre de recherche, une « densité végétale », établie par télédétection, des espaces plantés publics et privés, voire un « COS végétal » : pour cela, on mesure un « volume végétal » qu'on divise par la surface et par la hauteur d'un étage moyen.

3.4. Les indicateurs de la densité urbaine :

L'espace urbain est le plus dense mais aussi le plus hétérogène, le plus productif, le plus complexe de tous les espaces. Cette forte densité revêt des aspects multiples : constructions, habitants, activités, emplois, flux, valeurs. Sa connaissance détaillée relève de l'analyse de tous ses composants (Bastie et al. 1980). Les urbanistes comme les aménageurs privilégient une approche morphologique de la densité urbaine, dont elle constitue un indicateur

* Référenciel de densités et de formes urbaines, Paris, IAURIF, 1995.

essentielle dans la quantification de la forme urbaine. La plupart des études s'intéressent à la densité de construction à l'échelle de la parcelle qui se réfèrent au COS celui qui est calculé identiquement au rapport de la SHON à la surface du terrain, et aussi bien un deuxième indicateur s'agit du CES qui vise à l'emprise du sol par la partie bâtie.

3.4.1. Le coefficient d'occupation du sol :

Le coefficient d'occupation du sol (COS) est l'outil réglementaire par excellence. C'est lui qui permet de définir un «droit à bâtir» sur une parcelle, autrement dit, il détermine la surface constructible par rapport à la surface de terrain de l'opération. Il est la densité rendue possible par le règlement d'urbanisme. D'après Saidouni. M (2000) le COS est défini comme le rapport entre surface totale des planchers, considérée hors œuvre nette (SHON), et la surface foncière. Dans le calcul du COS sont exclues toutes les surfaces non habitable ou découverte d'une construction. Cependant, ce n'est pas un outil de maîtrise de la forme urbaine, celle-ci est modulée selon d'autres règles : la hauteur, le rapport du bâtiment avec la rue (rapport plein-vide), ou avec les autres bâtiments, etc.

$$\text{COS} = \text{SHON (surface hors œuvre nette)} / \text{surface foncière}$$

▪ Surface hors œuvre brute (SHOB) :

Totalité de la surface de plancher, calculée à partir du nu extérieur des murs de façade au niveau supérieur du plancher y compris les combles et les sous-sols, les balcons, les loggias et les toitures terrasses accessibles (Hakimi M.A, 2012).

▪ Surface hors œuvre nette (SHON) :

A partir de SHOB à laquelle on retire les surfaces hors œuvre suivantes :

- Combles et sous-sols non aménageables (hauteur inférieure à 1.80m, locaux techniques, chaufferie, ascenseurs, caves).
- Balcons, loggias, toitures terrasses accessibles, surfaces non closes en rez-de-chaussée.
- Surfaces aménagées en vue du stationnement des véhicules et leur circulation.

Le COS constitue le meilleur indicateur de la densité car il met en rapport les surfaces prévues par les différents programmes architecturaux et la surface foncière, et par conséquent es capacités d'accueil pour les différentes zones d'une ville (Saidouni, 2000).

3.4.2. Le coefficient d'emprise du sol :

Le coefficient d'emprise du sol (CES), il détermine le rapport entre surface bâtie et la surface de la parcelle. Il s'agit d'une projection verticale de la construction. La valeur du CES est toujours comprise entre les chiffres 0 et 1.

$$\text{CES} = \text{surface construite} / \text{surface foncière}$$

A l'échelle de la parcelle le CES limite la quantité de sol occupé par la construction, afin d'imposer qu'une partie du terrain qui doit rester non bâtie pour des raisons paysagères (espaces vert), techniques (aération, éclairage, assainissement...etc.).

A l'échelle du quartier ou même d'une ville, le CES rend compte le mode d'occupation du sol, c'est-à-dire que la répartition de l'occupation du sol en terme d'espaces bâtis (habitat, équipements) et non bâtis (espaces verts, espaces publics, voiries). Le CES indique le degré de consommation du sol par la construction, c'est aussi un indicateur assez essentiel pour la quantification de la compacité d'un tissu urbain (Hakimi M.A, 2012).

	Densité nette (hab. à l'ha)	Densité résidentielle (logts. à l'ha)	COS	CES	Epannelage moyen	Taille des parcelles
Paris agglomération	145		3 à 6	0.5	5 à 6	200 à 600
Grand ensemble (France)		100 à 200	0.8 à 1.5	0.1 à 0.2	6 et +	
Grand ensemble (Corée, Chine)		2000 à 3000	2 à 3	0.3 à 0.4	10 à 12	
Individuel groupé		60 à 100	0.5	0.2 à 0.3	1.5 à 2	150 à 300
Individuel libre		20 à 50	0.5	0.1 à 0.15	1.2 à 1.5	400 à 1500
Londres Brownfields greenfields	168	49 38	3 à 5			
Barcelone	800	400	4 et plus		6	
Tokyo	316					
Hong-Kong	880					
New York	600		10 à 21			
Los Angeles	60					
Londres (Blomsbury-slington)	300 à 740	100 à 200	2 - 3		2 à 4	
Grande Bretagne, quartiers contemporains résidentiels :	45 à 100	20 à 30	0.3 à 0.4		1 à 15	
Browfields		28				
Greenfields		22				

Tableau 1.4 Quelques exemples de densités urbaines

Source : Rémy Allain, 2005.

4. Formes urbaines sahariennes en Algérie, la micro-urbanisation (historique):

Y a-t-il des caractéristiques urbaines propres au milieu saharien ? Et, y-a-t-il une spécificité de l'urbanisation qui serait le fait du Bas-Sahara ? (Marc Cote, 2005).

L'urbanisation saharienne a évolué dans un parcours historique assez remarquable, elle est en filiation de toute une urbanisation qui durant un millénaire a marqué le territoire saharien en relation étroite avec les échanges commerciaux transsahariens.

C'est avec l'essor du commerce caravanier que les cités tout en se développant ont attiré l'attention des voyageurs et géographes. Situées sur les grands axes de communication, notamment N-S et W-E, leur importance est régulièrement évoquée du 8e au 18e siècle. Leur position comme étape relais leur confère une fonction forte, enjeu constant de contrôle durant dix siècles. Les différents conflits qui ont jalonné l'histoire du Sahara, à caractère religieux ou ethnique, ont souvent eu comme cause réelle le contrôle des axes caravaniers. Mais leur raison d'être ne se limite pas à la seule fonction de centres-relais ; elles regroupent des populations fixes, sont en relation avec les tribus nomades, et vivent de l'exploitation des palmeraies. Leurs fortes caractéristiques spatiales, économiques et sociales font d'elles des agglomérations originales.

La première caractéristique repose sur leur organisation spatiale et les modes d'appropriation territoriale. Ce sont des **chapelets d'agglomérations** (grandes villes et villes moyennes), **oasis**, **villages**, **bourgs** et **bourgades** s'égrenant le long des oueds et vallées. Parmi cet ensemble d'agglomérations, une cité s'impose aux autres par son importance et son rôle (Said Belguidoum, 2002). En fait, au gré des événements politiques ou des contingences physiques, notamment hydrauliques, les villages se forment et peuvent disparaître. Les luttes entre cités, les expéditions des pouvoirs centraux ont comme conséquence l'émergence de nouveaux villages ou au contraire leur destruction. L'existence de ruines et de restes de palmeraies abandonnées, constatées aux différentes époques et dont les traditions locales conservent le nom des « ksours ». Continuellement tiraillées entre « la vie bédouine et la vie citadine » les cités ont néanmoins des traits forts qui les différencient de leurs ksour. La configuration générale de tout regroupement stable au Sahara prend la forme du ksar, cet ensemble de bâtis de taille variable autour duquel se développe une palmeraie. Mais les statuts de ces agglomérations les distinguent qualitativement, et une hiérarchie apparaît entre le « **ksar cité** » et le « **ksar village** ».

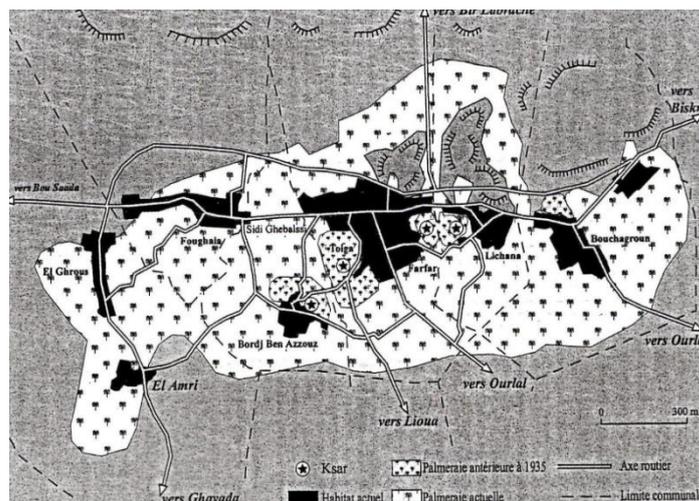


Figure 1.17 Le Zab Gharbi, conurbation urbaine, continuité agricole
Source : Marc cote, 2005.

Le village est une agglomération durable, de taille relativement modeste, qui existe par et pour son terroir. L'aire villageoise est une totalité, qui souvent se laisse lire à travers les correspondances qui existent entre la configuration des quartiers bâtis et celle des quartiers

de culture. Cette myriade de petites agglomérations, qui jalonnent les différentes vallées, revêt une dimension villageoise. Quand un ksar plus important émerge, il s'érige comme cité et devient le pôle structurant d'un **réseau**. Entre le ksar village et le ksar cité des ruptures et des passages existent.

La rue est l'artère essentielle de la vie sociale. Avec la place, elle constitue l'espace public, le lieu où l'on passe, où l'on se croise et se rencontre. Les rues sont généralement sinueuses, hiérarchisées et pénètrent la cité en un système complexe de courbes, d'axes principaux, de ruelles, de venelles et d'impasses (cul-de-sac). Certaines ruelles ou impasses ont un usage semi-public ou semi-privé. D'autres, les rues marchandes, sont bordées d'échoppes des boutiquiers et artisans. C'est l'importance de ces équipements qui permet de distinguer la cité du village, la médina du ksar. La grande mosquée et l'existence au sein de la même cité d'autres mosquées, l'existence de remparts et de fossés, de portes, de marchés et de commerces sont les éléments de différenciations.

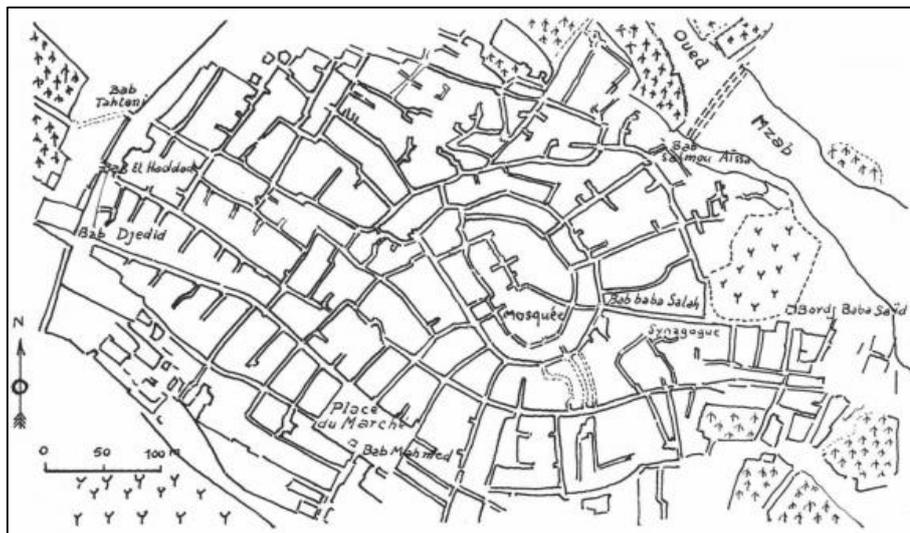


Figure 1.18 Un des ksours de la vallée de M'zab (Ghardaïa)
Source : <http://encyclopedieberbere.revues.org>.

La qualification urbaine des cités ne repose pas sur leurs seuls éléments quantitatifs. L'équipement rituel, la mosquée à prône hebdomadaire et les écoles coraniques, les rues marchandes et les places, propices à la communication, font partie des éléments constitutifs de la cité. C'est ce seuil qualitatif qui définit la citadinité. L'urbanité a pour socle un système économique de production et d'échange, un rôle politique et symbolique fort qui se matérialise par un complexe architectural, induisant des modes de vie propres, des inscriptions spatiales de pratiques sociales particulières et spécifiques. L'espace, support de leurs activités, est aussi le reflet de leur organisation sociale. L'architecture banale et monumentale est l'expression de cette appropriation spatiale.

La dynamique actuelle accélérée a imposé aux anciens tissus d'abandonner les principes antérieurs pour une législation moderne, pour laquelle l'identité de la plupart des villes a été enterrée sous la lourdeur de la nouvelle urbanisation de la standardise.

5. Les caractéristiques de la concentration urbaine saharienne en Algérie :

D'après Marc Cote et al. 2005, l'urbanisation saharienne est bien unique en la comparant aux autres formes urbaines, ce qui signifie qu'on doit retenir les grands aspects de cette forme d'urbanisation.

- La forte insertion de ces localités dans le monde rural, par suite du lien étroit avec la production agricole (même si celle-ci n'est plus exclusive), de l'attachement au foncier, des relations de proximité avec les palmeraies (effet bioclimatique), de l'habitat de type rural pour sa majorité, ce qui probablement constitue le trait qui différencie le plus des grandes villes.
- La ruralité parlée n'exclut pas une certaine urbanité de ces centres. « Dans tout village il y a de l'urbain », ainsi que cela a été dit à propos de l'Égypte. Cependant, l'urbain se traduit par la forte tertiairisation, la prolifération des commerces (gros, détail, informel), l'insertion dans l'économie d'échanges, l'importance des équipements publics.
- Une urbanité qui s'exprime aussi par la notion de tropisme de la route, dans lequel partout l'on assiste au glissement des agglomérations vers la route, au retournement des façades sur celle-ci, à l'allongement linéaire en villages-rues. Ce phénomène se produit, lorsque les distances sont courtes dus aux faits de conurbation.
- La route a également un autre impact : elle assure une grande mobilité aux populations, à l'intérieur de chacun de ces « pays » de petite taille. Se déplacer au centre-capitale pour un besoin non desservi sur place n'est pas un problème majeur : bus, taxis, véhicules, vélos.
- Localités en plein mouvement, marquées souvent par une forte dynamique, mais en même temps par le contraste entre le caractère monumental des équipements publics, souvent regroupés à l'entrée de l'agglomération ou sur la route, et l'aspect pauvre de la majeure partie de l'habitat des ces localités.

Conclusion :

Parlant de la ville c'est de parler d'un établissement humain et de ses spécificités, car chaque ville est unique par sa taille, son climat, sa culture, et son développement économique. Bien qu'il n'existe pas des villes types, certaines caractéristiques sont communes aux populations urbaines en général. Une des caractéristiques de base de populations urbaines c'est leur hétérogénéité beaucoup plus grande qu'en zone rurale, surtout en ce qui concerne la race, l'ethnie, la religion, et le statut socioéconomique.

L'urbanisme d'aujourd'hui est largement différent de celui des anciens temps. La productivité urbaine, l'explosion démographique, l'industrialisation tous font des apports de

tels changements. L'objectif du chapitre récent s'étale sur les notions phares du grand thème tel le tissu urbain comme support créatif de la dynamique civile, et comme espace de vie subordonné aux développements humains. En outre, la morphologie urbaine qui constitue notre deuxième étape, en évoquant ces modes possibles, ainsi que les éléments constitutifs d'une ville. Nous avons à ce propos analysé les grands systèmes du tissu urbain : le système parcellaire, le système viaire, bâti, et le système des espaces libres en détaillant leurs contenus en formes de classifications rationnelles.

Un des points primordiaux qui concrétise la quantification de la forme urbaine est celui de la densité qui peut être étalée sur de nombreuses catégories citadines. La densité urbaine un facteur principal détermine le niveau de la concentration résidentielle, le rapport entre le plein et le vide, comme elle sert à la caractérisation des formes urbaines dans lesquelles on peut agir rationnellement sur l'assiette foncière par le biais de ces indicateurs y compris le COS et le CES font les deux outils de sa délimitation.

Pour la suite, et comme illustration brève des établissements humains dans le sud algérien, on a choisi la représentation directe des aspects globaux des oasis dites urbanisées. Particulièrement insérés au cœur du Sahara « cernées de palmeraies », le caractère rural n'échappe guère de leurs structures, ayant pour construction de véritables masses introverties, percées les étroites ruelles et fondées sur la base de l'habitation saharienne. Actuellement, les villes de sud connaissent une alternance rapide vis-à-vis à l'essor connu par les localités en termes de programmes visés par l'Etat dans le but du développement citoyen. Cependant la réaction commit par l'introduction des nouvelles lois, nouveaux types, et nouvelles architectures vont engloutir le patrimoine ksourien connu depuis plusieurs siècles comme l'identité originelle du pays. Donc, il nous reste qu'à dire, pourquoi les autorités comme les spécialistes du domaine agissent en contrepartie de la logique urbaine saharienne ? Est-ce le besoin exhaustif de la tranche « habitation » qui est le seul motif de ce déséquilibre urbain et architectural ? Les réponses ne vont pas être si simples, puisque cette mutation est devenue une nécessité qui se développe en parallèlement au système réglementaire.

Chapitre 2 :

Climat ;

Définitions, **c**lassification et **é**léments



Introduction :

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

Gisèle Escourrou

Les villes ne sont pas seulement des entités qui cherchent à abriter des sociétés, mais elles font le lien entre urbain et nature. Le climat comme élément essentiel pour un essor bien défini influence notablement afin de produire une progression urbaine bien particulière.

Pour s'abriter de certains effets indésirables de la nature, l'homme, et ce depuis la résolution des problèmes initiaux qui lui faisaient obstacle dans sa vie (manger, s'habiller, s'abriter...) s'est donné la peine de penser à des solutions qui le protègent des conditions climatiques quelques fois dures.

Joseph BELMONT a précisé il y a une dizaine d'années que : « l'architecture est déterminée par une série de facteurs dont un seul ne varie jamais, le climat. On s'est toujours protégé du soleil de la même façon soit en construisant des murs épais soit en se mettant à l'ombre ». A cet effet, une bonne connaissance des phénomènes climatologiques, leurs variations ainsi que leur exploitation d'une manière judicieuse, pourrait être d'un grand apport aux conditions de confort (Boucheriba F., 2004).

La valeur du climat était apparente dans le dialogue résolu entre l'homme et le Sahara, ce qui a engendré l'ensemble des établissements humains dans l'image des oasis qui s'étaient à la base des anciens ksours.

Le présent chapitre en procédant par donner les différentes définitions du climat, présente dans une première étape un aperçu sur les facteurs qui influent sur le climat et par la suite de présenter les différents types de climats selon des classifications diverse. Sur la base de ces classifications l'occasion est offerte afin de mieux assimiler les phénomènes climatiques. Enfin, on a mis en exergue les éléments du climat. Ce volet est d'une importance majeure étant donné que la compréhension de ces éléments constitue la base de toute approche en relation directe avec le domaine climatique.

1. Le climat :

1.1. Définition :

Le climat est l'ensemble des phénomènes météorologiques (température, humidité, ensoleillement, pression, vent, précipitations) qui caractérisent l'état moyen de l'atmosphère en un lieu donné. Larousse

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

Le climat est une description statistique de l'état du système Terre à partir de la connaissance des moyennes et des variabilités spatiales et temporelles de grandeurs (températures, précipitations, vent, humidité, etc.) sur des périodes variant de quelques mois à plusieurs milliers ou millions d'années.

2. Les échelles spatiales du climat :

2.1. Le climat zonal :

Les climats zonaux représentent l'échelle la plus grande. Au niveau de la planète, parmi la douzaine de facteurs climatiques, seuls la température et les précipitations sont utilisées pour la qualification des climats. On obtient ainsi des "domaines climatiques", correspondants à des types de climats.

2.2. Le climat général:

Les climats généraux sont déterminés par la latitude, leur position par rapport aux grandes masses marines et continentales et aux grands systèmes de courants atmosphériques. Chacune des grandes zones est occupée par deux ou trois grands climats généraux. Sur cette base des unités spécifiques apparaissent telles que équatoriaux, tempérés, et arides.

2.3. Le climat régional :

Les climats régionaux doivent leur existence aux caractères essentiels des climats généraux auxquels ils sont intégrés, à l'aspect de la circulation atmosphérique, et aussi aux grands caractères du relief (ex : montagne). Les ordres de grandeurs des valeurs des principaux paramètres climatiques (températures, ensoleillement, humidité, vent et précipitations) commencent à être significatifs et à caractériser concrètement un climat.

2.4. Les climats locaux :

Le passage du climat régional au climat local se fait à travers la bioclimatologie. Les climats locaux dépendent des climats régionaux dont ils font partie, des bilans radiatifs locaux et de mouvements de l'air à faible échelle spatiale. Ils sont sous la dépendance du

relief, du couvert végétal, de la nature du sol. À titre d'exemples, un versant, une forêt, une ville...peuvent avoir un climat local particulier.

2.5. Les microclimats :

A vrai dire les microclimats peuvent varier en quelques mètres, et même à la limite en quelques dizaines de centimètres. Ils sont sous la dépendance étroite de caractères très limités influençant le bilan radiatif, et de mouvement de l'air à très faible ampleur. Ceci montre que les deux étages de la forêt (le bois et les feuillages) n'ont pas le même microclimat. On peut dire autant pour le haut et le bas d'un versant, un parc à voitures en ciment et une rue étroite...etc.

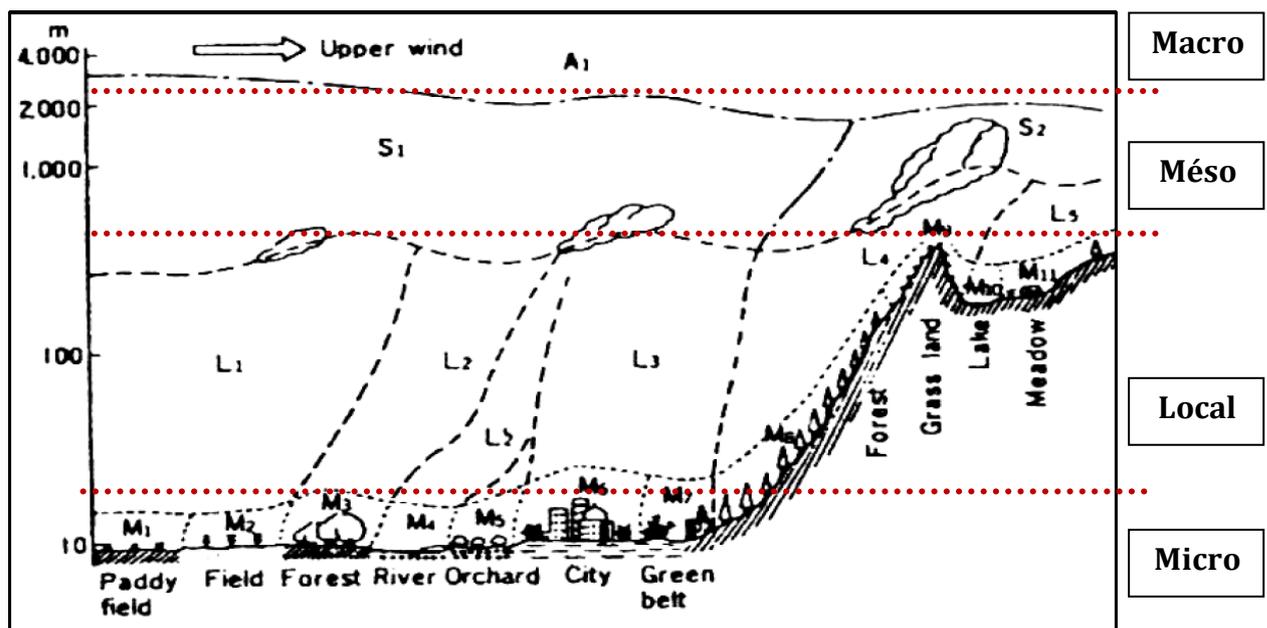


Figure 2.1 Illustration schématique du micro (M), local (L), méso (S), et macro (A) échelles climatiques.

Source : Geiger et al, 1995, p : 3

3. Les facteurs influents sur le climat :

3.1. Le relief :

Le relief constitue des obstacles pour l'air qui doit le contourner ou le dépasser, ceci peut se manifester en deux manières différentes :

- La différence de rugosité, c'est-à-dire les variations de la surface d'un endroit à l'autre, ce qui engendre des nuances déterminantes dans les régions où les dénivellations sont médiocres.
- La variation de l'altitude, qui transforme plus profondément les principaux éléments climatiques tels que température, rayonnement solaire, humidité...etc. Ceux-ci, à un niveau semblable, dépendent de : l'exposition par rapport au soleil ou aux vents dominants, de l'emplacement par rapport aux reliefs environnants de la station et de la situation par rapport à l'ensemble montagneux.

3.2. Les océans, les mers, les lacs et les plans d'eau :

Par définition, l'eau présente un ensemble de particularités :

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

Bien entendu, l'océan joue un rôle aussi important que l'atmosphère dans la régulation du climat terrestre, en transportant des eaux chaudes des Tropiques vers les hautes latitudes (dans le Gulf Stream par exemple), et des eaux froides des hautes latitudes vers les tropiques (l'eau profonde nord atlantique ou l'eau antarctique de fond par exemple). Il représente également un réservoir de chaleur immense (mille fois plus important que l'atmosphère), ce qui lui donne un rôle de modérateur des variations climatiques (comparez par exemple les différences de températures entre l'été et l'hiver sous des climats continentaux et océaniques) : nous pouvons le considérer comme la mémoire du système climatique terrestre.

3.3. Le sol :

L'intervention du sol sur le climat local, est en fonction de son albédo, c'est-à-dire avec son pouvoir de réfléchir la radiation solaire, et sa perméabilité, ajoutons aussi que l'albédo d'un sol dépend essentiellement de sa couleur, de l'eau contenue dans le sol, et l'angle d'incidence du flux solaire.

3.4. La végétation :

Le climat a une forte influence sur la répartition de la végétation sur la Terre et vice versa. Il suffit de savoir que Koppen s'est basé sur les différents types de végétations pour définir ses propres zones climatiques en créant ainsi une méthode de classification des climats appelée « méthode de Köppen ⁸ ».

A vrai dire, la couverture végétale modifie les conditions climatiques avec :

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

En général, ces éléments représentent les facteurs phares de la fluctuation climatique, mais en réalité si on revient aux interactions produites, nous les retrouvons plus complexes ce qui impliquent plusieurs formes de perturbations.

⁸ Méthode de Köppen constitue une classification des climats mondiaux par le biais des températures et les précipitations. Elle partage le tout en cinq différents climats.

4. Classification des climats :

La terre connaît cinq grands types de climats classés selon la température et l'humidité : climat tropical, climat sec (aride), climat tempéré chaud, climat tempéré froid et climat froid. Cette classification peut encore être affinée par les cycles saisonniers tels que la mousson ou des caractéristiques géographiques comme la proximité des océans, l'altitude, les forêts, etc.

4.1. Les climats tropicaux :

Ces climats se rencontrent entre la latitude 15° N et 15°S. Ils sont caractérisés par une faible fluctuation saisonnière. La température de l'air varie entre 27 et 32°C le jour et entre 21 et 27°C la nuit. L'humidité relative tourne autour de 75% toute l'année. Le rayonnement solaire est important, même s'il est partiellement atténué par la couverture nuageuse ; le vent est faible ; les précipitations sont importantes.

4.2. Les climats de mousson :

Se rencontrent autour des tropiques du Cancer et du Capricorne. Ils sont caractérisés par une longue saison chaude et sèche et une courte saison chaude et humide. La température de l'air varie entre 32° et 43°C le jour et entre 21 et 27°C la nuit, en période sèche. En saison humide, la température de l'air varie entre 27 et 32°C le jour et entre 24 et 27°C la nuit. L'écart de température jour/nuit est alors très réduit. L'humidité relative pendant le jour est faible (20 à 55%), mais augmente considérablement en saison humide (55 à 95%). Le rayonnement solaire est intense ; les vents sont forts et continus essentiellement pendant la mousson ; les précipitations peuvent atteindre 200 à 250 mm pour le mois le plus pluvieux.

4.3. Les climats secs (arides ou désertiques) :

Se trouvent entre les latitudes 15° et 30° N et S. Ils sont caractérisés par une saison chaude et une saison froide. La température de l'air varie entre 43 et 49°C le jour et entre 24 et 30°C la nuit. En saison froide, la température de l'air varie entre 27 et 32°C le jour et entre 10 et 18°C la nuit. Un écart de température important entre le jour et la nuit ; l'humidité relative est faible (10 à 55%) et le rayonnement solaire est intense ; les vents sont souvent chauds et localisés, porteurs de sable et de poussières (vents de sable) ; les précipitations sont très faibles (50 à 155 mm/an). Au voisinage des masses océaniques, ces climats subissent l'influence de l'évaporation importante des mers. L'humidité remonte entre 50 et 90%, ce qui réduit l'écart de température entre le jour et la nuit. Les vents se partagent entre brise de mer la journée et brise de terre la nuit.

4.4. Les climats tempérés :

Le climat tempéré est située entre les parallèles 30° et 50° de latitude dans l'hémisphère Nord et Sud et il est caractérisé par une équivalence thermique entre hiver et été. On distingue plusieurs types de climats tempérés :

- Le climat océanique caractérise les côtes occidentales des continents (Nord-Ouest des États-Unis, les îles britanniques, sur la façade atlantique de la France, autour de la mer du Nord et de la Manche, sur le littoral atlantique Nord Ouest du Maroc). Le climat est influencé par la proximité des océans qui se trouve à l'Ouest du continent se qui donne des étés frais et des hivers doux et humides.
- Le climat humide subtropical ou chinois est caractérisé par des étés chauds et humides ainsi que des hivers frais. Ce climat se trouve du côté oriental des continents entre 30° et 50° de latitude (Entre l'Est et le Sud-est de l'USA, de l'Amérique du Sud, de l'Asie et de l'Australie).
- Le climat méditerranéen est caractérisé par des étés chauds et secs, des hivers doux et humides. On trouve ce climat autour de la mer Méditerranée, mais aussi d'autres régions sur Terre possèdent les mêmes conditions climatiques comme les zones côtières de la Californie, de l'Afrique du Sud et des régions du Sud de l'Australie.

4.5. Les climats froids:

Ils se rencontrent en Amérique du Nord et en Asie. Ce climat continental connaît un été très bref et humide et un hiver long et faiblement enneigé (continent nord-américain) ou très sec et très froid (nord-est asiatique). Tandis que les climats polaires, ils se rencontrent au-delà du cercle polaire.

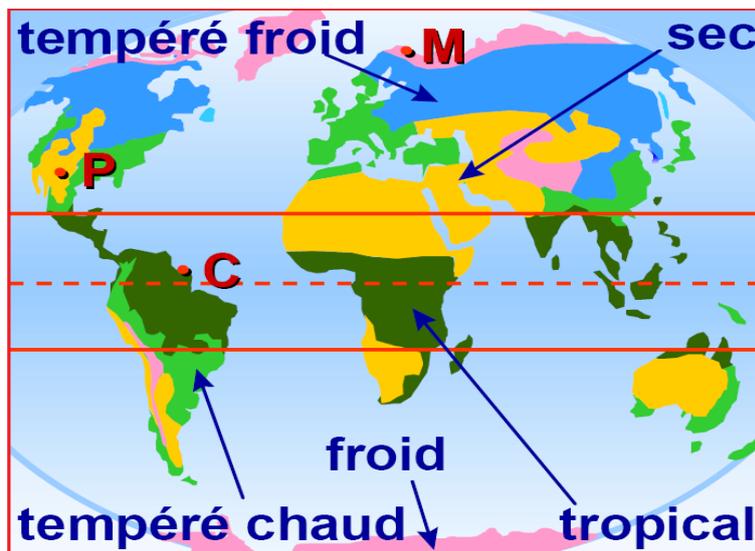


Figure 2.2 Distribution des climats tropicaux, secs, tempérés et froids.
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2006, p.10

5. Les éléments du climat :

Le climat d'une région donnée est déterminé par les régimes de variations de plusieurs éléments et par leurs combinaisons. Les principaux éléments climatiques à considérer, lors de la conception des bâtiments, sont le rayonnement solaire, la température d'air, l'humidité, le vent et les précipitations (pluies, neiges..).

5.1. Rayonnement solaire :

La trajectoire solaire au cours de l'année relève un point assez important dans la conception architecturale, notamment sur l'orientation et le degré d'ouverture du bâtiment, ce qui met en considération une liste de facteurs qui ont pour faveur l'influence sur le flux solaire tels que : temps, la latitude et la qualité du ciel. Le soleil émet un rayonnement électromagnétique varie peu en dehors de l'atmosphère (constante solaire : $\pm 1350 \text{ W/m}^2$)⁹, en revanche, le rayonnement disponible au sol dépend de la composition de l'atmosphère. En effet, en traversant celle-ci, le rayonnement est partiellement absorbé et réfléchi par les poussières et les microgouttelettes d'eau en suspension ; A vrai dire une partie du rayonnement est également diffusée dans toutes les directions par les molécules d'air et les particules contenues dans l'atmosphère et qui est en quelque sorte émis par la voûte céleste, ces rayons frappant le sol en un lieu constituent le **rayonnement solaire diffus**, ce dernier est considéré comme jamais nul. Le reste du rayonnement atteint directement la terre : c'est le **rayonnement solaire direct**, celui-ci peut être nul par temps couvert. Comme troisième forme, le **rayonnement réfléchi** ou « albédo » provient de la réflexion sur l'environnement des deux rayonnements précédent et dépend en particulier de la nature du sol. Nous pouvons animer cette notion par un exemple de réflectances suivantes :

- Eau calme.....**0,05 à 0,18** selon la saison et la latitude.
- Sable.....**0,25 à 0,40**
- Terre, gravier, prairie, sol cultivé**0,10 à 0,30**
- Neige.....**0,60 à 0,90**

5.2. Température de l'air :

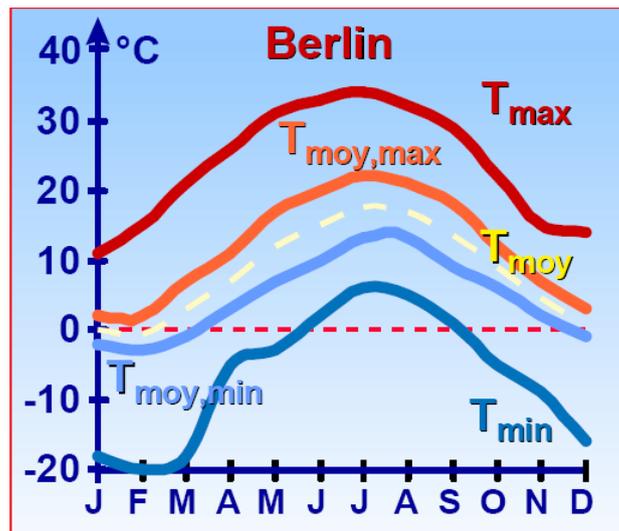
Le taux d'échauffement et de refroidissement de la surface de la terre est le principal facteur qui détermine la température de l'air qui est à son contact. L'air est transparent pour presque tous les rayonnements du soleil, qui par là-même n'ont qu'un effet indirect sur la température de l'air (Givoni B., 1978).

La couche d'air directement en contact avec le sol chaud est échauffée par conduction, cette chaleur se transfère aux couches supérieures essentiellement par convection et par les turbulences de l'air. Les courants et les vents apportent de grosses masses d'air au contact avec la surface terrestre, et cet air, de ce fait est réchauffé.

Pendant l'hiver, en nuit la surface de la terre est généralement plus froide que l'air, du fait du rayonnement de grande longueur d'onde vers le ciel, et l'échange net de chaleur est inversé et l'air en contact avec le sol est refroidi.

⁹ Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques, Paris, Le Moniteur, 2005, P13.

Pour but de déterminer l'évolution journalière, mensuelle et annuelle de la température de l'air, les stations météorologiques la mesurent chaque jour sous un abri à une hauteur de 1.50m, enregistrant une variabilité au cours de la même journée sous des différents degrés : minimales, moyennes et maximales. Aujourd'hui l'état du réchauffement planétaire augmente en dépend des haussés de températures, les saisons deviennent plus torrides caractérisées par des hivers frais courts, et des étés longs et très chauds, ce qui a menacé l'équilibre de l'écosystème.



Graph 2.1 Evolution de la température d'air au cours des mois à Berlin
Source : *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, 2006, p.15

5.3. Le vent :

Le vent est un déplacement d'air essentiellement horizontal, d'une zone de haute pression (masse d'air froid) vers une zone de basse pression (masse d'air chaud). Les différences de température entre les masses d'air résultent de l'action du soleil. Bien entendu, le vent est défini par deux paramètres principaux :

- Sa vitesse moyenne, compte tenu que près du sol est turbulent et que sa vitesse fluctue autour d'une moyenne.
- Sa direction et son sens.

Mais l'importance d'un vent de direction et de vitesse donnée dépend la proportion de temps pendant laquelle il a lieu, soit sa fréquence, dont ces trois paramètres peuvent être mis en relation sur un même diagramme nommé la rose des vents.

On rencontre plusieurs éléments agissent sur le vent et sa vitesse, cette dernière augmente avec l'altitude. Le régime des vents est largement conditionné par la topographie locale (vallées, pentes, etc.) et par la rugosité des surfaces, des obstacles tels que les écrans de végétation touffue peuvent également freiner de façon significative la vitesse du vent.

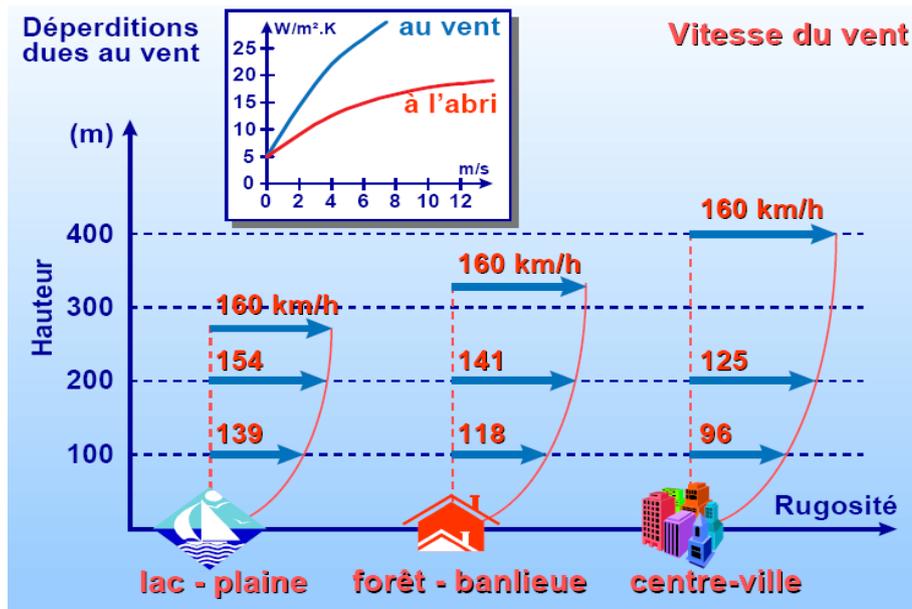


Figure 2.3 Variations de la vitesse du vent, selon l'altitude et la nature du sol.
Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2006, p.18

5.3.1. Les systèmes de vents :

Selon Givoni, le vent est doté de trois systèmes principaux dans chaque hémisphère : les vents alizés, les vents d'ouest, les vents polaires.

▪ Vents alizés :

Ces derniers, sont à l'origine des régions de hautes pressions subtropicales des deux hémisphères et convergent vers le front intertropical formant la ceinture équatoriale de basses pressions. Ces vents écoulent vers le Sud-ouest dans l'hémisphère Nord et vers le Nord-ouest dans l'hémisphère sud.

▪ Vents d'ouest :

Les vents d'ouest ont les mêmes origines que les vents alizés. Ils sont sud-ouest dans l'hémisphère nord et nord ouest dans l'hémisphère sud. Seulement, ils se dirigent vers les zones de basse pression subarctiques.

▪ Vents polaires :

Les vents polaires sont formés par les masses d'air froid se répandant à partir des zones de hautes pressions polaires et arctiques. Leur direction générale est le Sud-ouest dans l'hémisphère Nord et le Nord-ouest dans l'hémisphère Sud.

Après cet aperçu sur les systèmes de vents, on peut aussi mentionner d'autres formes des ces systèmes connus sous le nom des « moussons », en outre, il existe des régimes de vents dans les montagnes et les vallées, ainsi que des brises diurnes et nocturnes le long des côtes.

- **Vents de mousson :**

Les vents de mousson sont le résultat des différences de températures moyennes annuelles sur les continents et les mers, ces différences provoquent à leur rôle en hiver des vents de terre et en été des vents de mer.

- **Brises de terre et de mer :**

Pendant le jour l'air au-dessus des terres s'échauffe plus que sur les surfaces d'eau situées à la même latitude. L'air plus chaud s'élève et l'air plus froid s'écoule vers la terre. La nuit le processus est inversé. Les vents générés de cette manière sont les brises.

- **Vents des montagnes et de vallées :**

Causés par les différences de températures entre l'air situé au dessus des pentes ensoleillées et celui qui se tient à la même altitude au dessus des vallées.

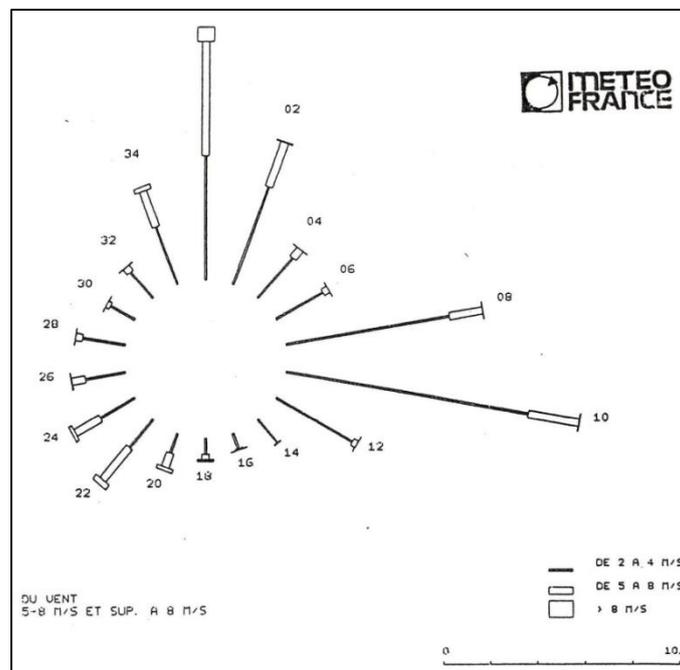


Figure 2.4 Rose du vent illustre des fréquences et des vitesses moyennes des vents à Grenoble
Source : Architecture climatique, p.81

5.4. Humidité de l'air :

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

La capacité de l'air à contenir de la vapeur d'eau augmente progressivement avec sa température qui est donc le principal facteur déterminant, elle est plus élevée dans les zones équatoriales, et diminue en remontant vers les pôles.

Nous distinguons trois types d'humidité : humidité absolue, et l'humidité spécifique, tandis que la valeur maximale de vapeur d'eau contenue par unité d'air est appelée humidité saturante. A vrai dire si on rapporte l'humidité absolue à celle la saturante on obtient l'humidité relative exprimée en % et qui dépend directement à la température de l'air, comme déjà mentionné.

5.5. Les précipitations :

Les précipitations recouvrent une réalité multiple : pluie, grêle, neige qui sont les manifestations du même processus fondamental, le cycle d'eau. La terre compte environ 1,4 milliard de km³ d'eau, mais qui se trouvent à plus 97% dans les océans. Une fraction minimale (2,59%) est présente sur les continents sous forme de neige, de glace ou d'eaux souterraines. Enfin, seule une infime proportion (0,014%) est accessible aux organismes vivants (A.Liebard et A.De Herde, 2005).

Les quantités de précipitations les plus élevées se produisent près de l'Équateur dans les tropiques, dut au réchauffement puissant sous une forte densité du flux solaire incident et crée un soulèvement vertical significatif d'air, et la formation des pluies lourdes prolongées et d'orages fréquents. Les totaux annuels de précipitations dans les tropiques excèdent habituellement les 100 pouces ou 2.500 millimètres, et peuvent être aussi hauts que 400 pouces ou 10.000 millimètres.

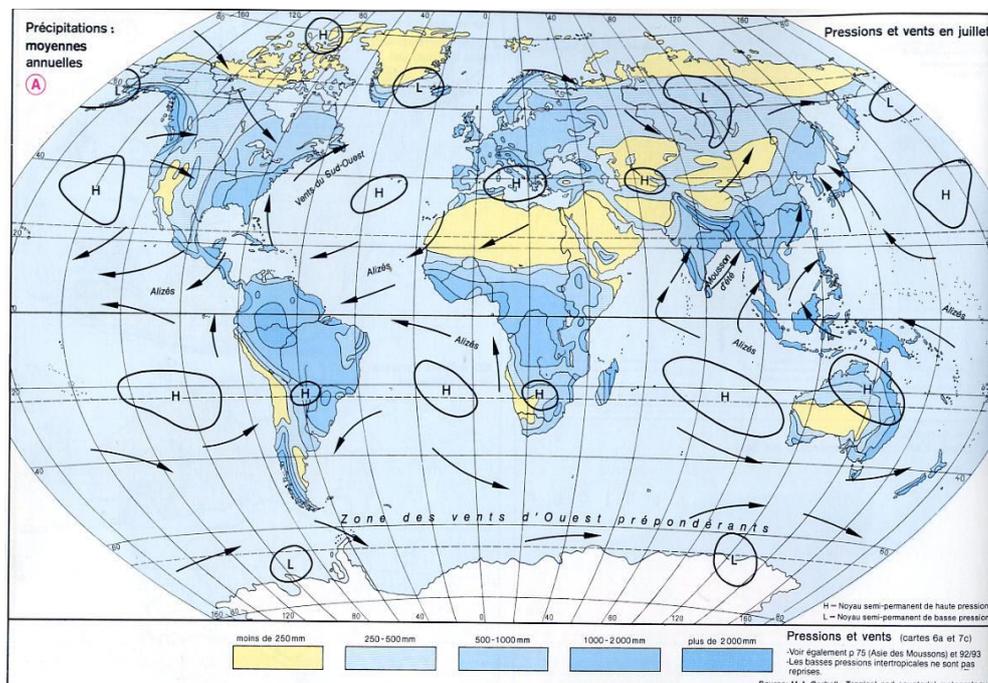


Figure 2.5 Carte des précipitations moyennes annuelles
 Source : M.A.Garbell

5.6. Formation de rosée et de brouillard :

Le refroidissement par contact avec les surfaces plus froides se limite aux couches d'air inférieures. Lorsqu'il en résulte une condensation, celle-ci prend la forme de rosée sur la surface froide. Lorsque l'air, qui n'est pas en contact direct avec la surface froide, est refroidi au-dessous de son point de rosée, il se forme du brouillard. Ce refroidissement des couches d'air inférieures peut être aussi provoqué par le mélange des couches d'air froid les plus basses et par rayonnement de grande longueur d'onde en provenance des molécules de vapeur vers le sol plus froid (Givoni B., 1978).

Les conditions provoquant la formation de brouillard sont :

- Ciel clair qui favorise le rayonnement de grande longueur d'onde vers l'espace, qui refroidit donc le sol et les couches d'air inférieures.
- L'inversion de température à proximité du sol qui empêche les échanges d'air verticaux entre les couches inférieures et supérieures.
- L'absence de vent qui elle aussi empêche l'échauffement des couches d'air inférieures par échange vertical.

Donc, après ces définitions concernant le climat, leur classification, et leurs éléments, nous constatons que l'homme est subit de plusieurs facteurs en rapport crucial avec son climat, dans la quelle cette influence intervient profondément à l'aspect psychique de l'être humain dans un autre sens son confort celui qui figure une diversité de formes qu'on va les envisager dans les prochains chapitres.

6. Le climat en Algérie :

L'Algérie un pays méditerranéen immense, pèse un poids stratégique majestueux dont ces fortunes naturelles et humaines font un caractère fondamental. Etalée sur une grande superficie de 2.381.741 km² qui a lui donné un titre du continent, et ce qui explique la diversité des climats à l'intérieur des terres algériennes.

L'Algérie appartient au domaine du climat méditerranéen. En outre, en été les hautes pressions subtropicales repoussent les perturbations du front polaire vers la mer Méditerranée engendrant des températures élevées ainsi que des périodes de sécheresse notamment dans les mois de juillet et aout. En revanche, en hiver les hautes pressions migrent vers le tropique du cancer, cédant la place aux perturbations humides en provenance de la zone tempérée. A vrai dire l'Algérie méditerranéenne présente de nombreuses nuances climatiques, subdivisées presque en trois zones principales comme suivant :

Le climat méditerranéen qui fait référence au climat tempéré, étalé sur le long du littoral algérien en s'opposant sur la chaîne montagneuse tellienne dans sa partie nord. Il est Caractérisé par un hiver doux mené d'un taux maximal de précipitations, par contre à l'été qui est absolument sec et chaud.

Le climat semi-aride aux hauts plateaux représente le type d'un climat continental, qui couvre la partie centrale du pays, caractérisé par une longue saison froide voire la durée d'hiver ceci est parfois humide. Le taux de précipitations est inférieur à celui du littoral, dont sa période hivernale est assumée par les gels et la tombée de la neige sur certaines hauteurs, tandis que les autres saisons sont bien menées par une importante ampleur de pluie dans la quelle une intervention massive des orages notamment en été.

Le climat aride (saharien) avec une pénurie au niveau des précipitations (moins de 100 mm annuelle dans la partie du bas-Sahara, et à peine de 20 mm sous le tropique), relève ainsi des contrastes thermiques journaliers considérables, relatifs à la durée d'ensoleillement qui fait le facteur phare de la hausse des températures. Son hiver est plutôt court, froid et sec, tandis que l'été est très chaud dans le quel ses températures souvent atteignent les 49°C sous l'ombre.

6.1. Zones climatiques d'hiver :

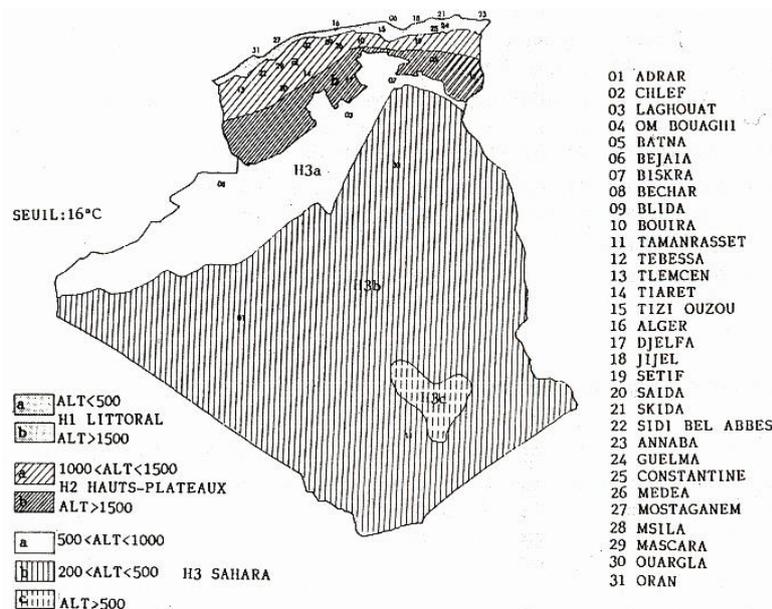


Figure 2.6 Carte des zones climatiques d'hiver en Algérie

Source : Boucheriba Fouzia, 2004.

Comme l'indique la figure, les zones climatiques d'hiver en Algérie sont réparties dans la manière suivante :

- **Zone H1 :** cette zone est subie de l'influence de la proximité de la mer, ainsi elle se subdivise en sous zones selon leur altitude, la Ha1 qui représente le littoral avec une altitude inférieure à 500 m, caractérisée par des hivers doux avec des amplitudes faibles. Tandis que la Hb1 qui est la partie arrière littoral montagne, surélevée sur une altitude supérieure à 500 m, ce qui a provoqué à des hivers plus froids et plus longs.

- **Zone H2** : Une seconde zone influée par l'altitude et subdivisée en deux sous zones, la Ha2 celle qui s'étale sur l'Atlas tellien montagne dont son altitude est rapportée entre 1000m et 1500m et caractérisée par des hivers froids et des écarts plus significatifs au niveau des températures diurnes. Alors que Hb2 est celle de l'Atlas saharien montagne avec une altitude qui dépasse les 1500m, connue par des hivers encore plus froids.
- **Zone H3** : la troisième zone est subie de la latitude, englobe trois sous zones sont : Ha3 comme un territoire de Présahara avec une altitude $500m < Alt < 1000m$, doté d'hivers plus froids en nuit que le jour, comme elle relève des écarts de températures journalières assez importants. La Hb3 celle de la partie Sahara avec une altitude varie entre 200m et 500m, se distingue par des hivers moins froids que la sous zone précédente ainsi des écarts de températures diurnes. En dernier lieu, Hc3, fait parti du Hoggar, dont son altitude est supérieure à 500m, se caractérise par des hivers très froids, identique à la Ha3 mais la fraîcheur est ressentie aussi pendant la période diurne.

6.2. Zones climatiques d'été :

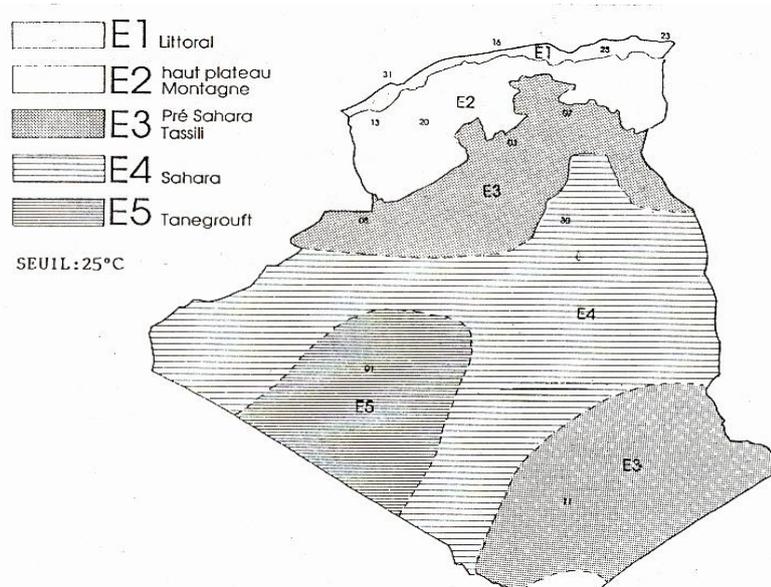


Figure 2.7 Carte des zones climatiques d'été en Algérie
Source : Boucheriba Fouzia, 2004.

Comme était illustré auparavant à propos les zones climatiques d'hivers, l'autre face consiste les zones climatiques d'été comme le montre la figure au-dessus. L'Algérie est répartie en cinq grandes zones sont :

- **Zone E1** : comme première zone subit du voisinage à la mer, cette courte distance lui rend caractérisée d'étés chauds et moins humides, tandis que l'écart des températures diurnes est signalé faible.
- **Zone E2** : subit à l'influence de l'altitude, elle se prolonge sur tous les hauts plateaux-montagne, comme elle se distingue par ces étés chauds et peu humides, menés des écarts de températures diurnes importants.

- **Zone E3, E4 et E5 :** ces sous zones sont bel et bien subies au facteur de la latitude, comme l'indique chacune d'elles E3 qui fait référence à la tranche Présahara et tassili dotée des étés chauds et secs, tandis que la E4 qui couvre le Sahara est plus chaude et sèche que sa précédente. Alors pour la E5 où s'étale le territoire de Tanezrouft (terre de soif), une période estivale chaude et sèche extrêmement pénible que E3 et E4 est bien marquée, ce qui la mit la terre la plus brulante en Algérie.

Conclusion :

Après une appropriation profonde de la notion du climat en abordant ses définitions, ses classifications et ses éléments intervenants sur ses différents aspects, nous pouvons souligner une ligne droite pour mettre en envergure les interactions morpho-climatiques. Le climat est évidemment plus complexe que d'être une série de phénomènes naturels qui se déroulent au cours de l'année, cette complexité lui rend en toute possibilité de recherche dont notre travail provoque un angle plus précis celui de l'espace urbain.

Revenons sur les grands points de notre récent chapitre, le climat qui est défini comme la synthèse des conditions météorologiques dans une région donnée, comme il puisse être tantôt variable et tantôt constant à certains endroits sur cette immense planète. En outre le climat constitue d'un organisme bien déterminé avec la complémentarité d'un ensemble important d'élément qui sont : le rayonnement solaire, la température de l'air, l'humidité, le vent, les précipitations comme nous trouvons d'autres font l'exception tellement leur rareté, et cela ne rend pas ces derniers comme éléments absolues, beaucoup des facteurs agissent sur leur cycle ordinaire, essentiellement subit au : relief, les plans d'eau, la végétation, le sol, et l'urbain comme un produit humain. La construction des villes, les activités anthropiques, la démographie urbaine englobant le monde urbain aujourd'hui menacent énormément la situation écologique vulnérable celle qui souffre d'une extermination naturelle de la part de l'homme, ceci était provoqué depuis un demi-siècle en aggravant l'écosystème notamment le phénomène de l'effet de serre.

Urbanisme, climat ou dans un autre sens climat urbain, une autre explication fait référence à l'état climatique propre aux villes, celui qui sera notre objectif dans le chapitre suivant, dans le quel nous allons aborder la notion du climat à l'intérieur des villes, dans toutes ses échelles et ses formes voire leur phénomènes générés.

Chapitre 3 :

Microclimat et phénomènes urbains;

Mise au point sur la qualité climatique de nos villes



Introduction :

"L'importance des phénomènes climatiques dans notre société est plus grande que ne le pensent habituellement les décideurs : l'échelle spatio-temporelle est différente et les conséquences de nos actions actuelles peuvent entraîner à long terme des catastrophes"

Gisèle Escourrou

Actuellement, le climat terrestre est entrain de changer. Au 20ème siècle, la température de la surface du globe a été clairement plus élevée que pendant n'importe quel siècle au cours des 1000 dernières années. Le climat du 20ème siècle a été vraiment atypique.

Les interactions entre les facteurs de l'environnement urbain (naturels et artificiels), les facteurs anthropiques et les facteurs morphologiques intrinsèques à la ville, donnent naissance à des phénomènes particuliers. Il s'agit essentiellement de :

- L'îlot de chaleur urbain
- Les vents urbains

Ces phénomènes sont une caractéristique du milieu urbain. Leur naissance, les facteurs qui les sous tendent, les conditions de leurs développements, ainsi que leurs aspects particuliers sous les climats arides, sont les éléments dont on compte exhiber dans le présent chapitre. En effet, l'étude du climat urbain exige la connaissance de ces effets singuliers, car ils servent à expliquer certaines suites climatiques distinctives. Par exemple le phénomène de l'îlot de chaleur urbain peut servir à expliquer beaucoup d'effets thermiques en milieu urbain, ainsi que certains déplacements des masses d'air dus à ce phénomène (brises thermiques).

Donc dans notre chapitre nous allons étudier les paramètres qui définissent le microclimat urbain, dont la compréhension des effets radiatifs et aérodynamiques et phénomènes urbains qui ont lieu dans la ville. En se basant sur un nombre d'études qui ont été menées dans le domaine de la micro climatologie urbaine.

1. Comment percevaient-elles le climat les anciennes civilisations?

Le climat depuis les premiers temps est en cycle de mutation, comme nous ressentons les changements climatiques actuellement, les anciennes civilisations ont bien aussi vécu cette différence d'une époque à l'autre, dont certaines ont disparu à cause de cette perturbation climatique.

Nous allons animer cette idée à travers une répartition chronologique et depuis ce qui était acquis le long des siècles par le biais des écrits des philosophes, historiens, et hommes de science.

1.1. La Grèce antique :

Comme le définit la pensée hellène, l'ancienne Grèce a voulu créer ce qui était appelé l'état idéal celui de l'accord parfait entre les lois politiques, morales et le climat, ce qui signifie une vie harmonieuse avec le climat méditerranéen. Platon disait « il y en a Grèce un climat entre tous favorable à la vertu, il faut dire son mérite qui serait d'être l'intermédiaire entre les frimas et les chaleurs torrides ». Ainsi les philosophes assimilent les gens du Nord et de l'Ouest à des guerriers ce qui est relatif au climat froid et brumeux, tandis que les peuples de l'Est sont au contraire lascifs, aimant les plaisirs cela est fut a condition de la chaleur du climat subtropical et le ramollissement qui en résulte.

1.2. La Rome impériale :

Pour l'empire romain, la géographie était l'outil principale pour ses conquêtes notamment la partie occidentale de la mer méditerranéenne. Selon beaucoup d'études l'aspect climatique à cette époque, a été exprimé sous la forme poétique « En outre, le soleil par sa chaleur l'allège d'une forte part. Nous voyons en effet les étoffes mouillées sécher à ses rayons ardents ; or les océans sont nombreux et étendent leurs vastes plaines à perte de vue. Dès lors le soleil a beau n'aspirer en chaque point de leur surface qu'une minime quantité d'eau, néanmoins sur l'étendue totale le prélèvement sera considérable ».

1.3. Le règne musulman :

L'image conférée des anciennes cités islamiques interprète bel et bien les conditions climatiques vécus, dont la majorité de concentration des villes était au centre du Moyen Orient. Les tentes, les ksours ¹⁰ en toutes qualités d'urbanisation musulmane témoignent de la rigueur du milieu doté d'un climat chaud et sec celui du climat aride. Mais il y a quelques exceptions fondées sur la base des récits pendant des siècles, les historiens ont parlé des périodes inhabituelles si l'on peut dire. La lecture des anciens textes écrits par les savants et philosophes musulmans a permis aux chercheurs de recueillir de précieuses informations à propos du climat pendant le règne musulman, notamment à l'époque abbasside celle qui prend son pouvoir dans la fameuse capitale Bagdad entre 816 et 1009. Les manuscrits ont bien montré qu'au cours de ces deux siècles, quatorze vagues de froids ont frappé la ville, qui ont en conséquence plusieurs événements vécus, les preuves de ce changement climatique assez significatif. Ce qui permet que plusieurs produits ont été conservé par le

¹⁰ Ksar ou Ksours préfigurent l'ancienne forme de l'urbanisation saharienne (ville) dans l'Afrique du nord.

biais de la gèle tels que : le vinaigre, les œufs, et bien entendu aussi des navires piégés dans la glace.

Ces mêmes écrits, avant d'être étudiés par les climatologues, ont considérablement aidé les astronomes; comme ils l'expliquent dans la revue *Weather*, ces données précieuses permettront aux chercheurs de confirmer, ou non, les modèles actuels retraçant l'histoire climatique de la Terre. Une équipe de recherche espagnole a décelé cinq périodes de froid en hiver, quatre en automne, deux au printemps, une en été ainsi que deux années entières marquées par de fortes diminutions des températures. En 908, 944, puis 1007, Bagdad a même connu des épisodes de neige qui ont duré plusieurs jours.

1.4. Le moyen âge :

Essentiellement caractérisé par une période de réchauffement dominée par un climat inhabituellement chaud, marqué d'un « optimum climatique médiéval », ce dernier a touché presque toute l'échelle de la planète nord et qui a duré du 10^{ème} jusqu'au 13^{ème} siècle approximativement. Quelques études ont signalé cette période comme anomalie médiévale et soulignent ainsi que l'importance de ses effets a dépassé le domaine anecdotique des seules températures. La plupart des savants ont bien assuré que la période de l'optimum médiéval est beaucoup plus chaude que celle de nos jours, à base de nombreuses théories. Mais que s'est-il passé durant la catastrophe ? Selon la documentation l'optimum climatique médiéval qui a été suivi par une période de « petit âge glaciaire » dura environ cinq siècles (1400-1850), est une période frappée par une hausse de températures, ce qui a engendré une marge de sécheresse prolongée bien remarquée sur les terres américaines (Avant les explorations géographiques), ceci est noté aussi en Afrique équatoriale orientale sous une alternance d'un climat plus sec qu'aujourd'hui et relativement humide. Le climat le plus sec se retrouve pendant l'optimum climatique médiéval, aux alentours de 1000 à 1270 (environ trois siècles).

A ce propos, les chercheurs parlent de plusieurs rapports qui ont été lié entre civilisations et climats, dans les quels se formait une image de symbiose parfaite entre homme-environnement. Mais a part, le dilemme de la disparition de nombreux signes des peuples a lieu suite aux bouleversements du climat conféré par la désertification, l'enterrement, ou la submersion commis épar l'augmentation des niveaux de la mer. Les mayas comme fameux exemple accorde leur décadence au changement climatique du à une longue période de sécheresse ce qui entraine la grande civilisation à disparaître sous la chaleur des températures. En Algérie plusieurs d'établissement humains ont disparu suite aux différents motifs tels que : les guerres, les maladies, et crucialement le climat, nous citons des bourgades englouties sous le sable, et celles qui ont laissé que quelques traces acharnées par le temps, ceux-ci comme le village de Sidi Rached ¹¹ situé dans la vallée d'Oued Righ, qui était autre fois en pleine activité sans aucun soucis de l'agressivité du climat. Aujourd'hui le village est connu seulement par le mausolée implanté au cœur des dunes qui témoigne d'un véritable patrimoine enterré sous les sables, une victime de la perturbation climatique, et de la désertification.

¹¹ Sidi Rached est un village du Bas-Sahara algérien (à quelques kilomètres de Touggourt) disparu sous l'effet de l'ensablement.

2. Le climat urbain (microclimat) :

2.1. Définition :

- Le climat urbain est l'ensemble des nouvelles conditions météorologiques générées par le processus d'urbanisation.

« En effet, l'extension des immeubles d'habitation, l'augmentation du nombre de voitures, les gaz d'échappement, les lumières des rues, les systèmes de chauffage et de climatisation, l'imperméabilité des espaces, provoquent toute une série de facteurs qui modifient considérablement les conditions climatiques propre à une région donnée faisant naissance à un nouveau type de climat spécifique aux villes appelé : climat urbain » Escourrou

- Le microclimat désigne généralement des conditions climatiques limitées à une région géographique très petite, significativement distinctes du climat général de la zone où se situe cette région.

2.2. Les échelles du climat urbain :

En milieu urbain, la diversité des échelles spatiales s'accompagne d'une diversité des échelles climatiques, les phénomènes qui s'y produisent ne sont pas nécessairement les mêmes ou n'ont pas les mêmes répercussions. Chaque échelle spatiale implique des interactions atmosphériques et climatiques propres (Guyot, 1997). A vrai dire la répartition émit en trois échelles principales sont :

2.2.1. La couche limite atmosphérique CLA :

Cette couche s'étend sur plusieurs dizaines de mètres au-dessus des bâtiments et se décompose en deux sous-couches d'écoulement: la sous-couche inertielle et la sous-couche de rugosité. La première se caractérise par l'homogénéité des flux turbulents verticaux et dépend essentiellement de la vitesse de frottement et de la hauteur des bâtiments. Quant à la sous-couche de rugosité, elle se situe à proximité immédiate de la surface et son épaisseur varie entre 1,5 et 3,5 fois la hauteur des bâtiments environnants.

2.2.2. La couche limite urbaine CLU :

La couche limite urbaine CLU, située juste au-dessus de la canopée urbaine fait partie de la CLA, son épaisseur est très variable puisque il dépend de la rugosité du terrain, tandis que sa valeur est nulle aux zones rurales. Cette couche est caractérisée par des transferts d'énergie entre la surface et l'atmosphère. Les modifications qui ont lieu dans cette couche sont d'une échelle locale qui correspond au niveau d'une agglomération ou d'un ensemble de bâtiments. Les variations climatiques entraînées sont généralement identiques pour tous les points de la zone étudiée et elles varient en fonction du changement de la typologie urbaine.

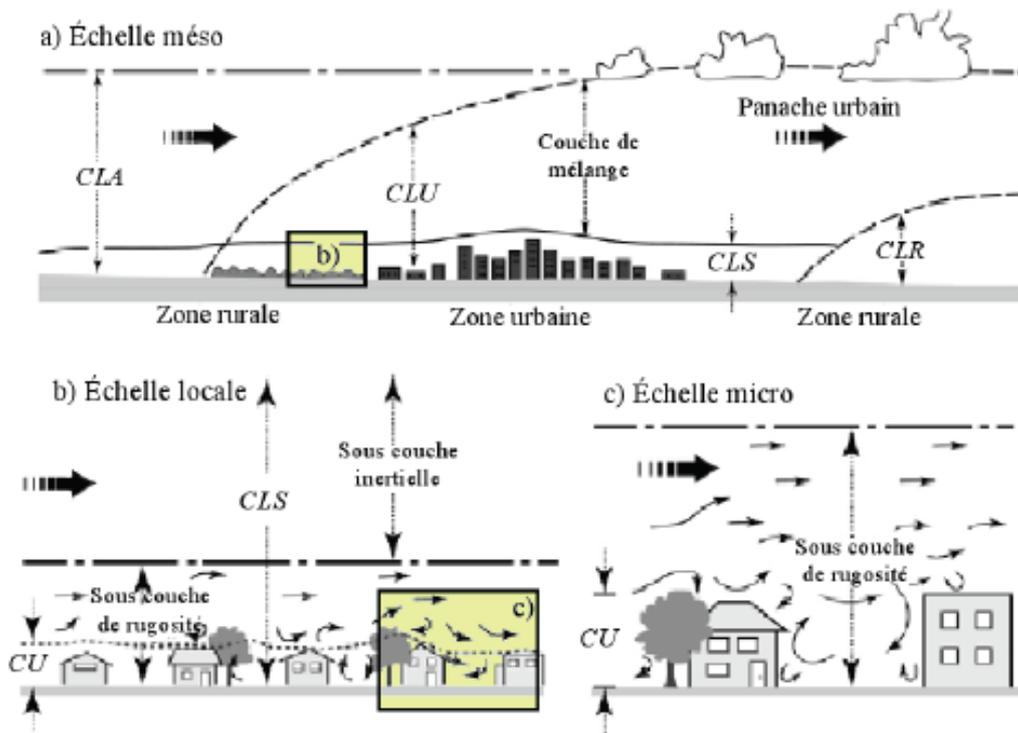


Figure 3.1 Représentation des échelles climatiques et atmosphériques, de l'échelle méso (a), à l'échelle locale (b) et micro (c) Oke 06.

2.2.3. La canopée urbaine :

La canopée urbaine est une couche qui correspond à la hauteur moyenne de bâtiments qui font obstacle à l'écoulement d'air dans le milieu urbain. Cette échelle fait référence au tissu urbain intégrant le sol urbain (rue, espaces verts), les structures bâties (bâtiments, îlot ou quartier) et les espaces ouverts (cours ou places publiques) ce qui la rend souvent en perturbation, en raison des mouvements turbulents engendrés par l'interaction des paramètres microclimatiques avec les structures urbaines.

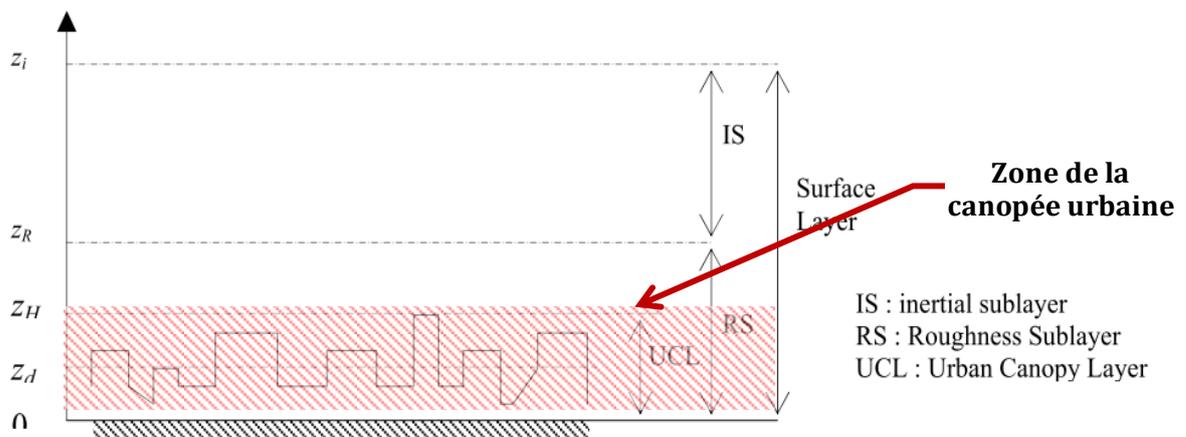


Figure 3.2 Représentation schématique de la canopée urbaine
Source : Rotach, 2000.

2.3. Environnement thermique :

2.3.1. Le bilan énergétique urbain :

A l'échelle urbaine, la diversité des formes urbaines et celle des propriétés physiques des revêtements de surface rendent difficile le calcul du bilan d'énergie. Le bilan énergétique d'une surface urbaine est égal à la somme algébrique des flux énergétiques qu'elle échange avec son environnement. Ainsi, l'équation du bilan énergétique d'une surface urbaine peut s'écrire en termes de flux (W/m^2) (Oke, 1988 ; Arnfield et Grimmond, 1998 ; Masson et al., 2002) :

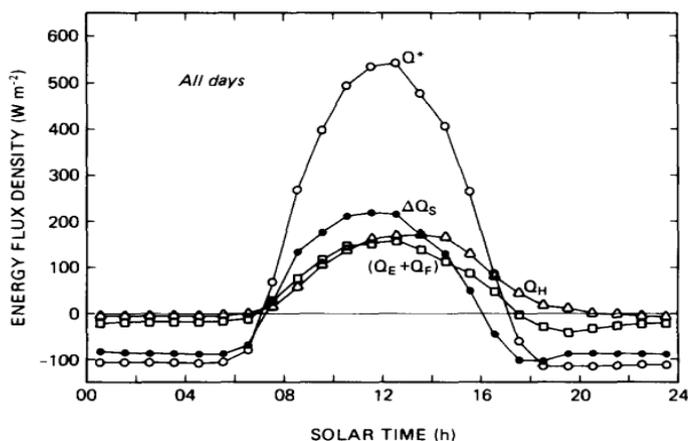


Figure 3.3 A gauche : Bilan énergétique du quartier Tacubaya à Mexico pour 25 jours
Source : Athemna K., 2012.

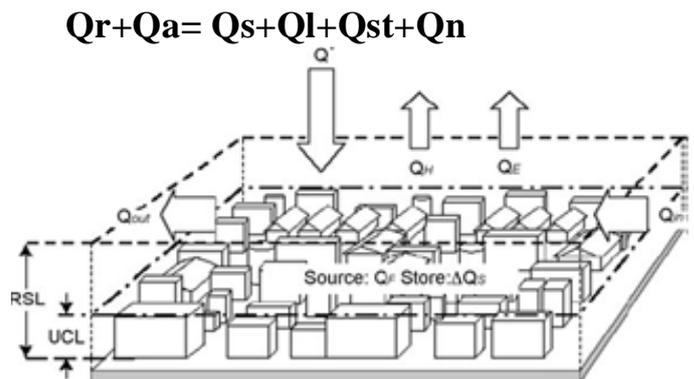


Figure 3.4 A droite : Représentation des différents flux du bilan énergétique dans le milieu urbain
Source : Oke, 1987.

Qr : Flux de l'énergie solaire. Ce dernier est la combinaison entre le rayonnement de courte longueur d'onde (rayonnement solaire directe) et le rayonnement de grande longueur d'onde (rayonnement transmis par les éléments opaques tels que les murs, les rues et les bâtiments).

Qa : Chaleur anthropique, cette forme de chaleur est souvent transmise par le système de transport les industries et autres sources de chaleur.

Qs : chaleur sensible. Elle s'agit de la chaleur transmise par convection.

Ql : chaleur latente (forme d'énergie libérée dans l'atmosphérique, par exemple durant le processus d'évapotranspiration)

Qst : l'énergie stockée.

Qn : l'énergie net transférée vers ou a partir du système sous forme de chaleur sensible ou l'attente (transfert par l'advection.)

Le bilan énergétique semble beaucoup très complexe qu'on le croie, toutes ces énergies absorbées et diffuses sont variables d'un point à l'autre sur chaque pas de la ville en créant des champs d'énergie différents. Pour accéder à une compréhension claire des formes de chaleur nous abordons les définitions suivantes :

▪ La chaleur anthropique Q_a :

La chaleur anthropique correspond à la somme des diffusions de chaleur par les véhicules, l'industrie, les bâtiments et les équipements urbains. La quantité de chaleur anthropique émise dépend de la saison, du mode de déplacement utilisé par les individus, de la densité de la population, du niveau d'industrialisation de la ville et de sa topographie environnante.

Notons que la chaleur anthropique a pour effet de diminuer la charge de chauffage en hiver tandis qu'en été, elle engendre une augmentation de la température urbaine ambiante et de la pollution favorisant ainsi l'apparition de l'îlot de chaleur urbain (Escourrou G., 1980).

▪ La chaleur sensible Q_s :

La convection est un phénomène dynamique engendré par des gradients thermiques. On distingue deux types de mouvements de convection: naturelle, lorsque la différence entre la masse volumique de l'air chaud et froid engendre un courant d'air, et forcée lorsque l'air est aussi mis en mouvement sous l'action d'une force mécanique comme la force de pression à titre d'exemple.

▪ La chaleur latente Q_l :

L'effet d'une zone urbaine sur l'humidité de l'air est plus difficile à prédire. Généralement, l'air des villes est souvent plus sec le jour et plus humide la nuit, dans le quel ce phénomène apparaît le plus nettement en été. Un îlot d'humidité nocturne se crée dans la ville, son intensité diminue avec l'augmentation de la vitesse du vent. L'humidification de l'air apparaît généralement dans les zones urbaines à forte densité végétale comme les parcs publics ou dans les opérations d'aménagements d'éco-quartiers présentant une faible minéralisation par rapport aux quartiers traditionnels.

Pour caractériser l'état de l'humidité d'un site urbain, un nombre dimensionnel appelé le nombre de **Bowen** est utilisé, correspondant au rapport entre le flux de chaleur sensible et celui de chaleur latente dans la direction verticale.

▪ La chaleur stockée Q_{st} :

Les surfaces urbaines sont constituées de matériaux de revêtements variés (asphalte, béton, briques, bois, verre, etc.) et de géométries hétérogènes (parois verticales ou horizontales, toits plats ou inclinés par exemple). De plus, l'ensoleillement de ces surfaces est très variable en fonction des paramètres météorologiques et morphologiques, ceci affirme la difficulté de la mensuration avec précision le flux de chaleur absorbé par une surface urbaine. Pour cela, différentes corrélations empiriques ont été proposées, notamment par Oke (1981), pour des échelles de travail allant de l'îlot urbain au quartier.

2.3.2. Le bilan radiatif urbain :

Le bilan radiatif en environnement urbain s'exprime par l'addition du rayonnement de grande et courte longueur d'onde émis par le ciel et l'atmosphère, mais aussi du rayonnement de grande longueur d'onde émis par les éléments de la surface terrestre, ce qui explique la grande influence

du cadre bâti sur la qualité radiative de ce bilan. Par exemple, dans les villes industrielles la durée d'ensoleillement et le rayonnement solaire sont réduits de 10 à 20 % comparativement aux compagnes avoisinantes (Landsberg, 1981).

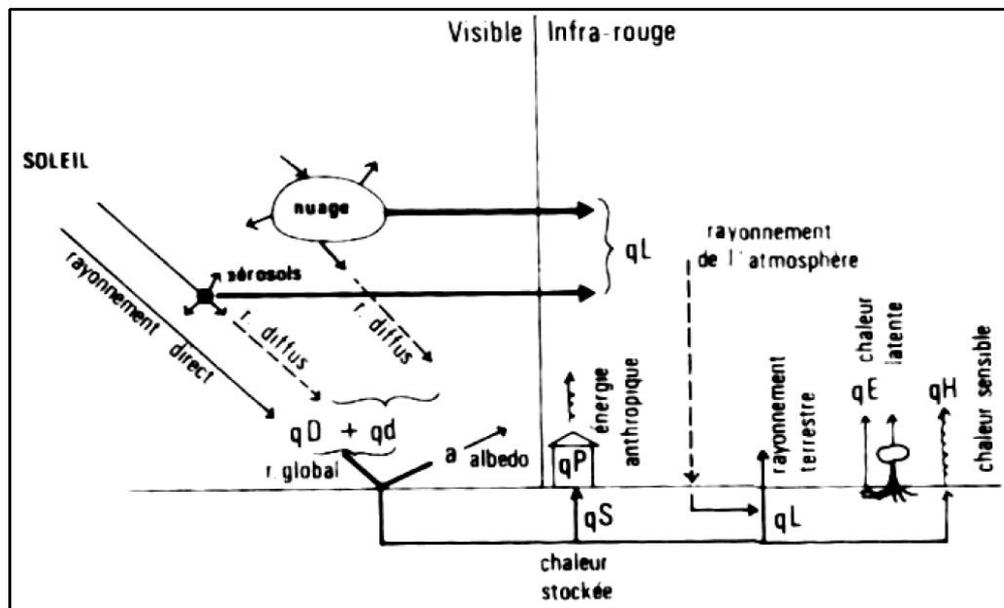


Figure 3.5 Schéma illustre le bilan radiatif dut au sein de la ville
Source : Hamel K., 2005

2.4. Le rayonnement solaire :

* Est qu'il y a une différence entre ville et campagne vis-à-vis du rayonnement solaire ?

A l'intérieur des villes le rayonnement solaire dépend de plusieurs éléments constituant la forme générale du bâti, subit d'un rayonnement réfléchi par la haute atmosphère (couche atmosphérique) qui est semblable à celui de la campagne. Le deuxième flux réfléchi par les nuages vers l'espace ou vers le sol est à peu près équivalent les deux échelles, tandis que la nébulosité est en moyenne peu différente. Pour le rayonnement diffus, ce dernier est estimé beaucoup plus important causé par les particules solides ou gazeuses qui sont plus nombreuses que dans les compagnes. Les particules à leur tour absorbent une partie de la radiation, en particulier le rayon ultraviolet et le transforment en chaleur latente. Ce phénomène est d'autant plus accentué que l'on se trouve en hiver ou sur les hautes altitudes. La faible hauteur du soleil au-dessus de l'horizon réaffirme l'importance de l'épaisseur de l'atmosphère traversée dont le plus grand nombre de particules rencontrées.

Contrairement à la campagne, le rayonnement direct qui arrive sur une ville est plus faible, cela nous préfigure un autre mécanisme agit celui du stockage d'énergie par le biais des surfaces bâties qui le restituent en forme de chaleur stockée. Il est à dire que cette énergie explique bel et bien le rythme diurne différent des températures.

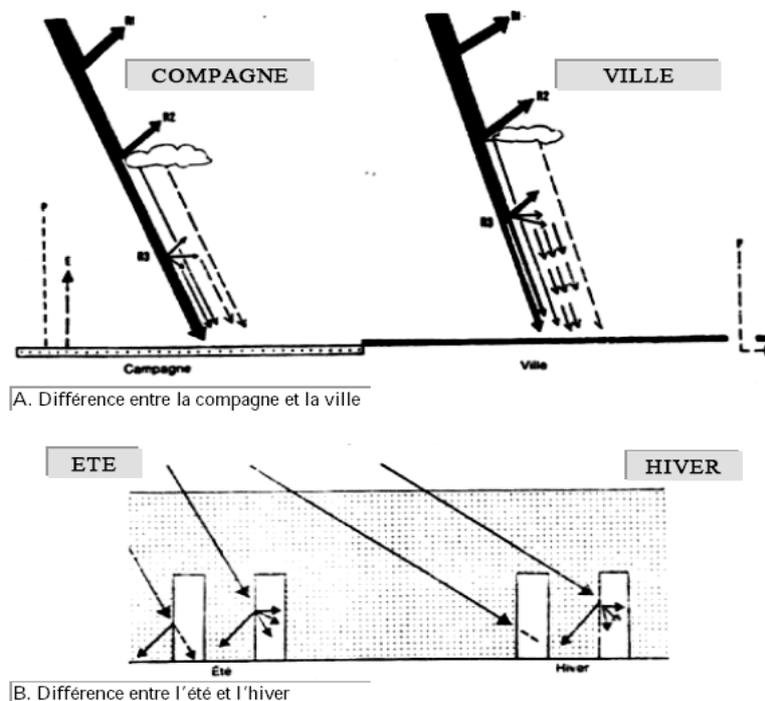


Figure 3.6 Apport d'énergie solaire dans la ville
Source : Escourrou G., 1981, p : 125.

2.4.1. Le rayonnement solaire infrarouge :

Le rayonnement infrarouge est dû de la production des chaleurs au niveau de l'atmosphère et la surface, ce qui fait une distinction de deux formes du flux infra :

- **Rayonnement infrarouge atmosphérique :** L'atmosphère émet un rayonnement infrarouge, produit essentiellement à partir du rayonnement émis par les particules de vapeur d'eau, par le gaz carbonique et par les aérosols en suspension dans la couche limite atmosphérique. Le flux solaire atmosphérique peut être mesuré sur site par des capteurs appropriés ou calculé par le biais de formules empiriques (Vinet J., 2000).
- **Rayonnement infrarouge surfacique :** Les surfaces urbaines se comportent comme un corps absorbant, lorsqu'elles reçoivent l'énergie solaire et infrarouge atmosphérique, elles en absorbent une partie et en réfléchissent une autre. En général, la température des surfaces est plus élevée en ville qu'à la campagne, induisant ainsi un flux infrarouge émis plus important en zone urbaine et en milieu de la journée. Selon Delaunay (1995), des mesures effectuées aux Etats-Unis ont indiqué que le flux infrarouge émis par les surfaces en ville est supérieur de 20 % à celui enregistré en rase campagne. Par ailleurs, comme le flux est en partie absorbé par les polluants contenus dans l'atmosphère urbaine, il y a une élévation de la température de l'air et donc une augmentation du flux.

La ville est considérée comme premier plan sur le quel s'emmagent toutes formes de flux solaire, ce qui explique l'augmentation des écarts de températures entre urbain et suburbain. Les banlieues sont souvent soumis à une grande exposition au soleil mais à part l'énergie restituée est plus faible à celle de la ville, celle-ci conserve la chaleur en le plus temps possible à travers ses surfaces exposées.

* **Quel phénomène peut-il être relatif aux interactions énergétiques et radiatives ?**

2.5. Îlot de la chaleur urbain ICU :

La principale conséquence de l'apport d'énergie et du bilan radiatif lié aux activités humaines est la constitution d'un îlot de chaleur urbain.

Îlot de chaleur urbain est un phénomène largement étudié dans le cadre de la climatologie urbaine. Il est l'élément principal du microclimat des villes. Il s'agit d'une observation de températures élevées en milieu urbain par rapport à celles mesurées dans les espaces ruraux environnants. L'effet d'îlot de chaleur est alors défini comme l'élévation de température localisée en milieu urbain par rapport aux zones rurales voisines. En outre Escourrou G. (1981) avait indiqué que l'îlot de chaleur urbain est plus marqué pour le minima que pour le maxima.

L'ICU¹², est la résultante des phénomènes climatologiques particuliers causés par les facteurs spécifiques aux milieux bâtis denses. Il s'agit très certainement de la manifestation climatologique la plus évidente provoquée par l'urbanisation, dont le résultat est l'augmentation de la température de l'air.

Le phénomène ICU, est beaucoup plus relevé durant la période nocturne en conséquence de la restitution d'énergie en nuit, en enregistrant des écarts de températures qui varient des fois entre 5°C et 10°C (saison estivale) entre ville et banlieue ce qui explique à une atmosphère très étouffante dans la zone urbaine.

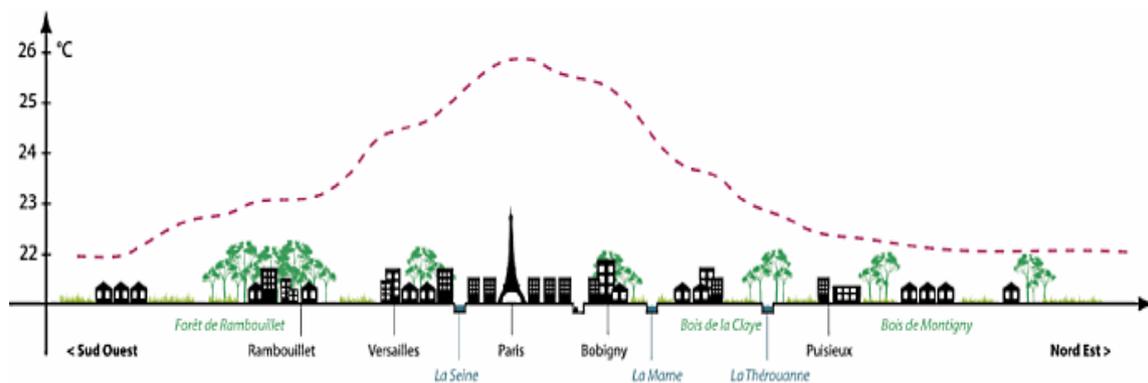


Figure 3.7 Coupe schématique de visualisation des températures pour une nuit de canicule
Source : <http://www.notre-planete.info>.

Comme élévation de températures, ces phénomènes urbains ont une incidence sur la circulation de l'air et sur les conditions météorologiques, en particuliers en augmentant le nombre d'orages sur les villes pendant les mois d'été. Le soulèvement d'air chaud au-dessus de la ville produit une cellule de basse pression qui aspire l'air plus frais des environs. Alors que l'air chaud s'élève, il se rafraîchit, entraînant ainsi la vapeur d'eau à se condenser dans les nuages et provoquant des orages. Les îlots de chaleur urbains contribuent aussi à l'accumulation de polluants, surtout de matières particulaires, sous forme de dômes de poussière.

¹² ICU est une abréviation préconisée pour indiquer le phénomène de l'îlot de chaleur urbain.

2.6. Les éléments intervenants sur la nuance thermique entre l'urbain et suburbain :

Afin de diagnostiquer les différents impacts de l'ICU, il est impératif de faire une station sur les éléments qui ont lieu de sa génération :

- La vitesse du vent qui se diminue de la périphérie vers le centre ville, c'est-à-dire que l'écart sera faible lors de l'augmentation de la vitesse du vent.
- La densité de population selon d'après une étude de Yoshino, celui qui révèle une élévation de température proportionnellement à la racine carrée de la densité dans les cités japonaises, comme l'a fait ainsi Dettwiller qui a démontré que la température de Paris augmente en fonction de l'accroissement de population à l'agglomération.
- La morphologie urbaine fut un troisième paramètre sur la fluctuation des températures. Son rôle est assez important dans la mesure où la circulation de l'air se fait mal, ou des zones d'ombres ou exposées au soleil apparaissent, aussi où l'albédo diffère selon les types de constructions, et les peintures.
- Bien plus que les éléments animés au-dessus, les activités humaines participent énormément au réchauffement dite ICU, suite à la concentration industrielle, le trafic, et aussi consommation énergétique exhaustive.

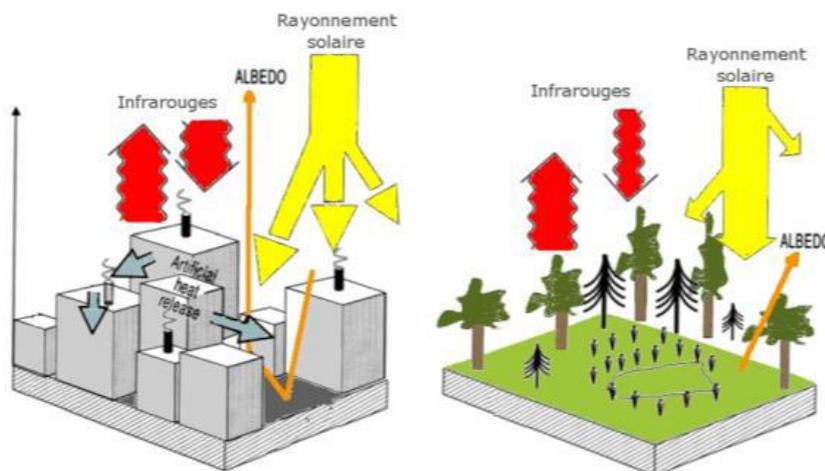


Figure 3.8 La morphologie urbaine comme facteur de génération de l'ICU
Source : Colombert, 2008.

2.7. Les impacts de l'îlot de chaleur urbain :

L'îlot de la chaleur forme un point noir sur le bilan thermique au niveau des villes. Subit à un nombre de facteurs, dont le phénomène se varie en dépendant le temps, la situation géographique, topographique, et le climat qui confère à la ville, comme il crée la formation d'un ensemble des effets qui agissent directement sur l'environnement :

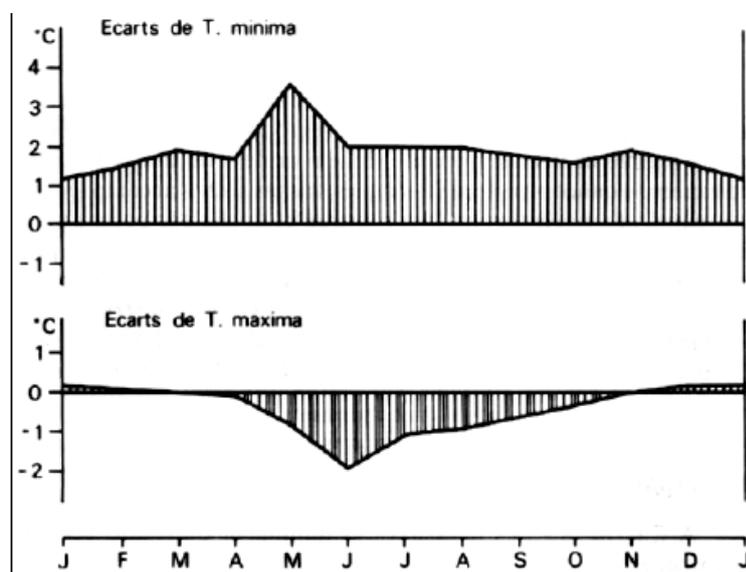
- L'ICU se manifeste tout d'abord par des différences parfois très importantes entre le centre chaud et la périphérie plus froide, particulièrement lors des minima de température en fin de nuit où l'écart peut être de près de 16°. L'augmentation des températures ne se trouve pas seulement sur la couche la plus basse de l'atmosphère (couche limite urbaine) en contact direct avec la ville. On observe également un dôme de chaleur en altitude, ce dôme est irrégulier, on peut ainsi, à une même altitude, observer des différences de températures importantes.¹³
- Ce réchauffement de la zone dense de la région a alors des conséquences sur le nombre de jours de gel et de couverture de neige, et fait diminuer l'humidité relative de l'air, en conséquence de l'augmentation des températures qui limitent la pression de vapeur d'eau dans l'air. De plus, l'imperméabilisation des sols en ville s'accompagne du recueil immédiat des eaux de pluie qui sont ensuite rejetées vers les cours d'eau via les réseaux d'eaux pluviales. Le taux de vapeur d'eau dans l'air diminue puisque qu'il n'y a presque pas d'évaporation. Cette baisse de l'humidité relative des villes entraîne à son tour une baisse du nombre de jours de brouillards et de leur intensité.
- L'îlot de chaleur a des effets sur le régime des précipitations en multipliant les épisodes orageux ou d'averses car la chaleur au niveau de la ville fait remonter les masses d'air par convection et rend ainsi l'atmosphère instable.
- Le nom de l'ICU a été souvent articulé à l'accroissement du chiffre des décès, par conséquent une forte corrélation entre température moyenne journalière et taux de surmortalité due à cette chaleur excessive a été prouvé par une étude menée de spécialistes à Londres 1976 à 1996. Celle-ci a affirmé que la surmortalité augmente linéairement avec la température au-delà les 19°C.
- La consommation énergétique est devenu aujourd'hui un outil nécessaire dans la quelle l'on cherche son confort avec l'usage exhaustif des moyens de conditionnement d'air. D'une manière générale dans les basses et mi-latitudes l'îlot de chaleur urbain est indésirable parce qu'il contribue à l'augmentation des charges de refroidissement, malaise thermique, et pollution atmosphérique, tandis que les hautes latitudes provoquent moins de problèmes parce qu'elles peuvent réduire la consommation calorifique. Cependant les impacts réels des climats urbains et l'ICU dépendent des climats locaux. Si nous prenons l'exemple d'Athènes, en hiver son centre enregistre une diminution de charge de chauffage de 30% à 50% par rapport à celle de la banlieue, en été les bâtiments climatisés ont une consommation énergétique accrue. Les vagues de chaleur des années 90 ont causé à une augmentation d'achat annuel des systèmes de conditionnement d'air huit fois plus en Grèce dont la plupart étaient installés à Athènes. Les dissipations thermiques des bâtiments notamment celles dues à la climatisation participent de façon importante du réchauffement urbain.

¹³ Les îlots de chaleur urbains, Paris, IAU IdF, 2010, P14.

* **L'îlot de chaleur urbain est-il différent en milieux arides ?**

Les milieux arides et subarides vivent généralement toujours sous l'effet de l'îlot de chaleur urbain, car il existe un îlot de chaleur nocturne pendant toute l'année. À Athènes un îlot de chaleur nocturne est observé, ceci pendant toute l'année avec un maximum de 3°C en mai. Par ailleurs en hiver, dans la journée, il est remplacé par un îlot de fraîcheur car le centre est moins chaud que la périphérie pouvant atteindre 2°C de moins en juin.

Sous l'interprétation du graphe ci-dessous, on remarque que pour les minima de température, l'îlot de chaleur existe toute l'année mais il est renforcé au cours du 2^{ème} trimestre. Cependant pour les maxima, un îlot de fraîcheur est nettement marqué de mai en septembre. Au cours des autres mois, les maxima de température sont à peine supérieurs.



Graph 3.1 Différence de température entre centre et limite nord d'Athènes (1966-1975)
Source : Hamel K., 2005.

Cet exemple représentatif des régions arides (désertiques), explique un ensemble de causalités nous les récapitulons comme suivant :

- L'abondance de la végétation (palmeraie), cause à rendre les villes arides plus sèches dotées d'un sol nus ou rocheux, en conséquence il attribue à la diminution du taux d'évaporation et augmente le degré de la chaleur.
- La configuration spatiale démontre une corrélation directe avec l'ICU, arbitrée par une quantité du rayonnement solaire assez contrôlée en pénétrant les anciens établissements (ksours), contrairement aux nouvelles formes d'urbanisations qui font un motif de malaise se caractérise par l'ouverture, l'exposition, et un fort albédo.
- La disparition des éléments d'humidification de l'atmosphère tels que les séguias qui traversent les rues en créant un microclimat humide et frais, notamment aux espaces protégés comme les galeries et les passages.

3. Le bilan aérodynamique urbain :

Dans le milieu urbain, l'écoulement du vent interagit avec les formes urbaines perturbant ainsi son mouvement, à son rôle intervient d'une manière importante sur le bilan thermique tels les modifications des températures. A vrai dire la différenciation sur niveau de la forme urbaine permet le pourcentage de la rugosité à s'accroître ce qui entraîne une diminution significative de la vitesse de l'air par rapport à la campagne, en dépit de ces changements qui comptent très variables en dépendant de la taille de la ville, du relief qui l'entoure et de l'influence de l'urbanisation sur la direction des vents. Mais à côté de la variation de la vitesse du vent liée à l'urbanisation, l'action de l'îlot de chaleur urbain de l'augmentation de la rugosité et de la construction d'immeubles modifie bel et bien la direction des vents dont trois changements primordiaux apparaissent :

- **La déviation des vents au passage de l'agglomération :** ce qui était le point d'éducation de la part de plusieurs chercheurs (Johnson, Angell, Lee...), ont résulté que toutes formes de déviation sont des rotations cycloniques, à anticycloniques, ondulations, convergences et divergences.
- **La brise de campagne :** celle-ci apparaît seulement quand le vent du gradient est faible ou nul.
- **La canalisation de la masse d'air à proximité du sol :** Par temps calme, les phénomènes thermiques vont jouer un rôle essentiel, avec un réchauffement de la ville par rapport à la campagne tandis que l'atmosphère y est plus instable attribuée à une ascendance se produit provoquant au sol un appel d'air froid. Le déclenchement de ce phénomène suppose un certain nombre de conditions : Le gradient de pression soit faible – des écarts de températures entre ville et périphérie sont importants la nuit, plus médiocres le jour.

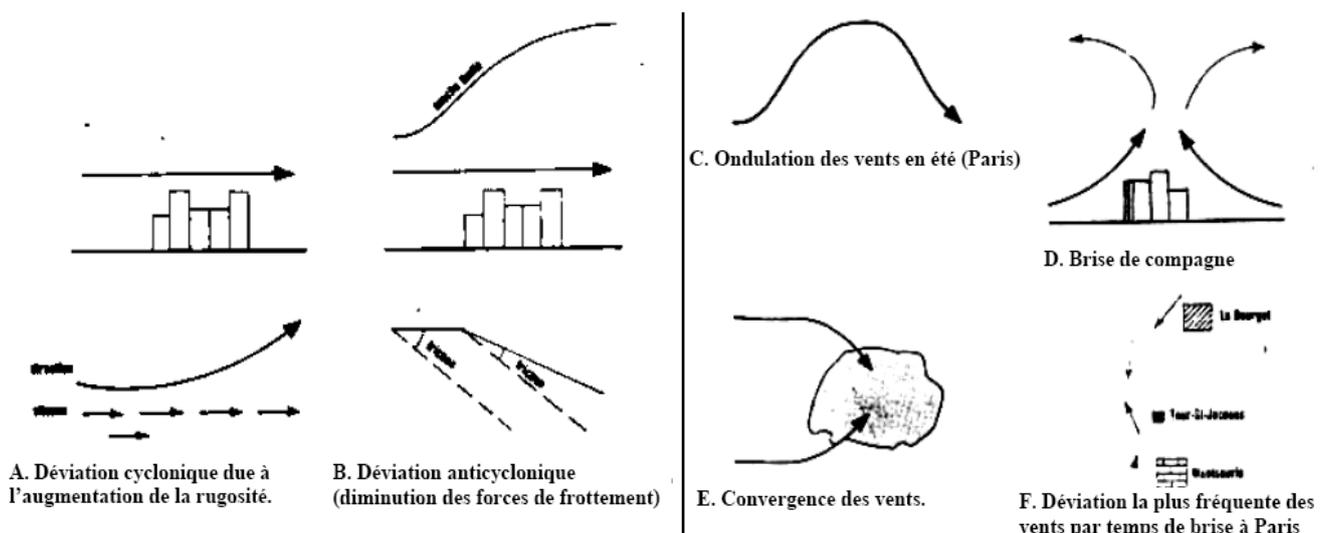


Figure 3.9 La circulation des vents dans les villes

Source : Escourrou G., 1981. P : 140.

3.1. Vent et configuration topographique :

En effet l'écoulement d'air constitue un rapport principal avec la morphologie de l'environnement immédiat tel que la topographie du site, celle-ci qui intervient sur sa direction, sa vitesse, et son comportement ordinaire. Bien entendu, les effets aérodynamiques formés aux bords de champs suburbains ne sont pas identiques à ceux de l'urbain, nous les dictons comme suivant :

3.1.1. Effet de rétrécissement :

Le rétrécissement est subit lorsque une configuration topographique d'un espace en creux se termine à son rôle par un verrou, en conséquent sa génération est produite du biais du vent qui souffle sur la partie du verrou afin d'engendrer une accélération d'une manière proportionnelle au niveau du rétrécissement de la section.



Figure 3.10 La formation du l'effet de rétrécissement
Source : Alain Guyot, 1975.

3.1.2. Effet de pente :

Bien illustré par son nom, l'effet de pente est souvent généré à cause d'un versant tel que une élévation, une colline, une butte. L'effet de pente est particulièrement lié au degré de la pente, ce qui renvoie que l'accélération de la vitesse d'air se manifeste au niveau de la pente elle-même lorsqu'elle est inférieure à 15%, en revanche l'écoulement s'accélère au sommet à une inclinaison supérieure de 15%.

3.1.3. Effet du plateau:

Pour le cas d'une situation topographique en altitude matérialisée par une pente en rupture, un autre type sera induit celui de l'effet du plateau, son évaluation est basé sur la conjugaison du gradient vertical de la vitesse moyenne et celle du site qui est dégagée en zone particulièrement exposée au vent.

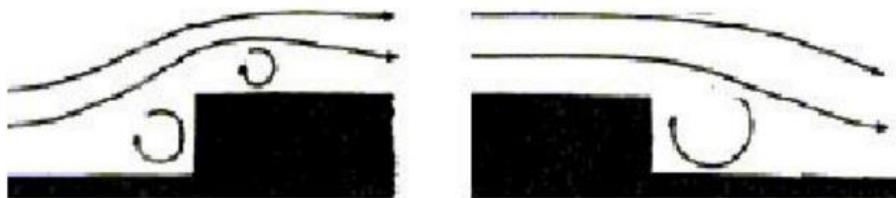


Figure 3.11 Corrélation entre pente en rupture et vent celle qui produit l'effet du plateau
Source : Alain Guyot, 1975.

3.2. L'écoulement de l'air autour d'un bâtiment :

La présence d'un édifice contribue à perturber le mouvement de masses d'air, ce qui permet de trois zones de perturbation d'apparition : sur la façade au vent, on observe une **zone de suppression** et un **vortex turbulent** du à l'écoulement qui descend sur la face. Sur la façade sous le vent, on observe une **zone de dépression turbulente** qui s'étire dans la cavité de basse pression. Tandis que sur les arêtes du bâtiment et la partie supérieure, on observe un **décollement** et une **zone turbulente**. Plus précisément, la figure montre le contournement d'un bâtiment à un profil vertical de vitesse moyenne.

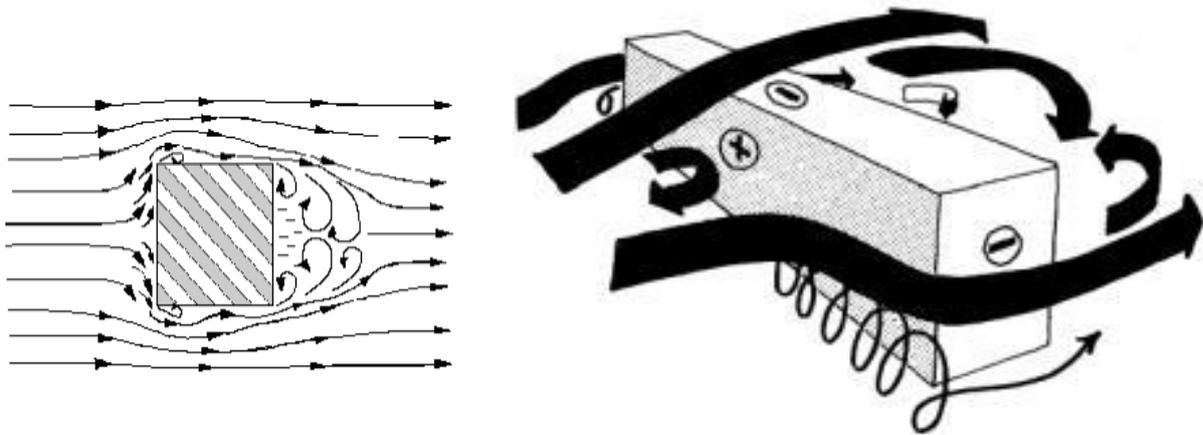


Figure 3.12 Schéma représentatif d'un écoulement d'air autour d'un bâtiment
Source : Gandemer, 1981.

Les effets aérodynamiques sur les bâtiments font bien un sujet délicat pour l'estimation du confort thermique à l'intérieur comme extérieur de la ville. Comme l'indique Gandemer la masse bâtie, freine la vitesse des vents comme elle sa direction en engendrant un microclimat propre à la structure urbaine intervenante.

3.3. L'écoulement de l'air dans une rue :

Il faut savoir que la rue comme élément générateur de différentes formes de perturbations aérauliques impose à l'écoulement d'air un changement radical, celui qui modifie le bilan thermique extérieur. L'analyse d'écoulement du vent dans une rue nécessite l'utilisation d'un indicateur géométrique qui est défini comme le rapport de la hauteur moyenne des bâtiments sur la largeur de la rue. La caractérisation des différents régimes d'écoulement dans une rue peut être réalisée en fonction du rapport Hauteur/Largeur (H/L). Si les bâtiments sont bien séparés avec un rapport $H/L < 0,5$ les écoulements n'interagissent pas. En diminuant l'espacement entre les bâtiments, les écoulements commencent à interagir et effets de sillages sont perturbés. La combinaison de la hauteur, de l'espacement et de densité amène d'un régime de rugosité isolée (isolated roughness) à un écoulement d'interférence de sillage (wake interference flow). Ce régime est caractérisé par des écoulements secondaires dans l'espace du canyon. Lorsque le rapport $H=L$ et la densité sont encore plus élevées, un vortex stable s'établit dans la rue canyon ainsi qu'un régime d'écoulement rasant (Oke

1988). A vrai dire, à l'intérieur des agglomérations, il existe tant de canalisation des flux d'air par les voies rectilignes. Dans les villes anciennes, aux rues étroites et tortueuses par le vent est généralement faible, par contre là où prédominent les tours, la pénétration du vent est bien meilleur mais des tourbillons se créent sous le vent.

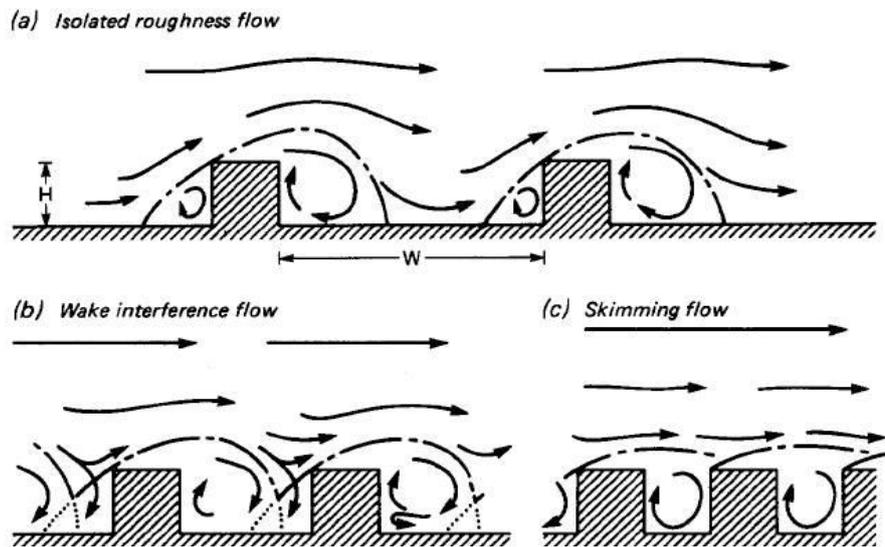


Figure 3.13 Ecoulement et régimes d'air au sein des rues
Source : Tsoka, 2011.

3.4. Les différentes formes des effets aérodynamiques en milieu urbain :

Au niveau des piétons, des effets de gêne liés à l'écoulement du vent peuvent être engendrés par la façon dont les bâtiments sont associés. En effet, les dimensions, les formes et les juxtapositions des ensembles bâtis conditionnent la distribution de la vitesse du vent et l'intensité turbulente autour des obstacles. Une bonne connaissance des effets du vent sur les structures bâties permet de comprendre l'aspect aérodynamique des espaces extérieurs et de d'aboutir à des configurations urbaines génératrices de situation de confort ou d'inconfort. Cependant les différentes formes des effets aérodynamiques générées sont bien réparties selon des éléments liés directement à la structure urbaine (Gandemer, 1976) :

3.4.1. Effet de coin :

Ceci qui concerne l'effet d'écoulement aux angles des constructions, le vent est à cet endroit pincé entre le bâtiment et un autre ou bien comprimé par une partie de lui-même qui « refuse » ce changement de direction non conforme. Cette accélération peut atteindre 40 à 100 % mais peut être évitée par la plantation aux coins ou si ce volume de coin est ceinturé par une protection.

3.4.2. Effet de tourbillon amont:

C'est le phénomène urbain par excellence, c'est simplement l'effet provoqué par l'impact direct du vent sur une façade et qui va générer d'ample perturbations du côté amont de l'immeuble. L'intensité sera dépendante de la distance à l'immeuble précédent, de la vitesse du vent, de la présence de végétation et de celle d'éventuels auvents de protection. C'est ici aussi que la forme, la hauteur, la modénature et les matériaux de façade vont jouer au maximum.

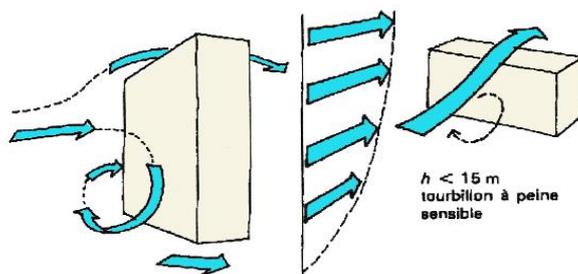


Figure 3.14 L'effet de tourbillon
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.3. Effet de sillage :

C'est un phénomène de circulation fluide tourbillonnaire en aval d'une construction, il intègre l'effet de coin mais son importance est inversement proportionnelle à la densité du bâti. De plus c'est une perturbation induite et non directe donc faible.

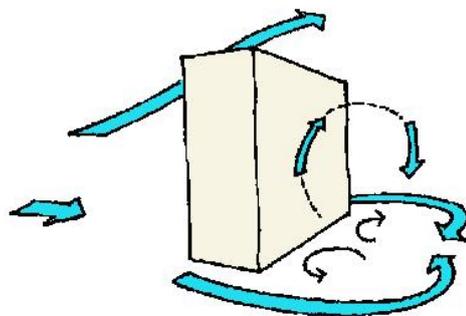


Figure 3.15 L'effet de sillage
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.4. Effet de trous sous immeuble :

C'est un phénomène d'écoulement relatif aux bâtiments sur pilotis ou disposant d'un large porche traversant de part en part, l'effet sera d'autant plus limité que le vent se perpendiculaire à l'axe du trou et la forme, le non-remplissage éventuel et la présence de végétation peuvent diminuer voire annuler cette effet. L'accélération en ces points peut aller de 20 à 50 %.

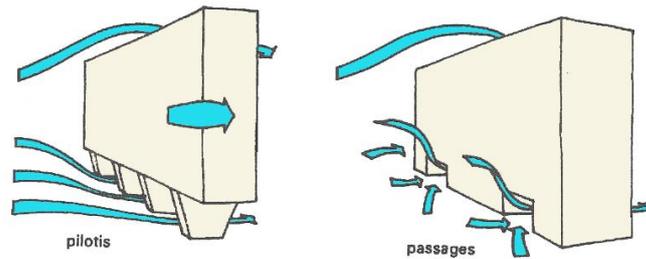


Figure 3.16 L'effet de trous ou de passages sous immeuble
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.5. Effet de barre:

L'effet de barre est caractérisé par une déviation en vrille de l'écoulement au passage d'une barre pour une incidence voisine de 45° . Le phénomène existe si la hauteur moyenne h de la barre est < 25 m et la longueur minimum l de la barre est > 8 h.

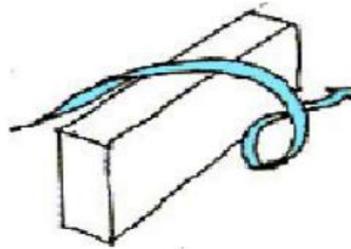


Figure 3.17 L'effet de barre
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.6. Effet de venturi:

C'est l'effet d'entonnoir que peut former l'urbanisme de certains quartiers, ainsi une place va le provoquer si une ou des rues donne sur ses coins et que la direction du vent est favorable à son engouffrement dans ces rues. L'ampleur de ce phénomène peut aller jusqu'à faucher un piéton et la présence de volume arrondi dans la zone d'accélération même va empirer la situation. C'est un problème d'urbanisme et il peut être diminué par les plantations des barrières ou le morcellement de l'espace incriminé.

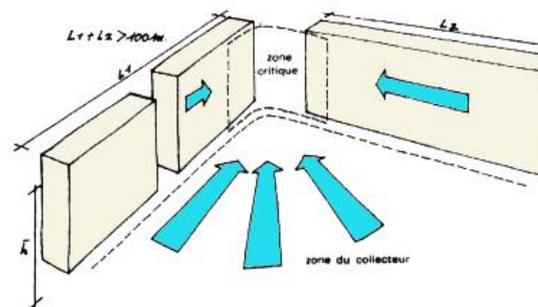


Figure 3.18 L'effet de venturi
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.7. Effet Wise :

L'association entre un immeuble de 10m et de 30m crée un tourbillon à composante verticale issu de l'effet de sillage dû au premier bâtiment combiné avec l'effet tourbillon de la tour situé après, le coefficient de vitesse peut augmenter dans ce cas de 1,5.

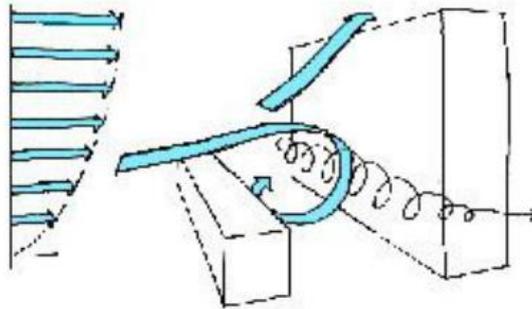


Figure 3.19 L'effet Wise
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.8. Effet de canalisation:

L'effet de canalisation apparaît lorsqu'un ensemble construit forme un couloir. Une canalisation n'est pas une cause de gêne en soi. Elle n'agit que si elle est associée à une anomalie aérodynamique qu'elle transmet sur toute sa longueur. L'association de phénomènes de canalisation et de Venturi peut être une source de gêne importante.

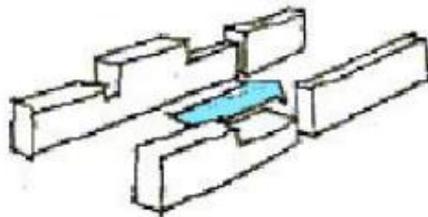


Figure 3.20 L'effet de canalisation
Source : Alain Guyot, 1975.

3.4.9. Effet de pyramide:

C'est un phénomène qui provient du groupement des constructions à décrochement et à caractère pyramidal. Les anomalies apparaissent essentiellement au niveau des balcons de crêtes, ce qui épargne au moins le sol.

3.4.10. Effet de maille:

C'est l'urbanisme « en cellule » qui est ici mis en cause, le seul problème, c'est que ça peut tout aussi bien être bon que mauvais et que comme le vent tourne, l'analyse de ce genre de situation n'est pas évidente.

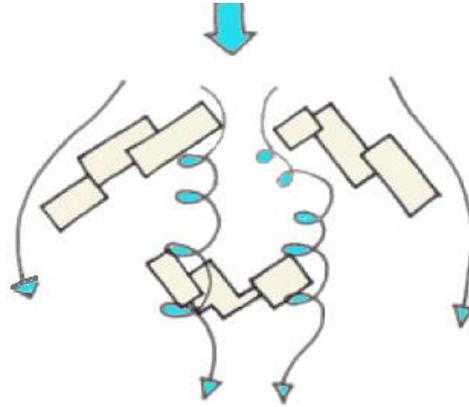


Figure 3.21 L'effet de maille
Source : Alain Guyot, 1975.

* Quelles formes de vent peuvent-elles être générées dans les régions arides ?

Le vent en milieu urbain dans les régions arides à climat chaud et sec est affecté par deux éléments. D'une part le vent est souvent accompagné de tourbillons de sable, et d'autre part les vents chauds sont dominants. Cela influe énormément sur les conditions microclimatiques, notamment sur les températures, le rayonnement et l'humidité.

4. Le bilan de l'eau et les précipitations:

En effet l'eau a plusieurs apports à l'intérieur des villes qui proviennent généralement des précipitations, et l'eau importée ou délaissée par les activités anthropiques telles que les tours de refroidissements (comme celles implantées au pays d'Oued Righ). Dont l'apport de l'eau relevé est supérieur à celui des campagnes soumis de deux motifs:

- Les précipitations sont dans l'ensemble plus abondantes.
- L'eau importée en plus grande quantité (sauf des régions irriguées).

En revanche, l'atmosphère rejette un taux réduit en ville que la campagne et qui est caractérisé par la rareté et sans évaporation relativement due au sol imperméable. Tandis que les eaux tombées rejoignent immédiatement les canalisations pour le but d'un recyclage ultérieur. Par contre aux végétations, les arbres ne constituent pas un élément intervenant sur notre bilan en milieu urbain ce qui permet de réduire le pourcentage absolu de l'évaporation. L'étude des précipitations dans les villes apparaît plus complexe qu'on le croyait. L'augmentation des précipitations avec l'effet urbain de la saison et varie de ville en ville. Si nous prenons l'exemple de Paris, cette dernière et pendant la saison froide qui

s'étale du mois d'octobre à mars, indique que le centre est moins arrosé que la périphérie, au contraire l'été est plus arrosé. Le rapport de la hauteur des précipitations de juillet-août par rapport à celles de janvier-février est très significatif.

Cependant les variations sont donc très grandes d'une ville à l'autre, puisqu'elles dépendent du site, de la position de la ville face à la circulation trafique générale, de l'influence des variations de friction (déviation des vents) et de l'intensité de l'îlot de chaleur urbain (Escourrou G., 1981).

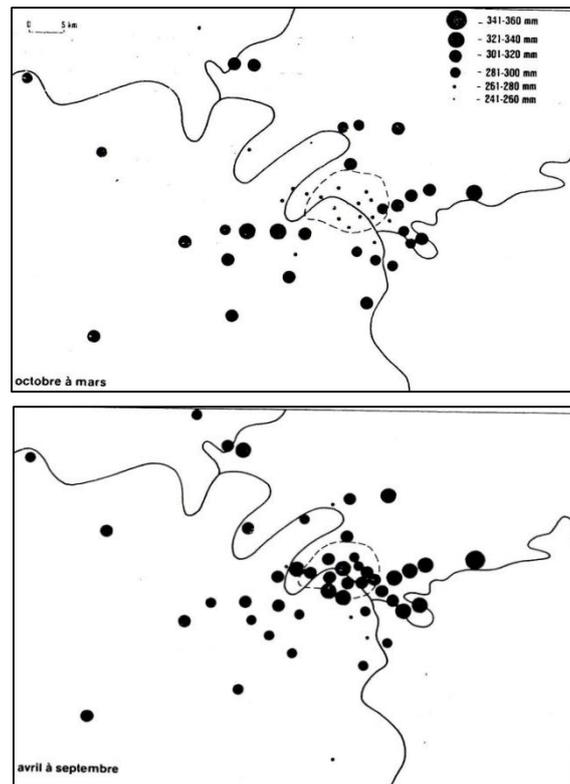


Figure 3.22 Répartition des précipitations (1951-1970) dans la région parisienne pendant le semestre froid et le semestre chaud
Source : Escourrou G., 1981. P : 146.

Pour une règle générale, les précipitations à l'intérieur des villes s'accroissent selon de multiples critères sont:

- L'îlot de chaleur urbain qui à son rôle favorise l'instabilité.
- La rugosité augmente et développe l'ascendance.
- La présence d'un plus grand nombre de particules dans l'atmosphère accroît le nombre des noyaux de condensations.¹⁴

¹⁴ Le climat et la ville, Escourrou G, Paris, Nathan, géographie d'aujourd'hui, 1991.

5. Climat-ville catastrophe et désastre :

Durant presque le dernier demi-siècle, la terre ne se reconnaît pas comme précédemment avec son ancienne image qui renvoie au climat stable. Les perturbations qui se passent au cours de nos jours ne représentent qu'un état d'agressivité du climat dotée des cas d'inondations désastreuses, des vagues de chaleurs incessantes, et des uniques tempêtes. Pour le cas de plusieurs villes ont bien vécu les catastrophes en payant des vies d'hommes.

▪ Texas :

En mois de septembre de l'année 2011, une forte vague de chaleur a frappé la ville de Texas aux Etats-Unis était menée d'un état de sécheresse inégalé dans l'histoire de la région. La cité sinistrée a enregistré de nombreux incendies dont 1685 maisons étaient brûlées, et la destruction de la partie majoritaire du forêt Pastroob à la banlieue de la ville.

▪ Phoenix :

Comme une ville désertique située en terre de l'Arizona, Phoenix enregistrait la plus grande tempête de sable de son histoire le 5 juillet 2011. La hauteur des nuages sablonneux était estimée de 1,5 km, ce qui a formé une véritable enceinte de poussière enterrant toute la ville avec ces rues et bâtiments.



**Figure 3.23 La tempête de sable envahit la ville de Phoenix (USA)
Source : National geographic mag, 2012.**

▪ Shing Do :

Le 3 juillet 2010, était une journée terrible pour les habitants de la ville de Shing Do en Chine. Des grosses inondations ont remplis les rues et submergé la grande partie de la ville dont des maisons détruites, des pertes humaines et matérielles enregistrées dans la communauté de Sishuan.

▪ Suisse :

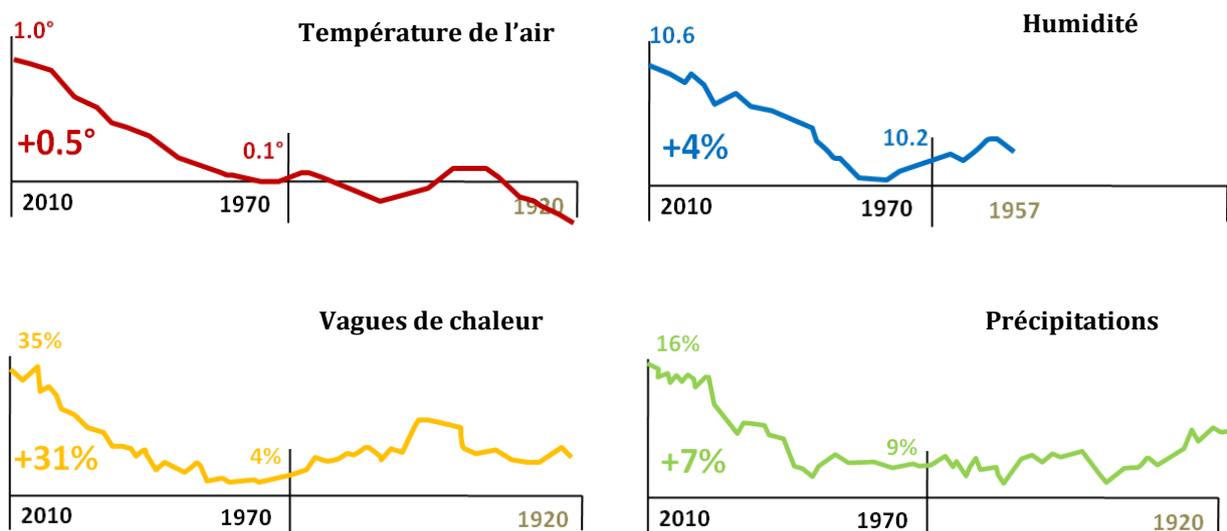
Nous souvenons tous de la vague de froid du mois de février 2012 qui a envahi le monde entier sans exceptions. La Suisse comme exemple concret du catastrophe a relevé une chute incroyable des températures causées de geler des lacs, des espaces verts, des constructions, et aussi délaissés des centaines de morts. Celui-ci est dû via la fréquentation d'air polaire assez froid en direction du sud tandis qu'il atteint l'Afrique en laissant des images

inhabituelles sur quelques endroits, tels que la couverture des neiges sur la mer des dunes au Sahara.



Figure 3.24 Vague de froid frappait le monde entier notamment l'hémisphère nord constituant l'Europe en premier degré. Source : www.lefigaro.fr

Apparemment ces catastrophes sont les signes majeurs d'un changement dangereux du climat mondial causé par les conséquences des comportements agressifs de l'homme. Mais dans un autre côté, des spécialistes affirment aussi que cette mutation était considérée comme naturelle et ordinaire, en parlant de l'intervention de deux phénomènes sont : « El Niño » et « La Niña » qui font les éléments générateurs du réchauffement et l'augmentation au niveau de l'humidité sur terre. Aujourd'hui beaucoup de villes payent la violence du climat affecté par le degré de la violence humaine sur l'écologie planétaire, et malheureusement les victimes sont souvent les inconscients de cet état aggravé.



Graphe 3.2 Moyennes des températures, vagues de chaleur, et précipitations sur la terre
Source : National geographic mag, 2012.

Conclusion :

La production de la chaleur ressentie à l'intérieur des villes et les agglomérations urbaines, révèle bel et bien, l'impact de la masse physique et les activités anthropiques. La dégradation du confort thermique extérieur marquée par les différences de températures ambiantes et autres enregistrées au sein des stations météorologiques est le résultat du rapport ville et climat urbain. Les îlots de chaleur urbains représentent le phénomène majeur relatif à la masse des villes et l'activité humaine, étouffant l'atmosphère qui englobe le monde urbain.

L'îlot de chaleur urbain est un phénomène nocturne, il apparaît généralement par temps à ciel clair, nuancé par un nombre de facteurs tels : la taille de la ville, la morphologie urbaine, la topographie, les espaces verts, la saison, et le rythme journalier.

Une agglomération urbaine par sa rugosité, sa morphologie, et les contrastes thermiques qu'elle crée, modifie le milieu aérodynamique par l'altération des vents régionaux ou la création de brises appelées « brises thermiques ». Les modifications aérodynamiques sont le résultat de la forme urbaine qui constitue la ville, dans sa globalité des tours, des barres, caractérisées par une faible densité urbaine, et une moyenne compacité du cadre bâti. Dans ce cas les milieux arides, font un modèle de l'adaptation envers les effets des vents chauds et chargés de poussière. Cela montre l'importance de la densification du cadre bâti non seulement pour la protection solaire mais aussi pour l'aérodynamique.

L'étude du climat urbain et les phénomènes qu'il présente : îlots de chaleur, effets aérodynamiques, nécessite une bonne connaissance des caractéristiques naturelles et climatiques originales du milieu, et les singularités locales et régionales de la zone d'étude ; si l'on compte prendre des précautions pour le contrôle du climat urbain.

Chapitre 4 :

Confort thermique extérieur;

Éléments, indices et évaluations...



Introduction :

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

B. Givoni

La perception de la chaleur ou du froid ambiant est le résultat d'une activité nerveuse ayant son origine aux extrémités des nerfs qui agissent comme des thermo-récepteurs. Il existe des thermo-récepteurs spécifiques pour la chaleur et pour le froid. Dans la zone de confort leur activité est en sommeil et le système nerveux central est stimulé au niveau le plus bas. Sous une exposition au froid, les récepteurs du froid sont activés et transmettent la sensation de froid et il en est de même sous la chaleur où les récepteurs de la chaleur éveillent une sensation de chaleur.

Le confort thermique est une sensation du bien être et de satisfaction, il a été largement étudié au niveau de l'intérieur, mais actuellement beaucoup de recherches récentes visent à le contrôler et le maîtriser au niveau des espaces extérieurs.

Les espaces extérieurs urbains notamment les rues sont les premiers à être touchés par la perturbation du degré de confort thermique surtout dans les régions chaudes et arides, les chercheurs se sont alors penchés sur l'analyse des causes de cette perturbation en essayant de la remédier et de concevoir de nouveaux espaces qui répondent le mieux aux exigences du bien être du piéton, et qui pourront être qualifiés de confortables.

Les paramètres influençant les conditions thermiques à l'extérieur bien que semblables à ceux rencontrés à l'intérieur, occupent une plus grande palette et sont variables, c'est pourquoi les tentatives de la compréhension du confort en conditions extérieures demeurent peu nombreuses à cause de cette complexité et variabilité.

En effet, dans notre chapitre nous allons aborder le sujet du confort dans ses différentes figures en s'appuyant sur l'aspect thermique, avec ses paramètres. En outre, la recherche vise à éclaircir l'image de la sensation thermique, cette dernière fait le point investigué par une variété d'indices. Le nombre des paramètres tels que : la température de l'air, température moyenne radiante, humidité relative et vitesse de l'air, nous guide à déterminer les indices du PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température équivalente physiologique), cela pour permettre la compréhension de notre thématique.

1. Le confort :

1.1. Définition :

C'est le bien-être matériel, commodités qui rendent la vie quotidienne plus agréable, plus facile. Aussi, le confort c'est la tranquillité psychologique, intellectuelle, morale obtenue par le rejet de toute préoccupation (Larousse).

Le confort désigne de manière générale les situations où les gestes et les positions du corps humains sont ressentis comme agréable ou non-désagréable (état de bien-être) ; où et quand le corps humain n'a pas d'effort à faire pour se sentir bien. Le confort est un sentiment de bien être qui a une triple origine (physique, fonctionnelle et psychique).

On considère que le confort est une des composantes de la qualité de vie, de la santé et donc de l'accès au développement humain. Il intéresse les économistes, les employeurs et l'organisation du travail car il influe aussi sur la productivité des groupes et des individus.

*** Pourquoi nous cherchons souvent le confort ?**

En effet, c'est depuis les premiers temps les anciens peuples survivent sur les biens de la terre qui les fournit, ils se nourrissent et se protègent dans des conditions vitales assez différentes d'une époque à l'autre, liée au degré du niveau socio-économique. Le bien-être le besoin impérieux, lui classe aujourd'hui par des associations mondiales de santé et de l'homme comme facteur de la longue espérance de vie, en générant plusieurs tendances qui revendiquent à une manière seine pour intégrer la vie e l'homme et de trouver les bonnes conditions de survivre notamment le confort physique et physiologique qui font des pièces précieuses face à la mauvaise qualité environnementale. Mais quelque soit le niveau de vie voire économique assez suffisant, la vraie source du bien-être est la vraie corrélation entre homme et environnement. En termes d'architecture le confort de l'homme est directement lié aux aspects de lumière, l'acoustique, et l'aspect thermo-hygro-métrique.¹⁵

1.2. Formes de confort :

Pour chacun de nos sens perceptifs sensible au confort, il existe une « zone de confort », entre le pas assez, et le trop (de bruit, de lumière, d'air, d'espace, d'humidité, de chaleur/fraicheur, etc.). Cette zone peut être ressentie comme plus ou moins étendue selon la personne, son âge et le contexte et la durée d'exposition à l'environnement (public, privé, de travail, véhicule...).

1.2.1. Confort matériel :

Il concerne les aspects physiques et matériels du confort. Avec le développement de l'ère industrielle et le développement d'une société de consommation initialement basée sur la multiplication d'objets manufacturés et de biens et services matériels relativement standardisés, le confort matériel est devenu au XIXème et surtout au XXème siècle une valeur emblématique de la modernité et de fortune.

¹⁵ Cours d'architecture de Belakehal A. Département d'architecture et d'urbanisme de l'université de Biskra.

1.2.2. Confort psychologique :

L'environnement consiste un point essentiel de l'aspect psychologique envers les comportements de l'homme. Le bien-être psychologique est caractérisé de l'interprétation mentale et l'état psychique de chacun de nous dans une situation ou un espace bien déterminé. Une perception de l'espace architectural ou urbain, peut avoir parfois des sortes de traumatismes, cela réapprend les architectes ou urbanistes à prétendre que l'on ne peut pas guère s'habituer à n'importe quel endroit conçu. L'espace et l'homme, à l'intérieur comme à l'extérieur, sont des polarités indissociables. Il n'y rien d'étonnant à ce qu'une destruction de personnalité se manifeste par des changements au niveau de la conception de l'espace et dans les actions qui s'y développent. Bien entendu, le rapport entre corps avec l'environnement immédiat est très important, ce qu'il fait l'image de notre corps et la manière dont elle s'intègre, ou non à l'image de l'entourage perçu. A ce propos il y a un effort réel mais naturel produit pour le but de s'adapter avec les ambiances de l'espace extérieur et à certaines des ses configurations.

La valeur de l'image mentale qu'elle fabrique la raison de chaque individu se déferre largement selon différents critères comme le sexe, l'âge, la dynamique et la statique, et plus d'autres dans les quels interviennent formellement sur l'adaptation à l'espace occupé. C'était nécessaire de rétablir les points fondamentaux qui englobent cette théorie, ceux-ci comme les cite Boutabba. S (2007) sous les aspects suivants:

- La stabilité du comportement humain à travers le temps et les situations.
- La persistance des modes de comportement adopté en réponse à un cadre physique donné et ce, indépendamment des personnes impliquées.
- L'environnement est un système ouvert, mais la définition de ses limites est faite par les interactions avec d'autres systèmes physiques et sociaux.
- Le caractère dynamique de chaque comportement propre à un cadre physique donné, qui sera affecté par un changement dans n'importe quelle composante.
- Si un changement empêche l'apparition d'un comportement spécifique à un contexte donné, une recherche d'un cadre plus adéquat s'impose.
- En plus des composantes physiques, l'environnement englobe les comportements individuels et sociaux qui s'y produisent.
- L'environnement est unique pour la personne qui le définit.
- Les environnements spécifiques ont une histoire naturelle relative à leur usage.
- La neutralité des environnements. L'être humain prend conscience de leurs caractéristiques quand une modification s'y produit ou en présence d'un cadre non familier.
- L'existence de limites physiques pour les environnements.¹⁶

¹⁶ Boutabba S.D. Mémoire de magister, Université de Biskra, 2007, chapitre03 : Aspects psychologiques de l'environnement.

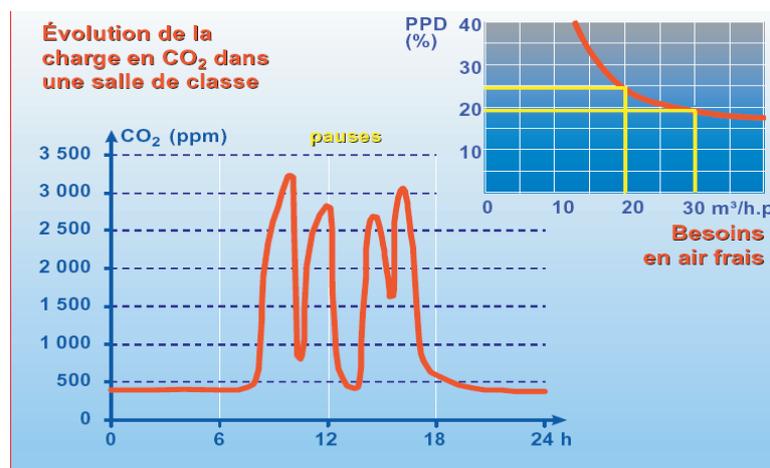
1.2.3. Confort physiologique :

Le confort physiologique est étroitement lié aux exigences sensorielles: respiratoires, thermiques, lumière, sonore, olfactifs...etc. bien entendu, le bien-être physiologique dépend de ces facteurs cités, dont ils jouent le rôle primordial sur la limitation de la qualité architecturale et physiologique si l'on peut dire de l'espace occupé.

1.2.4. Confort respiratoire :

L'air que l'on respire en espace clos peut avoir des effets sur le confort et la santé, depuis la simple gêne-odeur, somnolence, irritation des yeux et de la peau, jusqu'au développement de pathologies, comme l'allergie respiratoire (De Herde, 2005).

Négligée pendant de nombreuses années, la qualité de l'air intérieur est désormais un sujet de préoccupation des autorités sanitaires et un critère d'un habitat de qualité. De nombreux polluants sont en effet concentrés dans l'air intérieur, provenant à la fois de nos comportements, des produits utilisés et des matériaux de construction. Tandis que la première source de pollution reste le monoxyde de carbone (CO), suivi du dioxyde de carbone (CO₂), d'allergènes d'animaux, d'acariens, de moisissures, de composés organiques volatils (COV) ; dont toute la famille des aldéhydes, d'oxyde d'azote (NO_x) ou encore de fibres minérales artificielles.



Graph 4.1 Evolution des taux de CO₂ dans une salle de classe. Débit d'air frais et pourcentage prévisible de personnes insatisfaites.

Source : *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique*, 2005, p : 33.

Les maisons bien isolées sont souvent étanches. L'air ne s'y renouvelle pas suffisamment et il est fréquent de constater que la pollution intérieure de l'air y est plus élevée qu'à l'extérieur. Le meilleur remède contre les désagréments évoqués est à la fois de ventiler et de contrôler les sources de pollution, il est important de ventiler en permanence (ouverture des fenêtres, VMC), notamment lors d'activités comme la cuisine, le bricolage ou le ménage, pour extraire l'air vicié. En outre, le choix de matériaux de construction sains, l'utilisation limitée de produits ménagers et de désodorisants, et l'évacuation de la fumée de cigarette permettent de réduire les émissions de polluants.

L'ampleur de l'impact de l'air propagé sur le mécanisme respiratoire humain est plus significative au niveau des espaces extérieurs qu'à l'intérieur, gêné de plusieurs facteurs dites artificiels tels que les fumées des véhicules, les usines, les odeurs des rejets et ainsi que le niveau de propreté qui le représente l'espace lui-même, ce qui rend le centre ville très étouffant que la périphérie en conservant l'air pollué celui qui nage au-dessus de la canopée urbaine et engendre en conséquence des cas de maladies respiratoires à l'exemple de les crises d'asthmes, et le cancer des poumons. Pour une solution primaire, la végétation fait un meilleur remède à ces conditions, en renouvelant le débit et aussi la qualité d'air respiré et en absorbant les gazes carboniques.

1.2.5. Confort visuel :

La perception de la lumière est un des sens les plus importants de l'Homme. Grâce à cette perception, nous pouvons appréhender facilement l'espace qui nous entoure et nous mouvoir aisément dedans. L'œil, jouant le rôle d'interface avec l'environnement est sensible non seulement aux caractéristiques de la lumière, mais aussi au niveau de ses variations et de sa répartition. L'œil est indubitablement une merveille de "technologie naturelle" capable de s'adapter aux conditions extrêmes qui règne sur notre planète, mais, naturellement, a ses limites au niveau adaptation et accommodation ; ce qui consiste les limites du confort visuel.

Le confort visuel est, non seulement une notion, objective faisant appel à des paramètres quantifiables et mesurables, mais aussi à une part de subjectivité liée à un état de bien-être visuel dans un environnement défini.

Le confort visuel dépend à la fois :

- De paramètres physiques comme l'éclairement, la luminance.
- De caractéristiques liées à un environnement interne, externe.

1.2.5.1. Paramètres physiques :

L'éclairement, la luminance, l'éblouissement sont les plus perceptibles par l'Homme et les représentatifs du confort visuel.

L'éclairement :

L'éclairement est l'effet produit par le flux lumineux tombant d'une source lumineuse naturelle ou artificielle sur une surface donnée. Un bon éclairage facilite la lecture mentale des choses par le biais d'une bonne tache visuelle, ce qui permet de la connaissance immédiate des objets ceux qui peuvent être indistincts lorsqu'il fait plus sombre. Il s'exprime en lux. Tandis que pour la performance visuelle qui concerne l'évaluation du système visuel afin que quantifier les aptitudes d'une personne à identifier et analyser les objets entrant dans son champ de vision, cette performance dépend de : la nature de l'arrière plan, les conditions d'éclairage, des perturbations distrayant l'attention...etc.

La luminance :

La luminance caractérise le flux lumineux quittant une surface vers l'œil de l'observateur. Elle s'exprime en candelas par m².

Eblouissement :

L'inconfort visuel est lié à l'éblouissement, c'est-à-dire à la présence d'un fort contraste de luminances dans le champ visuel. On distingue deux types d'éblouissement :

- Physiologique : Apparition d'un voile dans le champ de vision empêchant de distinguer tout objet.
- Psychologique : dont la gêne n'altère pas totalement la vision.

En outre, l'éblouissement peut avoir deux sources fondamentales celle qui est directe correspond au regard vers la source de lumière quelque soit naturelle ou artificielle. Par contre à la deuxième qui caractérise la source indirecte provoquée par une surface réfléchissante telle qu'un miroir, un écran, ou une vitre. Le degré de l'inconfort dût à l'éblouissement est conféré au temps de la vision et l'intensité lumineuse capturée par l'œil.

1.2.5.2. Caractéristiques propres à l'environnement :

La volumétrie d'un local et les propriétés des parois influencent la qualité de la répartition du flux lumineux. Elles constituent l'environnement immédiat ou éloigné. Le flux lumineux au niveau d'une tâche résulte de la superposition de la lumière naturelle issue d'une ouverture dans une paroi externe verticale ou horizontale et la lumière artificielle.

Au niveau de la composante naturelle, on distingue :

- La composante directe issue sans réflexion du soleil ou du ciel de manière générale et directe (réflexion du rayonnement solaire sur la couche nuageuse).
- La composante indirecte réfléchie par des éléments externes comme une surface vitrée d'un immeuble voisin.
- La composante indirecte interne issue de la réflexion des deux composantes externes sur les parois internes.

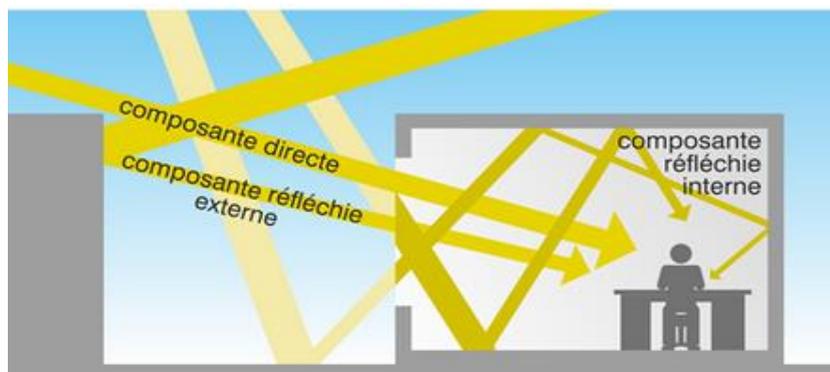


Figure 4.1 Schéma représentatif des différents types de la composante naturelle
Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

Au niveau de la composante artificielle d'un luminaire, on distingue aussi :

- La composante directe depuis le luminaire sur le plan de travail.
- La composante indirecte résultant des réflexions multiples sur les parois internes du local considéré.

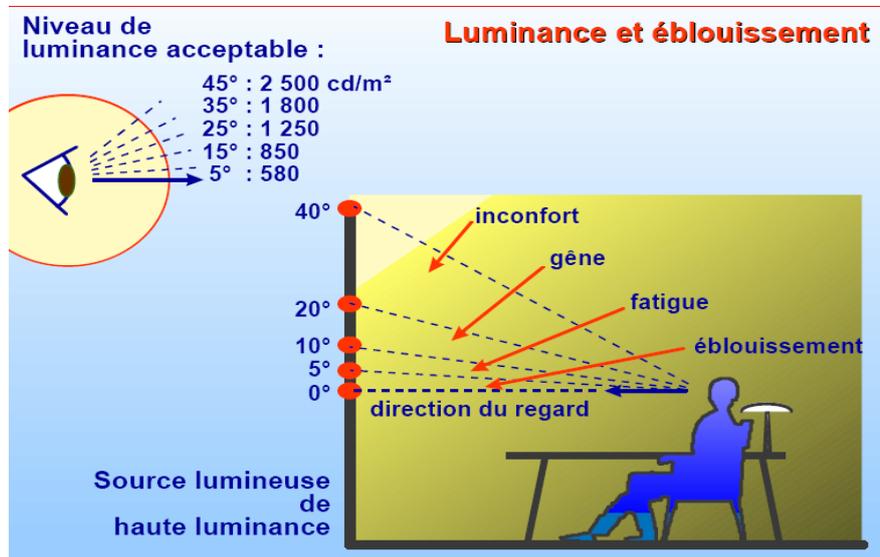


Figure 4.2 Confort, niveau de luminance acceptable et positionnement de la source
 Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2005, p : 46.

1.2.6. Confort acoustique :

Le son est une sensation auditive engendrée par la fluctuation périodique de la pression de l'air au niveau de l'oreille. Cette fluctuation peut être caractérisée par son intensité (niveau sonore, en décibel : dB), sa fréquence (comprise entre 20 et 20000 Hz pour l'être humain) et son timbre (différence qualitatif liée à la forme de la vibration) (De Herde, 2005).

Les exemples suivants illustrent l'intensité sonore de certains espaces et outils :

☞ Campagne tranquille.....	20
☞ Chambre très calme	25
☞ Appartement calme - rue en zone résidentielle calme	30
☞ Bureau calme	40
☞ Bureau - conversation moyennement bruyante	50
☞ Rue animée - conversation	60
☞ Machine à laver	60 à 75
☞ Aspirateur	70
☞ Rue à fort trafic	80
☞ Musique forte - train (à 25 m)	90
☞ Cris d'enfants - piano	100
☞ Atelier très bruyant (chaufferie)	110
☞ Avion à réaction (à 30 m)	120

Le son se propage à des vitesses variantes et qui dépendent du milieu : à titre d'exemple dans l'air (bruit aérien) à une température de 20°C, cette vitesse atteint 343 m/s. Dans l'eau, elle est de 1170 m/s et peut monter à 5000 m/s pour la propagation du son via des masses métalliques. La clarté du son dépend du chemin parcouru par l'onde sonore : la géométrie du lieu détermine le temps de réverbération, ce qui est primordial, par exemple, pour une salle de concert.

Une pollution sonore constitue une forme de gêne reproduite à l'intérieur du monde urbain, elle provient des vibrations du son assez fortes propagées dans l'atmosphère depuis plusieurs sources existantes telles que les bruits du trafic, les travaux, les activités anthropiques, qui ont des conséquences négatives sur l'état physiologique et psychique de l'homme. En effet, beaucoup de gens souffrent de maladies cardiaques, de l'insomnie, des vertiges, même des tresses psychologiques à cause de cette pollution qui semble impuissante notamment aux espaces extérieurs.

Cependant le confort acoustique dépend du niveau sonore, spécifiquement en milieu industriel où les machines sont assourdissantes. Il dépend aussi de la sensibilité de l'oreille aux basses fréquences. Des mesures correctrices telles que l'installation de panneaux absorbants peuvent être mises en œuvre pour contrôler ces deux critères. Le confort acoustique dépend enfin de la dynamique sonore, c'est-à-dire de l'émergence du son sur le bruit de fond (effet de contraste). Afin de réduire le bruit, nombreuses astuces ont été recommandées par des associations et des spécialistes pour le but de la protection de la santé face à la haute nuisance sonore, en installant des écrans protecteurs entre le générateur du son et l'auditeur, comme aussi l'utilisation des murs antibruit érigés le long des autoroutes fortement fréquentées, sont un exemple de bouclier sonore.

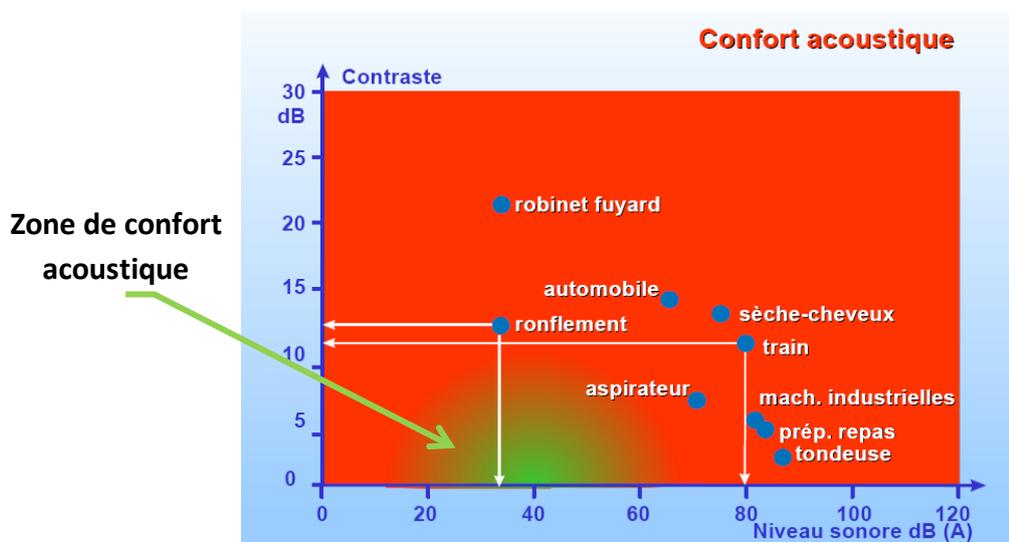


Figure 4.3 Plage du confort sonore (en vert) et bruits courants

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2005, p : 51

1.2.7. Confort thermique :

La définition du confort thermique est très complexe en raison de l'interaction de plusieurs variables environnementales et personnelles et qui dépend d'un ensemble de facteurs.

Selon Givoni (1978), le maintien de l'équilibre thermique entre le corps humain et son environnement est l'une des principales exigences pour la santé, le bien-être et le confort. Il affirme que les conditions dans lesquelles on obtient cet équilibre est l'état du corps lorsqu'il atteint l'équilibre avec son environnement, dépendant de la conjugaison de nombreux facteurs. Certains de ces facteurs sont d'ordre personnel (l'activité physique, le niveau d'habillement, etc.) et d'autres sont des facteurs de l'environnement immédiat tels que la température de l'air, le rayonnement solaire, l'humidité relative et le mouvement de l'air.

Pour André de Herde, le confort thermique fait l'état de satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Il est déterminé par l'équilibre dynamique établi par échange thermique entre le corps et son environnement immédiat. Cet équilibre est atteint lorsque les conditions sous lesquelles les mécanismes d'autorégulation du corps sont en état d'activité minimale.

Tandis à Hoffman, lui explique que le confort thermique n'est pas forcément lié au maintien permanent de la neutralité thermique, mais qu'il peut aussi résulter de l'alternance de stimuli qui se compensent à condition que le sujet en ait une maîtrise parfaite.

La notion du confort thermique reste cependant subjective, dans sa mesure dépend de la différence entre individus. A ce propos des travaux récents sur la notion du confort adaptatif mettent en avant ces variations individuelles, exprimées par des stratégies personnelles qui peuvent être d'ordre : physiologique, psychologique, sociale culturelle ou comportementale.

Dans cela notre bilan du confort thermique est basé sur des paramètres cruciaux agissent en interaction, dans les quels se distinguent entre ceux qui sont relatifs à l'environnement et d'autres au comportement de l'individu.

- 1. Le métabolisme :** est la production de chaleur interne au corps humain permettant de maintenir celui-ci autour de $36,7^{\circ}\text{C}$. En outre, un métabolisme de travail correspondant à une activité particulière s'ajoute au métabolisme de base du corps au repos.
- 2. L'habillement :** qui représente une résistance thermique aux échanges de chaleur entre la surface de la peau et l'environnement.
- 3.** La température ambiante de l'air **Ta**.
- 4.** La température des surfaces ou des parois **Tp**.
- 5.** L'humidité relative de l'air (**HR**) est le rapport exprimé en pourcentage entre la quantité d'eau contenue à la même température.
- 6.** La vitesse de l'air influence les échanges de chaleur par convection. Dans l'habitat, les vitesses de l'air ne dépassent généralement pas $0,2\text{ m/s}$.

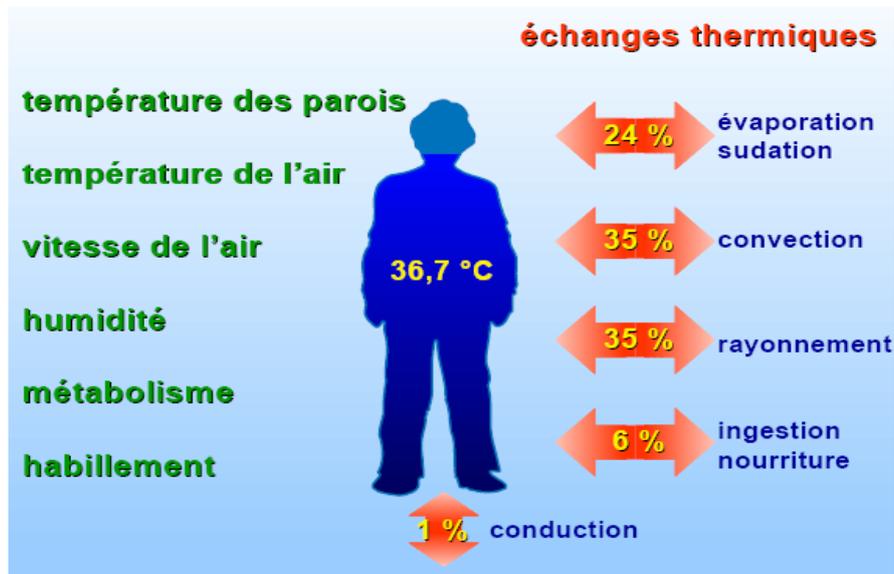


Figure 4.4 Les échanges thermiques dépendent six paramètres.

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2006, p : 27

La propagation de chaleur entre l'individu et l'ambiance s'effectue selon divers mécanisme : plus de 50 % des pertes de chaleur du corps humain se font par convection avec l'air ambiant (convection et évaporation la respiration ou à la surface de la peau). Les échanges par rayonnement à la surface de la peau représentent jusqu'à 35% du bilan lors que les pertes par contact (conduction) sont négligeables (< 1%). Le corps perd également 6% de sa chaleur à réchauffer la nourriture ingérée (De Herde, 2005).

1.2.7.1. Paramètres relatifs à l'individu :

L'homme est un être homéotherme, sa température interne doit être comprise dans l'intervalle de 36,7°C et 37,2°C, dans ce cas si les valeurs seront supérieures ou inférieures de la plage précédente on relève un état classé comme un stress thermique (inconfort). La variation de la température est dépendante de l'activité humaine soit état actif ou en repos. Comme l'indique vinet (2000), le corps humain doit maintenir la constance de la température, cela est fait sous trois éléments : la variation diurne d'environ 1°C (cycle circadien du métabolisme basal), l'activité, et la température ambiante.

□ Métabolisme : Production de la chaleur métabolique :

L'homme produit instantanément des quantités de chaleur en fonction de son activité que l'on appelle une production métabolique (vinet J., 2000). Le métabolisme est le processus par lequel la nourriture absorbée par le corps se combine avec l'oxygène, pour générer l'énergie requise pour le fonctionnement des divers organes du corps, tels que la contraction des muscles pendant le travail, et l'activité involontaire des organes internes, circulation du sang, respiration, sécrétion internes des glandes, et formation de la sueur etc. Et pour la fabrication des tissus du corps. Son taux est, en gros proportionnel au poids du corps. La

valeur maintenue à l'arrêt complet dans une position couchée est prise comme le métabolisme de base, bien que la valeur du métabolisme la plus basse soit enregistrée pendant le sommeil.

En effet l'énergie métabolique se subdivise d'une manière générale en deux types celle de l'énergie purement métabolique « M_{th} » et une autre mécanique « W » dans les quels font l'équation : M (métabolisme) = M_{th} + W

Activité	M (w)	M_{th} (w)	W (w)
Sommeil	75	75	0
Assis, ou repos	105-110	105-110	0
Secrétariat	125	125	0
Assis, écriture	125	125	0
Debout, relaxe	125-130	125-130	0
Travail de laboratoire	170	170	0
Enseignement	170	170	0
Activité dans la maison	180	180	0
Debout, travail léger des bras	180	160	20
Vente	210	200	10
Marche (1.6km/h) pente 5%	250	230	20
Travail sur machine outil	290	260	30
Gymnastique	360	330	30
Marche rapide (4.8km/h pente 5%)	420	375	45
Tennis	480	450	30
Creusement de tranchées	630	510	120
Basket Ball	790	750	40

Tableau 4.1 Métabolisme thermique et énergie mécanique

Source : Vinet J., 2000 d'après Depecker.

□ **Echange de la chaleur par le corps humain :**

La chaleur interne du corps humain est environ 37°C. Afin de la maintenir stable, il est nécessaire de faire évacuer le surplus de chaleur à l'extérieur du corps. S'il y a d'autres formes de chaleur que l'homme reçoit d'environnement, cette chaleur également doit être dissipée par l'un des modes suivants :

1. Dissipation de la chaleur par évaporation : La perte de chaleur par évaporation est dictée par les degrés d'évaporation qui à son tour dépend de la température de l'air et de la quantité de l'humidité pouvant être évaporée. L'évaporation prend place dans les poumons à travers la respiration et sur la peau comme imperceptible transpiration et sueur.

- **Par respiration :**

En niveau des voies respiratoires, les échanges sont en fonction de divers facteurs, mais on peut généraliser que dans les conditions ordinaires celles du repos ou légère activité, les pertes sont inéluctables et d'environ 11,5 (w) correspondant à 360 g d'eau par jour.

- **Par sueur :**

L'évaporation totale d'eau à partir de la peau est un phénomène de transfert de masse de la vapeur d'eau depuis la surface vers l'air ambiant. Elle est le résultat de quatre processus : sécrétion de la sueur par des glandes sudoripares à proximité de la peau, transport de la sueur jusqu'à la surface de la peau, dispersion en une pellicule sur la peau et évaporation de cette pellicule à la température de la peau. Le moiteur de la peau est le rapport entre le taux de sécrétion requis pour assurer un bilan nul et l'évaporation maximale possible dans l'air ambiant. La perspiration des individus existe toujours et est au minimum de 6 % comme nous venons de le dire. En dessous de 12 % la moiteur n'est pas perceptible et le corps semble sec. De 12 à 30 %, le corps ressent une faible moiteur puis des zones humides apparaissent. Au-delà de 30 % l'efficacité de la sueur tombe en dessous de 1 car les gouttes de sueur de grandes tailles ne peuvent pas s'évaporer. L'inconfort augmente avec la valeur de cet indice qui avertit le corps d'un recours à un processus de sueur.

2. Dissipation de la chaleur par rayonnement : La perte de chaleur radiante dépend de la température de la surface du corps et celle des surfaces opposées.

Pour le rayonnement, nous distinguons deux types dans les quels se manifeste l'échange de chaleur entre le corps humain et l'ambiance :

- **Le rayonnement de courtes longueurs d'ondes :**

Il correspond aux apports solaires (directs, indirects, diffus et réfléchis), comme il dépend de la surface du corps soumise au rayonnement solaire, signalons qu'elle relève une valeur importante en position debout qu'assise. Selon Givoni B., la quantité de rayonnement direct tombant sur un homme demi-nu portant un chapeau dans une position debout atteint 70% de celle incidente sur un sujet assis le dos tourné au soleil. Par contre la quantité du rayonnement réfléchi par l'environnement est d'environ 50% inférieur pour un sujet assis qu'un autre debout. Il est à signaler que cette quantité énergétique est dépendante de l'albédo du terrain et des surfaces verticales environnantes exposées. En outre la vitesse du vent peut réduire le gain de la chaleur relatif au rayonnement solaire dont ses effets dépendent de la tenue vestimentaire soit sa résistance thermique, sa couleur avec une modeste influence, son ampleur parce que l'habillement constitue comme récepteur de rayons à une distance déterminée de la peau.

- **Le rayonnement de grandes longueurs d'ondes :**

Cet échange est dut sans contact direct entre le corps et les différentes surfaces environnantes, dont chacun d'eux absorbe d'une façon réciproque la quantité de chaleur

rayonnée par l'autre. Ce pendant la puissance de cette fraction est relatif au niveau d'absorption des radiations et les émissions, la température des surfaces, l'albédo, et la couleur.

3. Dissipation de la chaleur par convection : La convection est la transmission de la chaleur du corps humain à l'air en contact direct avec la peau ou les habilles. Cet air se lève en devenant plus chaud laissant la place à l'air frais. La perte de chaleur par convection augmente par un mouvement d'air important, une température de l'air réduite et une température de la peau élevée.

4. Dissipation de la chaleur par conduction : La conduction dépend de la différence de température entre la surface du corps et l'objet en contact direct avec l'homme, par exemple celui de la plante des pieds sur le sol.

□ **Bilan thermique du corps humain :**

L'équilibre thermique de l'homme peut être exprimé par l'équation :

$$\Sigma \text{ gains} - \Sigma \text{ pertes} = 0$$

$$\text{Met} - \text{Evp} \pm \text{Cnd} \pm \text{Cnv} \pm \text{Rad} = 0 \text{ }^{17}$$

Dont :

Σ gains :

Met : métabolisme (basal & musculaire)

Cnd : conduction (contact avec objet chaud)

Cnv : convection (si l'air est plus chaud que la peau)

Rad : radiation (du soleil, du ciel, des objets chauds)

Σ pertes :

Cnd : conduction (contact avec objet froid)

Cnv : convection (si l'air est plus frais que la peau)

Rad : radiation (vers soleil et surfaces froides)

Evp : évaporation (de moiteur et sueur).

Si la somme de ces paramètres est > 0 : c'est-à-dire que :

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

¹⁷ Givoni B., L'homme, l'architecture et le climat, Paris, Le Moniteur, 1978, P40.

Par conséquent : toutes les formes de pertes de chaleur sont accélérées.

Si la somme de ces paramètres est < 0 : c'est-à-dire que :

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

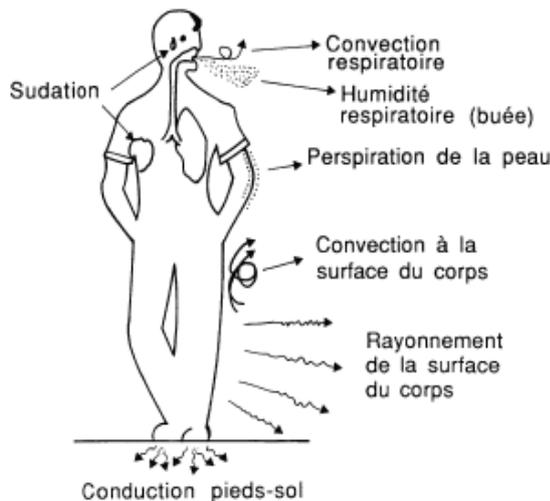


Figure 4.5 Les différents types d'échanges thermiques
Source : Vient, 2000 d'après Depecker.

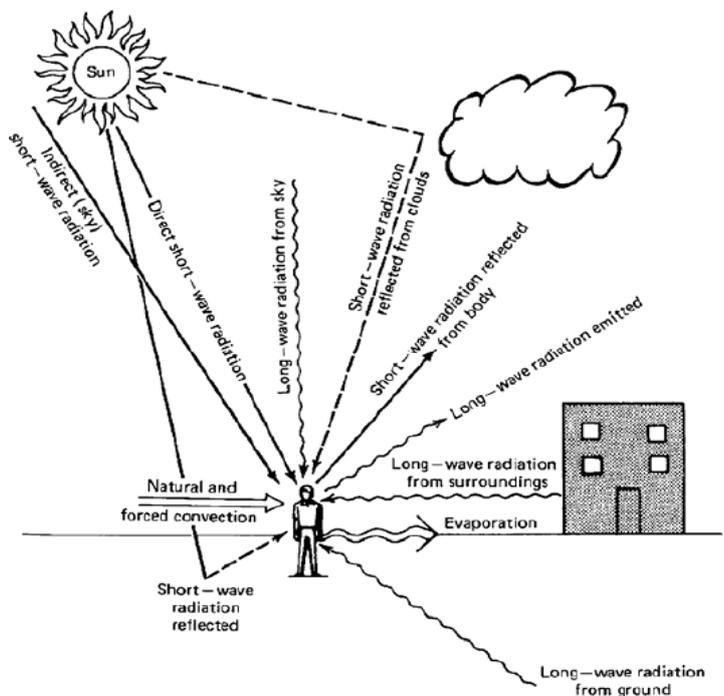


Figure 4.6 Les composants de la balance de la chaleur métabolique
Source : Ali-toudert F., 2005 d'après Houghton.

□ **Habillement :**

Les vêtements représentent un facteur indissociable de l'échange thermique, mais il est très difficile à le déterminer à cause de la variété de l'habillement. La vraie résistance thermique du vêtement aux transferts de la chaleur, est souvent exprimée dans une unité que l'on note clo (**1clo** = 0.155 m².k/w). Bien entendu un Clo représente l'isolation apportée par le biais d'une tenue d'intérieur typique d'hiver, dans la quelle on peut mesurer ou calculer l'isolation à partir des différents parties du vêtement. Afin de récapituler les valeurs du Clo pour une variété de vêtements, la représentation du tableau ci-dessous illustre ces moyennes, notons que la différence ainsi est en rapport avec la saison.

Vetements d'hommes	I _{cl} .10 ⁴	Vetements de femmes	I _{cl} .10 ⁴
Maillot de corps	93	Combinaison courte	200
Tee shirt	140	Combinaison longue	300
Tee shirt à manches	155	Tee shirt à manches	310
Chemise légère manches courtes	220	Blouse légère	310
Chemise légère longues courtes	340	Blouse chaude	450

Chemise chaude manches courtes	390	Robe légère	340
Chemise chaude manches longues	450	Robe chaude	1080
Veste légère	230	Pantalon léger	400
Veste chaude	450	Pantalon chaud	680
Pantalon léger	250	Pull over léger	260
Pantalon chaud	500	Pull over chaud	570
Pull over léger	310	Cardigan léger	260
Pull over chaud	350	Cardigan chaud	570
Cardigan léger	340	Bas	16
Cardigan chaud	570	Collant	18
chaussettes	60		
Sandales	30	Sandales	30
Mocassin	60	Escarpins	60
bottes	125	bottes	125

Tableau 4.2 Valeurs des résistances propres Icl de quelques vêtements

Source : Vinet, 2000 d'après Depecker.

1.2.7.2. Paramètres relatifs à l'environnement :

▪ Température de l'air (T_{air}) :

Les échanges thermiques sont très dépendants de la température de l'air notamment celle due par convection, dans cela si cette température dépasse la température cutanée, les échanges par convection vont eux aussi entraîner une élévation de la température corporelle.

Ses valeurs varient selon la variation de la surface corporelle et la vitesse du vent pour la convection avec le changement de la situation géographique comme altitude et latitude.

▪ Température moyenne radiante (TMR ou T_{mrt}) :

Elle est considérée comme la température qui englobe plusieurs modes d'échange thermique entre l'individu et l'environnement soit par rayonnement. Elle est le paramètre d'entrée météorologique le plus important pour le bilan énergétique humain par temps ensoleillé en été (Kedissa. C, 2010). Par conséquent la T_{mrt} a la plus forte influence sur les indices du bilan thermo-hygrométrique tels que le PMV (vote moyen prévisible) et la PET (température physiologique équivalente). Pour sa définition c'est une température uniforme des surfaces extérieures environnantes qui procurent un rayonnement de corps noir (coefficient d'émission $\varepsilon = 1$) donnant lieu pour le corps humain aux mêmes apports radiatifs que les flux radiatifs, souvent très variables, qui prévalent dans des conditions d'un espace ouvert. Dans d'autres termes, la TMR est une valeur moyenne des températures surfaces solides ou fictives (comme la voûte céleste) pondérées par des facteurs de forme.

Nous pouvons obtenir la température moyenne radiante par deux manières différentes, une soit par mesure de la somme de tous les flux radiatifs appropriés à l'espace, ou l'autre par un calcul numérique voire une simulation depuis un logiciel spécialisé.

Les parois chaudes ou froides entraînent des déséquilibres au niveau du bilan radiatif ce qui permet à engendrer une sensation du stress thermique (inconfort). En effet on considère

qu'il n'y a pas de gêne si à 1m devant la façade, l'écart de température radiante orientée vers cette façade et la température radiante orientée vers la paroi opposée ne dépasse pas les 8°C.

▪ **Humidité relative :**

Humidité relative ou l'hygrométrie, est l'un des facteurs influant sur le bilan thermique, dans certains cas elle devient très significative. Entre 30% et 70%, l'humidité relative pèse peu sur la sensation de confort thermique. Les activités de l'homme (dormir, se laver, préparer les repas, nettoyer...etc.) entraînent une production de vapeur d'eau pouvant atteindre 10 à 14 litres par jour dans une habitation moyenne. Cette production de vapeur d'eau à l'intérieur des habitations contribue à y maintenir une humidité relative élevée. Par conséquent, il est souvent nécessaire de la limiter pour éviter les problèmes de condensation superficielle, dans la quelle cette limitation peut s'effectuer grâce à une meilleure isolation thermique.

L'air ne peut absorber qu'une quantité limitée de vapeur d'eau. En ambiance chaude, dans des conditions de température données, les échanges thermiques du corps avec son environnement ont lieu principalement par évaporation à la surface de la peau. Aussi, dans une ambiance saturée où il n'est plus possible de transpirer, le corps est la plupart du temps en position d'inconfort. A l'inverse, dans une ambiance sèche, la transpiration est facilitée et permet de supporter des températures ambiantes plus élevées.

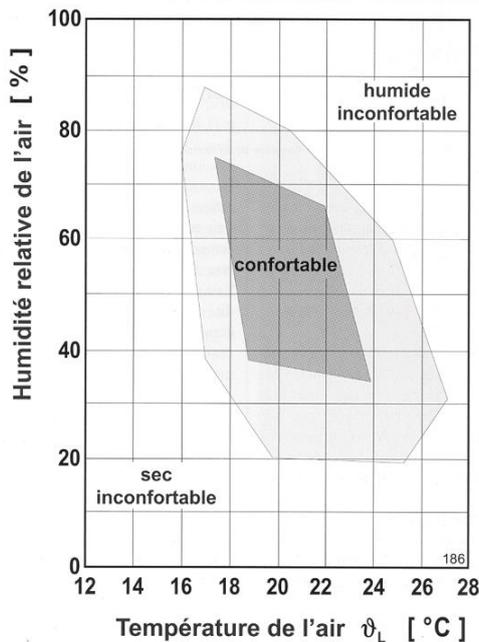
Cela résume une plage d'humidité relative favorable balancée entre 30%-60%, en revanche un état d'inconfort apparaît dans les extrêmes avec un taux inférieur à 30% ou supérieur à celui de 60%. Les faibles niveaux d'hygrométrie génèrent un nombre de problèmes tels :

- Augmentation de l'électricité statique (petites décharges lors du contact avec des objets métalliques).
- Augmentation de la concentration en poussières dans l'air (diminution de la taille des particules) et donc de leur vitesse de sédimentation et dès lors du nombre de bactéries aéroportées, ce qui serait susceptible d'induire une augmentation de la fréquence de maladies respiratoires en hiver lorsque l'humidité de l'air est faible.

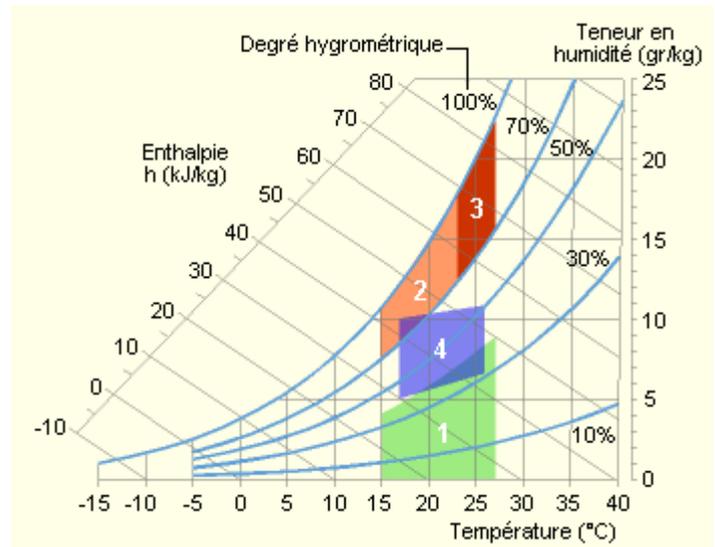
En outre, un niveau d'humidité relative supérieur à 60% donne lieu à une croissance microbienne comme était relevé par le diagramme de Sterling et Scofield sous un bilan de quatre zones ¹⁸ :

1. **Zone une:** à éviter vis-à-vis des problèmes de sécheresse.
2. **Zone deux :** à éviter vis-à-vis le développement des bactéries et de microchampignons.
3. **Zone trois :** à éviter vis-à-vis des développements d'acariens.
4. **Zone quatre :** plage de confort hygrométrique.

¹⁸ Lavigne P., Brejon P. Fernandez P. Architecture climatique, Tome 1, EDISUD, 1994.



Graph 4.2 Rapport de la température d'air et l'humidité relative
 Source : Terhaag, 1986.

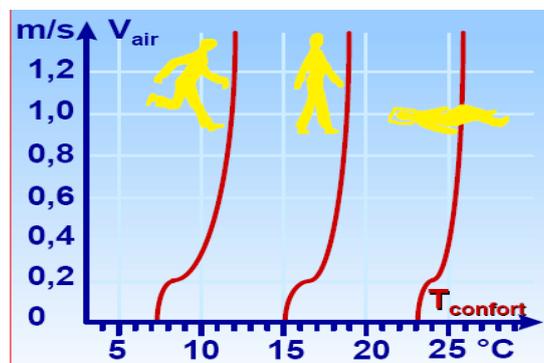


Graph 4.3 Les différentes zones du confort hygrométrique
 Source : <http://www.energieplus-lesite.be>

▪ **Vitesse de l'air :**

La vitesse de l'air affecte le corps humain de deux façons différentes. Tout d'abord elle détermine l'échange de chaleur convective du corps et ensuite elle affecte la capacité évaporative de l'air et par conséquent agit sur le rendement de la sueur (Givoni B., 1978).

La vitesse de l'air intervient dans la sensation de confort thermique de l'occupant dès qu'elle est supérieure à 0,2 m/s : c'est en effet à partir de cette vitesse qu'un courant d'air peut être ressenti par un individu moyen. Pour mieux comprendre, le schéma suivant met en relation la vitesse de l'air et la sensation de confort, dont les courbes représentent les températures de confort déterminées statistiquement pour différents niveaux d'activité, une tenue d'intérieur d'hiver et une humidité relative de 50%. Les températures de confort varient d'environ 3°C autour des vitesses de l'air comprises entre 0,1 et 0,3 m/s, c'est-à-dire autour du seuil de perception des courants d'air, alors qu'elle est réduite tant pour les vitesses inférieures à 0,1 m/s qu'au-delà de 0,5 m/s.



Graph 4.4 Températures de confort pour différentes vitesses relatives de l'air et un habillement moyen d'après O.Fanger
 Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2005, p : 30

En effet, il existe de nombreux effets d'inconfort dus au vent, ce qui engendre une différence de résultats obtenus d'un individu à l'autre. Pour les premiers effets du vent apparaissent pour les rafales de 1.5 m/s en influant sur la sensation thermique d'une manière apparente. Pour des vitesses supérieures l'impact augmente considérablement sur la marche et les activités extérieures, en causant de danger pour des vitesses dépassant les 15 m/s pour les âgés et de 20m/s pour les personnes moyens. A ce propos nous illustrons l'échelle de Beaufort, qui résume et standardise les rapports entre vitesses et caractéristiques propres aux vents.

Force	Vitesse du vent (H = 2 m)	Caractéristiques du vent
2	1.5 – 3 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les visages ressentent la sensation du vent. ▪ Les feuilles bruissent.
3	3 - 4.5 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les feuilles et les petits rameaux sont en mouvement permanent. ▪ Le vent déploie pleinement les drapeaux. ▪ Les cheveux sont dérangés. ▪ Les vêtements amples battent au vent.
4	4.5 - 7 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ La poussière et les papiers se soulèvent. ▪ Les branches s'agitent. ▪ Les cheveux sont décoiffés.
5	7 - 9 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les petits arbres avec les feuilles oscillent. ▪ La marche est légèrement perturbée.
6	9 - 11 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les grosses branches se mettent en mouvement. ▪ Le vent siffle dans les fils téléphoniques. ▪ Les parapluies sont utilisés avec peine. ▪ La marche devient instable.
7	11 - 14 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les arbres sont totalement en mouvement ▪ On éprouve de grosses difficultés à marcher contre le vent.
8	14 - 17 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Les branches d'arbres se cassent. ▪ D'une façon générale, progression pedestre très difficile et dangereuse.
9	17 - 20 m/s	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Risque d'être violemment projeté à terre sous l'effet des bourrasques.

Tableau 4.3 Echelle de Beaufort

Source : Vinet, 2000 d'après Gandemer.

La notion du gêne (stress thermique) due à l'effet de vent est difficilement quantifiable (Sacre, 1994), dont elle s'appuie sur plusieurs critères. La vitesse de vent s'oppose aux piétons et les oblige à une adaptation permanente, en conséquent les échanges thermiques et physiologiques entre le corps humain et son environnement extérieur peuvent être perturbés dans les quels des facteurs comme l'activité de l'individu, morphologie de l'espace (ruelle, esplanade, canyon..), le climat (en pays chaud et humide on cherche plutôt de la ventilation), les conditions météorologiques (température, humidité, précipitations), et le contexte physique et physiologique qui cerne l'individu, ceux-ci font un motif arbitraire

de la perturbation et rendent une définition d'un critère unique de la nuisance du vent impossible. Selon vinet (2000), la gêne dynamique est prise en compte via un paramètre (ψ), qui intègre à la fois le module de la vitesse moyenne et le niveau de turbulence, représenté par son écart type. En réalité, la gêne due au vent est inévitable dans les espaces extérieurs, elle sera tolérée ou acceptée par l'utilisateur si sa fréquence d'apparition reste modérée. En outre, la notion d'acceptabilité d'un niveau de nuisance donné sera dépendante de la fonction de l'activité de l'espace extérieur considéré. La fréquence **F** peut s'exprimer en pourcentage du temps (durée pendant laquelle le niveau v (nuisance du vent) dépasse le seuil de nuisance v_s) ou directement en nombre d'heures (durée moyenne de nuisance annuelle qui peut être pondérée par la saison ou le cycle jour / nuit). La fréquence **F** dépend du climat, du site d'implantation, du positionnement du point dans le site. Afin d'envisager cette notion et sa valeur d'influence nous citons des rapports dans le tableau suivant :

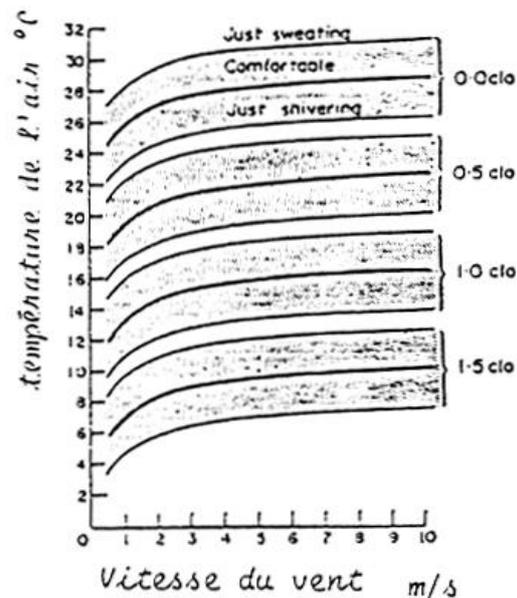
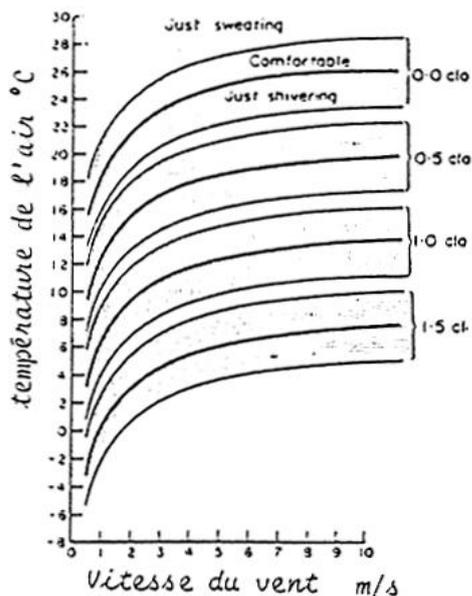
Activités	Limite supérieure de la gêne pour un confort convenable (en pourcentage du temps annuel)
Station immobile prolongée (terrasse de café, théâtre en plein air, piscine, etc.)	5%
Station immobile de courte durée (jardin public, aire de jeux, rue commerçante, galerie, etc.)	10%
Marche normale (promenade pédestre, passage piétonnier, entrée d'immeuble, etc.)	15%
Marche rapide (parc auto, trottoir des avenues, belvédère, etc.)	25%

Tableau 4.4 Fréquence de nuisance liée à l'activité
Source : Gandemer, 1976.

▪ Rayonnement solaire :

Le rayonnement solaire possède à la fois des effets thermiques et biologiques sur l'homme. Biologiquement, le corps est affecté par la partie ultra-violette (U.V), du spectre tandis que l'effet thermique est dû aux rayons visibles et infrarouges. L'effet thermique du rayonnement solaire dépend de la position du corps par rapport au soleil, des vêtements, de l'albédo des objets environnants et de la vitesse du vent. Les vêtements interceptent les rayons solaires à une certaine distance de la peau et une partie de la chaleur se dissipe vers l'environnement. La proportion de chaleur dissipée dépend de la matière et de la couleur du vêtement et aussi de la vitesse de l'air (Givoni B., 1978). A vrai dire, toutes formes des échanges énergétiques sont en rapport au rayonnement solaire direct, diffus ou réfléchi, et les pertes se font majoritairement par convection (effet de vent). Pour le confort thermique en espace extérieur, Sacré (1983), sur la base des études de Tuller (1975), Choissnel (1976) et Pénicaud (1978), confirme que le rayonnement solaire direct est le paramètre le plus important et le vent devient le second paramètre (Boutabba S., 2007). En présence du rayonnement solaire, seul le vent qui peut ramener la charge thermique à des proportions

acceptables, cela signifie une diminution en température sous l'effet de l'écoulement d'air. Les travaux de Penwarden (1974) démontrent qu'un sujet passant d'une zone ensoleillée soumise d'un air calme (0,5m/s) à une zone ombragée dans laquelle souffle un vent d'une vitesse de 5m/s doit ressentir une diminution de la charge thermique, celle qui est équivalente à une baisse de la température de l'air de 13°C. En l'absence du rayonnement solaire direct, le paramètre climatique jouant le rôle le plus important est la température de l'air, tandis que l'humidité et le rayonnement infrarouge jouent un rôle secondaire.



Graph 4.5 A gauche : Conditions de confort pour un piéton au soleil

Graph 4.6 A droite : Conditions de confort pour un piéton à l'ombre

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

2. Zone de confort :

Comme il était bien diagnostiqué précédemment, le confort thermique est défini comme l'état d'esprit qui exprime la satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique. Mais on a toujours posé la question : a-t-il un intervalle ou bien une zone réelle pour une limitation exacte de la satisfaction thermique ? La réponse est plus complexe qu'on le croie, en tant que le confort représente une subjectivité de chaque individu, ce qui le rend presque inexistant. En effet il est impossible d'exprimer les réponses de l'organisme aux ambiances thermiques en fonction d'un seul facteur de l'environnement tel que la température, l'humidité, la vitesse de l'air...etc., car ceux-ci affectent le corps humain de manière simultanée, et l'influence de l'un dépend des niveaux des autres facteurs. A titre général, nous pouvons assurer un état de confort chez l'homme si les conditions suivantes sont bien rassurées :

1. Il faut que la personne ne ressent pas le froid, c'est-à-dire qu'elle ne souffre pas des conditions de déclenchement de thermogénèse de réchauffement telles que : la chair de poule, et tremblements.
2. En deuxième lieu, la personne ne doit pas souffrir de l'apparition sur la peau de sueur en phase liquide, ce qui rend les vêtements mouillés et avec un contact poisseux, dans un autre sens que toutes les conditions de **siccité cutanée** (voire un assèchement de peau) sont respectées.
3. La personne bien que n'ayant pas obligatoirement de sueur liquide sur la peau, ne subit pas une perte d'eau trop importante, c'est-à-dire elle vit une **astreinte sudorale** limitée à 70 g/h environ, qui correspond à une puissance $e_{\max}=47w$.
4. Quatrièmement et indépendamment des conditions précédentes liées aux échanges thermiques, la personne se trouve dans une ambiance de non siccité des **muqueuses bucco-pharyngiennes**, l'assèchement de ces muqueuses étant désagréable.
5. En fin, ainsi indépendamment de toutes considérations thermiques et physiologiques, la personne évolue dans une ambiance où sa vie n'est pas gênée par une humidité relative trop importante, qui produit des condensations.

Pour une compréhension claire de la notion de la zone de confort, nous tentons à illustrer un ensemble de diagrammes faites au cours des expériences spécialisées, celles-ci projettent des rapports directs et indirects de l'individu aux ambiances thermiques environnantes.

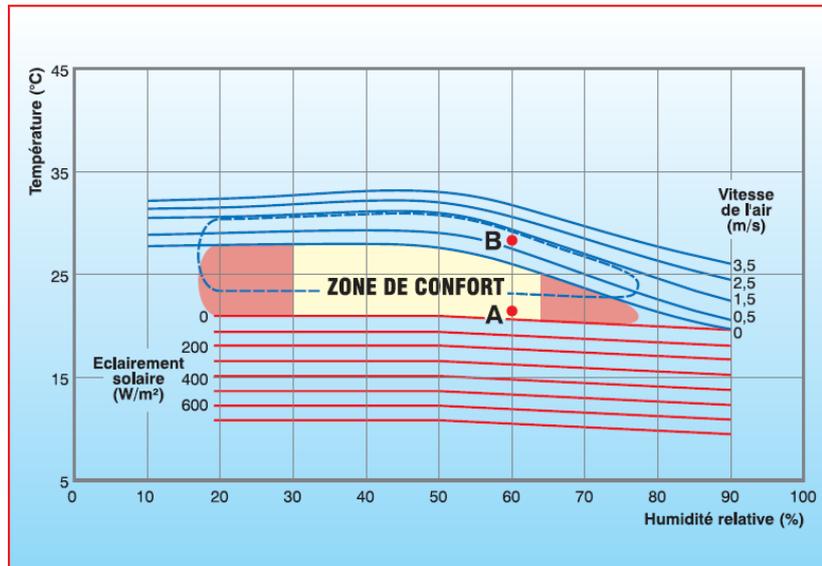
2.1. Le diagramme d'Olgyay :

Les expériences des Olgyay, ont bien assumé que le confort thermique ne dépend pas d'un facteur unique englobant la température de l'air, mais il correspond à plusieurs paramètres (humidité et vitesse de l'air), se manifestent réciproquement en créant une ambiance thermique bien déterminée. Le diagramme met en évidence la zone de confort en relation étroite avec la température ambiante, l'humidité de l'air, la vitesse du vent, le rayonnement solaire, et ainsi la perte de chaleur évaporative. Le fruit de cette tentative est la limitation des plages des paramètres climatiques influents par le biais de la zone, ce qui engendre les rapports suivants :

- La limite inférieure de la zone de confort avec 21°C, répartit les conditions climatiques en deux catégories, ce qui met une température au-dessous de cette limite est défini par une zone de sous-chauffé, où l'ensoleillement est recherché comme élément positif. Par contre, une température qui dépasse le seuil consiste une zone de surchauffe, pendant laquelle on recherche la protection solaire favorable.
- Le diagramme résulte d'une forme de logique pour l'adaptation architecturale des bâtiments selon la position, l'orientation, la typologie, taille, et toutes sortes de

dispositifs de la protection voire une ventilation maîtrisée pendant la période de surchauffe, en opposé un bon chauffage au sein de la sous-chauffe.

- Mettre en envergure une corrélation des conditions climatiques et les exigences physiologiques en basant sur les variations extérieures, cela pour un meilleur confinement de l'environnement et le bénéfice des sources naturelles dans la conception architecturale.



Graph 4.7 Zone de confort thermique en fonction de la vitesse de l'air (d'après Olgyay)

Source : Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatique, 2006, p : 127

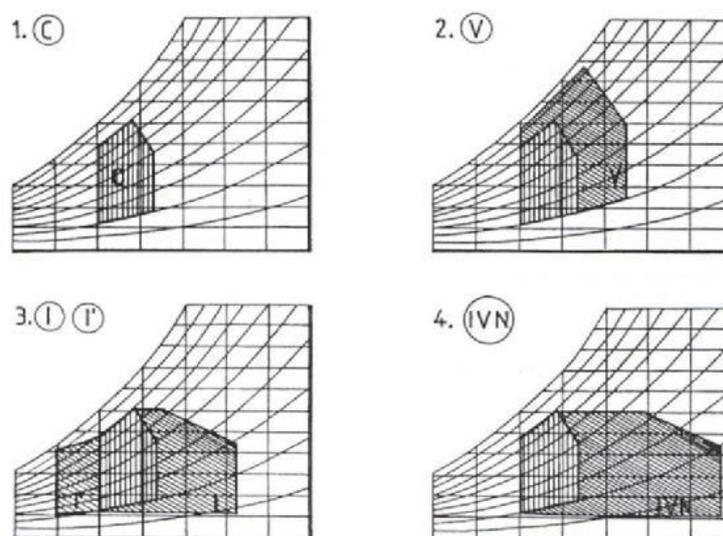
2.2. Le diagramme de Givoni :

Après une étude qui blâme le rôle partagé par le métabolisme du corps humain en ses diverses voies d'échanges thermiques, et les fractions climatiques obtenues de l'environnement, Givoni lui a conféré un diagramme sous une division qui touche deux aires nécessaires : une zone de confort dans sa propre forme, et la deuxième (zones entourées) qui conjoint toutes les conditions supportables. La méthode appliqué ici fait appel à l'indice de la contrainte thermique afin d'évaluer les exigences physiologiques du confort, cela pour une détermination générale des grandes lignes de la conception architecturale qui garantit ce confort revendiqué. En plus elle comprend une estimation du climat intérieur attendu sous les conditions ambiantes données. Givoni a défini des zones où on est en situation de confort sans besoin de vitesse d'air (entre 20 et 26°) mais si on arrive à créer une vitesse d'air importante sur l'occupant, on peut tenir jusqu'à 30°-32°.

Ce diagramme psychrométrique, utilise quatre paramètres : température sèche, température humide, humidité absolue et humidité relative afin d'évaluer les besoins de l'individu. A vrai dire les zones d'influences établies par Givoni et Milné sont comme suivantes :

- « C » : zone de confort en air calme : elle est indépendante des caractéristiques des constructions.

- « **V** » : **zone d'influence de la vitesse d'air** : effet de la vitesse de l'air sur l'évaporation cutanée au moyen des échanges thermiques par convection. Et permet d'éviter le phénomène de condensation sur les parois des bâtisses. Cette zone n'implique les caractéristiques de l'immeuble qu'en ce qui concerne son aptitude à être ventilé, d'autant plus que la vitesse de l'air peut être obtenue par l'utilisation des ventilateurs.
- « **I et I'** » : **double zone d'influence des inerties** : cette zone implique les caractéristiques des bâtisses, du point de vue « inertie de la masse », et elle est subdivisée en deux sous-zones : l'une du côté des températures basses et l'autre de celui des températures hautes. Ce qui entraîne une possibilité de réduire les variations de températures intérieures, pendant les périodes chaudes ou froides de tel manière que le point représentatif de l'ambiance reste dans « C » ou « V ».
- « **VN** » : **zone d'influence d'une ventilation nocturne importante liée à une forte inertie par absorption** : elle est d'autant plus importante que le cycle jour/nuit est contrasté. Cette zone dépend des caractéristiques inertielles des constructions, et ses possibilités de ventilation.
- « **RE** » : **zone d'influence d'un refroidissement par évaporation** : est relative uniquement de l'état hygrométrique de l'air ayant une grande capacité d'absorption de la vapeur d'eau.
- « **AS** » : **zone d'influence de captage solaire passif** : elle n'a d'intérêt que pour les basses températures. Elle concerne les possibilités de captage d'énergie par les vitrages du bâtiment.
- « **H, DH, AC** » : **zone d'obtention artificielle du confort thermique** : elle touche, les types de climats suivants :
 - **Chaud et Humide « DH »** : c'est une zone de déshumidification afin d'atteindre le confort
 - **Chaud et Sec « AC »** : c'est une zone de refroidissement ;
 - **Froid « H »** : c'est une zone de chauffage pour atteindre le confort optimum.



Graph 4.8 Diagrammes bioclimatiques de Givoni
Source : Boumaouche N.E., D'après, Chatelet, 1998.

2.3. Le diagramme de Szokolay :

Les travaux menés par Szokolay, font l'image de l'inspiration depuis les expériences antérieures avec celles d'Olgay et Givoni, mais largement plus développés, en se basant sur des résultats d'après des recherches, comme l'étude de Humphery (1978), et Auliciems (1981) sur la température neutre et la température effective standard d'ASHRAE, pour le but de définir des zones de confort propre à chaque saison en fonction du premier point du climat local. En effet, cette méthode a permis de prendre compte des stratégies passives de conception des bâtiments, tel l'inertie thermique, l'usage du système de refroidissement évaporatif, et la ventilation nocturne si le point investigué est en dehors de la zone du confort.

2.4. Les tableaux de Mahoney :

La méthode de C. Mahoney est basée sur un nombre important de facteurs climatiques et de la durée de leur effet, tel que les températures, humidité relative, précipitations, fréquence des vents, ainsi que la notion de confort diurne et nocturne. Ce procédé consiste donc à établir un diagnostic détaillé, en définissant des seuils de confort diurne et nocturne, à l'aide desquels, il donne des indications et recommandations architecturales qui portent sur les axes suivants :

▪ Orientations et disposition des constructions :

La méthode propose l'allongement du bâtiment selon une orientation, l'espacement entre les constructions, la protection contre les vents et la compacité du tissu.

▪ Caractéristiques des éléments architectoniques :

Ce procédé suggère certains rapports de dimensions des ouvertures par rapport aux surfaces pleines, leurs positions en relation avec les orientations, ainsi que leurs protections.

Par ailleurs il donne des indications sur les propriétés physiques des matériaux de construction au niveau des murs, planchers et toitures.

▪ Les espaces extérieurs :

Mahoney recommande l'utilisation des espaces extérieurs ou intermédiaires : cours, patios, terrasses, ...etc., si les conditions climatiques l'exigent, en imposant un système de drainage adéquat. Sachant que ces espaces joueront un rôle très important pour le confort des occupants, ils permettent d'une part, l'aération, l'optimisation de l'éclairage et la minimisation à l'exposition des radiations solaires des surfaces bâties. Et d'autres parts, ils servent à mener plusieurs activités familiales et facilitent les déplacements saisonniers à la recherche de la fraîcheur pendant l'été surtout.

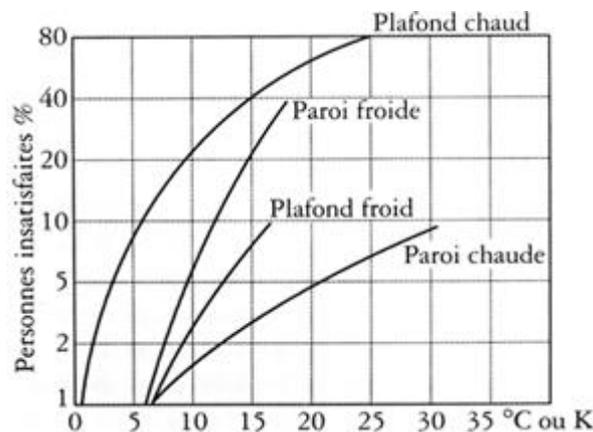
La détermination de la zone de confort est largement complexe, en outre les diagrammes cités analysent des situations assez importantes pour objectif du mieux s'adapter à l'environnement.

* Quels sont les vraies sources des inconforts locaux ?

Les sources principales qui provoquent un état d'inconfort local sont nombreuses, et parmi les plus fréquemment abordées dans le traitement du bilan thermique des bâtiments nous pouvons citer : l'asymétrie du rayonnement horizontale et verticale, la température du sol, le gradient vertical de la température d'air, la sensation du courant d'air, et l'humidité excessive ou insuffisante. En espace extérieur, les travaux de la quantification de l'inconfort local sont peu, néanmoins les thèmes traités doivent être intégrés dans l'analyse du microclimat urbain avec des ordres de grandeur sensiblement différents. Pour éclaircir l'image sur ces sources nous les abordons comme suivant :

▪ **Asymétrie du rayonnement :**

Les parois chaudes ou froides entraînent un déséquilibre au niveau des échanges radiatifs ce qui provoque un stress thermique (état d'inconfort). On considère qu'il n'y a pas de gêne si à 1 m devant la façade, l'écart entre la température radiante orientée vers cette façade et la température radiante orientée vers la cloison opposée ne dépasse pas 8 °C (Chemillier 1986). Dans la figure ci-dessous, l'asymétrie de rayonnement est reliée au pourcentage de personnes insatisfaites (sujet assis, vêtu 0.6 clo) à partir de travaux réalisés par Fanger. L'asymétrie de température rayonnante due à des surfaces verticales froides doit être inférieure à 10 °C, tandis que l'asymétrie de rayonnement due à un plafond chauffant doit être inférieure à 5°C.



Graph 4.9 Asymétrie du rayonnement et insatisfaction

Source : Vinet J., 2000.

▪ **Température du sol :**

En effet l'élévation ou l'abaissement de la température du sol entraîne une sensation d'inconfort au niveau des pieds. Si la température est inférieure à 17°C ou supérieure à 26°C, nous signalons un inconfort (Brindel Beth, 1998). Pour un individu debout chaussé 23°C soit la plage favorable, tandis que pour un assis sera 25°C mais ces dernières sont toujours en dépendance de la température de l'air.

- **Le gradient vertical de la température :**

A l'intérieur des bâtiments, il était considéré que l'écart entre températures mesurées à 1.10 m et 10 cm ne doivent pas dépasser les 3°C (Chemillier, 1986).

- **Courant d'air :**

Le courant d'air préfigure la source principale de la mutation thermique, c'est-à-dire qu'elle gère directement le confort local. A vrai dire un écoulement d'air sous une vitesse fluctuante est plus inconfortable à un autre avec une vitesse constante, dans laquelle une vitesse favorable à l'intérieur d'un local est recommandée à inférieure 0.30 m/s. D'après vinet J. (2000), dans la norme ISO 7730-93, une équation relie le pourcentage d'insatisfaits (**PD**) aux caractéristiques du courant d'air (Hoffmann 1994) :

$$PD = (34 - T_{\text{air}}) (U - 0.05)^{0.622} (37\sigma + 3.14)$$

T_{air} : température d'air,

U : vitesse moyenne de l'air

σ : écart type des vitesses d'air ou turbulence absolue

Ces résultats concernent des individus sédentaires en tenue courante, sachant que la sensibilité au courant d'air décroît avec une isolation des vêtements plus importante. Pour des personnes actives le courant d'air est plutôt un facteur de confort. Cependant des auteurs aboutissent à des résultats différents puisque Mayer (1985) a montré que la proportion d'insatisfaits croît linéairement en fonction de la vitesse d'air pour une intensité de turbulence jusqu'à 40 % et en fonction de la turbulence absolue au-delà.

3. Evaluation du confort thermique par le biais des indices thermiques:

De nombreuses tentatives ont été effectuées afin de développer l'ensemble des indices thermiques en référence aux différentes réponses physiologiques et sensorielles. Selon la littérature, au début l'objectif des indices était limité à l'estimation des effets combinés de la température de l'air, de l'humidité et de la vitesse d'air sur la sensation thermique subjective ou confort de l'individu dans un état de repos ou engagé dans une activité. Récemment cette importance était encore étalée rajoutant la température radiante, les effets du métabolisme, l'habillement, et bien sur le rayonnement solaire, ce qui résultent un autre grand nombre d'indices pour l'estimation des réactions physiologiques en rapport à ceux des conditions climatiques. A ce propos, nous allons présenter successivement les indices qui ont dans un premier temps été développés pour définir le confort intérieur : **la température effective** (et ses dérivées), **température résultante**, les indices **DISC** et le **PMV/PPD**. Puis, nous nous attardons sur les travaux qui nous intéressent plus précisément, c'est-à-dire ceux permettant d'appréhender le confort en espace extérieur. Le confort ou plus exactement l'inconfort dû au vent est discuté. Pour finir, nous présentons les indices les plus applicables dans nos configurations : l'indice de contrainte thermique (**ICT**), le vote moyen prévisible modifié (**PMV***), la température physiologique équivalente (**PET**) et la nouvelle température effective standard modifiée (**OUT_SET***).

3.1. La température effective (ET) et température effective standard (SET) :

L'indice de la température effective (ET) a été développé en 1923-1925 par F.C.Houghten, C.P Yaglou. Les facteurs qui y sont inclus sont : la température de l'air, l'humidité et la vitesse de l'air. Deux échelles ont été développées, pour des sujets demi-nus et pour des sujets habillés de vêtements d'été. La réaction humaine retenue comme critère déterminant des effets de ces facteurs était l'impression thermique instantanée éprouvée par le sujet dès son introduction dans une ambiance donnée. Pour cela deux abaques ont été développés : celui pour des sujets demi-nus, et l'autre des sujets portant des vêtements d'intérieur ordinaires.

L'indice de la température effective ne tient pas compte aux effets de la chaleur radiante, donc il est possible de prendre ce facteur en compte en substituant la température prise au thermomètre à globe à la température de l'air, ce qui introduit la température radiante moyenne de l'environnement (Givoni B., 1978).

La température effective standard (SET) développée par Gagge.N en 1967 définie comme une température d'un environnement isotherme dont les températures des surfaces et de l'air sont identiques, avec une humidité relative de 50% et une vitesse de l'air (1.2 m/s). En outre dans cet environnement une personne ayant une isolation de vêtement standard subit les mêmes pertes de chaleur et possède la même température de peau (t_{sk}) et la même humidité relative que dans l'environnement réel. Le niveau d'activité est identique aussi dans la situation réelle et dans la situation standard, dont l'isolation standard des vêtements est une fonction du niveau d'activité. L'évaluation du SET compris deux étapes, la première consiste de trouver la température de la peau et de la sudation de l'individu, à partir d'un model thermorégulation à deux nœuds (Gagge N., 1986). La deuxième étape cherche à trouver la température d'un environnement standard qui génère les mêmes valeurs de température et de sudation suite à l'analyse des transferts de chaleur du corps. Cela est en fonction du niveau d'activité, l'isolation des vêtements, et les variables physiques de l'espace. La SET est directement liée à la sensation et non à la température de l'air, comme le préfigure le tableau ci-dessous :

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

Tableau 4.5 Corrélation entre SET, sensation, et état physiologique
Source : Vinet J., 2000 d'après Mc intyre (1980).

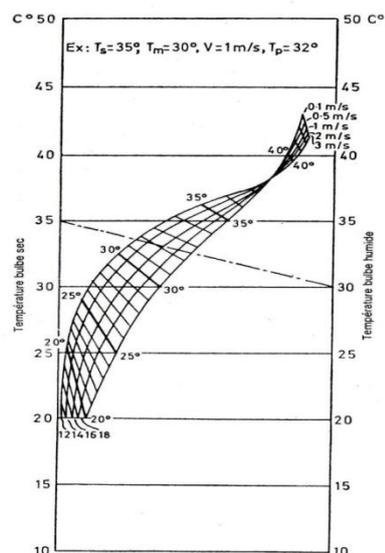
La nouvelle température effective standardisée (**SET***) est la valeur de SET lorsque un individu adapte son habillement à son activité.

3.2. La température résultante (RT) :

Le développement de la température résultante (RT) inventée par Missenard, a été motivé par l'hypothèse qu'une base plus solide d'indice thermique pourrait être constituée par des expériences où l'équilibre thermique (état de confort) serait maintenu entre le corps et l'ambiance environnante sous les effets de l'humidité et du vent où ces conditions restent à être déterminées (fictives). Ainsi l'étude a requis une durée d'exposition plus longue que celle utilisée pour les expériences de la température effective (Givoni B., 1978).

La température résultante couvre les intervalles ¹⁹ des facteurs comme suivant :

- T_{air} : 20 à 45°C.
- Température humide (voire hygrométrie en °C) : 18 à 40°C.
- Vitesse de vent : air calme, il peut aboutir jusqu'à 3 m/s.
- Influence du métabolisme et l'habillement.



Graph 4.10 Diagramme de l'indice de la température résultante (RT)

Source : Givoni B., 1978.

3.3. La température opérative (TO) :

C'est une autre échelle de confort développée en USA, par Winslow, Herrington et Gagge. La (**TO**) c'est la moyenne de la température de l'air et la température moyenne radiante, elle y compris les flux radiants infrarouge et solaire, pondérée par les coefficients d'échange.

3.4. Indice de contrainte thermique (ICT) :

Ce modèle biophysique, décrit les mécanismes d'échange de chaleur entre le corps et l'environnement, à partir desquels la contrainte thermique totale s'exerçant sur le corps (métabolisme + ambiance) peut être calculée (Givoni B. 1978). A l'intérieur du domaine de

¹⁹ Givoni B., L'homme, l'architecture et le climat, Paris, Le Moniteur, 1978, P97.

l'équilibre thermique, la sueur est sécrétée selon un taux suffisant pour obtenir un refroidissement par évaporation, nécessaire pour compenser la production de chaleur métabolique et l'échange de chaleur avec l'environnement. La relation entre la sécrétion de la sueur et l'évaporation requise dépend de l'efficacité de refroidissement de la sueur. Lorsque cette efficacité diminue, le corps doit sécréter de la sueur selon un taux plus élevé. En premier lieu la version de l'indice de contrainte thermique avait été prévue simplement à l'usage de l'intérieur et d'un seul type de vêtement, à savoir vêtement léger d'été. Plus tard, il a été étendu à l'usage extérieur par l'introduction du rayonnement solaire et couvre maintenant différents types de vêtements. L'ICT couvre les domaines de facteurs comme suivant :

- T_{air} : 20 à 50°C.
- Tension de vapeur d'eau : 5 à 40 mm Hg.
- Vitesse d'air : 0,1 à 3,5 m/s.
- Rayonnement solaire : totalité du domaine 600 kcal/h
- Métabolisme : 100 à 600 kcal/h.
- Tenue vestimentaire : semi-nudité, vêtement léger d'été, combinaisons industrielles.

La formule générale de la contrainte thermique définit le taux de sueur requis (S_w) qui se calcule à partir de la formule suivante :

$$S = [(M - W) \pm C \pm R] (1/f)^{20}$$

Où :

- S : est le taux de sudation requis, en équivalent kcal/h.
- M : métabolisme, kcal/h.
- W : énergie métabolique transformée en travail mécanique, kcal/h.
- C : échange de chaleur convective, kcal/h.
- R : échange de chaleur radiante, kcal/h.
- f : efficacité de refroidissement de la sueur, sans dimension.

3.5. Les indices DISC :

Parmi les indices de stress thermique (inconfort) basés sur la mouillure cutanée (ω) et sur le débit sudoral, facteurs physiologiques importants dans les climats chauds, il est possible de citer le DISC (Winslow et al. 1937) dont la définition est la suivante (Gagge et al. 1986) :

$$\text{DISC} = \omega - \omega_0 / \omega_{\text{crit}} - \omega_0$$

L'inconfort est mesuré sur une échelle allant de 0 à 5 : 0 à la neutralité (celle-ci correspondant à une mouillure ω_0 qui n'est voisine de 0 qu'au repos et qui augmente avec le métabolisme), 5 quand la mouillure atteint le point critique ω_{crit} au-delà duquel les mécanismes de thermorégulation cessent d'être efficaces. Gagge propose $\omega_{\text{crit}} = 85\%$, Vinet J., (2000).

Des zones de confort (**1** : agréable, **2** : légèrement agréable, **3** : désagréable et **4** : très désagréable) ont été estimées par Fauconnier et son équipe, en fonction des variations de la

²⁰ Givoni B., L'homme, l'architecture et le climat, Paris, Le Moniteur, 1978, P106.

mouillure cutanée et du débit sudoral (activité et type de vêtement non précisés) comme l'indique le tableau ci-dessous :

Mouillure cutanée	25%	4	4	4	4
	15%	3	3	3	4
		2	2	2	4
	6%	1	2	3	4
		0	50	100	250

Tableau 4.6 Débit sudoral, mouillure cutanée et confort
Source : Vient J., 2000 d'après Sangkertadi (1994).

A partir de ce tableau, on constate qu'au-delà de 25 % de mouillure cutanée, l'individu est dans la zone très désagréable, et on considère que 75 % est la limite maximale d'inconfort.

A ce propos un nombre d'indices de DISC ont été proposé par des chercheurs, ce qui illustre notre tableau suivant :

Chercheurs	Met	Clo	Equations
Gonzalez (1978)	3	0.5	$DISC = 2.4 \omega - 0.1$
Berglund (1984)	1	0.4 - 0.9	$DISC = 4.13 \omega + 0.013$
Cunningham (1985)	1	0.4 - 1.2	$DISC = 5.06 \omega + 0.09$
Hoeppe (1985)	1 et 5	0.64	$DISC = 3.6 \omega + 0.25$
Sangkerdati (1994)	1.1	0.5	$DISC = 3.938 \omega + 0.0158 Esd - 0.3348$

Tableau 4.7 Indices DISC
Source : Vient J., 2000 d'après Pignolet (1996).

3.6. L'indice de PMV et ses dérivés :

Le **PMV** ou le vote moyen prévisible est un indice certainement le plus connu et le plus utilisé en thermique du bâtiment. En effet, la norme **ISO 7730-93** adoptée en 1984 et révisée en 1993, s'intitulant « Ambiances thermiques modérées » (Détermination des indices PMV et PPD et spécification des conditions de confort thermique), s'appuie sur les travaux de Fanger (1970). La première exigence est l'existence d'un équilibre thermique : bilan thermique nul (états stationnaires : sensation de séjour). L'équation relie les paramètres classiques que sont la température de l'air, la température radiante moyenne, l'hygrométrie, la vitesse de l'air, le métabolisme et la résistance thermique des vêtements. De plus, deux paramètres physiologiques s'ajoutent : la température moyenne de la peau et l'évacuation de la chaleur par sudation. Au total, 1396 sujets ont été testés sur 8 niveaux d'activité, 9 valeurs de vitesse d'air, 7 valeurs relatives aux vêtements, de nombreuses valeurs de température ambiante, 1 valeur d'humidité 50 %.

Le vote de confort moyen (Predicted Mean Vote) varie sur une échelle de 7 degrés allant de - 3 (très froid) à + 3 (très chaud). La formule se base sur l'hypothèse fondamentale que le vote

de la sensation thermique est proportionnel à la charge thermique appliquée à l'individu, c'est à dire à l'effort que les mécanismes régulateurs doivent fournir. Le PMV est donné par l'équation suivante :

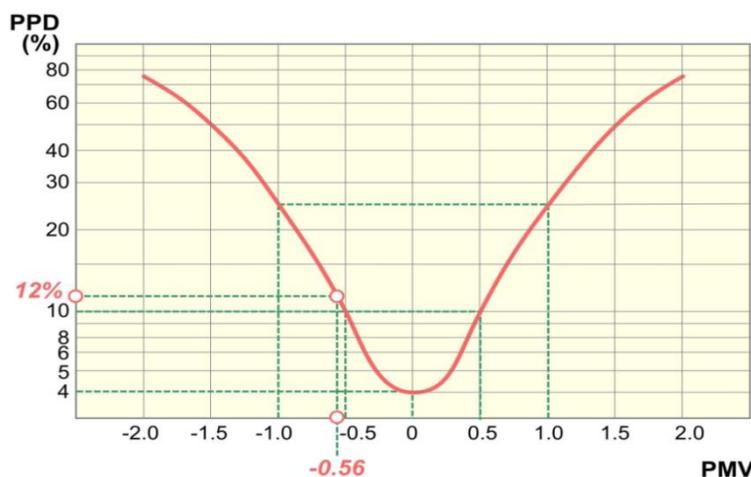
$$PMV = (0.303 e^{-0.036 M_{th}} + 0.028) \times [(M - W) - H - E_c - C_{res} - E_{res}]$$

M : taux métabolique ; **W** : travail mécanique efficace ; **H** : Pertes de chaleur sèche de la surface du corps par conduction, convection et radiation ; **E_c** : Echanges de chaleur au niveau de la peau par évaporation ; **C_{res}** : Echanges de chaleur au niveau des voies respiratoires par convection ; **E_{res}** : Echanges de chaleur au niveau des voies respiratoires par évaporation (Boutabba S.D., 2007).

Valeurs du PMV	Sensations
-3	Très froid
-2	Froid
-1	Légèrement frais
0	Confortable
+1	Légèrement chaud
+2	Chaud
+3	Très chaud

Tableau 4.8 Classification des valeurs du PMV selon les sept échelles de confort « ASHRAE »
Source : Mayer H., 1993.

Le pourcentage prévisible d'insatisfaits (**PPD**) donne en fonction de l'indice PMV d'une situation thermique précise, le pourcentage de personnes insatisfaites. Il s'agit donc d'une autre façon d'exprimer le même résultat. Connaissant le PMV, la figure ci-après permet d'évaluer directement le PPD. Si par exemple le PMV est de -1 ou +1, l'indice PPD montre que près de 25% de la population ne serait sans doutes pas satisfaite. Pour ramener le PPD à une valeur maximale par exemple de 10%, le PMV doit se situer entre -0,5 et +0,5. Enfin, on voit que pour une valeur 0 de l'indice PMV, soit un état de confort thermique optimal, il y a encore 4% d'insatisfaits.

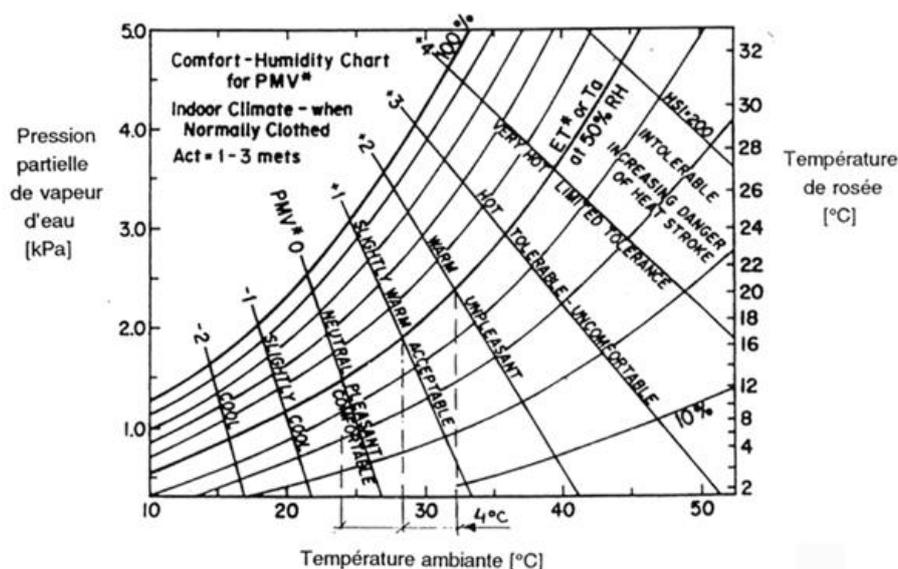


Graphique 4.11 Prédit d'insatisfaits PPD en fonction du PMV d'après la norme ISO 7730
Source : ASHRAE.

En effet, les critiques concernant cet indice de confort sont nombreuses, parmi celles qui sont le plus régulièrement recensées nous pouvons citer la liste suivante (Hofmann 1994) :

- Un point de vote sur l'échelle à 7 points correspond à 3.3 °C environ en condition d'été, ce qui signifie que l'on est censé être encore satisfait si l'on se trouve dans une ambiance à 3 ou 4 °C de la température optimale.
- La représentation du vêtement par les clo est très schématique (la ventilation intérieure, l'absorption et la transmission de l'humidité sont négligées).
- Les variations interpersonnelles sont sans doute sous-estimées.
- Dans la zone chaude, le PMV présente une sensibilité faible à l'hygrométrie qui ne traduit pas de façon satisfaisante les sensations que l'on peut observer. Les pertes par sudation sont évaluées en fonction du seul métabolisme, l'hygrométrie ambiante n'intervenant pas du tout dans ce terme.

Pour compenser ce dernier point, (Gagge N., 1986) réintroduit l'hygrométrie dans le calcul du PMV en remplaçant la température résultante sèche par ET^* dans cette équation pour définir le PMV^* . Ainsi, cet indice modifié a une sensibilité plus importante à l'humidité dans la zone chaude, tout en laissant la même valeur dans la zone de neutralité et audessous. Plus précisément, ET^* est substitué dans l'équation de Fanger à l'ensemble de T_{air} et T_{mrt} . Les droites d'iso- PMV^* sur le diagramme psychrométrique recouvrent avec une unité différente les iso- ET^* et les iso-mouillures cutanées (indice DISC). L'indice PMV^* semble le plus pertinent des indices synthétiques de confort existants et rien de plus convaincant n'a été proposé depuis lors. Il hérite de la légitimité que peut porter le PMV, avec lequel il se confond en zones froides et neutres, ainsi qu'à 50 % HR en zone chaude. Gagge lui-même a souligné que le PMV de Fanger traduit mieux la sensation thermique pure et que le PMV^* représente mieux la sensation de confort (Vinet J., 2000).



Graphe 4.12 Diagramme de confort relatif au PMV^*

Source : Vinet J., 2000 d'après Hoffman 1994.

3.7. PMV corrigé :

Jendritzky a développé le PMV pour l'extérieur (Matzarakis A. et al. 1998) en introduisant le rayonnement absorbé par une personne debout dans la valeur de la température moyenne radiante. L'étude a visé de développer d'un modèle appelé Klima Michel Model (KMM) qui se signifie un nom typique d'un allemand âgé de 35 ans, 1.75 m de taille, 75 kg de poids et de 4 km/h comme vitesse de marche. A propos de l'habillement, il est sélectivement choisi entre 0.5 et 1.75 clo (voire l'ensemble des vêtements allemands d'été et d'hiver respectivement), tandis que les valeurs du PMV sont calculées selon les équations de Fanger. Cependant le PMV corrigé forme un indice purement physiologique ce qui lui met en cause par plusieurs recherches expérimentales comptent évaluer le confort thermique extérieur à court terme, puisqu'il ne peut pas analyser une exposition passagère (Kedissa C., 2010), ainsi il ne prend pas la subjectivité du confort thermique.

Valeurs du PMV corrigé	Sensations
< -2.5	Très froid
-2.5 ~ -1.5	Froid
-1.5 ~ -0.5	Légèrement frais
-0.5 ~ +0.5	Confortable
+0.5 ~ +1.5	Légèrement chaud
+1.5 ~ +2.5	Chaud
> +2.5	Extrêmement chaud

Tableau 4.9 Klima Michel Model (PMV), Jendritzky, 1979
Source : Kedissa C., 2010.

3.8. Taux de sueur régulatrice (E_{rsw}):

Dans le cadre de l'exposition universelle de Séville en 1992, le problème du confort thermique dans les espaces extérieurs ouverts a été mis en relation avec le type d'activité pratiquée (Alvarez et al. 1992). La notion de confort thermique y était associée à l'équilibre du bilan énergétique sur un individu. Si l'ambiance extérieure ne permet pas de réaliser l'équilibre de ce bilan, des mécanismes de thermorégulation apparaissent : dans un contexte de régulation contre la chaleur, le corps sécrète de la sueur qui en s'évaporant abaisse la charge thermique, cependant une sudation excessive peut entraîner une sensation d'inconfort (stress thermique). Le bilan énergétique de l'individu est exprimé en termes de quantité de sueur nécessaire à évaporer afin de se trouver dans une zone de confort. Cette quantité est elle-même considérée en fonction du lieu et donc de l'activité. Ainsi, une zone piétonne est supposée être confortable d'un point de vue thermique, lorsque le taux de sueur est inférieur à **90 g/h**. Si l'individu doit rester un certain temps (plus de 15 minutes) le taux doit être inférieur à **60 g/h**. Le temps de résidence moyen joue donc un rôle sur le conditionnement à appliquer dans chaque zone. D'un point de vue sociologique, les auteurs supposent que les piétons étaient disposés à accepter des conditions de confort différentes, liées au climat local (Vinet J., 2000).

3.9. L'indice de OUT_SET* :

L'utilisation de la température moyenne radiante en extérieur, calculée par le modèle OUT_MRT et introduite dans l'indice de confort thermique de température standard effective (SET*) obtenue par le modèle à 2 nœuds de Gagge, permet de calculer un nouvel indice de confort thermique OUT_SET* (Pickup et al. 1999). L'objectif est de définir la température d'un environnement de référence isotherme ($T_{\text{air}} = T_{\text{mrt}}$, RH = 50 %, U = 0.15 m/s) telle qu'une personne dans cet environnement (0.6 clo et 1.2 met) possède la même température moyenne de peau (T_{sk}) et la même moiteur (ω) que dans l'environnement réel complexe. Les environnements réels et de référence sont équivalents en termes de contrainte physiologique et d'inconfort thermique car T_{sk} et ω sont fortement corrélées avec l'inconfort subjectif dans des environnements froids et chauds respectivement.

3.10. La température physiologique équivalente (PET):

En 1999, Höppe a développé un nouvel indice de confort thermique extérieur basé sur un modèle d'échange thermique. La température équivalente physiologique (PET) est définie comme un indice thermique universel. Cet indice est basé sur les modèles d'Énergie-Équilibre de Munich pour les individus (MEMI).²¹

L'idée fondamentale dans l'établissement de PET est le transfert du climat extérieur réel à un environnement intérieur fictif équivalent dans lequel la même sensation thermique peut être prévue. PET est défini comme étant la température de l'air à laquelle le bilan énergétique pour des conditions d'intérieur assumées est caractérisé par la même température du corps humain et de la peau et le même taux de sueur que ceux calculés pour les conditions extérieures réelles. Cela, signifie qu'un individu dans une pièce avec une température d'air de 43°C atteint le même état thermique que dans les conditions en extérieur.

D'après Kedissa C. (2010), l'environnement de référence est défini comme suivant :

- La température de l'air $T_{\text{air}} =$ la température moyenne radiante T_{mrt}
- La vitesse d'air ($V_{\text{air}} = 0.1$ m/s.
- La pression de vapeur ($p_v = 12$ hPa (voire humidité relative = 50%, $T_{\text{air}} = 20^\circ\text{C}$)
- Métabolisme (M)= 114w (activité légère, métabolisme du travail de 80w à ajouter au métabolisme de base).
- Résistance des vêtements ($R_{\text{clo}} = 0.9$ clo.
- Pour un sujet âgé de 35 ans, 1.75m de taille, un poids de 75 kg.

Pour la relève de la température physiologique équivalente il est impératif de prendre les mesures à une hauteur de 1.20 m, ce qui réfère au point de gravité d'un individu debout. En outre, pour une limitation de la PET bien précise, Matzarakis et al. ont suggéré des domaines de températures étroitement liées à la perception sensorielle, et qui sont respectivement préconisées selon le tableau suivant :

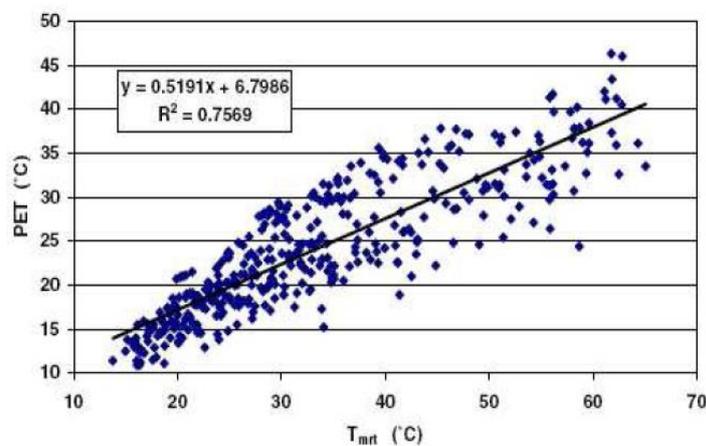
²¹ MEMI (Munich Energy-balance Model for individuals) un modèle créé par Mayer H. & Höppe P. en 1987 pour évaluer le confort thermique extérieur au sein de la ville de Munich en Allemagne.

PET (°C)	Sensation thermique
< 4°	Très froid
4 – 8°	Froid
8 – 13°	Frais
13 – 18°	Légèrement frais
18 – 23°	Confortable
23 – 29°	Légèrement chaud
29 – 35°	Chaud
35 – 41°	Très chaud
> 41°	Extrêmement chaud

Tableau 4.10 Classes de la sensation thermique indiquée par la PET

Source : Matzarakis A., 2006.

En effet, la PET est devenu un indice adéquat pour l'évaluation du bilan thermique et énergétique au niveau de l'espace extérieur pour un bon nombre de climats différents. Ainsi, elle est basée sur la quantification de plusieurs paramètres agissent remarquablement sur l'environnement thermique urbain. Cependant le paramètre clé qui influe sur le changement de la température de l'air si on considère que la vitesse de l'air est calme, c'est bien sur la T_{mrt} . L'évaluation de l'indice PET est corrélée fortement à la valeur réelle de la température moyenne radiante, ce qui les rend approximatives, notamment pendant la période de surchauffé.



Graphique 4.13 Classes de la sensation thermique indiquée par la PET

Source : Matzarakis A., 2006.

Pour l'estimation de la PET, beaucoup de projets ont été abordé dont le Climlis project par le professeur Andrade, celui a visé une étude sur le quartier résidentiel Telheires à Lisbonne, avec une typologie constitue un ensemble de bâtiments qui ne dépassent pas les 25m. Les paramètres qui ont été relevé sont la température de l'air, le rayonnement global et rayonnement terrestre, tandis que la T_{mrt} était calculée par le biais du logiciel Rayman. La PET pour une production de chaleur de 80w/m^2 avec un habillement de 0.9 clo a été calculé au niveau de dix endroits représentant des différences microclimatiques, cela pour deux

périodes celle de 24 jours en juin et juillet, et une autre durant dix jours en février 2000. A vrai dire, pendant la nuit les faibles variations de température d'air ont été relevé avec une différence moyenne de 0.6°C en hiver et de 0.8°C en été. Par contre au jour, la différence était perçue d'un écart de 1.9°C en hiver et de 3.2°C en été. L'étude a mit le point sur la corrélation de la température de l'air avec le degré de l'ouverture sur ciel (Sky view factor), ce qui a résulté un rapport négatif entre les deux facteurs. Les résultats de la modélisation de la T_{mrt} ont montré une forte corrélation négative entre le SVF et la T_{mrt} la nuit, cependant cette relation était beaucoup plus compliquée durant le jour. La T_{mrt} était élevée dans tous les espaces ouverts à grand SVF surtout ceux présentant des ouvertures vers le Sud et l'Est et avec albédo élevé. En outre l'étude a démontré que la PET a des plus grandes variations que la température de l'air. Elle dépend du contraste entre la T_{mrt} et la vitesse du vent, pendant la nuit la valeur moyenne de la différence maximale de la PET était de 3.5°C en été et 3.9°C en hiver avec une corrélation négative avec le SVF. Tandis que le jour, la différence maximale était de 13.1°C en été et 8.9°C en hiver. Cette différence dépend principalement des conditions du rayonnement soit le SVF et à un degré moindre de la vitesse du vent. L'étude a conclu que le facteur principal qui contrôle la PET est la configuration spatiale urbaine, puisque les endroits étaient homogènes en végétation et en matériaux de façade et de couverture au sol et exposés à la même direction du vent.

Il est évident que l'ouverture sur le ciel joue un rôle indispensable dans le confort thermique local en respectant la PET comme un bon outil pour la planification urbaine.

4. Evaluation du confort thermique à l'échelle du quartier (la rue l'élément crucial) :

La conception de la rue est la question clé dans la méthodologie de la conception urbaine bioclimatique. La rue peut être vue comme étant l'interface de l'architecture et l'échelle urbaine telle qu'elle consiste en une part de surface entre les bâtiments et la canopée urbaine. Désormais, la rue affecte le microclimat à l'intérieur et à l'extérieur, et comme résultat influence la sensation thermique des citoyens aussi bien que la consommation énergétique dans les immeubles d'habitations.

Tandis que le confort thermique intérieur est bien documenté, les connaissances disponibles sur le confort thermique extérieur sont beaucoup plus limitées. Ce manque est probablement du aux différentes voies parcourues par les climatologues et les urbanistes, loin, avec la question de la compréhension de la relation entre les bâtiments et le climat urbain. Heureusement; le confort extérieur devient récemment la part de question entre les deux disciplines avec une claire évidence de la plupart des collaborations.

La principale difficulté face aux planificateurs lors de la conception de la rue est le conflit entre les besoins saisonniers. En effet, la protection nécessaire du soleil d'été, et le besoin de l'accès solaire en hiver impliquent théoriquement la fermeture et l'ouverture au ciel, respectivement. Oke.T.R (1988), affirme que la "zone de compatibilité", laquelle assure un compromis entre les objectifs apparemment coïncidents dans la conception de la rue, peut être trouvée. Cependant, une investigation supplémentaire est demandée pour fournir des

informations quantitatives à propos des formes optimales de la rue afin de réguler le confort du climat.

En effet, la géométrie de la rue de part de son rapport d'aspect H/L (où H: est la hauteur des immeubles et L: la largeur de la rue), ainsi que son orientation, jouent un rôle important dans le développement d'un microclimat confortable au niveau de la rue pour les piétons.

Une étude numérique exécutée par un modèle tridimensionnelle Envi-met v3, sur les effets de la géométrie et l'orientation de la rue "canyon" sur le confort thermique extérieur dans les climats chauds et secs, a été menée par Fazia Ali-Toudert en collaboration avec Helmut Mayer, à l'institut météorologique de l'université de Freiburg en Allemagne. Les calculs du modèles ont été exécuté pour une journée d'été type à Ghardaïa, en Algérie (32.40°N, 3.80°E, 469m au dessus du niveau du sol), la région est caractérisée par un climat aride, une variété de canyons urbains symétriques avec divers ratios hauteur par largeur(exemple :H/W=0.5,1,2 et 4) et différentes orientations (c'est-à-dire :E-W,N-S, NE-SW, NW-SE) ont été étudiées, l'accent est mis sur l'estimation biométéorologique humaine pour ces microclimats par l'utilisation de l'indice de la température physiologique équivalente (PET). Il a été déduit que la durée et l'heure du stress thermique le plus élevé, aussi bien que la distribution du pic des valeurs de la PET à l'intérieur du canyon dépend fortement du rapport d'aspect et de l'orientation de la rue. Donc le confort thermique extérieur est sensiblement affecté par ces deux facteurs, Mansouri W. (2008).

Bien entendu, le confort thermique au sein de l'espace extérieur exprime une liaison forte avec la forme urbaine entourée, principalement avec la densité urbaine. Une telle notion peut comprendre un grand nombre de significations urbaines et architecturales en formant l'aspect figuratif du milieu urbain. Certaines recherches ont la considéré comme grand impact, celui qui accorde la morphologie et le microclimat en le mentionnant dans la colonne du rapport densité-microclimat, et en se basant notamment sur la corrélation immédiate entre établissements humains dans les milieux chauds (désertiques) et le produit architectonique conçu du génie populaire. Comme exemple principal qui affirme cette relation, nous ouvrons les pages sur les anciens noyaux (ksours) dans le sud algérien ceux qui font un témoin bien protégé en racontant la symbiose trouvée entre l'homme et l'hostilité du milieu, ceci par la recherche de l'ombre un élément de confort thermique assurée par l'étroitesse et la mitoyenneté. En outre les habitations comme compartiments essentiels jouent le rôle de la grande masse protectrice en s'ouvrant vers l'intérieur au contraire à l'extérieur. Peut être que le climat aujourd'hui n'est plus comme avant subit de plusieurs changements affectés de l'empreinte humaine, mais à vrai dire les régions arides ont été depuis toujours des milieux exposés à la chaleur et à la rigueur de la nature, toute cette difficulté était ainsi à la compagnie de l'abondance d'un simple moyen de confort (voire l'outil de ventilation). Mais la question qu'on peut la poser : pourquoi l'homme jadis et au sein de ces milieux n'as pas souffert du climat comme le réagit dans nos jours ? La réponse doit être complexe, puisque les commodités de vie ont obligé l'homme à chercher d'autres voies de bien-être malgré que dans sa globalité font le facteur phare de l'état thermique étouffant spécifiquement dans la saison estivale.

Pour accéder à une compréhension rationnelle des indices de confort thermique, nous avons émis à établir l'ensemble selon deux catégories celles qui font le contenu du tableau suivant :

Indice	Définition
Indices empiriques	
ET: Température effective	établie dans les monogrammes, elle exprime la sensation thermique instantanée, qui fait le résultat de l'interaction de trois paramètres suivants: T_{air} , HR, vitesse de l'air.
RT: Température résultante	La RT est identique à la température effective, mais elle est estimée dans une durée plus longue, cela afin d'avoir l'équilibre thermique assumé.
HOP: Température opérative humide	C'est une température dans un environnement uniforme mené par une humidité relative HR=100%, dans laquelle un individu perd la même quantité de chaleur cutanée comme celle d'un environnement réel.
OP: Température opérative	Elle représente la moyenne de la température de l'air et la température moyenne radiante, ainsi elle englobe les rayons solaires pour laquelle est prise par des coefficients d'échange thermique.
WCI: Indice de refroidissement éolien	Basé sur la vitesse de perte de chaleur d'une peau exposée, causée par le vent et le froid, et dû en fonction de T_{air} , vitesse de l'air soumise aux conditions hivernales.
Indices rationnels	
PET: Température physiologique équivalente	C'est la température dans laquelle un environnement typique intérieur: $T_{mrt} = T_{air}$; $P = 12h Pa$, $V_{air} = 0,1 m/s$, avec un état thermique du corps humain (activité légère, 0.9clo) est maintenu sous la température du corps, cette dernière est égale à celles dans les conditions extérieures. La PET est mesurée en ° C.
PMV: Vote moyen prévisible	Il permet de calculer le vote moyen de la sensation thermique d'un groupe important de personnes en se référant à une échelle subjective de 7 points allant du « très chaud » au « Très froid », relevés suite à une expérience (voire des questionnaires) menée par Fanger. Le PMV est une valeur sans échelle.
SET: Température effective standard	C'est une température d'un environnement standard (HR=50%, $T_a = T_{mrt}$, $V_{air} < 0,15 m/s$), dont nous devons compter la variation de l'habillement.
Out_SET*: Température effective standard extérieure	Tout à fait comme la température effective standard, mais elle est adaptée au niveau de l'espace extérieur, en prenant en considération les flux solaires.

Tableau 4.11 Tableau récapitulatif de différents indices du confort thermique
Source : Fazia Ali-Toudert (2005), reproduit par l'auteur

5. Qu'est-ce que la subjectivité du confort thermique extérieur ?

Le confort thermique extérieur est non seulement influencé par la réponse physiologique aux paramètres microclimatiques fortement variables mais également par l'adaptation psychologique et culturelle. Les variables psychologiques peuvent prendre en compte jusqu'à plus de 50% de l'évaluation globale du confort. L'adaptation est définie en tant que diminution progressive de la réponse de l'organisme à une exposition répétée à un stimulus. Dans le contexte du confort thermique, ceci peut comporter tous les processus d'amélioration que l'individu fait intervenir pour s'ajuster à ses conditions environnementales. L'adaptation peut être divisée en trois différentes catégories: physique, physiologique et psychologique.

5.1. Adaptation physique:

L'adaptation physique implique tous les changements qu'une personne effectue afin de s'ajuster à l'environnement, ou changer l'environnement selon ses besoins soit en changeant son niveau d'habillement, sa position ou même sa chaleur métabolique avec la consommation des nourritures ou bien encore ouvrir une fenêtre, un parasol...

5.2. Adaptation physiologique:

Appelée aussi **acclimatation physiologique**. Elle implique des changements des réponses physiologiques résultants de l'exposition répétée à un stimulus notamment dans les environnements extrêmes. Ces changements s'opèrent par hypertrophie des glandes sudoripares à long terme pour s'acclimater à la chaleur, ceci permet d'augmenter le débit sudoral tout en diminuant les pertes de sel. Pour s'acclimater au froid, l'hypertrophie de la glande thyroïdienne permet l'augmentation de ses sécrétions hormonales, d'où l'augmentation du métabolisme cellulaire et donc du métabolisme basal.

5.3. Adaptation psychologique:

Les facteurs psychologiques influencent la perception thermique d'un espace et les changements qui s'y produisent comme décrit ci-dessous:

5.3.1. Naturel:

Il est évident que les gens peuvent tolérer les changements de l'environnement physique, tant qu'ils sont naturels.

5.3.2. L'espérance:

Les attentes de ce que devrait être l'environnement plutôt que ce qu'il est réellement influencent considérablement les perceptions des personnes, comme dans les bâtiments naturellement aérés là où les gens s'attendent à des variations temporelles et spatiales des températures, tandis que dans les espaces climatisés elles s'attendent à un environnement thermique beaucoup plus stable.

5.3.3. Le passé thermique:

A court terme est lié à la mémoire et semble être responsable des préférences des personnes. Dans une étude de Höppe dans le domaine de la climatologie urbaine, environ 250 piétons pris dans une rue ensoleillée et sur une pelouse en parc ont été interviewés au cours d'un jour chaud d'été. Le confort évalué par le biais de l'indice PMV indiquait des valeurs correspondant à une sensation chaude. Cependant, la plupart des sujets ont exprimé une sensation de confort. En général, ils ont expliqué que l'une des raisons de leur perception des conditions objectivement trop chaudes comme confortables est que les jours précédents les entrevues, le temps était froid et maintenant ils étaient heureux que le soleil ait brillé de nouveau.

5.3.4. Le temps d'exposition:

L'exposition au stress thermique n'est pas considérée négative si l'individu prévoit qu'elle soit courte durée, cependant cette durée peut être prolongée si l'espace offre des stimuli récréationnels, la capacité de se déplacer dans son environnement entre zones confortables et inconfortables et selon le passé thermique de cet individu.

5.3.5. La culture:

Pour prouver que la culture prend une part dans l'évaluation subjective des espaces urbains en dépit des conditions thermiques semblables, S.Thorsson et I. Knez ont évalué quatre espaces publics. Une place et un parc dans la ville de Göteborg en Suède, et une place et un parc dans Matsudo une cité à Tokyo au Japon.

Au total, 204 personnes ont participé aux deux études. 43 et 60 visiteurs de la place et le parc suédois respectivement, 63 et 38 visiteurs de la place japonaise et le parc respectivement. Ces personnes ont été choisies parce que leurs présences coïncidées à l'intervalle thermiquement confortable de la PET de 18-23°C indice utilisé pour l'étude. Pour mettre en évidence l'effet de la culture, tous les autres paramètres ont été fixés:

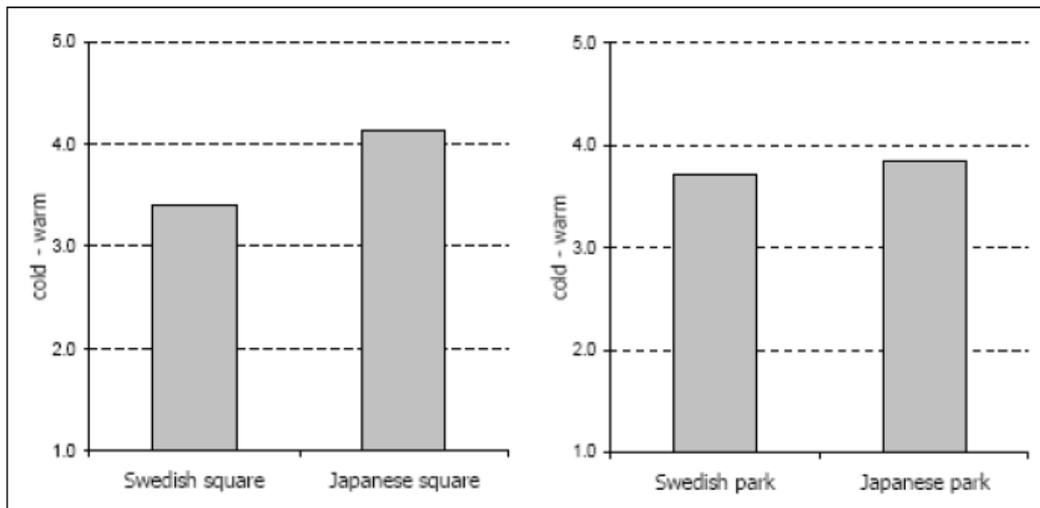
Conditions thermiques: pendant l'investigation, les participants suédois ont été exposés à une valeur moyenne de PET 20.3°C dans la place et une valeur moyenne de la PET de 20.5°C dans le parc. Les participants japonais étaient exposés à une valeur moyenne de la PET de 20.7°C dans la place et une valeur de 19.6°C dans le parc.

Genre: environ 50% des suédois et 60% des japonais aux parcs étaient femmes contre respectivement 40% et 55% dans les deux places.

Habillement: l'habillement des interviewés, exprimé en Clo a été examiné. L'habillement moyen porté par les interviewés japonais était d'environ 0.9 Clo, supérieur d'environ 0.1 Clo que celui des interviewés suédois (0.8Clo).

Fréquentation de l'endroit: Environ 30-50 % des visiteurs des deux endroits dans les deux pays ont répondu qu'ils traversent l'endroit quotidiennement ou plusieurs fois par semaine.

Dans les places environ 60-70% des participants ont répondu qu'ils étaient sur leur chemin de la maison ou de travail, l'institut....Cependant 50-60% des participants aux parcs ont déclaré que les motifs importants sont de s'exercer, respirer de l'air, se rencontrer et se détendre. Donc fonctions et activités semblables dans les deux pays.



Graph 4.14 Comparaison des résultats de l'évaluation du confort thermique dans les places et les parcs japonais et suédois

Source : Kedissa. C, 2010, d'après Thorsson et Knez (2006).

Dans le parc, les résultats montrent que les suédois ont évalué le temps le plus froid que les japonais bien que ces derniers aient été exposés à une PET moyenne inférieure de 0.9°C. Ils ont également évalué différemment les qualités esthétiques des espaces ou les participants suédois, contrairement aux japonais, ont estimé la place comme sensiblement plus belle et plaisante que le parc.

En conclure, les résultats présentés suggèrent que l'évaluation du confort thermique avec les modèles physiologiques d'équilibre thermique dans les espaces extérieurs peut ne pas être applicable dans différentes zones climatiques et culturelles sans modifications et que le facteur psychologique doit être pris en considération (Kedissa C., 2010).

Conclusion :

Le chapitre récent fait une navigation plus ou moins profonde au-dessus la mer du confort thermique qui fait le premier point de notre thème de recherche.

La notion de confort thermique qui est subjective, a surtout été étudiée dans les espaces intérieurs, qui sont maîtrisables et possèdent des paramètres plus ou moins stables, contrairement aux espaces extérieurs où il y a une multitude de facteurs qui entrent en jeu et

interviennent au même temps, ce qui la rend plus compliquée et demande plus de moyens et d'intérêt, et même le nombre d'études consacrés à ce volet, malgré qu'elles s'accroissent d'avantage demeurent peu nombreuses.

Comme nous l'avons déjà signalé, le confort thermique est basé de quatre éléments indissociables, qui sont la température de l'air, la vitesse de l'air, l'humidité relative, et notamment la température moyenne radiante qui correspond à l'aspect général de l'environnement y compris le rayonnement solaire, la quantité d'énergie absorbée et restituée de la part des surfaces composites, et ainsi tout ce qui est relatif à l'humain c'est-à-dire le bilan métabolique, en plus l'aspect vestimentaire. Cependant, les recherches ont bien exploré ce champ en se basant sur un nombre d'indices qui peuvent faciliter l'évaluation fidèle du confort, par le biais des éléments précédents. Les indices inventés ont créé une multiplarité de la limitation du stress thermique soit en espace intérieur ou extérieur. En effet, le milieu urbain ne représente pas les mêmes perturbations que l'intérieur, il est donc loin d'être influencé d'un seul facteur, ce qui le rend très complexe afin d'avoir son estimation avec exactitude, ce qui explique pourquoi la plupart de ces indices sont proposés pour les conditions intérieures. Toutefois, quelques uns d'entre eux ont été développés sur la base d'approximation des conditions soumises.

A travers les différentes études, il a été constaté que le confort thermique extérieur dépend de plusieurs paramètres, les plus importants sont la géométrie, l'orientation ainsi que la réflectivité. Elles influencent d'une manière perceptibles sur l'ambiance extérieure, et le bien être dans ces espaces extérieurs qui sont généralement les plus touchés par la perturbation du degré de confort surtout dans les climats chauds, ce qui pourrait aboutir à un choix judicieux, et une combinaison adéquates de ces différents paramètres.

La caractérisation précise du confort thermique extérieur reste toujours incomplète pour la réaliser, mais grâce aux indices, aux questionnaires, et bien sur à la limitation de la valeur urbaine et architecturale du site, l'estimation pourra être démontrée sous des données qui nous permettent de les utiliser comme astuces pour la conception et la régularisation de l'aspect physique propre à l'environnement urbain.

Chapitre 5 :

Interaction entre :

Morphologie urbaine et **C**onfort thermique **e**xérieur



Introduction :

« On dessine afin de pousser à l'intérieur, dans sa propre histoire, les choses vues. Une fois les choses entrées par le travail du crayon, elles restent dedans pour la vie ; elles sont écrites, elles sont inscrites »

Le Corbusier

Actuellement la morphologie urbaine présente un facteur majeur face aux changements du climat à l'échelle de la ville. La diversité de la structure urbaine met la sphère microclimatique en mutation perpétuelle et cause plusieurs problèmes notamment de l'inconfort. Si on prend un coup d'œil chronologique sur les établissements humains, nous allons rencontrer des formes qui révèlent une bonne adaptation au milieu naturel ; à vrai dire les milieux arides représentent une pertinence du savoir faire et la bonne commodité de la configuration urbaine avec un climat rigoureux. Ces villes marquent bien la relation nature-urbain dans sa valeur urbaine et architecturale : la densité, la compacité, étroitesse, et introversion sont tous des paramètres indicateurs de ces établissements intelligents.

Mais aujourd'hui la forme urbaine provoque le climat d'une agressivité significative, dont l'augmentation des températures au niveau des espaces extérieurs, la perturbation des écoulements d'air qui engendrent un gêne au niveau thermique. Donc il faut dire que les facteurs morphologiques ont un lien très fort avec le microclimat urbain, dans un autre sens ; ces facteurs cités sont des éléments phares qui découlent d'un tissu urbain telles les rues, le cadre bâti, et les propriétés des matériaux de construction.

L'interaction entre (bâti, non bâti) et microclimat est un domaine compliqué ; plusieurs études ont été menées par les spécialistes afin d'envisager cette problématique entre ville et changement climatique.

A l'instar l'impact de la ville sur le confort thermique dans les espaces extérieurs augmente au fur et à mesure de l'accélération dû au développement de la structure urbaine, dont la logique des nouvelles villes, éclatées ouvertes tout en négligeant l'aspect bioclimatique. Le confort thermique extérieur de nos jours est différent des temps passés, on peut dire que nous vivons dans une épidémie climatique : De nouvelles températures, apparition de l'humidité, donc de nouvelles données climatiques au niveau de la ville, ces dernières sont les conséquences négatives de l'urbanisation.

L'objectif souligné dans ce chapitre c'est que nous allons aborder le thème profondément, cherchant toutes les interactions entre morphologie et microclimat, en se basant sur des recherches faites et illustrant notre analyse par des sites importants, comme nous tentons à examiner le confort thermique extérieur à travers une variété de tissus urbains.

1. Interaction : morphologie urbaine et microclimat urbain, comment se fait-il ?

1.1. La ville et ses activités :

La taille d'une ville peut être définie, soit par son aire, c'est-à-dire étendue (exprimée en unité de surface), ou par le nombre de population, bien qu'il y a une corrélation directe entre l'étendue d'une ville et le nombre de ses habitants (Hamel K., 2005).

Dans les villes américaines, la plupart des travailleurs doivent parcourir des dizaines de kilomètres dans des rues embouteillées, depuis les banlieues où ils vivent jusqu'au centre de la ville où ils travaillent. Les voitures sont nécessaires pour accomplir les tâches quotidiennes, étant donné que les banlieues s'étendent de plus en plus loin des centres. Cette lourde dépendance vis-à-vis des véhicules à moteurs comme principaux moyens de transport, augmente la pollution de l'air et engendre d'autres problèmes environnementaux.

Dans les zones très peuplées, les rues, les toits et les parkings absorbent les radiations solaires durant la journée et renvoient de la chaleur dans l'atmosphère la nuit. La chaleur qui est dégagée par les activités humaines comme la combustion de carburant est également très concentrée dans les villes. Dans les zones urbaines, l'air est donc plus chaud que celui des banlieues environnantes et des zones rurales.

1.2. Influence de la ville sur le bilan thermique :

Tandis que, la manifestation la plus spectaculaire de l'effet de la taille de la ville sur le microclimat urbain est peut être l'apparition de températures élevées dans le centre de la ville et se décroissant en allant vers la périphérie. Des observations qui ont porté sur des agglomérations de différentes tailles (nombre d'habitant, aire) ont montré que la différence de température entre le milieu urbain et rural ainsi que la force radiative, s'accroît avec l'accroissement de la taille de la ville. Sauf pour des cas particuliers où il paraît que l'excès de chaleur est attribué aux installations électrogènes et industrielles (Landesberg, 1981).

Ville	Population (x 10 ³)	Aire (km ²)	Différence de température (°C)	Force radiative (kW)
New York	7895	547	17	40.000
Providence, RI	720	48.2	13.2	3190
Hartford, CT	817	26.2	15.0	1770
Schenectady, NY	78	5.3	15.0	368
Bridgeport, CT	157	14.2	12.1	954
Syracuse, NY	197	6.5	10.9	417
Binghamton, NY	64	6.0	12.4	394
New Haven, CT	745	5.8	11.2	372
Worcester, MA	637	5.1	11.5	327
Albany, NY	116	3.7	10.3	227
Stanford, CT	109	3.2	11.2	202
Waterbury, CT	108	1.2	10.9	74
Fitchburg, MA	43	1.2	11.2	131
Troy, NY	62	1.4	10.3	86
Pittsfield, MA	57	0.7	9.7	42

Tableau 5.1 Relation entre taille de la ville, et la différence de températures, ainsi la force radiative urbaine et rurale.

Source : Hamel Khalissa, d'après Price, 1979.

2. Facteurs morphologique influent sur le confort thermique dans les espaces extérieurs :

2.1. Rapports purement volumiques : des paramètres liés à l'irrégularité des formes urbaines :

Le terme "irrégularité" n'est pas couramment utilisé pour caractériser la forme urbaine. Cependant, avec le développement des approches morphologiques de l'environnement urbain, ce terme devient d'usage pour désigner la rugosité ou la discontinuité d'une surface par rapport à une plateforme horizontale lisse. Deux irrégularités sont observées à l'échelle urbaine : les irrégularités horizontales et verticales.

2.1.1. Les irrégularités horizontales du tissu urbain :

▪ Variation du facteur de vue du ciel (FVC) :

Le Facteur de Vue du Ciel **FVC** est une mesure de l'angle solide sous lequel le ciel est vu depuis un point de l'espace urbain. C'est un paramètre sans dimension compris entre 0 et 1 (Oke, 1988). Il détermine les échanges de chaleur par rayonnement entre le lieu considéré et le ciel. Un FVC égal à 1 signifie que la vue du ciel est dépourvue de toute obstruction (champ sans relief). Par conséquent, les températures de l'air seront très proches des valeurs météorologiques. En revanche, un FVC égal à 0 signifie que, la vue du ciel est totalement obstruée et que les températures seront ainsi fortement influencées par le contexte urbain.

Ainsi, le facteur de vue du ciel affecte le confort dans les espaces extérieurs. Tzu-Ping et al 2010, ont étudié expérimentalement le confort thermique estival dans les espaces extérieurs d'un campus universitaire à Taiwan en utilisant l'indice de confort PET (Température Physiologique Equivalente). Ils ont croisé les résultats de l'indicateur FVC et le pourcentage des périodes thermiquement confortables pour divers endroits sur le campus. Les résultats ont montré que la place A, dont FVC est de 0,13 présente le plus grand pourcentage de périodes confortables avec plus de 53 %. Ce pourcentage diminue avec l'augmentation du FVC des surfaces jusqu'à atteindre 0 % pour la place F (Figure) dont le FVC vaut 0,81. Inversement, lorsque les valeurs de FVC sont inférieures à 0,13, le pourcentage diminue et atteint 25 % pour un FVC de 0,04. Ainsi, les espaces présentant des surfaces avec un grand FVC risquent de provoquer des situations d'inconfort en été.

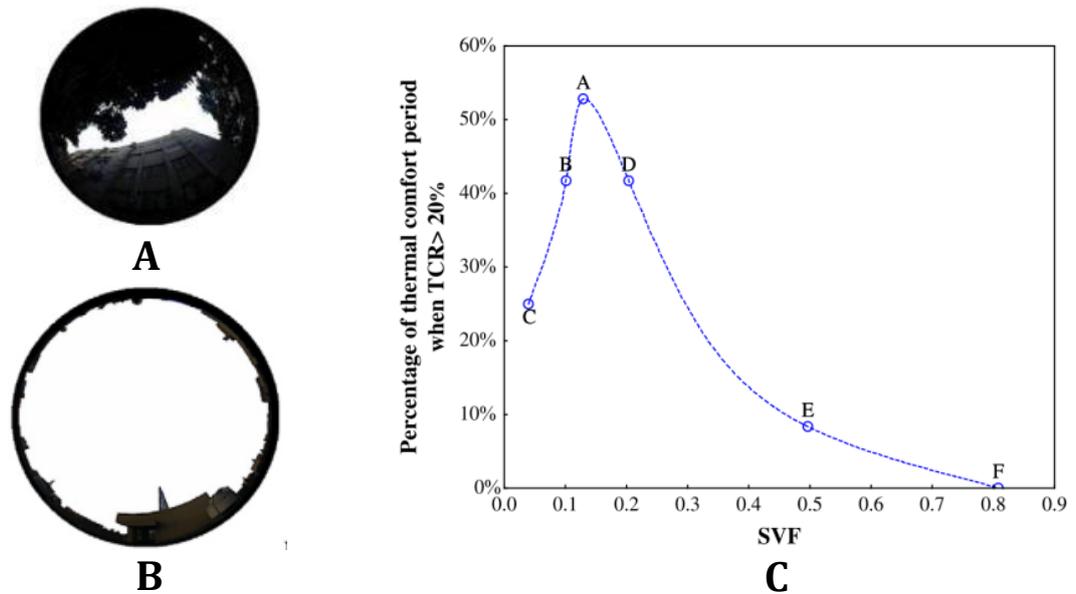


Figure 5.2 Le facteur de vue du ciel de la place A (FVC = 0,13). (b) Le facteur de vue du ciel de la place F (FVC = 0,81). (c) la relation entre le facteur de vue du ciel et le pourcentage de périodes de confort
 Source : Athemna. K, d'après Tzu-Ping et al. 2010.

En ce qui concerne les valeurs de référence, des études ont été menées par les chercheurs afin de mesurer le facteur de vue de ciel sur trois types des tissus urbains. Le premier type est un bloc de maisons traditionnelles avec un patio au centre de la maison. Le deuxième type de tissu urbain (pavillon I) correspond à un bloc central dont la hauteur des maisons est de 9 m. La troisième configuration (pavillon II) présente un tissu ouvert avec des formes aérées représentatives des formes pavillonnaires. Les résultats du FVC mesurés pour les trois prototypes et montrés sur la figure sont classés par ordre croissant : la cour (figure à gauche) (0.13), le pavillon I (figure au milieu) (0.23) et le pavillon II (figure à droite) (0.48). Les résultats ont montrés que les températures enregistrées étaient élevées dans le troisième cas par rapport aux autres premiers, les plus compacts.

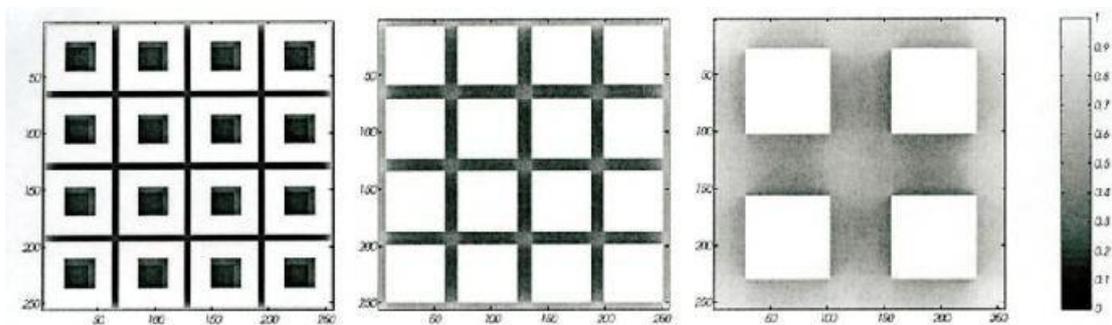


Figure 5.3 Le facteur de vue du ciel pour les trois configurations étudiées. Formes fermées avec cours intérieures (a), formes compactes (b) et formes pavillonnaires (c)
 Source : Athemna. K, d'après Ratti et al, 2003.

▪ **Variation du rapport H/W des rues (canyon, dièdre, dégagée) :**

La rue canyon, constituant la forme élémentaire la plus typique des tissus urbains représente une rue bordée d'immeubles, dont la hauteur est au moins deux fois supérieure à la largeur de la rue (Izard J.L., 1999). Comme illustré sur la Figure à droite, un canyon urbain est défini par trois principaux paramètres : la hauteur des bâtiments (H), la largeur (W) et la longueur (L) de la rue. A partir de ces paramètres on peut effectuer une lecture géométrique sur le site, par le biais du rapport (ratio) H/W ²² par exemple. Celui-ci nous fait permettre diagnostiquer la quantité d'ensoleillement réfléchi et absorbée dans une rue canyon. Des études expérimentales faites par Bouchriba.F en 2004 sur la rue canyon à Constantine, ont démontré que le ratio H/W est un grand maillon au stockage des chaleurs absorbées par les surfaces bâties. L'expérience menée dans deux axes du quartier Coudiat, là où le ratio se diffère entre 1 et 4, et les résultats indiquent quand le rapport H/W était bas la chaleur est inférieure à celui du H/W= 4. Cela veut dire qu'un rapport entre une hauteur et largeur entraîne un impact important sur le bilan thermique au niveau des espaces extérieurs, dont la logique fut de l'augmentation du rapport qui est la cause des hausses des températures.

Cependant, un faible rapport H/W engendre un autre phénomène thermique important, à savoir le piégeage de la chaleur au sein de la rue. L'étude de l'effet du rapport d'aspect d'une rue sur son environnement thermique intérieur montre que plus le rapport H/W est grand, plus le phénomène de stockage de chaleur est marqué. La différence de quantité de chaleur restituée entre un canyon présentant un rapport H/W de 2 et un canyon avec un rapport de H/W égal à 0,7 serait de 50 W/m².

Dans ce sens les rues influencent directement sur le microclimat urbain, positivement ou négativement ça reste sur la configuration spatiale du tissu et de l'élément vertébral tel une rue.

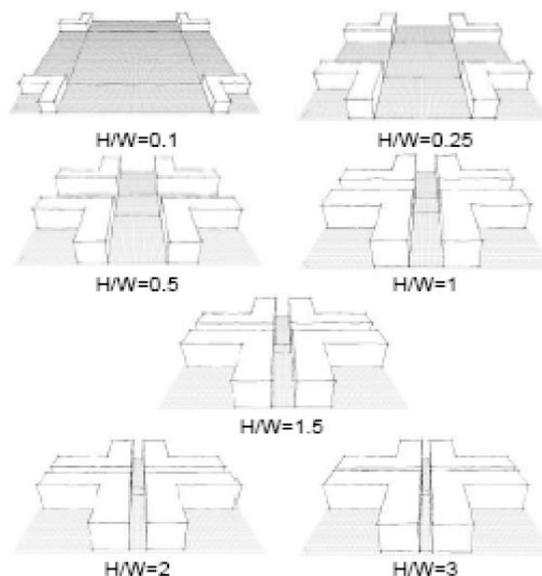


Figure 5.4 Différents rapports du prospect H/W des rues en ville
Source : F. Bougiatioti, 2006.

²² Le rapport d'aspect (H/W) désigne le rapport entre la largeur et la hauteur d'une rue.

	H/W	Avantages
L'accessibilité solaire	0,5 à 2	l'absorption solaire est comprise entre 13 % (H/W = 0,5) et 27 % (H/W = 2) lorsque l'albédo de surface est égal à 0,4
	0,58	Le rapport H/W est représentatif des villes de latitude 45°N
Gain de chaleur	0,4	le gain de chaleur est de 30 % par rapport à une situation de surface dégagée (H/W = 0)
	0,7	Le gain de chaleur est de 50 % par rapport au cas H/W=0
	1,0	Le gain de chaleur est de 70 % par rapport au cas H/W=0

Tableau 5.2 Relations entre le rapport d'aspect de la rue canyon et les conditions thermiques
Source : Tiraoui, 2000.

▪ **Variation de la densité surfacique urbaine :**

La densité surfacique urbaine rend compte de l'occupation des structures bâties dans le milieu urbain. Celle-ci correspond au rapport entre la surface construite et la surface totale urbaine (CES). Morphologiquement, la densité surfacique urbaine varie selon le mode d'occupation de l'espace, ce qui montre à la ville, le rapport est fondé sur une progression des formes urbaines du plus compactes et denses au centre-ville vers l'habitat individuel périphérique plus ouvert, avec des formes urbaines de transition. La variation des densités urbaine fait naissance à beaucoup d'espaces extérieurs de dimensions variées.

D'un point de vue climatique, la densité surfacique urbaine se manifeste avec certains paramètres climatiques urbains comme l'îlot de chaleur urbain. En effet, une étude menée par Boukhezer (2002) sur trois tissus urbains présentant des densités d'occupation de sol différentes dans la ville d'Oran a montré que la densité surfacique des bâtis agit sur la quantité d'énergie journalière absorbée par les bâtiments. Le centre historique de la ville caractérisé par son tissu organique, sa forte minéralisation et sa densité surfacique élevée, présente de plus grandes quantités d'énergie solaire absorbée par rapport aux tissus urbains en damier et dispersés. Donc la densité surfacique urbaine influe d'une grande partie sur le climat de la ville notamment sur le niveau thermique dont le stockage de la chaleur absorbée par les différentes surfaces qui constituent le cadre bâti, C'est pourquoi les tissus urbains denses et l'imbrication des bâtiments minimisent les surfaces exposées au rayonnement solaire, ce qui implique une ombre sur une durée importante de la journée.

Un bon nombre de recherche assure cette relation étroite entre le niveau de densité, et la quantité énergétique emmagasinée au sein du tissu, ce qui était le cas du travail de Hamel en 2004 sur la ville de Biskra. Dans lequel le calcul de la densité serait comme facteur crucial qui intervient significativement sur l'aspect thermique extérieur. Les résultats obtenus dans la thèse montrent que l'ancien noyau de Biskra a réagit tendrement sur le bilan climatique, ce qui était le contraire aux quartiers dites éclatés qui rassemblent les grands collectifs, et l'habitat pavillonnaire. Ces derniers se caractérisaient d'un seuil très bas de la densité urbaine. Il est à signaler que l'auteur a intervenu autant sur la compacité urbaine, ayant comme élément systémique de la sensation thermique extérieure.

2.1.2. Les irrégularités verticales du tissu urbain

▪ Variation de la façade : cas des rues canyons :

Afin d'analyser le bilan thermique dans une rue, il faut dire que le milieu urbain est un **espace multiforme**, comme il se manifeste tel que le climat lui influe. Les fronts urbains prennent plusieurs formes au niveau des rues, ces dernières génèrent une influence significative sur le microclimat urbain. Vu à cette problématique, Ali-Toudert et Mayer (2005) ont étudié numériquement l'impact de l'irrégularité des façades sur le confort thermique au sein d'une rue canyon, en utilisant le modèle ENVI-Met²³. Le confort thermique a été évalué par le biais de la température physiologique équivalente (PET). L'échantillonnage comprend trois rues canyons présentant toutes des galeries piétonnes. La première rue comporte des façades homogènes et symétriques avec un rapport H/W égal à 2 (Cas I) le second est asymétrique avec une façade en gradins (Cas II) et la dernière configuration (cas III) est composée de deux façades différentes avec des balcons ou bien terrasses.

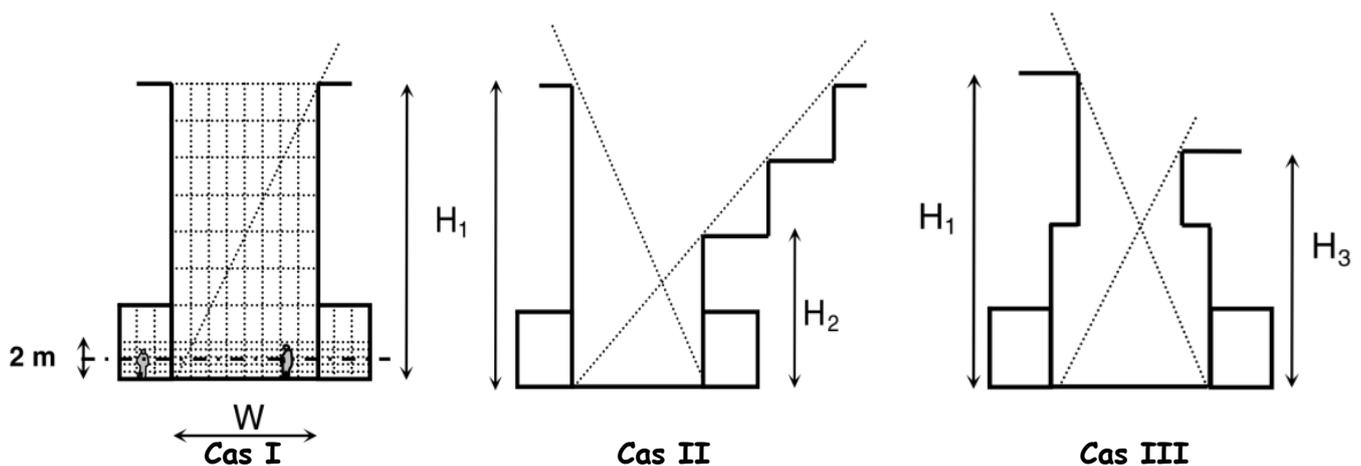


Figure 5.5 Schémas représentatifs des configurations étudiées dans la rue canyon
Source : Fazia Ali-Toudert, 2005.

Cas I : l'étude a montré que pendant la journée, le taux des espaces confortables enregistrés en été dans les surfaces couvertes de galerie est supérieur à celui obtenu au milieu de la rue en raison de sa durée d'ensoleillement élevée. D'après Ali-Toudert et Mayer (2005), ce pourcentage est étroitement lié au rapport géométrique H/W de la rue et aux dimensions des galeries (hauteur et largeur). Toutefois, durant la nuit, le pourcentage des zones confortables enregistrées dans les galeries reste inférieur à celui des surfaces de la rue. Les chercheurs ont attribué cette différence à la faible ventilation des galeries par rapport à la rue et à leur capacité de piégeage de la chaleur émise par le sol revêtu d'asphalte (Athemna K., 2012).

Cas II : nous a montré que la façade en gradin a permis d'un captage important d'énergie solaire par rapport à la rue symétrique, dont la raison est l'ouverture sur le ciel et qui a causé de l'exposition solaire pendant la journée. En revanche pour le Cas III, lorsque les rayons solaires sont obstrués par les façades, la rue asymétrique présente un meilleur confort thermique que le cas I.

²³ Envi-met est un logiciel de simulation microclimatique en 3D élaboré par le Pr Micheal Bruse à l'institut de géographie de l'université de Bochum.

Enfin, les résultats optimaux de sensation de confort ont été obtenus pour la rue présentant des dispositifs de façades surplombant la rue. Ceci est dû à la morphologie de la rue qui présente un faible facteur de vue du ciel générant davantage de surfaces ombragées au niveau de la rue et des galeries.

▪ **Hétérogénéité de la hauteur des formes bâties :**

En effet, la hauteur du cadre bâti consiste un facteur rigoureux dans les perturbations thermiques extérieures, plusieurs recherches ont été menées ont démontré l'impact de l'hétérogénéité de la hauteur sur le confort thermique dans les espaces extérieurs.

L'effet de la hauteur des bâtiments sur la quantité d'énergie solaire absorbée a été étudié par Kondo et al. (2001) pour trois configurations ci-dessous. La première configuration présente des bâtiments de formes de base carrées, en présentant une hauteur homogène de 25 m. La seconde et la troisième, présentent des bâtiments adjacents d'hauteurs variées mais avec des niveaux de bâtis homogènes. Cette étude numérique a montré que, la quantité d'énergie solaire absorbée est plus grande pour les configurations présentant des hauteurs hétérogènes. D'après Kondo et al. (2001), cela provient du fait qu'une fraction des flux réfléchis par les toitures est interceptée par les parois verticales adjacentes plus hautes, augmentant ainsi les inter-réflexions et par conséquent la quantité d'énergie solaire absorbée.

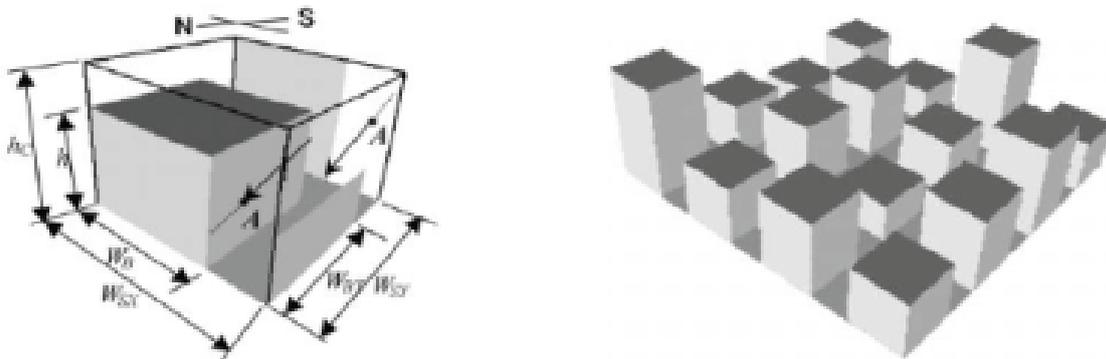


Figure 5.6 A gauche : le modèle de bâtiment en forme de carré utilisé pour l'étude numérique.

Figure 5.7 A droite : la seconde configuration d'étude présentant des hauteurs différenciées

Source : Athemna K. 2012, d'après Kondo et al. 2001.

L'indication serait avec précision dans laquelle la variation et l'hétérogénéité de la hauteur des formes urbaines se manifestent dont la réflectivité de l'énergie solaire absorbée est importante (le vas et viens entre surface bâtie et soleil).

▪ **L'orientation des façades urbaines :**

A vrai dire, l'effet des façades sur le microclimat urbain pourrait être compris sous un diagnostic du bilan radiatif. L'orientation d'un tissu urbain est un paramètre **spatio-temporel** crucial, permettant d'analyser l'accessibilité de l'énergie solaire et de la lumière du jour au sein d'un tissu urbain, qui permet de créer des surfaces ombragées et ensoleillées entraînant des variations des températures ambiantes et de surfaces.

En terme morphologique, cet indicateur peut produire des formes de protection ou d'exposition solaires aux espaces urbains. La protection est souvent efficace, uniquement en début et en fin de journée, en fonction de l'orientation du bâtiment. Mais à part, lorsque le soleil est au zénith, les surfaces ombragées sont très réduites.

D'un point de vue climatique, l'impact de l'orientation solaire sur le comportement thermique des surfaces urbaines a fait l'objet de plusieurs études. Selon, Kondo et al. (2001) ont constaté que lorsque la hauteur solaire est importante, la valeur de l'énergie solaire réfléchi d'un tissu urbain augmente, indépendamment de la valeur des coefficients de réflexion des surfaces. En revanche, lorsque la hauteur solaire est faible, la quantité d'énergie solaire réfléchi diminue dans le cas où les surfaces des bâtiments ont des coefficients de réflexion modérés. Dans une autre étude relevée par Ali-Toudert et Mayer, (2005) ont minimisé le rôle de l'orientation solaire d'une rue canyon sur son comportement thermique. Cependant, lorsque le ratio de la rue est de $H/W = 0.5$, le confort thermique extérieur est presque indépendant de l'orientation. En revanche, lorsque le rapport H/W est égal à 4, le confort est optimal de façon identique pour les deux orientations Est-Ouest et Nord-Sud, fournissant ainsi un bien meilleur environnement thermique.

2.2. Quel impact de la densité urbaine sur la température de l'air (T air) ?

Le niveau de la densité du cadre bâti influe énormément sur le rythme thermique, cette perturbation est constatée clairement sur la température de l'air.

Le champ de température de l'air en milieu urbain est la résultante de l'ensemble des échanges thermiques produits entre les surfaces urbaines et l'atmosphère (tmrt). Ceux-ci sont largement dominés par les flux solaires incidents. Les écarts recensés entre les centres-villes et la périphérie sont souvent importants notamment au niveau des stations météorologiques aéroportuaires, de l'ordre de 5 à 10°C (Oke, 1987 ; Akbari et al). Ces différences illustrent l'effet énergétique de l'urbanisation sur la température de l'air, connu sous le nom d'îlot de chaleur urbain. Le stockage de la chaleur du a l'absorption des radiations solaires à travers des multiples surfaces. En outre, le tissu dense minimise les surfaces exposées au rayonnement solaire, ce qui implique un ombrage pendant une durée importante de la journée.

Le phénomène de l'îlot de chaleur urbain, a été largement abordé par les chercheurs. Akbari et al. (1992) ont constaté que les températures dans les zones urbaines sont généralement plus élevées que celles des zones rurales proches, de l'ordre de 1 à 4°C. Ce phénomène constitue un avantage en hiver car il permet de diminuer la consommation d'énergie liée au chauffage (notamment les pays de l'hémisphère nord), et en parallèle, il augmente la production de brouillard. Cependant, dans les climats chauds, une augmentation de la température entraîne une augmentation de la demande énergétique de conditionnement d'air dans la période estivale qui dure au normal presque cinq mois.

La quantité de stockage de la chaleur du a la densité participe énormément dans le changement du bilan thermique au niveau des espaces extérieurs, dans là où les surfaces sont exposées au soleil (tissu lâche) ²⁴ la température soit augmentée.

²⁴ Un tissu lâche c'est l'équivalent du tissu doté d'une faible densité urbaine.

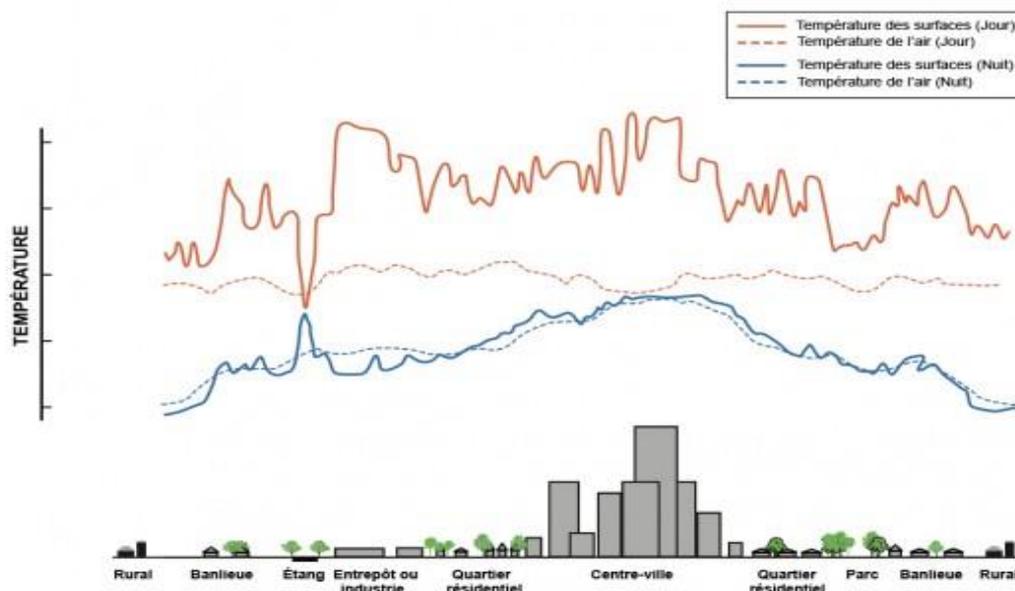


Figure 5.8 Îlot de chaleur urbain

Source: EPA's Reducing Urban Heat Islands, Compendium of Strategies

2.3. Comment se manifeste la morphologie urbaine avec l'écoulement d'air ?

▪ L'influence de la porosité urbaine :

La porosité urbaine fait référence au volume total d'air des creux urbains et leur rapport avec le volume de la canopée urbaine (Steemers, et Steane, 2004). Les creux urbains peuvent être classés en deux catégories :

- **Creux urbains publics** : il s'agit de l'ensemble des espaces ouverts au public (rue, square, boulevard,...etc.), c'est-à-dire l'ensemble des espaces identifiés comme espaces publics urbains extérieurs.
- **Creux urbains privés** : il s'agit des cours et jardins privés distribués généralement en début ou en fond de parcelles dans les tissus anciens (Quartier), ainsi qu'autour des maisons de type isolées dans les tissus récents (Athemna, 2012).

La mesure de la densité d'un tissu urbain permet d'évaluer sa porosité par rapport au vent. Dans les tissus compacts et resserrés, seuls les toits et les terrasses constituent des probables zones d'inconfort. Un groupement de construction à décrochement organisé de manière verticale peut engendrer un effet de pyramide défini par Gandemer (1976). Cette forme semble judicieuse car elle ne produit pas d'inconfort, elle dissipe le maximum d'énergie du vent dans tous les azimuts et diminue les survitesses dans les niveaux inférieurs des immeubles et aux niveaux des terrasses.

Cependant, les tissus poreux ou ouverts engendrent des perturbations aérodynamiques qui s'étendent sur de longues distances. En effet, la porosité horizontale ou verticale des tissus urbains (cours, espaces résidentiels par exemple) ainsi que la porosité des immeubles

(pilotis, trous par exemple) modifient l'écoulement de l'air et créent des zones à risques liées à de forts courants d'air. Afin de limiter ces risques, il faut que l'ouverture d'un tissu urbain soit inférieure à 0,25 fois son périmètre et qu'il soit constitué de bâtiments de hauteurs voisines.

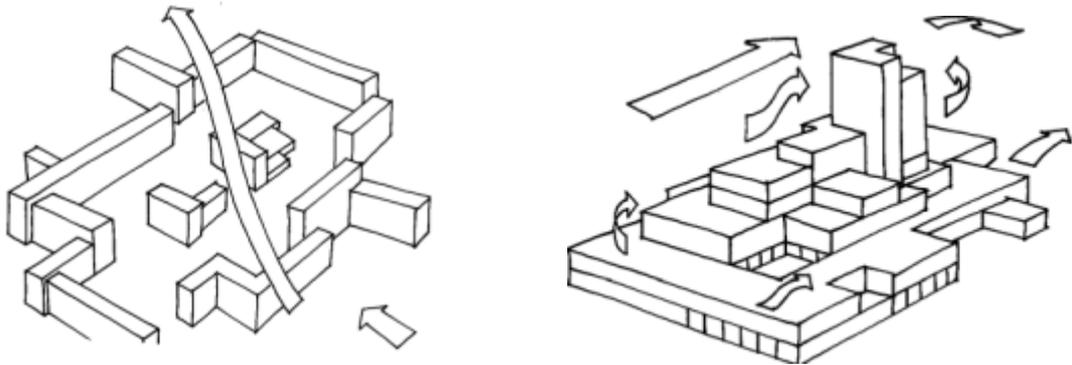


Figure 5.9 A gauche : Un tissu poreux démontre des bâtiments de hauteurs homogènes.
Figure 5.10 A droite : Un effet de pyramide sur un groupement de construction à caractère pyramidal
 Source : Gandemer, 1976.

▪ **L'influence de l'orientation des tissus urbains par rapport aux vents incidents :**

Afin d'envisager l'impact de l'orientation des tissus sur les vents, la question qui se pose : quelle est la forme et la vitesse préalable du vent pénétrant un tel tissu urbain ?

L'orientation des structures bâties permet de déterminer le régime de vent et contrôler sa vitesse. En effet, si l'orientation est parallèle, la vitesse augmente d'avantage que si les structures sont perpendiculaires au vent. L'exemple de la rue canyon a fait l'objet de plusieurs études afin de déterminer la nature du régime du vent en fonction de l'orientation de la rue (Oke et Nakamura, 1988 ; Santamouris et al. 2001). Il a été constaté que, lorsque l'écoulement est parallèle à la direction de la rue, un effet de canalisation est observé (Figure). Selon Gandemer (1976), pour que l'effet soit observé, le couloir canalisant doit être étanche et composé de parois peu poreuses, doté d'une largeur inférieure ou égale à l'épaisseur des bâtiments et enfin, la hauteur des bâtiments doit être supérieure ou égale à 6 m. Par ailleurs, Gandemer (1976) précise que, la canalisation ne constitue pas une gêne en soi. Elle devient problématique lorsqu'elle est associée à une anomalie aérodynamique, lors d'une association canalisation-Venturi par exemple.

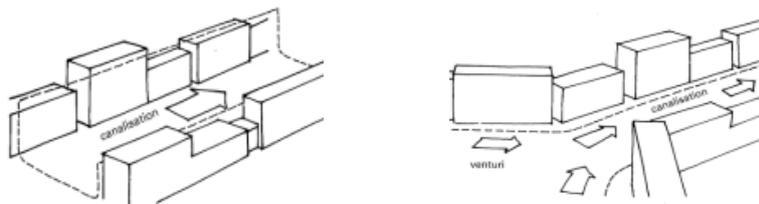


Figure 5.11 A gauche : Canalisation du vent par la direction de la rue.
Figure 5.12 A droite : Présentation d'une anomalie aérodynamique "canalisation-Venturi"
 Source: Gandemer, 1976.

En revanche, lorsque l'écoulement est perpendiculaire à la direction de la rue, l'écoulement d'air forme un ou plusieurs vortex qui se caractérisent par un mouvement en spirale. Ce mouvement peut être accéléré par l'augmentation de la vitesse de vent et aussi par les effets thermiques liés aux parois chauffées par le soleil. En effet, l'air chaud remonté est remplacé par l'air plus frais qui circule au-dessus des toits permettant éventuellement d'évacuer la chaleur de la rue (Figure).

Suivant le rapport du ratio H/W d'une rue, Oke (1988) a distingué trois types d'écoulements : un écoulement de rugosité isolé lorsque ce rapport est inférieur à 1,54 (Figure (a)), un écoulement à interface de sillage lorsque le rapport est compris entre 1,54 et 2,5 (Figure (b)) et enfin un écoulement rasant lorsque le rapport est supérieur à 2,5 (Figure (c)).

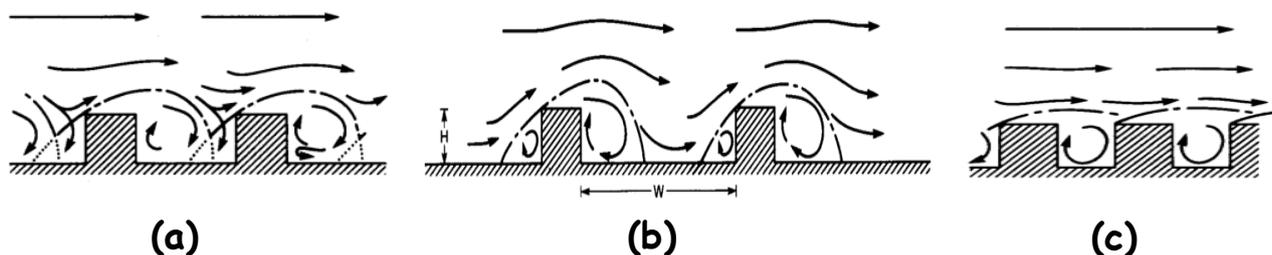


Figure 5.13 Profil de la circulation de l'air dans une rue canyon en fonction du rapport d'aspect H/W : (a) écoulement à rugosité isolée, (b) un écoulement à interface de sillage, (c) écoulement rasant
Source : Athemna K. 2012, d'après Oke, 1988

3. Urbanisation saharienne : la densité urbaine dans les milieux arides en Algérie :

Les régions arides présentent une forme urbaine spécifique par rapport aux autres milieux, sa particularité s'identifie dans une structure urbaine bien déterminée. La densité ainsi que la compacité des tissus urbains dans ces régions hostiles et fragiles sont les deux indicateurs qui peuvent définir la logique de l'urbanisation dite saharienne.

Ces deux facteurs qu'on a indiqués précédemment sont le résultat de plusieurs éléments principaux tels :

- Le rapport entre le bâti et le non bâti ; qui est bien distingué, par taux important de la surface bâtie, qui représente majoritairement la grande partie de la structure urbaine.
- La compacité urbaine, déterminée par des édifices compacts et des tracés irréguliers, dans lesquels la totalité de ces derniers sont étroits et bien protégés du rayonnement solaire.
- Une composition architecturale horizontale et introvertie, c'est-à-dire que la construction s'ouvre sur son intérieure (cour intérieure, patio), afin d'assurer une bonne ventilation et un éclairage bien contrôlé. Cela est essentiellement mis en relation à l'aspect socioculturel de la société.

- Un rapport très important entre le volume des habitations et la surface de leurs enveloppes.

A travers cet aperçu sur les formes urbaines dans les milieux arides et semi-aride nous venons à envisager l'œuvre humaine dont sa pertinence manifestait avec une intégration parfaite dans un climat dure et qui rassemble le génie humain face à une nature hostile et le niveau socioculturelle. Toutes ces images indiquent profondément le savoir faire des autochtones avec leurs produits comme tache urbaine en plein désert.

On assiste donc ici à une action anthropique positive sur le climat, en limitant le phénomène de réchauffement par : une maximisation de l'ombre urbaine, et une minimisation des gains thermiques (stockage) en été et des pertes calorifiques en hiver.

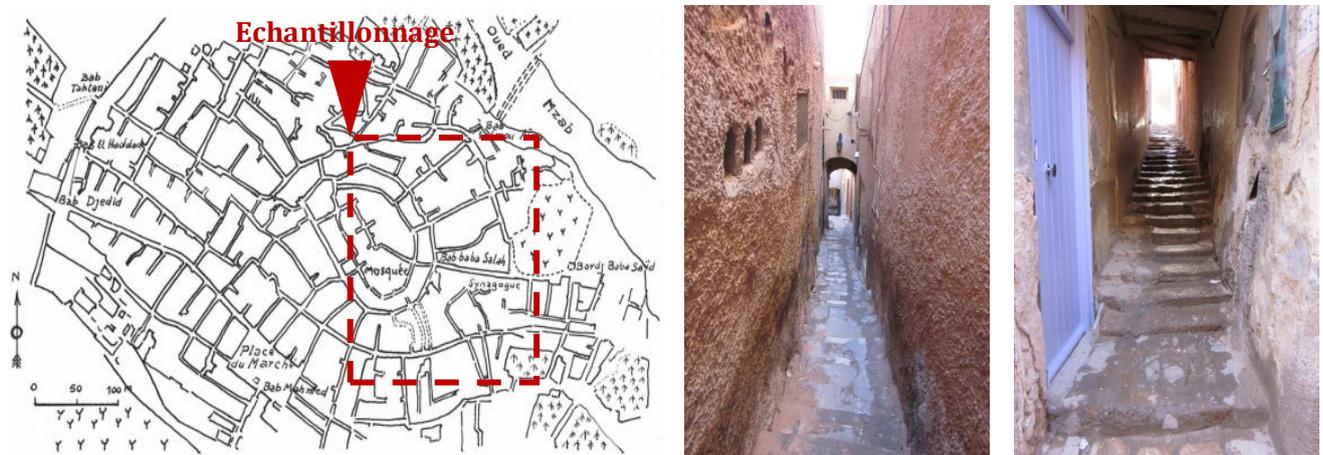


Figure 5.14 Plan du ksar de Ghardaïa, et des vues sur des ruelles mozabites
Source : Auteur, Janvier 2012.

3.1. Le rapport bâti et non bâti :

Le rapport bâti et non bâti exprime la densité brute* d'un tissu urbain, une portion de celui-ci (quartier) ou bien d'un autre sens la densité des constructions. Ce rapport se varie d'une région à une autre dû à la variation de plusieurs facteurs : climatique, géographique, socioéconomique, mythique...

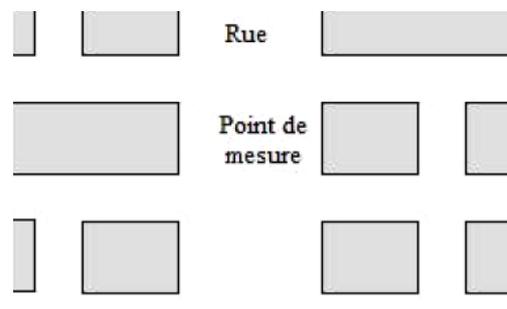
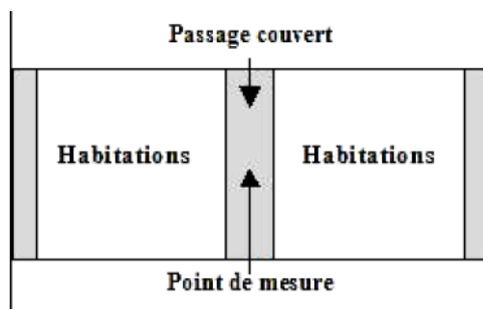
Plusieurs études ont cerné le sujet ; le rapport bâti et non bâti dans une échelle grandiose ou plus réduite peut s'effectuer en deux domaines distincts selon Nouibet :

- **Un domaine bâti** : qui constitue le cadre bâti pur du tissu (constructions en toute sa diversité)
- **Un domaine non bâti** : qui englobe le système viaire, les tracés, et les espaces dites ouvertes (voire espace public et semi-public), ce rapport nous pouvons le nuancer sous un filtre constituant des éléments naturels ou artificiels, qui sont :

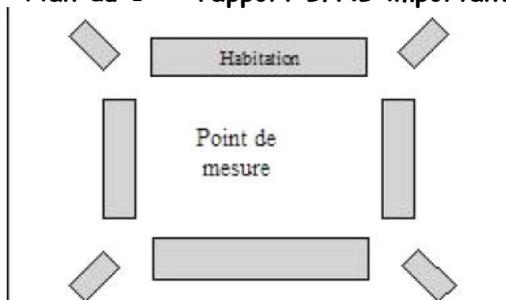
* Voir le chapitre 1.

- A. La topographie du site : cette dernière montre une grande influence dont la typologie de constructions (Habitation troglodytes)
- B. La végétation : La palmeraie par exemple.
- C. La morphologie de la ville : on se concentre ici dans la masse totale de la forme urbaine et s'en réfère de la Médina maghrébine et les ksours.

☞ Dans ce cadre une étude a été menée à Sidi Okba (Benadji A. 1999), afin de mesurer les effets microclimatiques (températures ambiantes) au niveau des espaces urbains découverts. L'expérience était portée dans trois échantillons différents ont un rapport distinct entre bâti/non bâti : important, moyen, faible.



Plan du 1^{er} : rapport B/NB important



Plan du 2^{eme} cas : rapport B/NB moyen

Figure 5.15 Représentation schématique des plans d'espaces urbains étudiés micro-climatiquement.

Source : Hamel K., 2005

Plan du 3^{eme} cas : rapport B/NB faible

Interprétations :

La lecture des graphiques de l'évolution des températures de l'air et des températures radiantes, fournis dans cette étude, pendant une journée d'été, montrent que :

- **1^{er} cas** : L'écart absolu de la température mesurée dans le premier point par rapport aux données de la station météorologique est le plus moins important vu les autres cas. Un écart de 0,8°C pour la température de l'air et de 2°C pour la température radiante.
- **2^{eme} cas** : Un écart plus important, de 1,2°C pour la température de l'air, et 5,5°C pour la température radiante.

- **3eme cas** : Un écart de 1°C pour la température de l'air et de 5,8°C pour la température radiante.

En conclure, les résultats montraient que plus le rapport du bâti/non bâti est grand (important), plus les effets thermiques sont légèrement perturbés (voire la haussé de la température dans l'espace urbain très ouvert).

3.2. Est-ce la compacité urbaine a de l'influence sur le bilan thermique (températures) ?

La compacité est un paramètre **eulérien** simple mais composite (Hamel K., 2005). C'est un bon outil d'analyse qui fournit, sur l'espace urbain des informations significatives mais qui fournit surtout un outil de comparaison avec des références urbaines connues. Afin de déterminer le niveau de compacité pour le présent propos, nous retenons un ratio appelé **coefficient de forme** (S/V) et qui est le rapport de la surface d'enveloppe à son volume.

L'indicateur de compacité évalue la surface de l'enveloppe extérieure d'un bâtiment qui est exposée aux effets climatiques extérieurs. Cependant il faut avoir calculé deux indicateurs pour la caractériser : **la compacité utile** et **la compacité nette** (Tsoka, 2011). L'indicateur de compacité utile, C_{ut} , exprime la valeur de la surface d'échange de l'enveloppe des bâtiments rapportée au m² de plancher. Il peut prendre des valeurs comprises entre 0.5 et 1.3 pour des configurations courantes de bâtiments. La surface d'enveloppe est constituée des façades verticales exposées aux conditions extérieures. Plus C_{ut} est faible, plus les constructions sont compactes et donc moins elles subissent les effets externes. Le coefficient de compacité nette est défini comme la somme pour un tissu urbain du coefficient de compacité des bâtiments. Il correspond au rapport entre la surface d'enveloppe extérieure non contigüe du bâtiment, et son volume élevée à la puissance 2/3.

En effet la surface d'enveloppe est proportionnelle aux taux des échanges thermiques dans le milieu urbain. La diminution de la surface d'enveloppe implique une réduction des gains et des pertes calorifiques. L'altération de stockage et de diffusion de chaleur limite le réchauffement, du fait que les gains solaires sont limités, à cause de l'atténuation de la surface exposée. Limiter le réchauffement à l'échelle de l'enveloppe, a des répercussions favorables sur le microclimat de la ville en milieu arides. L'illustration qui suit, présente les gains et les déperditions thermiques, en été et en hiver, pour différentes formes d'enveloppe, à différents niveaux de compacité.

Pour cela, on remarque que le cas de l'enveloppe bâti en forme de plot compacte, à patio ou cour centrale, constitue le cas le plus optimal du point de vue de réduction de gains thermiques en été, et de perte calorifiques en hiver ; ceci pour le cas d'un climat chaud et sec (Hamel K, 2005).

L'inertie thermique qui doit son rapport à la structure constitutive de la bâtisse, fait un lien très étroit à celui de la compacité urbaine. Plus la forme est inerte et épaisse plus elle est compacte et mieux protégée des perturbations climatiques extérieures.

3.3. Impacts sur le milieu aérologique :

Comme nous l'avons déjà abordé, la forme, la taille, la disposition ou bien l'orientation de la forme urbaine, influe considérablement sur le milieu aérologique dans des diverses formes.

Voir les bâtiments isolés hauts, ou les grands ensembles changent le rythme de l'écoulement d'air, par une augmentation de la vitesse d'air au niveau des coins, et la création de l'effet de venturi du par la convergence des bâtiments au sens de l'air.

- La variation trop rapide du profil d'un bâtiment provoque ce qu'on appelle un décollement de l'air de l'obstacle, entraînant un tourbillon.
- Le même phénomène (tourbillon) peut se produire sous le vent sur deux façades d'un édifice, et nous constatons que les tourbillons dans une façade arrière, sont souvent plus complexes que ceux d'avant.
- Nous pouvons aussi constater qu'un effet de sillage peut engendrer.

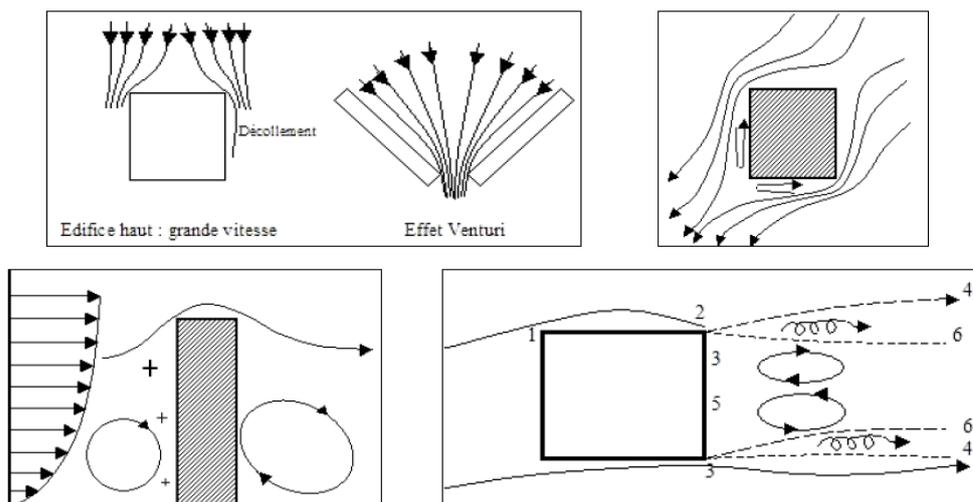


Figure 5.16 Schématisation du contournement d'une structure bâtie par le vent
Source : Gandemer, 1981.

On peut indiquer que les constructions isolées et dispersées augmentent la turbulence le volume de la rugosité dont la hausse des vitesses de vents. Les endroits qui existent entre ces bâtiments (le cas d'un grand ensemble, habitat individuel) sont souvent les plus exposés aux vents, et qui peuvent devenir dangereux pour le piéton et le cycliste et parfois même pour l'automobiliste (exemple du quartier de la Défense à Paris déjà étudié), "parfois au point que des accès souterrains aux immeubles doivent être aménagés ultérieurement (ex : en Suède et Avignon). On cite même un accident mortel y imparable qui se serait produit dans une ville anglaise [...]. Dans sept villes nouvelles en Grande Bretagne, des zones piétonnes au pied de grands ensembles ont dû être couverts en raison de turbulences insupportables voire dangereuses" (Frommes et al).

3.4. La compacité du cadre bâti dans les tissus urbains traditionnels :

Dans les tissus urbains traditionnels aux pays arabes, le rapport de la compacité (S/V) est très important, bien que ces tissus sont répartis en trois modes selon leur typologie :

- La typologie des habitations isolées, au premier constat le tissu apparaît d'une densité moyenne au niveau du plan de masse, mais le rapport de volume bâti est important par rapport aux surfaces exposées (surface non bâtie). Nous pouvons voir cette structure dans l'architecture traditionnelle du Yémen.



Figure 5.17 Habitations isolées, en revanche un rapport V/S important, à la ville Sanaa Yémen
Source : <http://www.adentribune.com>

- Dans ce cas, les habitations sont juxtaposées comme elles peuvent être aussi introverties (organisation autour d'une cour qui n'occupe qu'une petite surface de la parcelle). Les surfaces sont moins exposées.

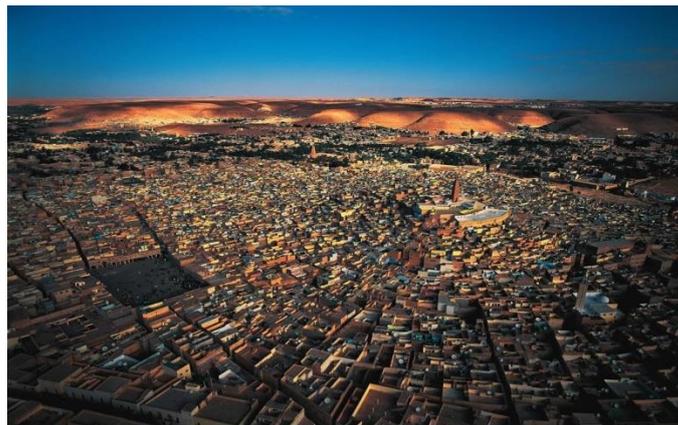


Figure 5.18 Typologie des habitations accolées à Ghardaïa
Source : Encarta 2010

- Une typologie où les habitations sont excavées. Cet habitat enterré totalement ou partiellement, permet de diminuer considérablement l'échange thermique du fait de la

réduction importante de la surface exposée, ainsi que de la forte inertie thermique que présente la terre.



Figure 5.19 Typologie des habitations troglodytes à Matmata en Tunisie
Source : Encarta 2010

3.5. Quelle est la forme élémentaire de l'organisation spatiale ? Vers l'introversion :

Du moment que la ventilation, l'éclairage et l'ensoleillement sont assurés par les cours et les patios, les regroupements de maisons à patio, réduisent les distances séparatives entre immeubles au maximum possible. Par le biais de « l'introversion ²⁵ » l'ouverture des façades serait presque inutile. De ce fait, une atténuation des gains et déperditions calorifiques et l'amortissement de l'irradiation, permettent de créer une régulation thermique du microclimat urbain (Seghiro B., 2002).

L'introversion c'est un mode de vie généré par l'ouverture de l'habitation sur son intérieur, par le fait de plusieurs éléments structurants la demeure (patio, cours), et qui a une relation directe à l'aspect sociologique notamment dans les régions arides (Ksours).

La configuration spatiale du patio en forme de cuvette génère une sorte de microclimat. L'air frais qui s'y rassemble la nuit repousse l'air chaud vers le haut, autrement dit vers l'extérieur. Le rayonnement du sol vers le zénith renforce alors la baisse de température. Ainsi, l'été, une température agréable est conservée pendant un long moment, d'autant plus que la cour est protégée de l'ensoleillement une bonne partie de la journée grâce aux ombres portées des murs périphériques. Enfin l'effet « cuvette » assure une protection des vents incidents.

Les proportions en hauteur, en longueur et en largeur du patio peuvent renforcer ses particularités climatiques permanentes en assurant davantage d'ombre ou de d'ensoleillement selon un rythme journalier ou saisonnier.

²⁵ L'introversion constitue un mode de vie qui caractérise les anciennes habitations des milieux arides. Basée sur l'ouverture de la maison sur son intérieur, en revanche à l'extérieur qui soit fermé.

PATIOS ET ESPACES INTERMÉDIAIRES

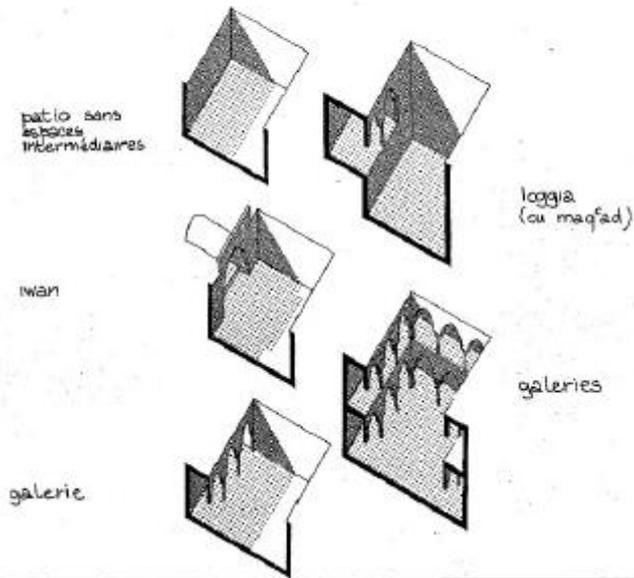


Figure 5.20 Formes de patios et espaces intermédiaires
Source : Samir Abdulac, 2011.

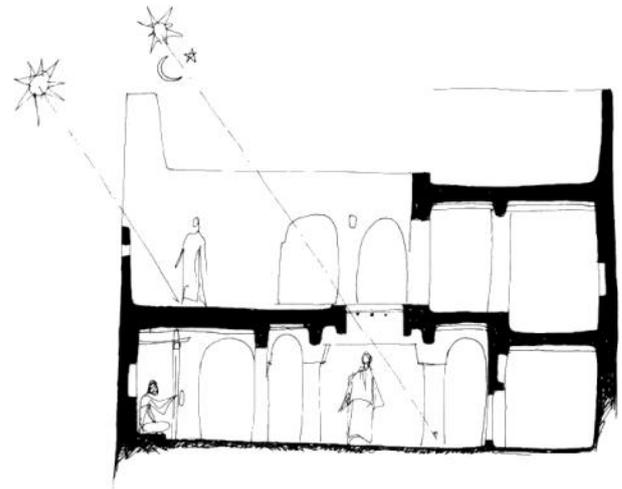


Figure 5.21 Schéma représentatif de la protection solaire due au patio
Source : Samir Abdulac, 2011.

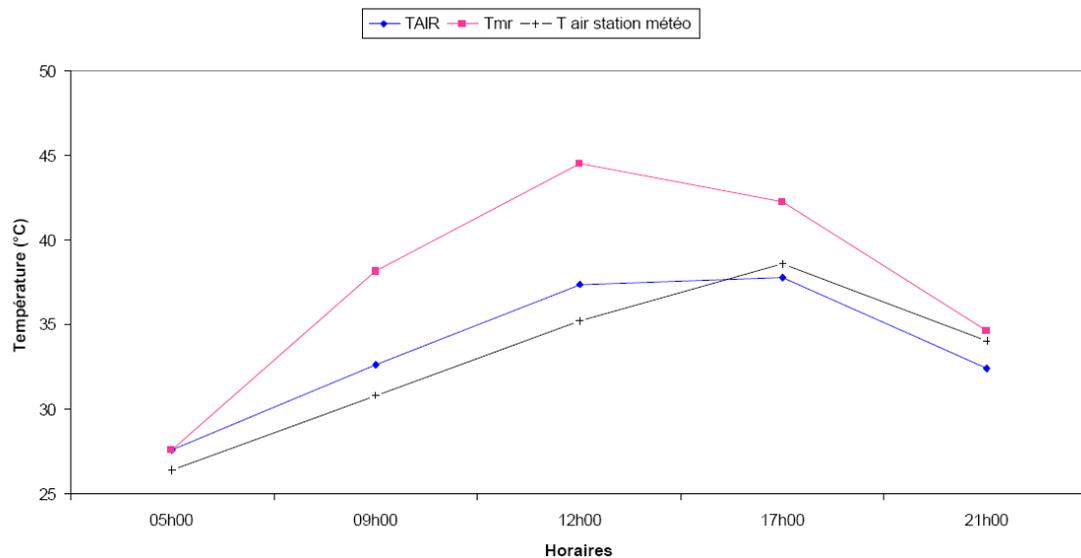
4. Analyses sur l'impact des formes urbaines sur le confort thermique extérieur :

4.1. Les tissus denses : (habitat traditionnel)

Les formes urbaines compactes participent d'une grande valeur dans la régularisation du rythme thermique extérieur, là où la structure de ces tissus s'intègre d'une façon parfaite à son environnement immédiat. Analysons un exemple des tissus urbains dans les milieux arides (Biskra), et comme l'a indiqué (Alkama D., 1995) à travers une étude typomorphologique, la structure urbaine se caractérise par une compacité et l'irrégularité et l'étroitesse des tracés, avec une adaptation au sein de la palmeraie, dans laquelle une organisation urbaine formée des groupements éparpillés. Les ruelles sont sinueuses étroites, s'enchevêtrent à travers la disposition des habitations ou les séguias qui sont les éléments générateurs des tracés.

L'îlot traditionnel est présenté sous forme des groupements horizontaux avec une variation dimensionnelle de ces derniers, dépendent de la parcelle bâtie, ou l'alignement par rapport aux séguias. Dans la lecture extérieure de la structure ou la lecture de l'enveloppe des constructions, on distingue certaines diversités au traitement de la façade qui tend à être aveugle. Ceci à l'exception de la présence de quelques petites ouvertures, dont son rôle se limite sur l'aération. Le compartiment de l'îlot traditionnel s'envisage sous une forme architecturale introvertie commode, elle aussi avait le rôle de la participation de l'intervention sur le confort thermique urbain, due à la ventilation par le biais des patios et cours intérieurs.

La présence de ces tissus compacts dans la palmeraie, relatif à la logique de linéarité et l'éparpillement en groupements, font de la structure urbaine une masse protégée de l'agressivité du climat chaud, notamment les vents chauds, vents de sable, et les effets de rayonnement solaire qui sont des facteurs principaux de cette région.



Graph 5.1 Évolution de la température de l'air (T_{air}) et de la température radiante (t_{mr}) au cours d'une journée d'été au Quartier M'Cid
Source : Hamel Khalissa, 2005.

D'après le travail tenu par Hamel.K en 2004 qui vise à étudier la relation entre densité urbaine et microclimat à Biskra, l'analyse expérimentale sur terrain (quartier M'cid) a démontré que l'influence de l'ancien tissu ne compte pas grande chose, ceci est conféré du rapprochement entre données du quartier et celles de la station météorologiques, dont l'écart était seulement de 1.0 °C au cours d'une journée estivale.

➤ A vrai dire, un tissu urbain compact est généralement étroit et profond ; Il empêche les rayons solaires d'atteindre les espaces publics (rues, places ou cours intérieures) et génère des ombres qui participent à conserver le confort de ces espaces (Athemna, 2010).

A l'instar, la perturbation au niveau du bilan thermique extérieur marque une atténuation dans cette structure compacte, dont les variations des ruelles et le cadre bâti dans les quels interviennent d'une façon claire sur les haussés de températures et la ventilation, cette dernière se manifeste par la monté de l'air chaud et la conservation de la fraîcheur qui coule dans ces ruelles bien protégées, sans oublier la palmeraie qui régularise le taux de l'humidité relative.

4.2. Les tissus pavillonnaires : (habitat individuel)

Le tissu pavillonnaire s'organise selon une pluralité de formes urbaines. Certaines se distinguent particulièrement : les **cités-jardins**, les lotissements-parcs, les formes en étoile ou concentriques, les formes en damier, les lotissements récents. La forme d'un quartier lui confère une identité propre en déterminant la combinaison entre les espaces privés et les espaces publics. (Athemna K., 2012)

Ces formes organisées confèrent également aux quartiers une forme d'intériorité, «d'autonomie» qui conduit à s'interroger sur ce qui peut se passer aux limites de ces quartiers, dans les espaces qui articulent les quartiers entre eux.

Les quartiers caractérisant les formes pavillonnaires se situent généralement à la périphérie de la ville. Le tissu pavillonnaire est beaucoup moins dense, avec des propriétés individuelles qui s'implantent sur des grandes parcelles où l'espace libre est consacré aux jardins.

4.3. Les cités jardins :

La cité idéale d'Ebenezer Howard était le modèle qui s'opposait aux confusions des grandes villes et ouvrait de larges perspectives sur la campagne. La cité qui semblait être une ville limitée dans l'espace, et réduite par sa population fut l'image utopique que proposait Howard pour la mise en ordre de l'espace urbain.

Les principales caractéristiques des cités jardins (Garden-city) selon Raymond Unwin dans Letchworth City ²⁶ se résument comme suite :

- Le tissu qui semble être compacte par la délimitation des parcelles irrégulières collées les unes aux autres est en réalité aéré par la présence de grands jardins.
- Ce sont des villes statiques mais autonomes : ayant une population limitée habitants et limitée même dans l'espace. En plus elles sont indépendantes vis-à-vis des services et de l'économie.
- Les cités jardin sont composées de plusieurs groupement d'habitations appelé "**les closes**" : "Dans ces cités, l'îlot regroupe plusieurs closes autrement dit, "l'îlot existe au-delà du close"
- Les closes en leurs organisations s'articulaient autour de petits nœuds ouverts servant d'aires de détente et de récréation.
- La maison doit être entourée de jardin et ne doit en aucun cas dépasser les deux étages.
- La cité jardin s'organise autour d'un central parc où sont installés tous les activités de service, de commerce et le shopping.
- La partie urbanisée de la cité jardin est divisée en 06 quartiers qui s'étaient du centre vers la périphérie, délimités par des boulevards radiaux et en contours par des grands avenues.
- La composition est marquée par son avenue central large qui cernait tout le noyau de la cité.

²⁶ Formes urbaines ; de l'îlot à la barre, Panerai P. Marseille, Parenthèses, 1997, P45.

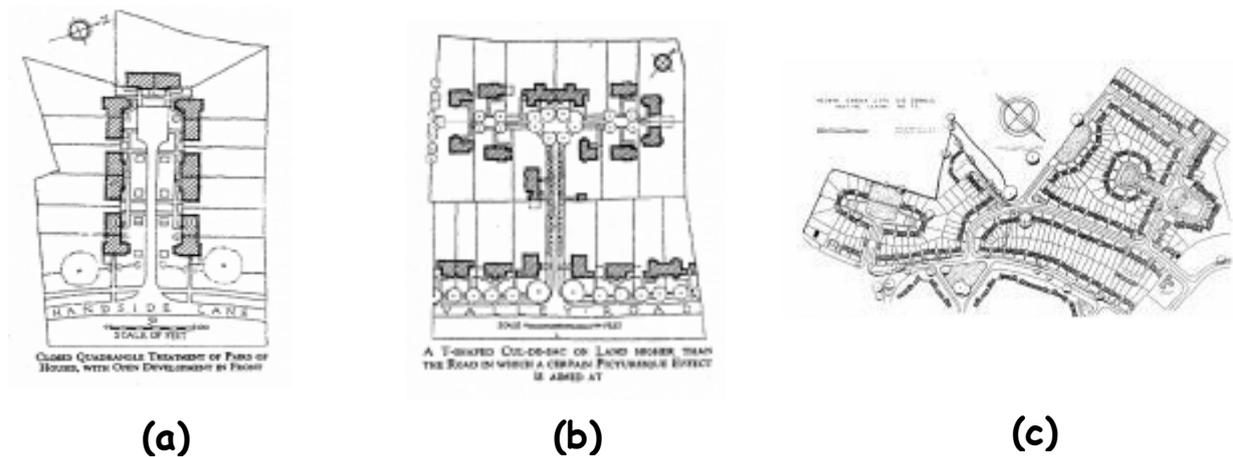


Figure 5.22 Modification de la forme des cours intérieures des closes (a) en forme de rectangle en U, (b) en forme de T, (c) Variation typologique sur le thème du close Raymond Unwin à Welwyn en 1910
Source : Panerai P. et al, 1997.

« **Le close** : c'est un groupement de maisons autour d'une impasse. Cette impasse débouche généralement sur une rue, et on peut considérer comme faisant partie du close les maisons qui, situées sur la rue, annoncent ou ferment ce close. Une fois ce système défini, il existe une infinité de closes possibles, et Hampstead (cité jardin) est un essai de typologie concrète du système, ou du moins de sa mise en forme²⁷. » **Philippe Panerai**

A vrai dire, les formes pavillonnaires représentent des éléments de rugosité qui affectent peu les paramètres climatiques. Selon (Ait-Ameur K., 2002), le microclimat observé dans ces espaces est intermédiaire des conditions du climat urbain et du climat rural. Ces aménagements urbains constituent pour la ville une zone tampon de protection contre l'effet des brises de campagne. Leur implantation et leur disposition sont particulièrement favorables pour réduire les effets aérodynamiques dus aux vents dominants et aux piégeages radiatifs. Notons aussi que la densité élevée des espaces végétalisés qui les composent joue un rôle de brise vent contre les fortes rafales de vent et de rafraîchissement de l'air par évapotranspiration (Athemna K., 2012).

4.4. Les îlots verticaux : (ensemble collectif)

L'habitat collectif se présente sous forme d'immeubles comportant plusieurs logements (appartements) locatifs ou en propriété, par opposition à l'habitat Individuel qui n'en comporte qu'un (pavillon). La taille des immeubles d'habitat collectif est très variable: il peut s'agir de tours, de barres, mais aussi le plus souvent d'immeubles de petites tailles.

L'habitat collectif se rencontre presque uniquement en milieu urbain. C'est un mode d'habitat qui consomme moins d'espace et permet une meilleure desserte (infrastructures, équipements.....) à un coût peu élevé.

Le rapport logements par hectare (Logts/ha) est généralement très significatif chez les urbanistes et les gestionnaires du foncier. Finalement le logement collectif était la solution pertinente pour mettre fin à l'abus de consommation foncière.

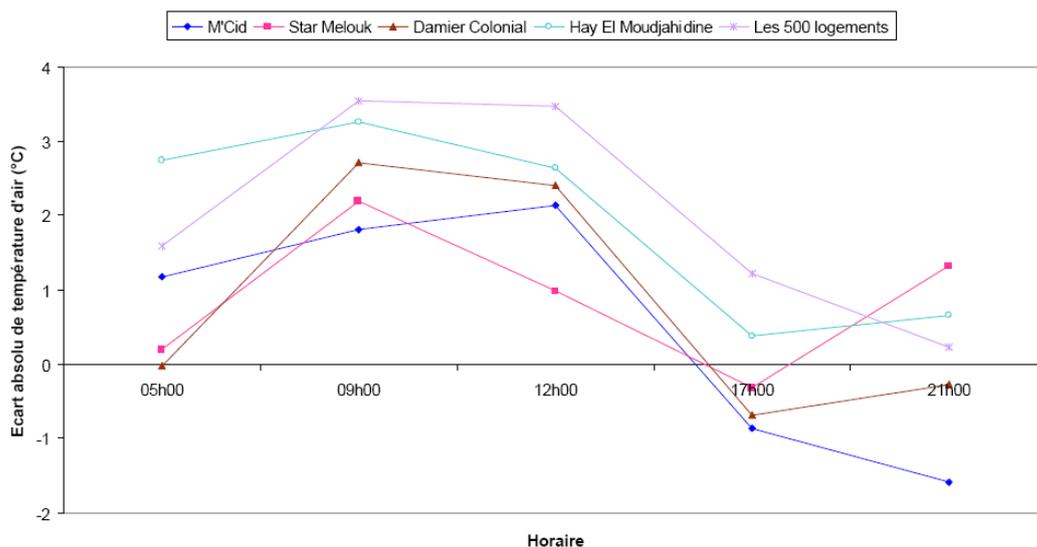
²⁷ Vocabulaire français de l'Art urbain, Lyon, Certu, 1978, P42.



Figure 5.23 Îlots verticaux, des formes isolées engendrent des surfaces exposées au soleil plus l'augmentation des effets aérodynamiques
Source : La revue de l'habitat, 2009.

L'îlot vertical est le mode le plus influencé par les fluctuations climatiques par rapport aux autres tissus urbains ; la grande hauteur, la fragmentation, et la faible densité font de ces tissus un milieu découvert et exposé d'un grand degré au ciel, autant dans ces endroits la rue est remplacée par des galeries et des allées (voire son disparition), néanmoins ces rues étaient des éléments participatifs dont l'ambiance thermique urbaine adéquate, notamment dans les régions arides.

La variation des hauteurs et l'enveloppe du cadre bâti suite à la typologie des logements, intervient d'une manière directe sur le taux d'exposition au soleil pendant la journée, voir la diversité des surfaces exposées et protégées mise en relation avec la mixité du plan de masse. Ces groupements risquent notamment d'une dégradation thermique extérieure comme intérieure, dont les immeubles jouent le rôle du récepteur des rayons solaires.



Graphe 5.2 Comparaison entre les écarts de températures de l'air dans les différents quartiers (à Biskra) par rapport à la station météo (saison d'été)
Source : Hamel Khalissa, 2005.

Dans le but de l'étude consistée la relation entre forme urbaine et le microclimat faite par Hamel en 2004 (cité auparavant), le processus dut baser sur l'analyse d'un ensemble de quartiers ou a été enregistré des écarts différents, indiquons que ces échantillons se diffèrent selon leurs niveaux de densités urbaines. Les températures de l'air les plus élevées ont été prises au sein du quartier des 500 logements qui possède un CES = 0.09 à dire c'est le plus faible. L'écart entre site et météo a abouti les 3,5°C dans lequel était le plus haut des autres.

On conclu que dans ces tissus urbains, les surfaces de captage du rayonnement solaire sont nombreuses. En effet, les immeubles de grande hauteur constituent des géométries isolées et multiplient les surfaces exposées aux fluctuations climatiques. Les propriétés des matériaux de surface entraînent des bilans thermiques variables selon la nature des matériaux, leur inertie et leur réflexion. Aussi, la ventilation écoulee entre les bâtiments compense continuellement la haussé des températures d'air et de surface et assure le rafraichissement des espaces. En revanche, dès que la vitesse du vent augmente, des effets aérodynamiques indésirables nés des fortes vitesses produites par les formes bâties créent de plus en plus de gêne. En effet, les formes urbaines isolées et dispersées dans les ilots verticaux créent des perturbations, entraînent des accélérations d'air ainsi que de nombreux mouvements tourbillonnaires notamment au pied et à l'angle des immeubles. Ces écoulement sont critiques pour le confort au niveau du piéton et peuvent rendre les espaces impraticables.

5. Propriétés thermo-physiques des matériaux de construction : entre les caractéristiques et l'impact :

5.1. Un matériau de construction comment réagit-il ?

La complexité du milieu urbain, présente une grande influence sur les fluctuations thermiques urbaines. La diversité des types de matériaux et les surfaces rend les échanges thermiques entre les structures urbaines et leur environnement extérieur plus complexe. En effet, exposés aux flux solaires incidents, ces matériaux deviennent des sources de réflexion des rayonnements solaires et d'émission des rayonnements infrarouges. Ces apports dépendent de l'albédo des matériaux ainsi que de l'inertie des enveloppes urbaines.

Pour décortiquer la problématique, il faut savoir que les propriétés des matériaux qui affectent ce bilan d'échange de chaleur entre extérieur et intérieur les bâtiments et qui conditionnent aussi l'ambiance thermique intérieure et le confort des occupants sont²⁸ :

- La conductivité thermique.
- Les caractéristiques de surface vis-à-vis du rayonnement : facteurs d'absorption, de réflexion et d'émission.
- Le coefficient de convection de surface.
- La capacité calorifique.
- La transparence aux rayonnements de différentes longueurs d'onde.

²⁸ L'homme, l'architecture et le climat, Givoni B. Paris, Le Moniteur, 1978, P121.

5.1.1. Conductivité thermique :

La conductivité thermique est la propriété du matériau qui détermine le flux de chaleur qui par unité de temps, traverse une unité d'épaisseur d'une unité de surface de matériau soumis à un gradient de température égal à l'unité (Givoni B., 1978). Une faible conductivité thermique limite le taux de chaleur captée par une surface. Mais d'autre part, elle freine la restitution de chaleur emmagasinée dans les volumes bâtis durant la nuit (Hamel K., 2005).

5.1.2. Les caractéristiques de surface vis-à-vis du rayonnement :

La surface externe de chaque matériau opaque possède trois propriétés déterminantes dans son comportement vis-à-vis des échanges de chaleur radiante : ce sont les facteurs d'absorption, de réflexion et d'émission (Givoni B., 1978). A vrai dire, un rayonnement incident sur une surface opaque peut être absorbé ou réfléchi, entièrement absorbé par une surface noire parfaite, et entièrement réfléchi par un réflecteur parfait. Dans ce cas, si on analyse l'habitation dans les régions arides, nous constatons que les surfaces bâties sont de bonne absorption, ce qui permet de réduire considérablement l'échauffement des surfaces externes donc une stabilité de l'air ambiant (voire la stabilité thermique).

Le facteur d'émission noté ϵ est le pouvoir relatif d'un matériau d'émettre une énergie rayonnante. Pour chaque longueur d'onde spécifique, les facteurs d'absorption (noté a) et d'émission sont numériquement égaux ($a = \epsilon$) mais ils peuvent varier tous les deux pour différentes longueurs d'onde.

Matériaux ou couleur	Facteurs d'absorption courtes longueurs d'onde	Facteurs d'émission grandes longueurs d'onde
Feuille d'aluminium brillant	0.05	0.05
Feuille d'aluminium oxydé	0.15	0.12
Acier galvanisé brillant	0.25	0.25
Peinture aluminium	0.50	0.50
Enduit de chaux neuf	0.12	0.90
Peinture à l'huile blanche	0.20	0.90
Couleur grise claire	0.40	0.90
Couleur grise foncée	0.70	0.90
Couleur verte claire	0.40	0.90
Couleur verte foncée	0.70	0.90
Couleur noire ordinaire	0.85	0.90

Tableau 5.3 Facteurs d'absorption et d'émission de diverses surfaces

Source : B. Givoni, 1978.

Cependant, nous devons signaler un autre aspect représenté sous la notion de l'**albédo**. Ce dernier est le un paramètre particulier aux matériaux qui influe sur leur comportement face à la chaleur, il représente l'énergie solaire réfléchi par rapport à l'énergie solaire reçue (Energie réfléchi / Energie reçue).

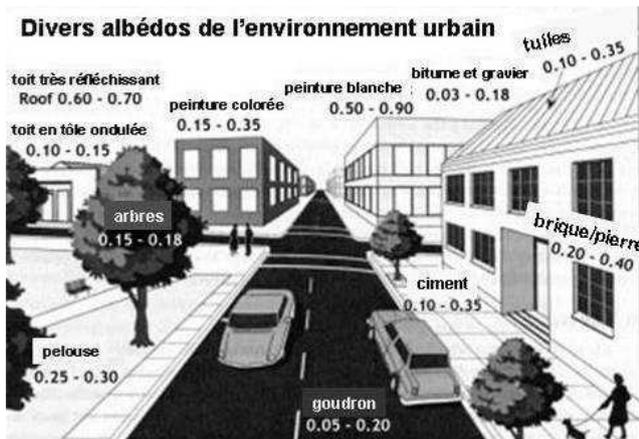


Figure 5.24 Différents albédos à l'intérieur de la ville
Source : Colombert, 2008.

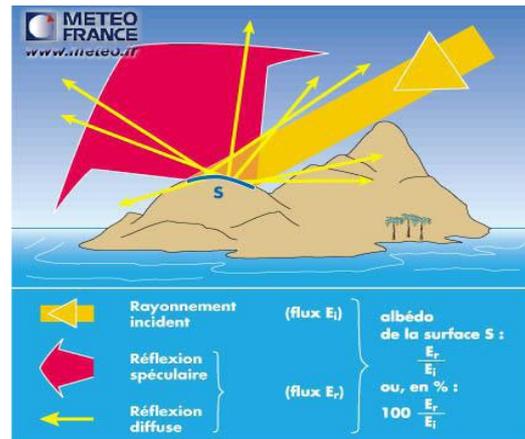
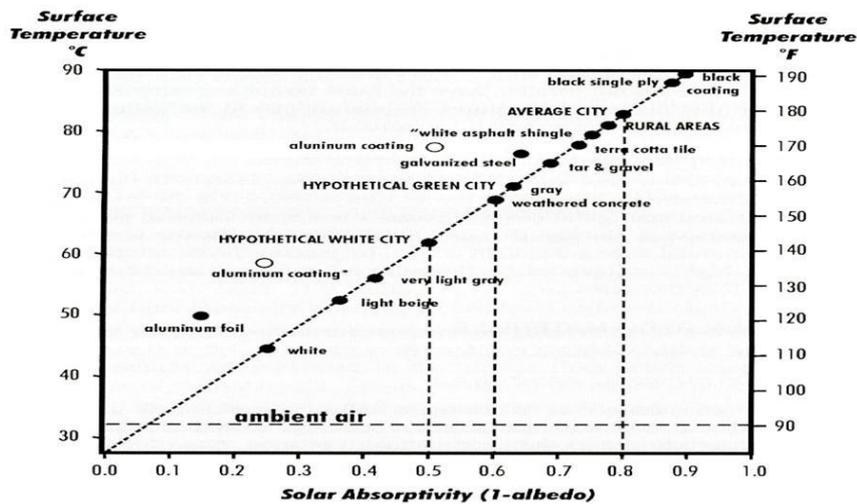


Figure 5.25 La relation de l'albédo du rapport Energie reçue/ réfléchi
Source : Météo-France, 2010.

▪ L'impact des couleurs des surfaces sur l'albédo :

Un albédo est exprimé en fraction de 0 à 1, où 1 représenterait une surface qui réfléchirait 100 % de l'énergie, et 0 une surface qui absorberait entièrement les rayonnements sans aucune réflexion (IAU îdf, 2010). Ainsi, une surface dont l'albédo est inférieur à 0,03 (ou 3 %) est perçue comme noire, celle dont l'albédo est supérieur à 0,8 (ou 80 %) est perçue comme blanche. A ce propos, nombreuses études antérieures celles qui ont tenu à référencier l'augmentation du degré de réflexion des matériaux constituant les surfaces bâties (façades et toitures), est liée étroitement à leur couleur, à leur mode d'utilisation et à la nature des surfaces urbaines.

La couleur d'une surface donne une bonne indication de son facteur d'absorption pour le rayonnement solaire. Le facteur d'absorption décroît, et le facteur de réflexion croît avec la clarté de la couleur. Mais à part, la couleur n'est pas une indication du comportement d'une surface vis-à-vis des rayonnements de grande longueur d'onde. Ainsi, des peintures noires et blanches possèdent des facteurs d'absorption du rayonnement solaire totalement différents et une surface noire s'échauffe beaucoup plus pendant une exposition au soleil. Les matériaux de couleurs claires ont un albédo supérieur à celui des matériaux sombres. Ainsi, les toitures peintes avec des revêtements blancs ont une forte réflectivité, pouvant atteindre 72 %, contre 26 % pour des toitures noires. Akbari et al. (2003) ont étudié l'impact de la couleur des façades sur la température des surfaces. Pendant les heures de plein soleil, les façades peintes en noir peuvent atteindre des températures supérieures de 7°C par rapport à celles peintes en blanc. D'après McPherson et al (1997), qui ont évoqué l'impact de la couleur des toitures dans le désert d'Arizona aux Etats Unis. Dans ce cas, les toitures blanches avec un albédo de 0,75 étaient jusqu'à 20°C plus froides que les toits gris (albédo de l'ordre de 0,30) et jusqu'à 30°C plus froides que celles des toits sombres (albédo de 0,10). La Figure ci-dessous montre clairement que la température d'un matériau diminue avec l'augmentation de l'albédo, dont le rapport était directement attaché aux couleurs.



Graph 5.3 La quantité d'énergie solaire absorbée en fonction de la température de surface pour plusieurs matériaux
 Source : Athemna Khaled, 2012.

5.1.3. Coefficient de surface :

Le coefficient de surface détermine le taux d'échange de chaleur entre surface et l'air environnant ainsi que l'échange radiatif avec les autres surfaces ou le ciel (Givoni B. 1978). Il est constitué par deux facteurs incluant les échanges radiatifs et convectifs. Le **coefficient de rayonnement** c'est un coefficient de transmission thermique surfacique indiquant la contribution du rayonnement dans l'échange thermique. Le **coefficient de convection** lui, dépend avant tout de la vitesse de l'air à proximité de la surface.

D'après J.Dreyfus, les valeurs approximatives du coefficient d'échange de chaleur radiante (H_r) pour une surface noire sont données comme ci-dessous²⁹ :

Températures moyennes (°C)	20	30	40	50
H_r (kcal/m ² .h.°C)	5,0	5,4	6,0	7,0
H_r (W/m ² .°C)	5,8	6,3	7,0	8,1

Source : B. Givoni, 1978.

Le transfert de chaleur par convection peut se subdiviser en deux composantes : la thermoconvection et la convection forcée. La thermoconvection est due à la différence de température entre la surface et l'air environnant et dépend de la grandeur de cette différence de température et de la position de la surface.

Différence de température (°C)	2	10	30
coefficient (kcal/m ² .h.°C)	2	3	4
(W/m ² .°C)	2,3	3,5	4,7

Source : B. Givoni, 1978, d'après Dreyfus.

²⁹ L'homme, l'architecture et le climat, Givoni B. Paris, Le Moniteur, 1978, P126.

5.1.4. Capacité calorifique :

La capacité calorifique (ou capacité thermique) d'un corps est une grandeur permettant de quantifier la possibilité qu'a un corps d'absorber ou restituer de l'énergie par échange thermique au cours d'une transformation pendant laquelle sa température varie. C'est une grandeur extensive : plus la quantité de matière est importante plus la capacité thermique est grande. Toutes choses étant égales par ailleurs, plus la capacité thermique d'un corps est grande, plus grande sera la quantité d'énergie échangée au cours d'une transformation s'accompagnant d'une variation de la température de ce corps.

Une partie de la chaleur absorbée pendant le jour chauffe la masse des murs et des toitures, le reste est transmis à l'intérieur. Le rapport entre la chaleur absorbée et la chaleur stockée dépend avant tout de la capacité calorifique de l'enveloppe, c'est-à-dire le produit de son poids par sa chaleur spécifique. Ainsi sous les variations périodiques des conditions extérieures, et avec des différences de températures et une résistance thermique donnée, le flux de chaleur transmis à la structure du bâtiment décroît lorsque la capacité calorifique croît. La nuit, la chaleur stockée par une structure de grande capacité calorifique est restituée.

La capacité calorifique modère l'importance des flux entrant et sortant du bâtiment. D'où il paraît que cet aspect est d'une très grande signification pour l'effet des bâtiments sur le climat urbain, et nécessite d'être développé parallèlement avec les effets microclimatiques intérieurs (Hamel K., 2005).

Pour récapituler cet ensemble de caractéristiques thermo-physiques, on a tenté d'établir le tableau ci-dessous, en englobant toutes spécificités possibles des matériaux de construction ou l'apport de l'impact sanitaire, et écologique dus à ces contraintes matérielles. Il est à signaler que les informations présentées dans le tableau, font une collection de celles de Givoni.B (1978), et autre d'un travail d'étudiants en PG.

Isolants synthétiques	Densité (kg/m ³)	Conductivité λ (W.m ² °C)	Capacité calorifique (kJ/m ³ °C)	Diffusivité (x10 ⁻⁷ m ² /s)	Impact sanitaire	Impact écologique
Terre sèche	1500	0.750	1350	5.6	*	*
Sable sec	1500 à 1800	0.400	1200 à 1440	3.3 à 2.8	*	*
Plâtre courant	900	0.350	972	3.6	-	-
Plaque de plâtre (type BA13)	900	0.25			*	-
Plaque de plâtre Fermacell	1100	0.36	1785	2	*	*
Mortier	1950	1.150	1650	7	-	-
Béton de granulats plein	2300	1.75	2160	8	-	-

Béton cellulaire	400 à 800	0.22	352 à 704	6.2 à 3.1	-	-
Pierre lourde (granit)	2600	3	1820	16	*	*
Pierre calcaire	2450	2.4	1760	14	*	*
Brique terre cuite pleine	1900	1.15	1634	7	*	-
Brique terre crue pleine	1800	1.1	1512	7.3	*	*
Brique creuse	700 à 1000	0.35	630 à 900	5.6 à 3.9	*	-
Brique monomur 37	700 à 800	0.15	700 à 800	2.1 à 1.9	*	-
Parpaing aggloméré	500 à 1400	0.3 à 0.9	450 à 1260	6.7 à 7.1	-	-
Bois léger (résineux)	400	0.12	960	1.25	*	*
Bois lourd	800	0.23	2160	1.06	*	*
Bois panneaux (OSB, particules...)	600	0.14	1380	1	*	*
Acier	7870	52	3780	138	-	-
Aluminium	2700	230	2511	916	*	-

* : Etat d'une bonne influence.

- : Etat d'une mauvaise influence.

Tableau 5.4 Tableau des propriétés thermo-physiques des matériaux de construction
Source : B. Givoni, 1978, d'après Dreyfus.

Conclusion :

Une structure urbaine est largement plus qu'une masse physique qui doit contenir des îlots et des espaces urbains reliés par des voies. Notre chapitre a mis l'accent sur les influences globales qui sont le résultat concret de plusieurs paramètres, ces derniers se partagent entre morphologiques et climatiques. Dans ce sens, nous avons compris que la mixité d'éléments élémentaires des tissus urbains fait la grande influence sur le bilan thermique aux espaces extérieurs, tels les rues, cadre bâti, et espaces libres.

En premier lieu, la variation dimensionnelle des rues soit sur le plan horizontal où vertical, ce changement induit une perturbation thermique extérieure. Comme nous l'avons déjà cité le degré d'ouverture sur ciel, FVC joue un rôle très important par la détermination des espaces ombragés ou exposés au rayonnement solaire, ainsi le rapport entre la hauteur et la largeur des rues (H/W) influe lui aussi remarquablement sur la hausse de la température ambiante et l'écoulement d'air vis-à-vis de l'orientation de la rue (parallèle ou perpendiculaire à l'orientation de la rue). Aussi, la variation verticale de la façade engendre un facteur de changement au niveau du confort thermique, cet impact dû au changement

morphologique de la façade dont la symétrie, la dégradation, et ainsi les décrochements appartenant à l'enveloppe extérieure des bâtisses.

Le niveau de la densité urbaine et la compacité du cadre bâti influe significativement sur le rythme thermique, à travers les effets de stockage de la chaleur diffusée, et la porosité urbaine. La propagation des températures de l'air, les températures radiantes, et l'écoulement d'air varient d'un tissu à l'autre selon sa densité. Pour bien aborder l'image, aux régions arides la forte densité de leurs établissements influe d'une manière positive sur le confort thermique extérieur, en réduisant les surfaces exposées, autant la compacité du cadre bâti provoque elle aussi les conditions climatiques extérieures.

Les rapports entre le bâti et le non bâti, produisent plusieurs effets à l'échelle du climat local. L'isolement, et la hauteur font du confort thermique aux espaces extérieurs un variable dépendant des ces rapports. Comme nous l'avons cité, les différentes typologies urbaines et architecturales incluent des perturbations comme elles régularisent ces bouleversements, prenons à titre d'exemple les immeubles qui génèrent des effets aérodynamiques indésirables au niveau du plan de masse. Il s'agit, de turbulences, d'accélération de la vitesse de l'air, et des effets types, tel que l'effet de Venturi, l'effet sillage. Donc, notre constat évoque bien le rapport entre le cadre bâti et les vides dans la ville, puis il décortique l'orientation des bâtiments, ainsi que la configuration spatiale de l'enveloppe (introvertie et extravertie).

En dernier lieu, les effets des matériaux de constructions et les couleurs réside dans leur comportement envers l'ensoleillement et le taux du transfert de la chaleur entre les structures des enveloppes des constructions. Cet impact revient aux propriétés thermo-physiques du matériau et spécifiquement dans le cadre énergétique c'est-à-dire l'interaction énergétique entre rayonnement solaire et la masse physique dont l'absorption, l'émissivité affecte le bilan thermique extérieur.

Chapitre 6 :

Etat de l'art :

Arrêt **s**ur **e**xpériences...



Introduction :

« *La connaissance s'acquiert par l'expérience, tout le reste n'est que de l'information...* »

Albert Einstein

Le besoin d'un environnement thermique plus sain et plus confortable revendique des recherches et des expériences assez profondes celles qui fouillent dans les détails, pour mettre en envergure tous les aspects manquants et les points négatifs qui agissent directement ou indirectement sur le confort thermique dans l'espace extérieur. Le but crucial est de formuler une équation exacte pour une conception urbaine et architecturale adaptable. L'évaluation du confort thermique ne se concentre pas seulement aux milieux arides, chauds, pays développé ou émergent ; la thématique est plus vaste pour qu'elle puisse être limitée dans un espace quelconque, ça devient une problématique qui se propage au monde entier. Le climat et la morphologie urbaine, font deux composantes variables d'un lieu à l'autre ainsi qu'un temps à un autre, ce qui met cette recherche toujours en ouverture, en continuation dans laquelle les grands résultats et définitions obtenues sont à nos jours sous la reproduction et la reformulation.

A vrai dire, les travaux relevés aux universités et aux laboratoires ont bien accommodé des méthodes et des moyens spéciaux, selon les sites investigués, les instruments de l'expérience, et les logiciels du calcul et la simulation.

Le chapitre récent rassemble une série d'études menées par des chercheurs et spécialistes du domaine, nous voulons à travers cela acquérir la meilleure méthode de l'approche expérimentale. Cependant, il était impératif de sélectionner les différentes expériences dans lesquelles les outils de travail varient tandis que l'objectif reste unique.

1. Etude de Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer (2005) :

Dans l'étude menée par Ali-Toudert et H.Mayer en 2005, qui vise à analyser la dépendance du confort thermique extérieur sur la configuration spatiale de la rue sous des conditions typiques de la saison estivale (1er Août) à Ghardaïa, cette dernière représente une région aride du grand sud algérien. L'étude fut fondée à la base du logiciel tridimensionnel Envi-met (Bruse, M. 1999), pour le but d'une simulation numérique soumise sous des conditions microclimatiques bien déterminées.

Les conditions microclimatiques ont été prises pour les canyons urbains sélectionnés, ceux qui se différencient principalement par le rapport du prospect : H/W, ainsi que l'orientation des rues et un nombre de détails architectoniques. Les rues canyons symétriques représentées avec le ratio : H / W qui égal à 0,5, 1, 2 et 4 comme pour les différentes orientations solaires (E-O, N-S, NE-SO et NO-SE) qui ont été étudiés. Dans de plus, les profils asymétriques avec ouverture différente vers le ciel étaient étudiés ainsi que le rôle des galeries et des façades surplombées. Les canyons urbains de la rue, y compris les rangées d'arbres ont aussi été étudiés avec une autre possibilité pour améliorer le confort thermique extérieure en été. L'analyse est portée au-dessus les différences spatiales locales à l'intérieur de la rue, c'est-à-dire le milieu et les bornes (trottoirs) de la rue, ceci a été pris sur la base de l'usage quotidien, afin d'envisager la subjectivité de l'utilisation via les habitants ainsi que l'heure de leur fréquentation à l'espace.

A l'instar, un point très particulier a été ajouté à l'**homme bio-métérologique** celui de l'évaluation du microclimat par le biais de la température physiologique équivalente PET (Mayer, H. Höppe, P. 1987, Höppe, P. 1993, 1999).

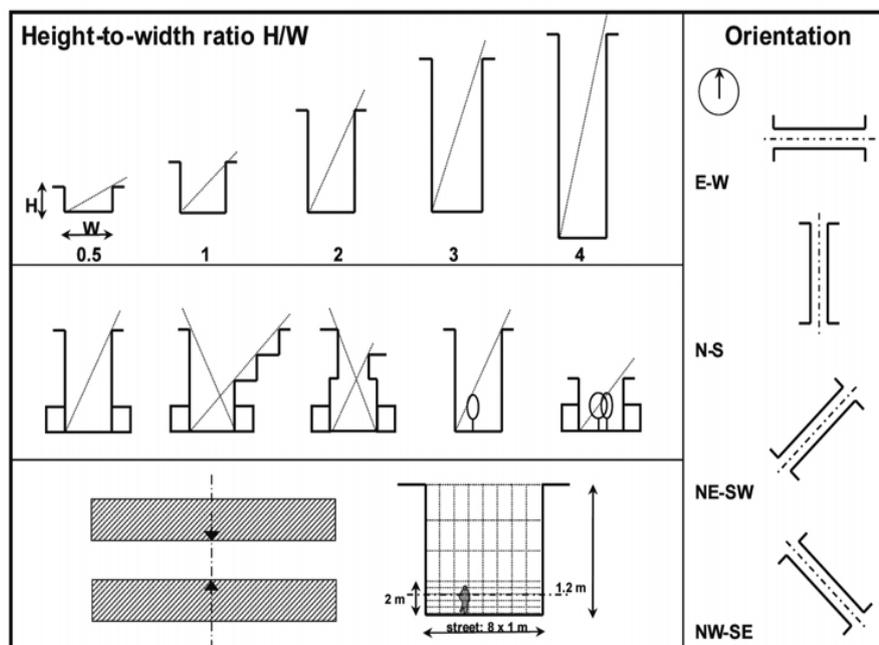


Figure 6.1 Schéma représentatif de la géométrie de la rue canyon simulée par Envi-met Model.
Source : Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer, 2005.

1.1. Résultats de l'expérience :

Par le biais de la simulation avec le logiciel Envi-met sous des conditions climatiques estivales, l'étude a relevé l'évolution journalière de la température de l'air (T_{air}) dans un canyon urbain d'un rapport d'aspect qui varie de 0.5 à 4 au niveau des orientations Est-Ouest et Nord-Sud. Cependant les valeurs maximales obtenues ont enregistré leurs maximums à 15h00 ; dans laquelle ils obtiennent une différence relative à la variété du prospect. Le taux calorifique reflète la quantité d'énergie absorbée ce qui a influé sur l'augmentation de la température ambiante au sein de la rue canyon. La maxima ($T_{air\ max}$), est relevée à plusieurs heures de la journée, celle-ci est relative à l'orientation et particulièrement à l'augmentation du prospect. Cette dernière est obtenue au début de l'après midi notamment dans l'axe Nord-Sud, et à la fin de journée dans l'axe Est-Ouest, ce qui correspond au degré de l'exposition au soleil de chaque axe respectif.

La simulation ainsi a dévoilé que l'irrégularité géométrique verticale a un impact léger, confirmé par la comparaison à la simple géométrie de la rue. Néanmoins, les rues dégagées démontrent qu'elles se réchauffent au maximum durant le jour, et se refroidissent rapidement le soir.

Il est à signaler que l'obtention des valeurs exactes de la PET était difficile en raison des conditions climatiques de la région. Les résultats ont démontré que les valeurs maximales de la PET ont atteint les 68°C ; en revanche les minimales ont été presque proches de celles de la température de l'air (T_{air}). Néanmoins, l'amélioration de la qualité thermique extérieure est en lien étroit avec la géométrie de la rue. L'étude a prouvé que la durée et le temps du pic suggéré à la chaleur font leur rapport à l'aspect de ratio H/W et principalement à l'orientation de la rue. Pour les ratios $H/W \leq 1$ les rues deviennent inconfortables dans les deux orientations, mais par rapport à l'orientation Est-Ouest les rues Nord-Sud comprennent un avantage concentré dans la durée de la surchauffe.

Les résultats confirment le rôle dominant de l'exposition solaire, et précisément les flux radiatifs déterminés depuis la température moyenne radiante dans les conditions estivales. A vrai dire, un piéton absorbe de l'énergie directe par le biais des surfaces bâties. Le but est d'avoir un ombrage suffisant pour préserver l'environnement thermique, ou une autre forme de protection face aux températures de l'air au sein des rues.

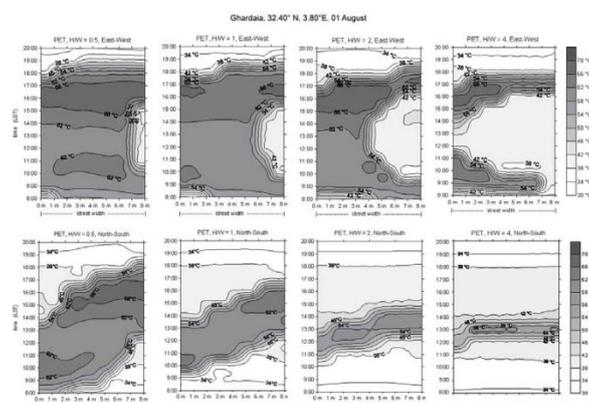


Figure 6.2 La distribution spatiale et temporelle de l'indice de la PET à l'intérieur des quartiers visités
Source : Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer, 2005.

2.1. Méthodologie du travail :

L'étude planifiée par Luc Adolphe et Claudia Krause³⁰ est basée sur un ensemble de points qui forment une série d'étapes à suivre :

- La détermination des formes géométriques qui sont en rapport étroit aux paramètres régulateurs des bâtiments.
- La deuxième étape consiste en la simulation numérique par le biais du logiciel tridimensionnel (Envi-met), celui qui permet la recherche de la qualité microclimatique propre à l'espace comme la définition de ses changements.
- L'obtention de la valeur exacte de la température physiologique équivalente (PET).
- Elaboration d'une analyse comparative des paramètres microclimatiques obtenus.

2.2. Cas d'étude :

Le travail vise à étudier une région tropicale, semi-aride de la partie nord brésilienne précisément la ville de Petrolina, dans laquelle le climat est caractérisé de hautes températures durant toute l'année, ainsi que l'humidité relative qui est en mutation journalière et saisonnière. En effet, l'objectif primordial du travail est expliqué sous une approche statistique, ou les chercheurs ont bien voulu définir une interaction entre la variation morphologique et l'autre qui soit microclimatique via la simulation numérique. Les scénarios proposés ont été décrits géométriquement par la hauteur du bâtiment, la largeur, autant que le cout absolu du local. La deuxième démarche consiste à donner naissance à ce qu'ils appelaient des expériences urbaines, à travers la création d'un ensemble de quartiers fondés sur la base de bâtiments cités, dans lesquels ces expériences sont définies en plusieurs paramètres (largeur de la rue, hauteur des bâtiments, orientation). Les détails sont illustrés à travers le tableau ci-dessous :

Exp	Width (m)	Length (m)	Height (m)	Building resulting dimensions (W;L;H)	Street width (m)	Orientation
I	15	20	6	15; 14; 6	6	N-S; E-W
II	15	60	6	15; 54; 6	6	N-S; E-W
III	15	20	60	4; 6; 60	6	N-S; E-W
IV	15	60	60	4; 46; 60	6	N-S; E-W
V	30	20	6	30; 14; 6	6	N-S; E-W
VI	30	60	6	30; 54; 6	6	N-S; E-W
VII	30	20	60	20; 6; 60	6	N-S; E-W
VIII	30	60	60	20; 46; 60	6	N-S; E-W

Tableau 6.1 Tableau réparti les expériences (scénarios) urbaines
Source : Luc Adolphe et Claudia Krause, 2012.

³⁰ 28^e conférence de Lima, Pérou, 7-9 Novembre, 2012.

Cependant il était nécessaire d'élaborer une série de modèles qui sont déterminés sous la forme d'échantillons (huit champs d'expérience), ces derniers étant variés selon plusieurs paramètres morphologiques tels que : la densité urbaine, compacité urbaine, enchaînement de bâtiments, le facteur de vue du ciel (SVF), et le rapport d'aspect H/W bien sûr.

	(I)	(II)	(III)	(IV)
Built density	0,69	0,90	0,08	0,20
Compactness	0,31	0,20	0,85	0,56
Contiguity	0,43	0,65	0,58	0,88
Mean SVF	0,66	0,66	0,49	0,43
H/W ratio	0,43	0,43	2,73	2,73
	(V)	(VI)	(VII)	(VIII)
Built density	0,70	0,90	0,2	0,51
Compactness	0,31	0,20	0,45	0,16
Contiguity	0,19	0,27	0,24	0,63
Mean SVF	0,66	0,66	0,38	0,36
H/W ratio	0,43	0,43	2,73	2,73

Tableau 6.2 Tableau résume les différents paramètres morphologiques de chaque scénario
Source : Luc Adolphe et Claudia Krause, 2012.

A vrai dire, toute cette démonstration est un produit pour une simulation numérique par l'aide du logiciel Envi-met, celui qui définit les valeurs quantitatives de l'aspect microclimatique au sein des quartiers élaborés, ayant deux variables principaux pour l'évaluation ceux de la température moyenne radiante (TMR), et la vitesse de l'air (V_{air}), et l'indice du confort thermique celui de la température physiologique équivalente (PET).

Il est à ré-indiquer que la recherche a pour but de donner une logique au lien entre l'espace urbain et le stress thermique jugé par les piétons sous des conditions d'été.

2.3. Analyses et résultats :

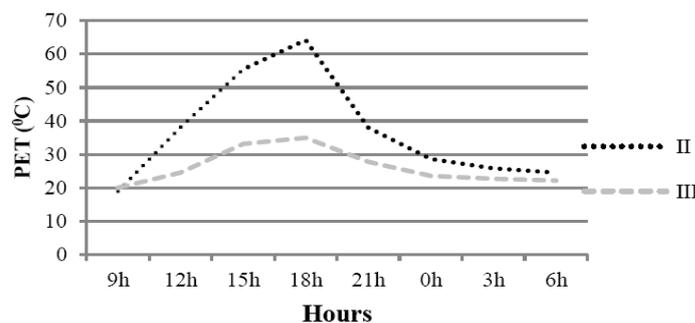
2.3.1. Température moyenne radiante et vitesse de l'air :

Tout d'abord la première station a pour but d'avouer que le pourcentage le plus haut d'ombre est obtenu dans les cas caractérisés par des rapports d'aspect les plus hauts, tandis que les valeurs de la moyenne radiante relevées ont été minimales au niveau du scénario 7 et 3 avec $27,66^{\circ}\text{C}$ et $29,65^{\circ}\text{C}$ en succession. Par contre le maximum est enregistré pour le cas 4 et 8 avec des valeurs de 32°C et 33°C respectivement, dans lesquels ces derniers points représentent le niveau le plus supérieur des ratios. Cette particularité peut être jugée comme un effet dû à la durée d'exposition au soleil, où l'enveloppe (compacité urbaine) est fortement exposée.

Il est à signaler que l'orientation Nord-Sud des mêmes échantillons cités dernièrement a bien démontré une diminution des valeurs de la TMR, notamment la moyenne matinale, mais elle augmente pour le reste de la journée.

2.3.2. Température physiologique équivalente :

Pour l'évaluation de l'indice de la PET, le calcul a indiqué que les valeurs maximales ont été relevées à 18h00 au niveau du cas 2 et 5 dans lesquels on retrouve les niveaux les plus hauts du prospect H/W ainsi que le facteur vue du ciel SVF= 0,66. En revanche, au cours de la matinée les mêmes échantillons présentent les valeurs minimales de la PET, ce qui a été relié au degré d'ensoleillement pour lequel le deuxième et le cinquième scénario ont été totalement protégés pendant ces heures. En outre, pour les surfaces ombragées au sein des cas 3 et 7 (grand niveau de compacité urbaine) la PET a enregistré une valeur minimale, mais à part au temps du lever du soleil la canopée urbaine devient progressivement chaude, relativement due au nombre des surfaces exposées au flux solaire ce qui a engendré des PET de 34,9°C et 33,7°C relevées à 18h00. La cause a été liée à la quantité énergétique emmagasinée à l'intérieur des tours qui font de 60m de la hauteur, sous lesquelles l'atmosphère est respectivement réchauffée.



Graph 6.1 Comparaison entre valeurs journalières de la PET des scénarios : II et III
Source : Luc Adolphe et Claudia Krause, 2012.

3. Etude de Chen-Yi Sun et al (2009):

Le travail évoqué par le professeur Chen-Yi Sun en Taiwan ³¹, vise à étudier le rapport existant entre l'environnement thermique et la rue canyon dans le climat chaud et humide. La ville de Taichung comme territoire d'investigation, caractérisée par un été chaud et humide, et un hiver froid. Tandis que la moyenne annuelle de la température est de 23°C plus une moyenne de précipitation qui atteint les 1700 mm durant l'année. Le chercheur a choisi deux rues qui se différencient dans leur géométrie, densité végétale (VD), densité de bâtiments (BD), et ainsi le rapport d'aspect H/W, dans laquelle les rues sont orientées vers la direction Est-Ouest.

L'expérience est prise dans trois journées différentes, la première soit le 11 décembre 2008, ensuite le 15 janvier, et enfin le 7 février 2009. Il était nécessaire de prendre cette campagne de mesure dans des conditions similaires, telles que les heures : 14h00, 18h00 et 22h00,

³¹ La septième conférence internationale du climat urbain, 29 juin- 3 juillet 2009, Japon.

et que la hauteur des mesures soit à 4m du sol. Le tableau suivant éclaircit toutes les données mesurées au cours de la campagne :

	T _{air}	H _R	V _{air}	V _{air max}	Durée d'ensoleillement	Nuage	Insolation
11/12/2008	19.1	70.1	1.3	3.6	9.9	0.0	15.2
15/01/2009	12.7	67.8	1.1	3.3	9.5	0.0	14.9
7/02/2009	19.1	78.8	1.3	3.4	9.1	2.3	16.3

Tableau 6.3 Les données climatiques prises au cours des trois jours
Source : Chen-Yi Sun et al, 2009.

En effet, les paramètres urbains tels que la densité urbaine, et la densité bâtie ont été systématiquement élaborés sur la base des données du système d'informations géographiques (SIG) de la ville de Taichung, tandis que le prospect (H/W) est calculé mathématiquement. L'opération est illustrée dans les schémas ci-dessous.

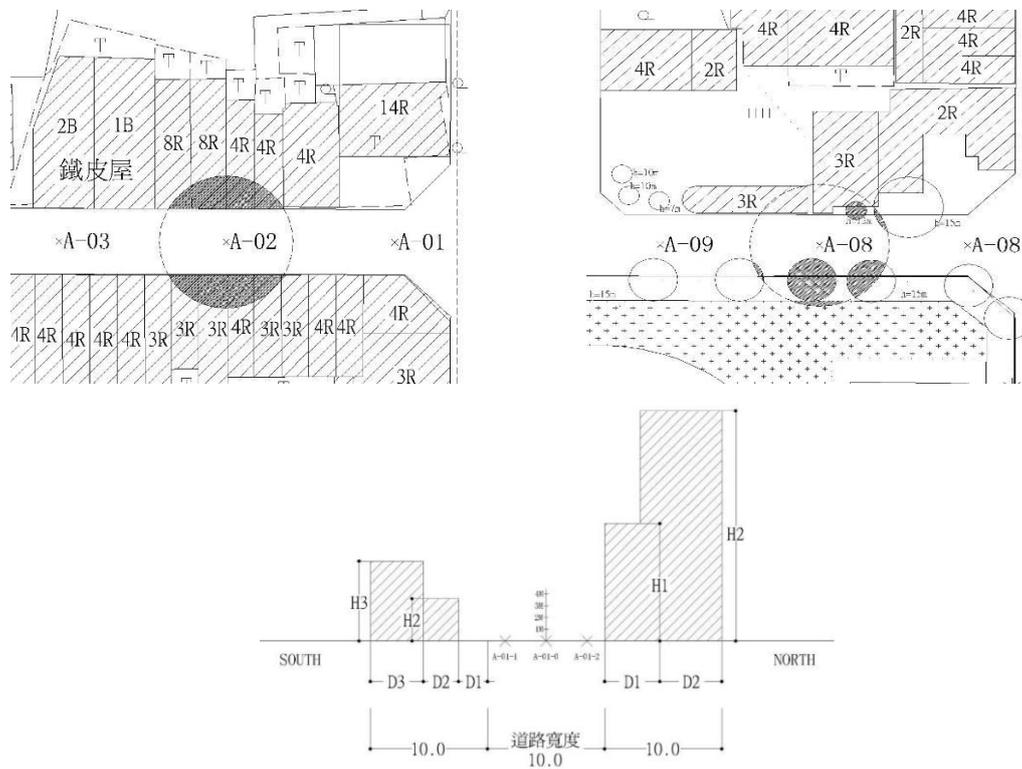


Figure 6.4 Relevés de valeurs des densités urbaine et végétale, et le rapport d'aspect (H/W)
Source : Chen-Yi Sun et al, 2009.

3.1. Résultats de l'expérience :

3.1.1. La relation entre la température de l'air et la densité végétale :

Pendant la campagne, on s'était aperçu que l'impact de la végétation n'était pas significatif, alors qu'on note la forte influence des surfaces bâties telles que l'asphalte, le béton et aussi

bien l'effet de l'ensoleillement et l'ombrage. Les aires végétalisées restent toujours plus fraîches que l'espace urbain ceci est jugé par l'intervention de l'évaporation.

3.1.2. La relation entre la température de l'air et la densité urbaine:

Comme l'indique le tableau, l'impact dû aux bâtiments est très apparent, ceci se produit dès le lever du soleil ; ce qui explique que l'environnement urbain est très sensible à l'exposition solaire. L'augmentation des températures journalières d'air est liée étroitement au degré d'ensoleillement des quartiers.

3.1.3. La relation entre la température de l'air et le rapport d'aspect (H/W):

L'étude a dévoilé que le prospect (H/W) joue un rôle primordial dans la régularisation de la température ambiante, ce qui a démontré que le pourcentage du ratio contrôle impérativement le niveau d'ensoleillement ainsi que le débit de la pénétration des courants d'air.

Sensor Height	Dec. 11 2008 14:00			Dec. 11 2008 18:00			Dec. 11 2008 22:00		
	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W
1M	0.190	-0.026	-0.117	-0.227	0.000	0.065	0.024	-0.179	0.026
2M	0.237	-0.066	-0.146	-0.195	-0.023	0.100	0.001	-0.275	0.000
3M	0.043	-0.134	0.019	-0.456	0.341	0.540	-0.640	0.556	0.653
4M	0.134	-0.209	-0.038	-0.482	0.355	0.565	-0.643	0.512	0.675

Tableau 6.4 Corrélacion entre température d'air et indices morphologiques en Décembre
Source : Chen-Yi Sun et al, 2009.

Sensor Height	Jan. 15 2009 14:00			Jan. 15 2009 18:00			Jan. 15 2009 22:00		
	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W
1M	0.136	-0.233	0.026	-0.172	0.092	0.213	-0.322	0.232	0.267
2M	-0.049	-0.116	0.082	-0.358	0.236	0.327	-0.455	0.293	0.431
3M	-0.198	0.032	0.226	-0.410	0.253	0.464	-0.600	0.475	0.619
4M	-0.205	0.053	0.192	-0.451	0.290	0.492	-0.638	0.509	0.582

Tableau 6.5 Corrélacion entre température d'air et indices morphologiques en Janvier
Source : Chen-Yi Sun et al, 2009.

Sensor Height	Feb. 7 2009 14:00			Feb. 7 2009 18:00			Feb. 7 2009 22:00		
	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W	VD	BD	H/W
1M	0.222	-0.100	-0.131	-0.161	0.151	0.229	-0.074	0.147	0.163
2M	0.177	-0.047	-0.152	-0.271	0.281	0.322	-0.234	0.142	0.204
3M	0.105	-0.059	-0.144	-0.386	0.366	0.545	-0.222	0.210	0.250
4M	-0.011	0.041	-0.011	-0.375	0.371	0.417	-0.332	0.304	0.327

Tableau 6.6 Corrélacion entre température d'air et indices morphologiques en Février
Source : Chen-Yi Sun et al, 2009.

4. Etude de Faitha Bourbia et al (2004) :

La présente recherche est basée sur le programme de simulation ENVI-met3. L'objectif de cette recherche est l'évaluation du confort thermique au niveau de deux axes routiers dans un site urbain situé au centre ville de Constantine ³². En premier lieu, l'étude a procédé à l'évaluation de la température de l'air entre les trois types d'espace : ouvert, semi ouvert et canyon afin de pouvoir définir la géométrie la plus avantageuse pour un climat semi aride comme celui de la ville de Constantine, ensuite à l'évaluation du confort thermique extérieur sur la base d'un indice de confort qui est le « **vote moyen prévisible** » (PMV). Cet indice fût initialement développé pour les milieux intérieurs, or, Michael Bruse dans ses travaux effectués lors de l'actualisation de son programme de simulation a adopté neuf échelles de confort propres aux espaces extérieurs où la zone théorique de confort extérieur est comprise entre deux valeurs du PMV et qui sont : -4 et +4.

Le site concerné est situé au cœur de la ville de Constantine. Il s'agit du « **COUDIAT** », un site qui date de l'époque coloniale. Relativement haut (par rapport à son environnement immédiat), d'une altitude moyenne de 630m environ. Il est choisi puisque il a été considéré comme échantillon très représentatif. L'occupation du sol du « Coudiat » consiste en des immeubles à destination mixte (habitations, commerces et lieux de travail) d'une hauteur des constructions qui varie de 8 à 25 mètres et structurée par un tracé de voirie nettement en damier. Le Coudiat est constitué d'une série de canyons urbains.

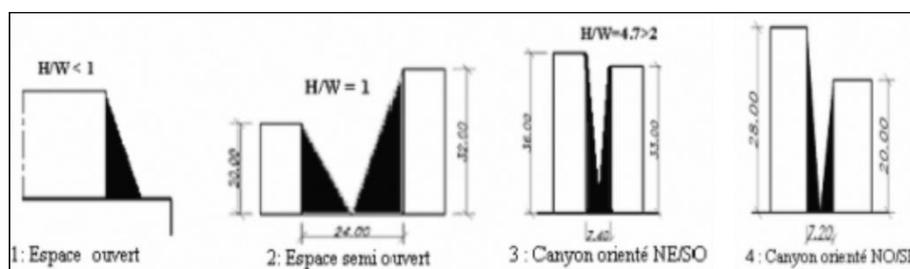


Figure 6.5 Coupes schématiques sur les différentes géométries d'espaces urbains pris en compte
Source : Bourbia Fatiha et al, 2004.

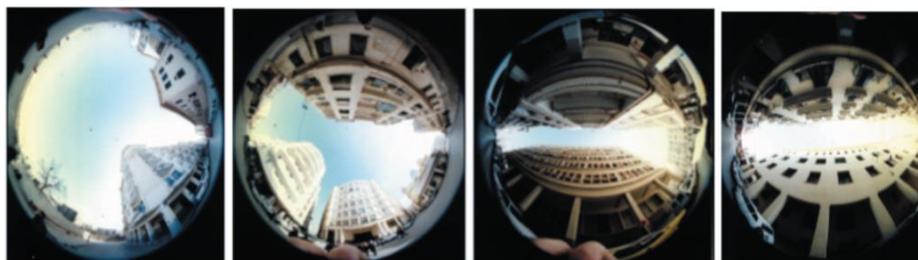


Figure 6.6 Fish-eye des quatre types d'espaces respectivement de gauche à droite : espace ouvert, semi ouvert et deux Canyons.

Source : Bourbia Fatiha et al, 2004.

³² The Egyptian Journal of Environment Change., 2011.

4.1. Simulation de l'axe Nord Est-Sud Ouest :

4.1.1. Température de l'air (T_{air}) :

Dans l'après midi (15h00), la température de l'air des deux espaces ouvert et semi ouvert connaît une hausse importante arrivant jusqu'à 35.5°C ET 35,3°C respectivement. Le canyon n°4 est légèrement moins chaud.

4.1.2. Température moyenne radiante (TMR) et le PMV :

La température moyenne radiante au niveau de l'ensemble des espaces ouvert, semi ouvert et canyon connaît une grande corrélation avec la température de l'air et également avec l'indice de confort PMV. Ceci est expliqué par l'impact direct des irradiations provenant des différentes surfaces sur la température de l'air. L'espace canyon est nettement plus frais et plus confortable. Cette corrélation est présentée par le tableau suivant :

	15h00		
	T_{air}	TMR	PMV
Espace dégagé	35.5	84.42	6.9
Canyon	35	58	4.9
Espace dièdre	35.3	79	6.5

Tableau 6.7 Relation entre la température de l'air, la température moyenne radiante et le PMV
Source : Bourbia Fatiha et al, 2004.

4.2. Simulation des deux canyons NE-SO et NO-SE :

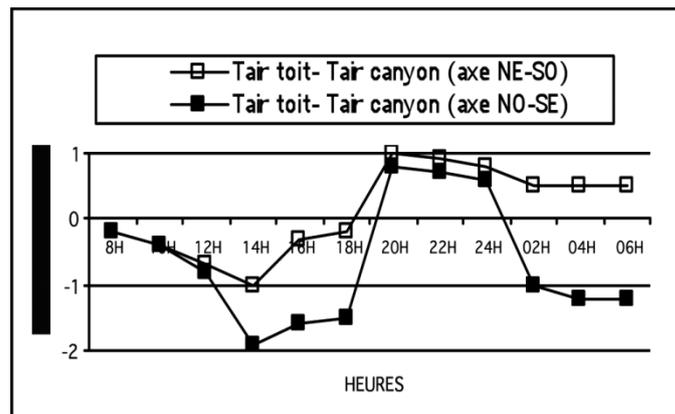
4.2.1. Température de l'air :

La température de l'air au niveau du canyon NE-SO est généralement plus faible que celle du canyon NO-SE. Cette différence atteint un maximum de 1.5°C pendant la journée. Cette réduction de la température est due essentiellement à la différence de géométrie ($H/W= 4.7$ pour le canyon NE-SO et $H/W = 3.3$ pour le canyon NO-SE).

La variation de la température de l'air dans un canyon urbain est réduite, mais sa distribution à travers le canyon est d'une grande importance. Yochiba.A, Tommaga.K et Watani.S ont montré que la température de l'air est plus importante tout près du sol et qu'elle décroît en fonction de la hauteur du canyon. De sa part, Givoni B., a suggéré que dans les climats chauds et secs, et avec une forte densité urbaine, la plupart des échanges radiatifs prennent place au niveau du toit. Si l'albédo du toit est important, l'air à son niveau devient plus frais et plus dense qu'au niveau du sol. En essayant de vérifier ces deux hypothèses au niveau de notre cas d'étude, il s'est avéré que la différence de température entre le niveau du sol et le dessus toit au niveau des deux canyons simulés est assez déterminante. Elle atteint un minimum de -1.9°C pendant la journée dans le canyon NO-SE, et un maximum de 1°C en fin de journée dans le canyon NE-SO (figure n°6). La figure ci-dessous montre que le canyon NE-SO est plus frais au niveau du sol que le canyon NO-SE et ce pour pendant une durée plus importante.

4.2.2. Température moyenne radiante :

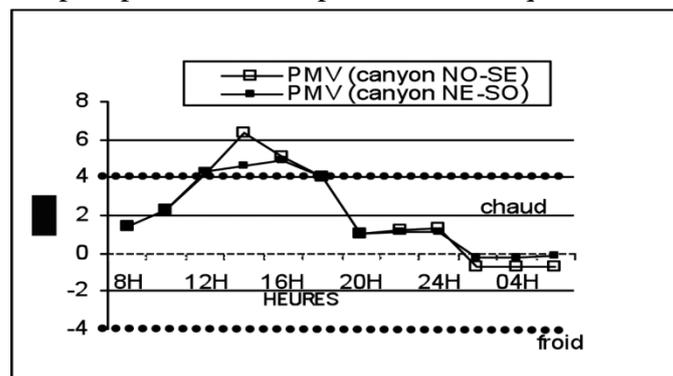
La température moyenne radiante est un paramètre important affectant l'organisme de l'être humain. Elle exprime l'effet radiatif de l'ensemble de l'environnement. Si on prend le canyon NE-SO avec un ratio de 4.7 et un facteur d'ouverture au ciel (SVF) de 0.12 permet l'accès directe des rayons solaires d'été touchant ainsi une importante partie des surfaces (sol & façades) comparé avec le canyon NO-SE avec un ratio de 3.3 Et un SVF de 0.076. La température moyenne radiante varie en fonction de l'importance des radiations solaires reçues et réfléchies par les surfaces. Sa valeur maximale atteint 70°C pour les deux canyons, au moment où la valeur minimale enregistrée dans la nuit est de l'ordre de 14.50°C dans le canyon NE-SO et 14.7°C dans le canyon NO-SE.



Graph 6.2 Variation de la température moyenne radiante dans les deux canyons NE-SO et NO-SE Source : Bourbia Fatiha et al, 2004.

4.2.3. Vote moyen prévisible (PMV):

Le confort thermique au niveau des deux canyons simulés est évalué en fonction de l'indice de confort PMV. Les valeurs du PMV sont comprises entre neuf échelles qui varient entre -4 et +4°C où -4°C est le seuil du « froid » et +4°C est celui du « chaud », le niveau « 0 » correspond à la sensation neutre. Cet indice varie entre 6.4 et -0.71 dans le canyon NE-SO et entre 5.20 et -0.23 dans le canyon NO-SE. La valeur du PMV dans les deux canyons est dans la zone de confort entre 8h00 et 12h00 et entre 19h00 et 6h00, cependant, elle se trouve dans la zone chaude entre 12h00 et 19h00. Néanmoins, l'ambiance thermique dans le canyon NE -SO se trouve plus proche à la température neutre que celle du canyon NO-SE.



Graph 6.3 Variation du PMV dans les deux canyons NE-SO et NO-SE Source : Bourbia Fatiha et al, 2004.

En conclusion, le canyon orienté NE –SO avec un ratio égale à 4.7 est le plus avantageux, pour un confort thermique extérieur. Ce résultat ne peut être généralisé étant donné que le paramètre affectant réellement le confort thermique dans un canyon ne peut être distingué seulement par la simulation de ces deux canyons. Pour ce, il est indispensable de procéder au changement des deux paramètres : le ratio H/W et l'orientation (avantage offert par le programme Envi-met3.0 afin d'aboutir à une géométrie et une orientation optimale propre au climat de la ville de Constantine. Pour ce, on a opté pour deux canyons fictifs à géométries différentes qui sont : $H/W = 4$ & $H/W = 1$

5. Etude de Matzarakis et Gulyàs (2005):

Pour une analyse quantitative des effets climatiques générées depuis les arbres et les bâtiments dans un espace urbain à Szeged ³² en Hongrie, Matzarakis et Gulyàs ont bien émis à calculer trois indices bioclimatiques, qui ont été effectués par le modèle Rayman ; en considérant que la structure extérieure existante est composée d'arbres et bâtiments ($t + b$), dont le « b » soit les arbres, et le « t » représente les bâtiments environnants.

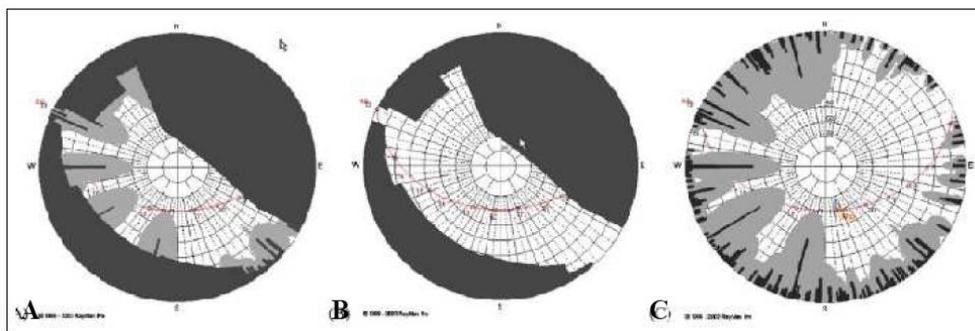
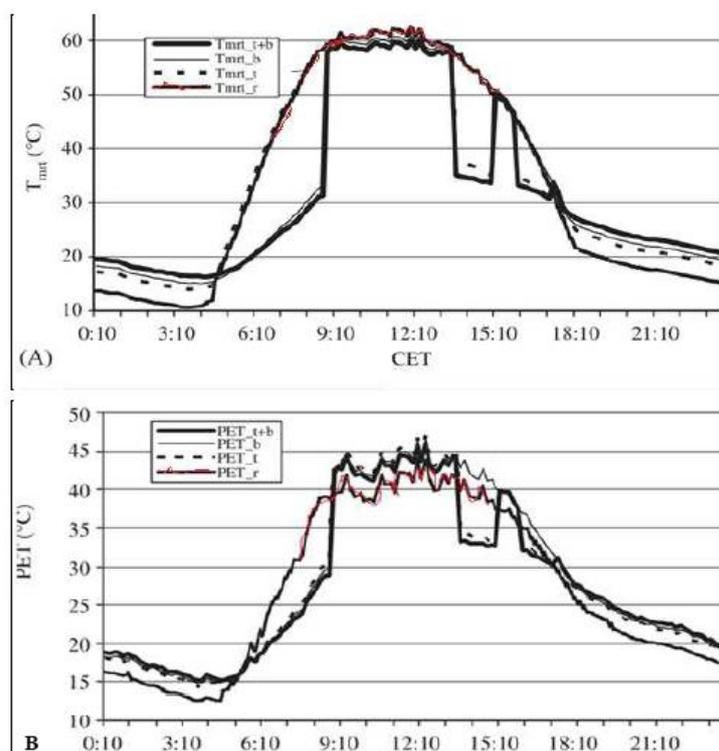


Figure 6.9 Les diagrammes du Fish-eye produits par le modèle Rayman, ceux qui illustrent l'ombrage produit par les trois situations
Source : Gulyàs et al, 2005.

Comme le montre la figure ci-dessus, le fish-eye a dévoilé des différences considérables entre les facteurs SVF entre (point A : 0.278, point B : 0.431, point C : 0.560). Les valeurs de la TMR et la PET obtenues indiquent des changements significatifs autant que des propriétés bioclimatiques provoquées par la différence des structures des surfaces. A vrai dire, le diagramme ci-dessous démontre les valeurs réelles prises durant le jour dans les trois points, en plus des valeurs qui ont été relevées sur le toit r, à une hauteur de 30m avec un $SVF = 1$.

Les valeurs de la TMR ont des corrélations fortes avec les valeurs du rayonnement global du jour de mesure, par conséquent on observe des changements significatifs dans la forme des courbes dans lesquelles la cause est principalement due par les différentes surfaces d'ombrage.

³³ Matzarakis A. Gulyas A, Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modeling and measurements, 2006.



Graph 6.4 Valeurs de la TMR et la PET calculées par le biais du Rayman modèle
Source : Fazia Ali-Toudert et Helmut Mayer, 2005.

Après le lever du soleil, les valeurs de la TMR s'accroissent rapidement sur le toit (TMR_r) avec un SVF égal à 1 tandis que le cas des arbres seuls (TMR_t) qui démarque un SVF égal à 0.560. Dans les deux autres situations l'accroissement commence seulement à 09h00, quand le rayonnement direct frappe le corps hypothétique.

Le degré d'accroissement observé est autour de 30°C. Les formes des courbes sont semblables à midi, parce que le rayonnement direct agit sur le corps au niveau de tous les points, mais il y a des différences entre les valeurs maximales. La valeur maximale est de 62.3°C prises sur le toit (TMR_r), tandis que cette valeur atteint seulement 59.9°C dans le cas de (TMR_t+b) qui représente la structure extérieure existante. Cette différence est relative à la projection des ombres de différents éléments environnants (murs, arbres, etc.).

Selon les valeurs calculées de la PET, un stress thermique est éprouvé pendant le jour, illustré par la valeur maximale de 46.8°C au niveau du toit.

Il est remarquable sur le diagramme que la TMR sur le toit entre 10h00 et 13h00 était la plus élevée. En revanche en cette période la PET est la plus basse. Ce comportement est expliqué par les grandes vitesses du vent sur le toit (à 30m) comparativement aux faibles vitesses du vent au niveau de la rue. Donc l'influence de la TMR sur le bilan thermique diminue par avantage de l'écoulement d'air.

L'étude conclut que les conditions bioclimatiques humaines désavantageuses dans un emplacement urbain peuvent être améliorées par exemple en implantant des arbres ce qui

met en évidence l'effet combiné bénéfique de la réduction de SVF par les bâtiments et les arbres.

Conclusion :

Dans ce présent chapitre, la lumière a été jetée sur des recherches récentes relatives au confort thermique dans les espaces extérieurs. Les travaux recensés ont été dirigés vers l'évaluation du bilan thermique, en tenant compte de plusieurs paramètres, à savoir la densité urbaine, compacité urbaine, facteur de vue du ciel SVF, le prospect H/W, et aussi l'orientation des bâtiments. Certaines études se sont principalement concentrées sur l'investigation in situ, d'autres par contre passent par l'expérimentation à l'aide de la simulation par logiciels.

Nous pouvons déduire de ces expériences que toute variété d'espace découvert qui entoure la masse bâtie d'un tissu urbain détermine une certaine qualité thermique propre à cet endroit. En effet le changement de la sensation thermique est relatif d'un grand taux à la densité urbaine qui représente le niveau de la concentration bâtie, autant que le rapport d'aspect qui est défini par la fraction entre hauteur des bâtisses en rapport direct de la largeur de la rue, ces deux derniers indicateurs feront nos paramètres primordiaux de notre travail (éléments comparatifs des stations de la compagnie de mesure).

L'exposition des résultats des différentes recherches nous conduit à dire que le confort thermique extérieur dans une ville dite aride dépend de sa structure spatiale, dans laquelle il est impératif de densifier, de compacter, et de créer de l'humidité et de la fraîcheur par la végétation ou par ombrage cela dans le but de la régularisation du bilan thermique extérieur. A vrai dire, la bonne législation urbaine mise en point pour les formes des villes arides doit son premier pas par la délimitation de ces paramètres urbains dictés, dont l'objectif principal est de créer une corrélation entre espace urbain et environnement naturel, de trouver l'ancienne image des villes sahariennes, et de faire revivre la symbiose disparue au cours du temps, entre l'homme et climat désertique.

Pour cette envergure notre étude tient à diagnostiquer un échantillon très délicat tel que l'oasis de Tolga, cette dernière qui possédait une symbiose entre les noyaux urbains et l'environnement immédiat, mais aujourd'hui elle se trouve dans des situations microclimatiques assez étouffantes notamment pendant la saison estivale (chaude) qui occupe la part du lion durant l'année. La solution ne doit pas être concentrée seulement sur les outils du conditionnement d'air, et la climatisation ; la vraie démarche est de chercher un antidote morpho-climatique qui s'acclimate avec l'environnement urbain de la ville du milieu aride.

Chapitre 7 :

Climat et formes urbaines à Tolga ;

Présentation du cas d'étude



Introduction :

L'architecture depuis l'humanité chercha un environnement adéquat aux usagers, quel que soit leurs niveaux de vie, et leurs degrés de développement. Aujourd'hui architectes comme urbanistes cherchent toujours à produire des espaces de vie, théâtre de notre vie quotidienne. Mais plusieurs questions sont posées sur les réflexions de la conception urbaine et architecturale, l'être humain lui se balance entre la force des constructions et la fragilité du climat.

Le patrimoine ksourien présente une richesse indéniable. Comme le représente le bas-sahara algérien, une séduisante relation entre l'humain et le désert, sous des conditions rigoureuses et sans avoir le moindre moyen du confort qui sont disponibles de nos jours. A l'instar, l'équation climatique était bien protégée qu'actuellement, où l'argile était le matériau de construction de base. Nous l'affirmons que l'homme auparavant vivait harmonieusement avec son environnement hostile lorsque ses établissements étaient majoritairement intégrés à l'intérieur des palmeraies, ces dernières constituent le talon d'Achille aujourd'hui.

Tolga comme toutes oasis du bas-sahara de l'Algérie souffre aujourd'hui de la dégradation microclimatique ; probablement tous les gens se plaignent de la hausse des températures et la rareté des précipitations, ce qui était différent autrefois. Ces changements ne sont pas dus au hasard mais ils résultent des masses constructives, celles qui font parties à une politique urbaine erronée. A ce propos, des questions qui ne cessent de se poser : Est-ce la construction fait le grand motif de la perturbation microclimatique ? Peut-on dire que le climat de nos jours n'est plus qu'auparavant ? Qui est-ce qui est responsable de ces mutations morpho-climatiques ?

Dans cet aperçu, nous allons à travers ce chapitre, mettre la lumière au-dessus de la ville de Tolga, dans laquelle nous aborderons sa morphogenèse (Anciens noyaux, quartier colonial, et le nouveau Tolga) afin de comprendre ses mutations morphologiques. Autant, nous illustrerons l'étude climatique avec ses changements journaliers.

Notre choix de prendre la ville de Tolga comme cas d'étude est pour :

- L'histoire qui a vécu la ville de Tolga qui est considérée comme la deuxième ancienne ville de la région des Ziban, conformément à plusieurs générations, et diverses traditions.
- Tolga représente parfaitement l'image de la ville oasienne du bas-sahara algérien.
- La variété des tissus urbains, constituant la ville lui font un échantillon impressionnant pour l'analyse.
- L'existence de la palmeraie en tant que composant essentiel de l'oasis, archétype de la vie dans les milieux désertiques et arides.

1. Milieu aride :

1.1. Définitions :

L'aridité est un état caractérisé de façon constante par de faibles précipitations, une température élevée et par conséquent une végétation pauvre. Il ne faut pas la confondre avec la sécheresse qui elle aussi caractérise l'état d'un sol ou d'un environnement, correspondant à une pénurie d'eau sur une période significativement longue pour qu'elle ait des impacts sur la flore naturelle ou cultivée mais qui, contrairement à l'aridité, est anormale par rapport au climat de base.

Dans un autre sens, l'aridité est un phénomène climatique impliquant une pluviométrie faible. Dans les régions dites arides, les précipitations sont inférieures à l'évapotranspiration potentielle.

La plupart des zones arides se situent sous les grands anticyclones subtropicaux dont : sud-ouest des États-Unis et du Mexique, l'Afrique, le Sahara, l'Arabie, le Thar, L'Amérique du Sud et l'Australie.

1.2. Répartition :

- **La zone hyper-aride** (indice d'aridité 0,03) comporte des zones dépourvues de végétation, à l'exception de quelques buissons épars. Un pastoralisme nomade véritable y est fréquemment pratiqué. Les précipitations annuelles sont faibles, et dépassent rarement 100 millimètres. Les pluies sont peu fréquentes et irrégulières, parfois inexistantes pendant de longues périodes qui peuvent durer plusieurs années.
- **La zone aride** (indice d'aridité 0,03-0,20) se caractérise par le pastoralisme et l'absence d'agriculture, sauf là où il y a irrigation. Les précipitations sont extrêmement variables, avec des quantités annuelles allant de 100 à 300 millimètres.
- **La zone semi-aride** (indice d'aridité 0,20-0,50) peut supporter une agriculture pluviale avec des niveaux de production plus ou moins réguliers. On y pratique parfois aussi l'élevage sédentaire. La végétation indigène est représentée par diverses espèces, telles que les graminées et plantes graminiformes, herbes non graminéennes et petits buissons, arbrisseaux et arbres. La précipitation annuelle varie de 300-600 à 700-800 millimètres, avec des pluies d'été, et de 200-250 à 450-500 millimètres avec des pluies d'hiver.

1.3. Les causes de l'aridité :

- Les déserts continentaux subtropicaux, se situent sous les anticyclones dynamiques permanents en altitude.
- Les déserts continentaux extratropicaux : sont souvent des déserts d'abri, la subsidence y étant liée au phénomène de foehn.
- Les déserts côtiers ont pour origine la subsidence thermique qui affecte l'atmosphère au dessus des courant froids et l'effet stabilisateur qui résulte du refroidissement des masses d'air par en bas.

1.4. Climat des milieux arides :

1.4.1. Rayonnement :

Un rayonnement solaire intense, supérieur à 800 ou 900 w/m² sur une surface horizontale, et il est en outre augmenté par le rayonnement réfléchi par les surfaces arides et de couleur claire voisines. Durant l'été les rayons solaires non interceptés échauffent la surface du sol à hauteur de 70°C au milieu de la journée. Ces surfaces sont refroidies pendant la nuit, à moins de 15°C, par le phénomène de perte de chaleur par rayonnement de grande longueur d'onde. L'insolation atteint 90% du maximum théorique, autrement dit 3500-4000 heures annuelles en l'absence de masques montagneux, soit 9 à 11 heures par jour.

1.4.2. Température de l'air :

Le schéma climatique des zones arides se caractérise souvent par une saison sèche relativement "fraîche", suivie d'une saison sèche relativement "chaude" et finalement d'une saison des pluies "modérée". En général, on observe à l'intérieur de ces saisons des fluctuations importantes des températures diurnes. Très souvent, pendant la saison sèche "fraîche", les températures diurnes atteignent entre 35°C et 45°C, pendant que les températures nocturnes tombent à 10°C à 15°C. Les températures diurnes peuvent approcher de 45 °C au cours de la saison sèche "chaude" et tomber à 15 au cours de la nuit. Pendant la saison des pluies, les températures peuvent aller de 35°C le jour à 20°C la nuit.

1.4.3. Précipitation :

Les pluies sont peu nombreuses et espacées, avec un maximum de 200 mm/an. Bien qu'elles se déclenchent parfois à partir d'une haute altitude, l'eau s'évapore le plus souvent entièrement avant d'atteindre le sol. Mais en certaines occasions, il y a de violents et rapides orages éclatant brusquement et durant seulement quelques heures (Hamel K., 2005).

1.4.4. Humidité de l'atmosphère :

Bien que les précipitations et la température soient les facteurs essentiels de l'aridité, d'autres facteurs interviennent également. L'humidité de l'air a une importance pour l'équilibre hydrique du sol. Lorsque la teneur du sol en humidité est plus élevée que celle de l'air, l'eau a tendance à s'évaporer dans l'air. Dans le cas contraire, l'eau se condensera dans le sol. L'humidité est généralement faible dans les zones arides.

1.4.5. Vent :

En raison de la rareté des végétations qui agissent comme un frein aux vents, les milieux arides sont classés comme des zones venteuses, avec la dominance des vents chauds. Les vitesses sont variables, dans les quelles elles atteignent leur maximum souvent à l'après midi.

2. Cas d'application : La ville de Tolga

2.1. Présentation du cas d'étude :

2.1.1. Géographie :

La ville de Tolga est considérée comme l'une des plus importantes oasis dans la région des Ziban après celle de Biskra, reliant entre plusieurs communes de la partie ouest de la wilaya de Biskra (Zab Gharbi) autant les wilayas avoisinantes par le biais de sa situation stratégique sur la route nationale N° 46. Tolga est une ville oasisienne, située à 36 Km du chef-lieu de Biskra. Sa position géographique est limitée entre 34°38' au Nord, et longitude 4.56° à l'Est dans une superficie estimée à 1214,30 Km².

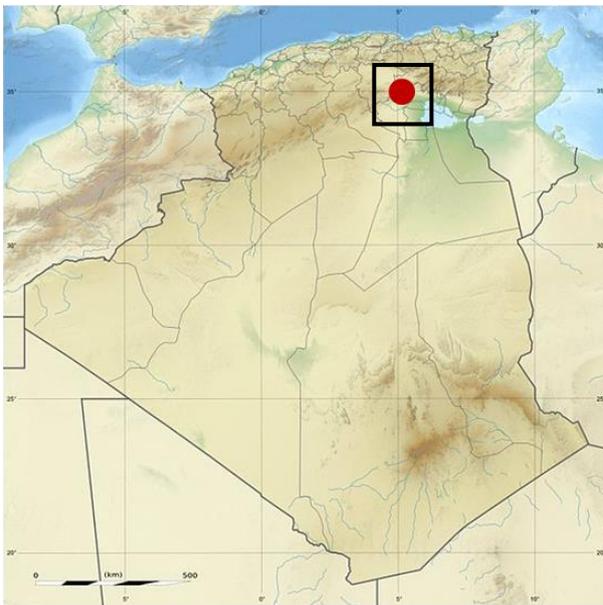


Figure 7.1 À gauche : Carte administrative d'Algérie

Figure 7.2 À droite : Localisation de la commune de Tolga dans la wilaya de Biskra

Tolga se situe à l'Ouest du chef-lieu de la wilaya de Biskra, considérée comme la plus importante et dynamique ville de la région ; Après le découpage administratif en 1974, Tolga devient une Daira en 1984 qui rassemble autres agglomérations : Bordj Ben Azouz, Bouchagroun, et Lichana. Dans le cadre urbain, en plus de l'agglomération principale de Tolga autres lieux secondaires débauchent comme : Dhraa Batikh, et des lieux només éparpillés : Bir Labrache (selon la direction de la planification et l'aménagement urbaine).

Tolga est limitée au :

Nord : par les communes de M'doukel et Bitame (Wilaya de Batna).

Est : par la commune de Lotaya.

Sud-est : par les communes de Elhadjeb, Bouchagroun, et Lichana.

Sud : par la commune de Lioua.

Sud-ouest : par les communes de Bordj Ben Azouz, Foughala, Laghrous.

Ouest : par les communes de Zarzour et Ouled Slimane (Wilaya de M'sila).



Figure 7.3 Situation de Tolga à l'intérieur des chapelets du Zab Gharbi. Source : Google Earth 2014

2.1.2. Historique :

Le nom de Tolga (Taloucht) serait d'origine romaine et la ville, fondée par les Numides à proximité d'une source thermale, est connue depuis les Carthaginois (202 Av.J.C) avec lesquels entretenait de relations étroites. Ensuite, occupée par les Romains puis brièvement par les Vandales (de 458 à 477), elle est soumise dès le 5^{ème} siècle à la domination byzantine avant qu'elle ne soit libérée par les musulmans sous la conduite d'Okba Ibn Nafii. La région de Tolga résista vaillamment à l'occupation française en animant l'insurrection des Zaatchas, en 1849, conduite par Cheikh Bouziane et la révolte d'El-Amri en 1876 menée par Mohamed Ben Yahia et Ahmed Ben Ayache. De tous temps, le nom de Tolga a été associé à la datte et en particulier, à la fameuse « Deglet Nour » qui constitue du reste la principale activité économique.³⁴

2.1.3. Cadre Géophysique :

▪ **Relief et topographie :**

La ville de Tolga est située au piémont de la chaîne montagneuse des Ziban (Zab Gharbi), dans laquelle cette région est constituée d'une :

- Une petite zone de plaine.
- Une zone de deb deb (voire calcaire) où se situent la palmeraie et l'agglomération
- .Une zone de piémont et d'oublis.

³⁴ Dictionnaire des localités algériennes, Cheurfi A. Alger, Casbah éditions, 2011, P 1154.

- Une zone de plaine (Bled Selga) et quelques dépressions, chotts et dayas.
- Partie montagneuse du côté nord, avec une partie de 50% de terre rocheuse.

▪ **Géologie :**

Sur le long du territoire de la commune de Tolga, l'aspect géologique est caractérisé par des formations sédimentaires allant du quaternaire au crétacé secondaire. Ces quaternaires sont bien composés d'éboulis sur les pentes et au pied des montagnes ; des dunes de sable ; une croûte calcaire-gypseuse ou deb deb ; des alluvions sablonneuses et argileuses au niveau des plaines.

A propos les séries crétacées (secondaire) situées au nord, constituent en grande partie le relief montagneux du Nord et l'Ouest. Elles sont composées de calcaires ; calcaires marneux et dolomitiques ; marne grise, noire et blanchâtre.

▪ **Pédologie :**

Le territoire de la commune de Tolga dont la plus grande proportion (93%) située au nord est faiblement habité, et caractérisée sur le plan pédologique de plusieurs types de sol :

Une très grande partie est représentée par l'affleurement de la roche mère.

A l'intérieur des plaines ce sont des sols alluviaux ou se pratique notamment la céréaliculture par épandage des crues, des sols légers, des sols profonds. Bien entendu, c'est le pays des terres de parcours.

La portion sud de Tolga est constituée d'abord par une zone piémontaise, en allant au sud c'est la croûte calcaréo-gypseuse qui domine. Au sud, au niveau de Djelada c'est une dépression avec sols salés.

▪ **Hydrologie :**

Tolga abrite une variété de type d'aquifères, qui sont au nombre de quatre ³⁵ :

- La nappe phréatique ou la nappe d'inféro-flux : cette nappe est emmagasinée dans les dépôts quaternaires où les lits d'oueds.
- La nappe des sables : elle est emmagasinée dans les grés et de sable moi-pliocènes.
- La nappe des calcaires : qui est estimée la plus importante de la commune, elle est 'piégée' dans les calcaires karstiques de l'Eocène moyen et du Sénonien supérieur.
- La nappe du continental intercalaire : emmagasinée dans les grés de l'Albien inférieur et du Barémo-aptien.

³⁵ Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme (P.D.A.U) de Tolga, Bilans et perspectives de développement, Décembre 1992.

▪ **Hydrographie :**

La commune de Tolga est bien drainée par plusieurs oueds à écoulement intermittent, parmi les oueds les plus importants nous aborderons les suivants :

Oued El-Abiod, oued Naam, oued salsou, oued Elbesbes, oued Metana et oued Oum Hanebal. Tous ces oueds coulent dans la région montagneuse du Nord où ils prennent aussi leurs sources et origines et se jettent dans les dépressions ou les dayas comme celle de Maadher en titre d'exemple.

▪ **Flore :**

La région des Ziban est connue par sa particularité de ces palmeraies et notamment celle du Zab Gharbi, comme on a indiqué précédemment Tolga préfigure le Ziban dans son image oasisienne, par une massive production de la datte et spécialement par « Deglet Nour ». Autant, nous rencontrons d'autres types de culture, comme les arbres fruitiers, maraîchère, et des serres pour la culture saisonnière, mais toute cette diversité végétale ne représente qu'une petite récolte par rapport à celle des dattes. Actuellement, Tolga est coincée dans une période cruciale, de désintérêt, de manque d'entretien, et d'étalement urbain qui risque d'avaloir l'immense chapelet des palmiers entourant la zone.

2.1.4. Démographie : population croissante :

Stats 1987			Stats 1998			Stats 2008		
Nombre d'habitants	Nombre d'habitation	Moyenne d'occupation d'habitat	Nombre d'habitants	Nombre d'habitation	Moyenne d'occupation d'habitat	Nombre d'habitants	Nombre d'habitation	Moyenne d'occupation d'habitat
29857	3862	7,73	42371	5270	8,04	54776	9804	5,59

Tableau 7.1 Genèse de la zone urbaine dans la commune de Tolga.

Source : ONS 2008

La ville de Tolga a connu une expansion accélérée au cours des années précédentes, enregistrée par l'augmentation du nombre des habitations, l'infrastructure, et les services, ce qui a influé notablement sur la reproduction architecturale des bâtiments entraînant une dégradation étouffante du cadre vital durant cette période.

Agglomération	Habitations occupées	Habitations abandonnées	Pour usage professionnel	Total
Agglomération principale	7011	1824	170	9005
Agglomération secondaire	116	22	-	138
La zone éparse	566	95	-	661
La commune	7693	1941	170	9804

Tableau 7.2 Recensement sur la zone urbaine de la commune de Tolga. Source : ONS 2008

2.2. Etude Climatique :

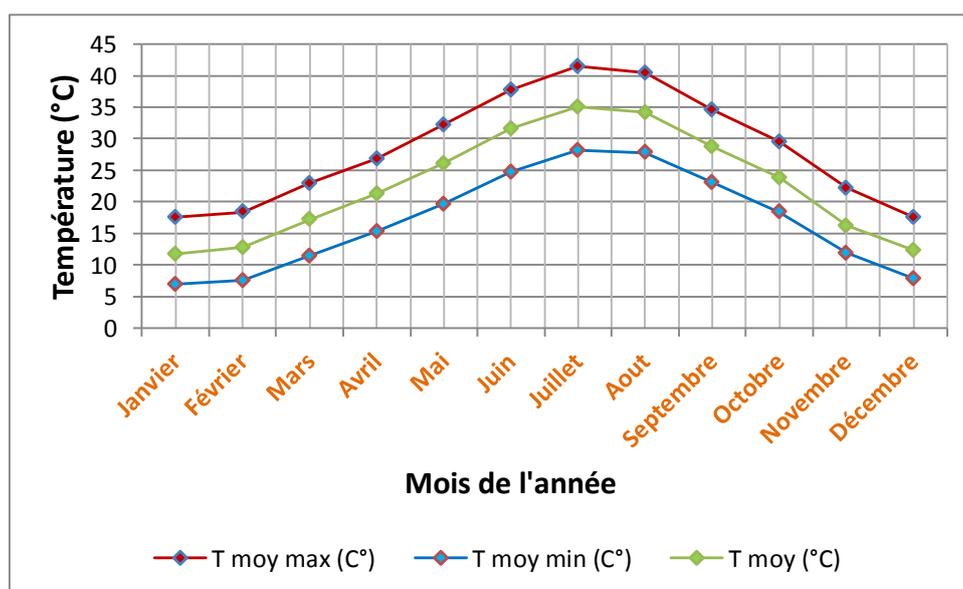
2.2.1. Température de l'air :

Le tableau et le graphique ci-dessous illustrent l'évolution mensuelle de la température de l'air pendant une décennie (2003-2013), en se basant sur les valeurs maximales (T_{\max}), les minimales (T_{\min}), et les moyennes (T_{moy}), dont elles sont prises de la station météorologique de Biskra. Les données montrent une variété de moyennes, telles la maximale est enregistrée au mois de juillet avec une température max 41,5°C. En revanche le minimum de température au cours de l'année est relevé en mois de Janvier avec une température min 6,9°C. Ce qui est important à envisager est l'écart entre températures, celui-ci semble très important durant l'été, avec une valeur qui atteint $\varepsilon = 13,3^\circ\text{C}$ entre période diurne et nocturne.

Il est à indiquer aussi que l'écart saisonnier entre températures est important, avec un seuil de 23,3°C, ce qui explique un changement profond du climat apparaissant au niveau des paramètres climatiques ³⁶.

Temp	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
T moy max (°C)	17,5	18,4	23,0	26,8	32,2	37,8	41,5	40,5	34,6	29,5	22,2	17,6
T moy min (°C)	6,9	7,5	11,4	15,3	19,7	24,7	28,2	27,8	23,1	18,4	11,9	7,9
T moy (°C)	11,8	12,8	17,2	21,3	26,1	31,6	35,1	34,2	28,8	23,8	16,2	12,3

Tableau 7.3 Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2003-2013)



Graphe 7.1 Moyennes mensuelles de la température d'air pendant la décennie (2003-2013)
Source : Auteur 2014, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique de Biskra

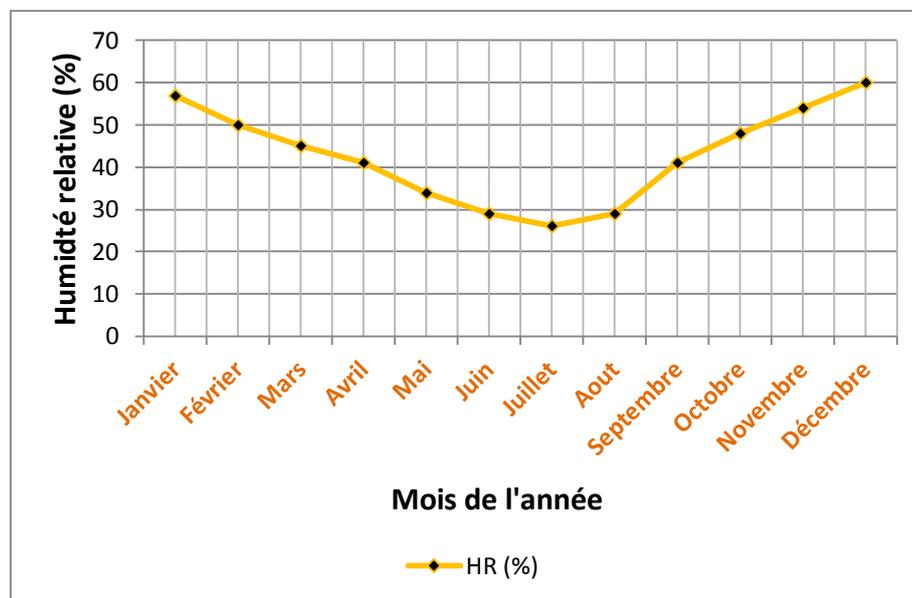
³⁶ Station météorologique de l'aéroport de Biskra, 2014.

2.2.2. Humidité relative :

Selon les données obtenues de la part de la station météorologique de Biskra, le tableau et le graphique ci-dessous diagnostiquent une évolution de l'humidité relative pendant la décennie (2003-2013) dans la région de Biskra. Les taux extraits montrent un maximum enregistré au mois de Décembre avec 60%, tandis que le minimum est pris en Juillet avec 26%. Les résultats ont déterminé la hausse d'humidité pendant la saison hivernale dont les valeurs sont supérieures ou égales à 50%, par contre la saison estivale montre une plage de 26%. Les autres saisons enregistrent des valeurs plus au moins équivalentes balançant entre 41%-48%.

Hum.Rel	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
HR moy (%)	57	50	45	41	34	29	26	29	41	48	54	60

Tableau 7.4 Moyennes mensuelles de l'humidité relative pendant la décennie (2003-2013)



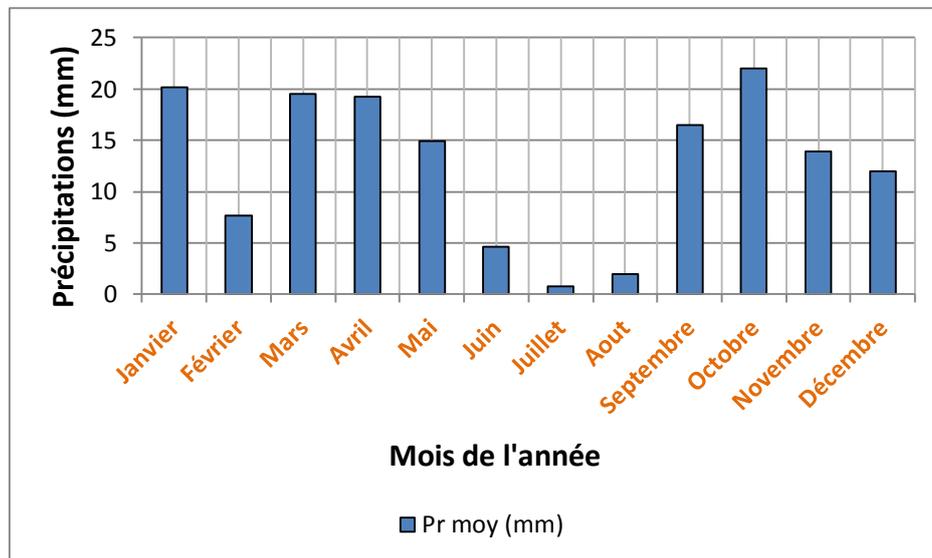
Graphique 7.2 Moyennes mensuelles de l'humidité relative pendant la décennie (2003-2013)
Source : Auteur 2014, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique de Biskra

2.2.3. Précipitations :

A vrai dire, pendant la décennie (2003-2013) les précipitations dans la région de Biskra se sont caractérisées par la faiblesse, la rareté et l'irrégularité. Le maximum des précipitations est relevé au mois d'octobre, qui est considéré comme une période de transition saisonnière d'un automne modéré à un hiver légèrement froid (21 décembre). La moyenne maximale atteint les 22 mm, tombés durant les dix années, explique bel et bien un état de sécheresse qui frappe la région. Le minimum enregistré était au mois de Juillet avec une moyenne de 0,8mm ; les mois les plus secs sont : Février, juin, juillet et Aout.

Précipitations	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
Précip moy (mm)	20,2	7,7	19,5	19,3	14,9	4,6	0,8	2,0	16,5	22,0	13,9	12,0

Tableau 7.5 Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2003-2013)



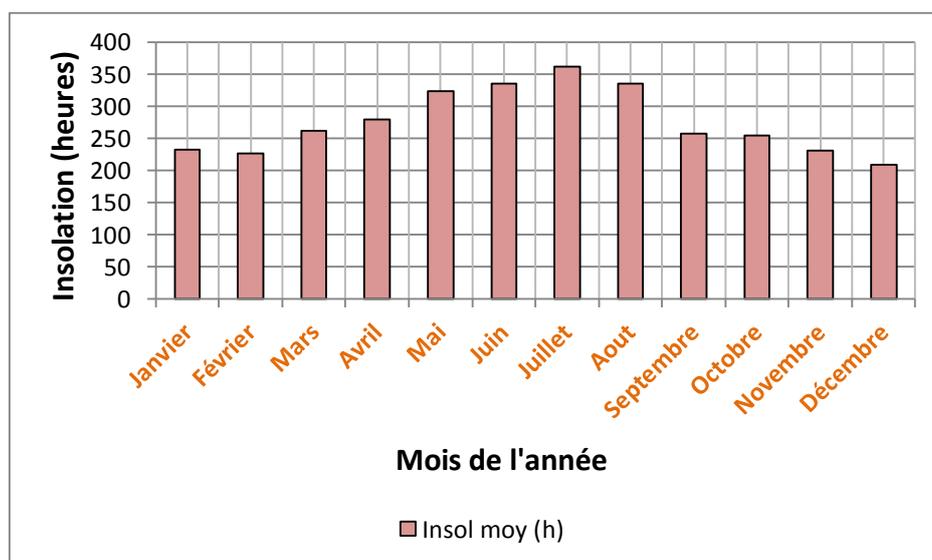
Graph 7.3 Moyennes mensuelles des précipitations pendant la décennie (2003-2013)

Source : Auteur 2014, établi sur la base des données obtenues de la station

2.2.4. Insolation :

Insolation	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
Insol moy (heures)	232	226	262	279	323	336	362	336	258	254	231	209

Tableau 7.6 Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2003-2013)



Graph 7.4 Moyennes mensuelles d'insolation pendant la décennie (2003-2013)

Source : Auteur 2014, établi sur la base des données obtenues de la station

Le tableau et le graphique ci-dessus préfigurent les moyennes mensuelles de l'insolation pendant dix ans (2003-2013). La durée de l'ensoleillement a souvent été un facteur phare pour la météo, soit journalière ou mensuelle. Un temps maximum était relevé au mois de juillet avec 362 heures d'exposition au soleil, ce qui explique principalement la chaleur résultante pendant ce mois, en revanche le mois de décembre dévoile la quantité la plus basse de toute l'année (209 heures) relativement due à la couverture irrégulière du ciel (ciel nuageux). L'amplitude énergétique diffuse fait le résultat concret de l'insolation, celui qui participe au réchauffement d'air et à la chaleur étouffante de l'été qui est liée directement au facteur de l'inertie thermique. Il est à signaler que les données montrent que les durées les plus élevées s'étalent du mois de Mai jusqu'au mois d'Aout sous une plage supérieure à **300 heures** par mois.

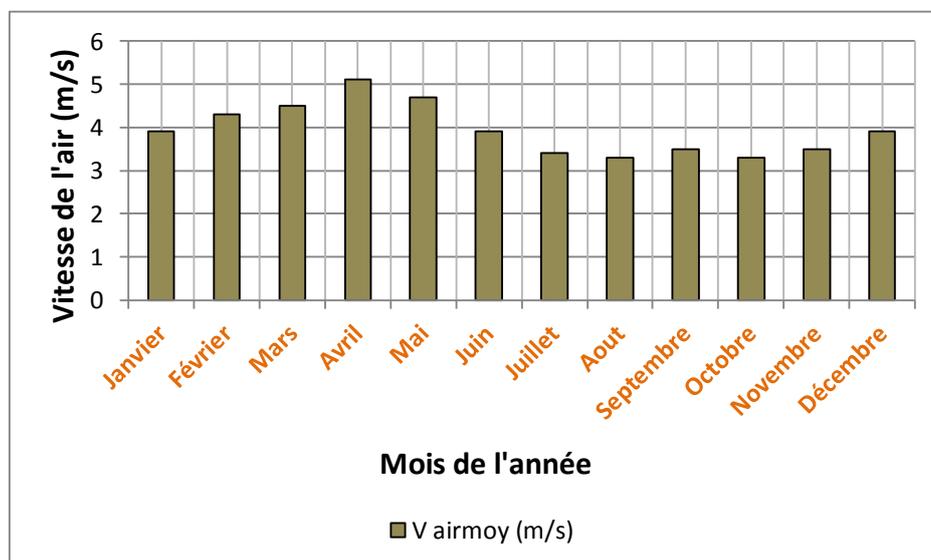
2.2.5. Vents :

Vitesse et vents de sable :

La région est caractérisée par un printemps venteux avec des vitesses qui s'étalent de février à Mai dont le mois d'Avril constitue l'apogée annuelle avec 5,1 m/s, celle qui fait référence à la période spécifique à la **fécondation** des palmiers, soit par le vent. La moyenne annuelle de la vitesse des vents est de 3,9 m/s ; on enregistre les plus faibles écoulements au mois d'Aout et octobre avec 3,3 m/s. L'analyse approfondie des vitesses des vents, a déduit que les périodes de vents de sable (Mars, Avril, et Mai) ont des vitesses très élevées pouvant atteindre 8,1 m/s (mai 1984) (Hamel K., 2005), amassant à leur passage les grains de poussière et créant des tourbillons massifs de sable, offrant ainsi un temps particulier au cours de cette décennie. Tolga comme échantillon de la région de Biskra, témoigne clairement cet impact des vents, ce qu'approuvent le tableau et le graphique suivants :

Vitesse d'air	Jan	Févr	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Août	Sept	Octo	Nov	Déc
V air moy (m/s)	3,9	4,3	4,5	5,1	4,7	3,9	3,4	3,3	3,5	3,3	3,5	3,9

Tableau 7.7 Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2003-2013)



Graphique 7.5 Moyennes mensuelles des vitesses de l'air pendant la décennie (2003-2013)
Source : Auteur 2014, établi sur la base des données obtenues de la station météorologique de Biskra

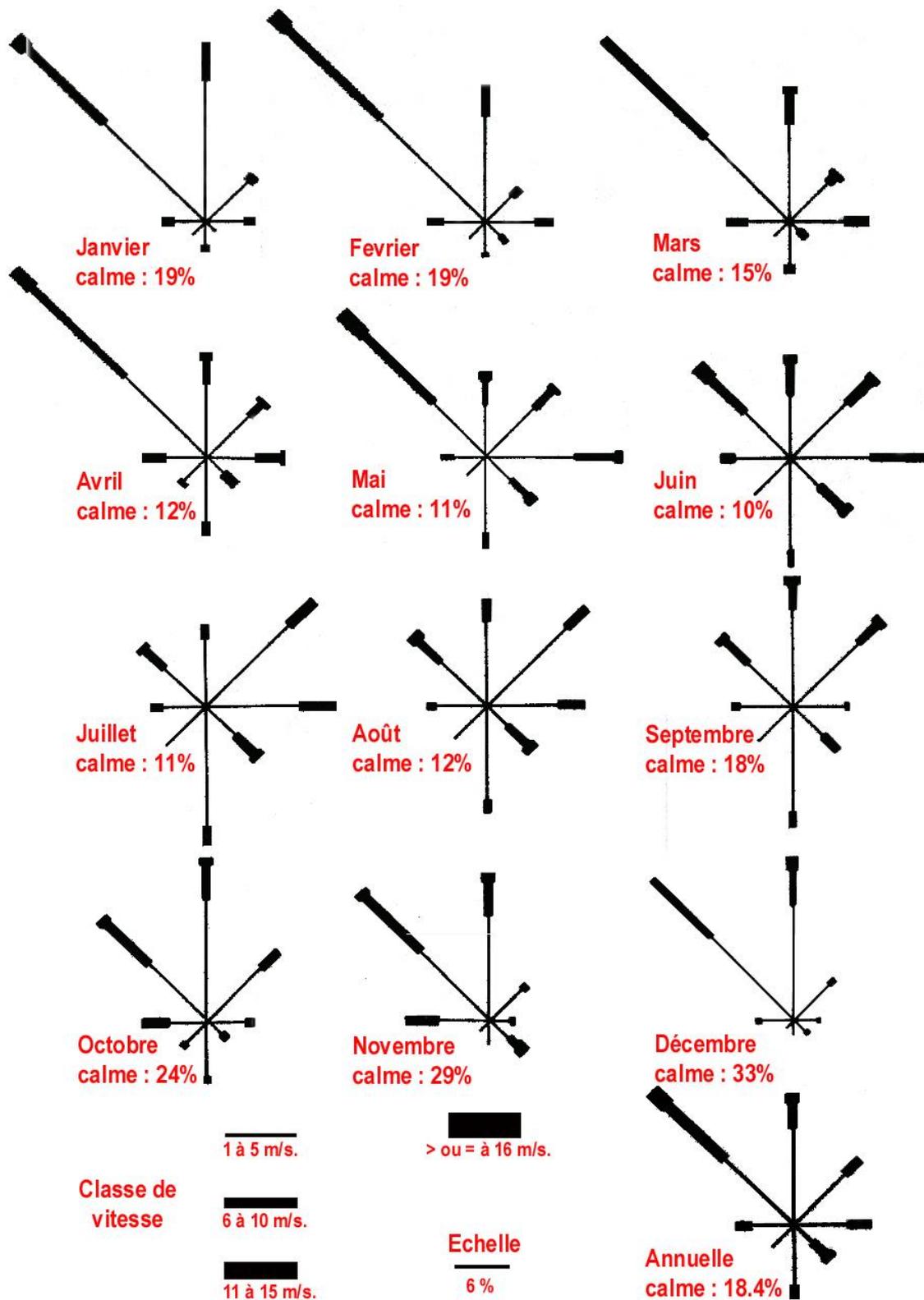


Figure 7.4 Direction et valeurs mensuelles et annuelles des vitesses du vent (1975- 1984)
 Source : Boutabba S.D., 2007.

2.2.6. Indice d'aridité :

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

Pour le calculer, on utilise la formule :

$$I = \frac{P}{T + 10}$$

P : désigne les précipitations totales annuelles.

T : la température moyenne annuelle.

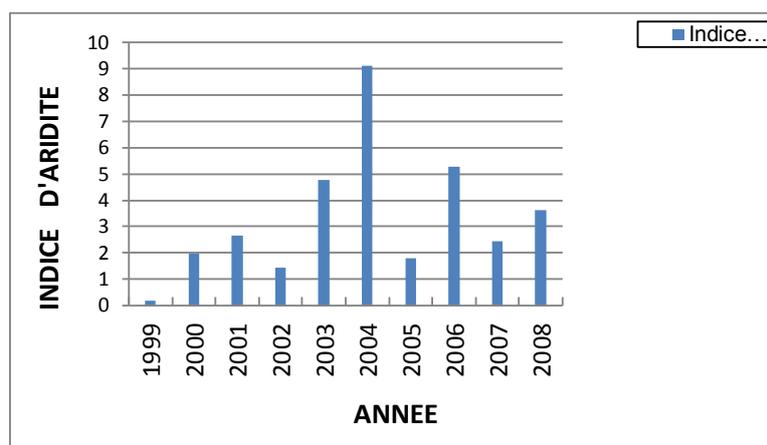
La lecture de cet indice se fait comme suit :

- $I < 5$: c'est l'indice d'aridité absolue ou hyper aridité.
- $5 < I < 10$: c'est l'indice d'aridité ;
- $10 < I < 20$: c'est l'indice de semi aridité.
- $I > 20$: c'est l'indice d'humidité.

Selon les données climatiques des dix ans (1999–2008) de la ville de Biskra, obtenues de l'Office National de la Météorologie on peut réaliser un histogramme déterminant la valeur de l'indice d'aridité de la ville de Biskra durant cette période.

Année	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Précipitations totales	5.8	64.5	88.8	47	156.9	294.1	58.8	173	79.3	118.4
Température moyenne	23.21	22.49	23.35	22.83	22.82	22.18	22.45	22.73	22.45	22.62
L'indice d'aridité	0.17	1.98	2.66	1.43	4.78	9.13	1.81	5.28	2.44	3.62

Tableau 7.8 Isothermes déterminant les différentes zones thermiques de l'année
Source : Boukhabla M., 2010.



Graphe 7.6 Indice d'aridité de la ville de Biskra durant la décennie (1999-2008)
Source : Boukhabla M., 2010.

La ville de Biskra, est située dans « **une zone aride** » en raison des éléments qui caractérisent cette région (la moyenne est de 3.33).

2.2.7. Détermination des isothermes de la ville de Tolga :

0.00	5.4	6.7	10.6	13.9	18.9	21.9	31.4	29.6	26.4	21.4	18.3	8.0
2.00	4.2	5.5	8.9	12.4	17.5	22.5	30	28	25.2	20.2	17.1	6.0
4.00	3.1	4.3	7.1	11.4	16.9	21.1	29.1	26.9	24.2	19.5	16.7	5.9
6.00	5.0	6.0	10.0	13.1	15.0	23.8	30.7	23.0	25.9	20.9	17.7	6.6
8.00	13.2	14.9	19.7	21.5	26.0	35.6	39.0	38.4	32.2	27.4	23.5	13.0
10.00	17.4	19.3	21	26.1	28.8	42.4	43.8	42.6	35.8	31.0	28.5	16.5
12.00	19.7	21.9	24.9	26.9	30.6	45.8	46.1	46.0	37.9	32.9	28.1	18.2
14.00	18.4	20.8	26.1	27.3	29.6	43.8	45.0	45.2	36.6	31.8	27.2	17.2
16.00	14.8	16.5	21.8	27.4	26.5	38.2	41.0	40.5	33.8	28.9	24.7	14.4
18.00	10.8	12.2	16.6	19.0	23.0	32.0	36.4	35.5	30.2	25.4	21.6	10.1
20.00	8.8	10.1	14.9	16.9	21.1	29.1	34.5	33.0	28.8	23.7	20.6	9.6
22.00	6.8	8.7	12.2	15.0	19.8	26.6	32.8	31.0	25.4	22.4	19.0	8.5
	Jan	Fev	Mar	Avr	Mai	Juin	Juil	Aout	Sept	Oct	Nov	Dec

Tableau 7.9 Isothermes déterminant les différentes zones thermiques de l'année
Source : Auteur, PG 2012.

La matrice des isothermes démontre une variété de zones dans laquelle on obtient trois périodes :

Zone de surchauffe : celle qui s'étale du mois de juin, juillet, aout, et septembre, comme elle comporte une petite durée du mois de mai et d'octobre. Cette zone est bien déterminée par la grande hausse des températures en dépassant le seuil du confort, ce qui nécessite des occultations solaire et une climatisation artificielle (Boukhabla .M, 2010).

Zone de confort : délimitée par les mois de mars, avril et novembre, ainsi qu'une partie du mois de mai et d'octobre. Cependant, la zone offre une période du bien-être ou l'individu est thermiquement satisfait, c'est-à-dire sans avoir besoin d'un dispositif de réchauffement ou de refroidissement. A vrai dire, durant les dernières décennies cette zone est soumise d'une façon remarquable causée aux perturbations climatiques mondiales.

Zone de sous-chauffe : la troisième qui englobe les mois de janvier, février, et aussi le mois de décembre, comprend la période la plus froide de l'année, dans laquelle les températures sont souvent sous la limite du confort thermique, ce qui implique un usage des moyens de chauffage d'appoint (Boukhabla. M, 2010).

A la lumière de cette analyse, nous affirmons que notre travail sera réparti en deux périodes différentes ; une durant la période de sous-chauffe dont nous choisissons le mois janvier qui anime le mois le plus froid, et une deuxième pour la zone de surchauffe, au cours du mois de juillet celui qui préfigure la période la plus chaude dans la région des Zibans.

3. Urbanisation et transformations morphologiques à Tolga :

Le processus de développement des formes urbaines dans la ville de Tolga peut être cerné à travers la lecture de l'évolution de l'urbanisation dans ses dimensions à la fois diachronique et synchronique. Cette étude mettra en exergue les caractéristiques des tissus urbains, leurs aspects morphologiques ainsi que les modes d'urbanisation et les outils d'intervention qui ont contribué à la configuration actuelle de la ville. L'aboutissement de cette analyse est le dégagement des traits majeurs caractérisant l'ensemble des tissus urbains formant la ville.

3.1.La morphogenèse de Tolga à travers l'histoire :

Ancien tissu :

Tolga est considérée comme la deuxième ancienne ville de la région des Ziban, après Biskra, dont sa globalité est constituée d'un chapelet d'oasis. Tolga fut apparaitre dans la période Numide environ 700 ans avant J-C, ces derniers ont lieu de l'apparence du premier noyau, suite à la stabilité a proximité d'une source thermale. Le vieux Tolga vit le jour dans la partie Sud-ouest de la ville actuelle, puis l'oasis était transmit à la domination carthaginoise, en après par les romains, et en dernier lieu par les musulmans (Okba Ibn Nafii). Au cours des siècles, la ville était construite sous forme d'une masse solitaire dite ksar ; genre d'une forteresse, intégrée à l'intérieur de la palmeraie. Tolga a pris son identité au premier noyau de l'ancienne bourgade (Tolga Taht : signifie Tolga le bas), avec une structure spatiale intravertis, ramifiée, basée sur l'agencement d'habitations lesquelles font les compartiments essentiels du groupement. Le ksar de Farfar s'est agrandi par les autochtones en parallèle du premier dans la partie Sud-est, formait le deuxième noyau. Le vieux Tolga s'étalait au Nord de la palmeraie et créait le village des Bouziani de Ahl-Bouziane. Tolga Taht est connu par la glorieuse mosquée (Masdjid El-Atik), a vécu plus de 14 siècles, et qui était autrefois une église, ainsi par sa mitoyenneté de la Zaouia Athmania fondée en 1780 par Cheikh Ali Ben Amor.

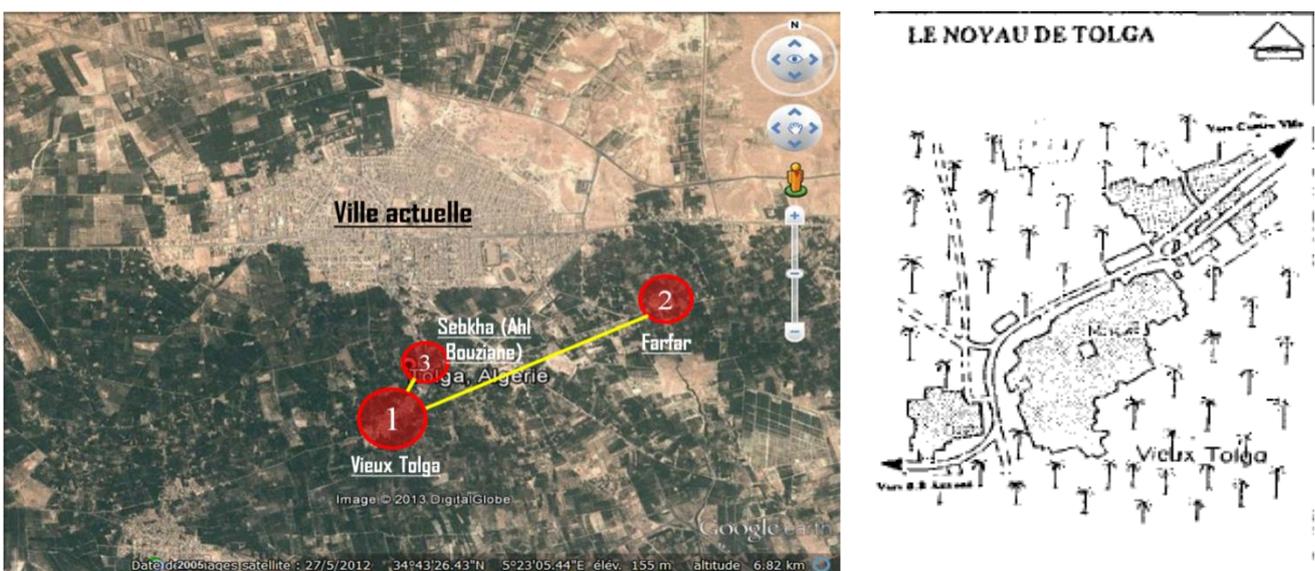


Figure 7.5 A gauche : les premiers noyaux de Tolga : 1.vieux Tolga 2.Farfar 3.Sabkha
Figure 7.6 A droite : L'ancien noyau du vieux Tolga. Source : PDAU Tolga

Au niveau urbain, et comme tout les établissements humains dans la région aride, l'ancien noyau de Tolga repose sur le principe de la compacité du cadre bâti, dont la tache urbaine présenta sous le nom du ksar. Le développement de ces groupements a été au cœur de la palmeraie, qui présente un élément structurant du k'sar. Au niveau du plan, l'agglomération est formée par la juxtaposition des habitations à des hauteurs variables, en créant à l'intérieur une grande place telle que Rahba, et délimitent autour d'elles des ruelles (Zkak) organiques, sinueuses, étroites d'une largeur de 2m au maximum dans les quelles une hiérarchisation rationnelle de l'espace extérieur, du zkak principal au zkak quartier (unité familiale d'habitat), cela en composant un ilot dense en pleine palmeraie.

L'habitation traditionnelle du k'sar, marqua sa particularité architecturale, basée sur l'introversion, la compacité, et l'étroitesse. La construction est fondée avec des matériaux locaux, tels que : le Tob, gypse, l'argile, et les troncs des palmiers pour assurer la structure des planchers "Bien que la ville ait changé de morphologie urbaine, elle a préservé son statut de ville de phoeniculture par excellence, jusqu'à l'arrivée des Français en 1839" (Alkama D., 1995, p54), dont le génie humain dans cette période manifesta à travers une intégration pertinente avec le milieu oasisien, fut du rapport bâti-palmeraie-eau indispensable.

Cette glorieuse histoire à travers les longs des siècles a délaissé des empreintes indéniables tels que les biens romains comme : des soubassements et assises, autant que des colonnes et murs en pierre de taille, ceux qui resteront pour deban un témoin fidèle aux établissements vécues au sein de la région.



Figure 7.7 Vues de l'ancien noyau de Tolga
Source : PDAU Tolga

La période coloniale :

L'intervention française sur la ville de Tolga apparait dès 1849, suite à l'insurrection de Zaatcha, menée par Cheik Bouziane. Dès cette date, la ville connaît une nouvelle aire d'urbanisation, dont l'implantation du chemin de fer, reliant Tolga de Biskra, ainsi que des nouveaux quartiers (Rassouta, la gare) à l'extérieur des palmeraies, dans la partie Nord-est et Nord-ouest de l'ancien noyau (vieux Tolga). Ces quartiers étaient une nouvelle extension

de Tolga, ceux qui sont détachés majoritairement des groupements indigènes, et faisaient aussi une rupture entre la ville et l'oasis.

L'idiologie coloniale sur la ville faisait par le biais du tracé damier : une rationalité et une facilité de la mise en œuvre, sous une géométrie rectiligne, des nouvelles rues peu larges que celles du k'sours, un découpage orthogonal à mailles régulières, identiques, carrossables, tout en élevant le degré de l'ouverture des rues, qui opposait à celles de l'ancien tissu.

L'architecture coloniale a entraîné plusieurs mutations au niveau du cadre bâti, notamment de l'ouverture sur la rue, des hauteurs assez grandes que les anciennes, l'alignement sur le bord des voies ; toute cette défiguration morphologique, n'a guère cessé d'étaler, dont les quartiers de Rassouta Est et Ouest qui occupaient une superficie de 45,42 hect en 1923.

Bien entendu, la nouvelle vision qui caractérise l'urbanisme pendant la colonisation, était marquée par des éléments influençant le lien **homme-environnement**. Pour récapituler ces changements, on cite ces aspects architectoniques et urbains :

- Un plan en damier, avec une géométrie rectiligne.
- Des îlots de formes régulières de diverses dimensions, bordés de voies peu larges et ouvertes.
- Extraversion des habitations, dont l'agrandissement des fenêtres, en revanche on rencontre souvent des maisons qui s'ouvrent sur des cours intérieures.
- Malgré l'introduction de nouvelles techniques de construction, la conception des maisons n'a pas omis de reprendre quelques techniques de construction vernaculaire à base de matériaux locaux (blocs de terre, tronc de palmier) (Alkama D., 1995).

Toute fois ces changements commettaient, les français ont voulu d'en garder l'harmonie qui réside dans le tissu ancien, où recérait un urbanisme vernaculaire.

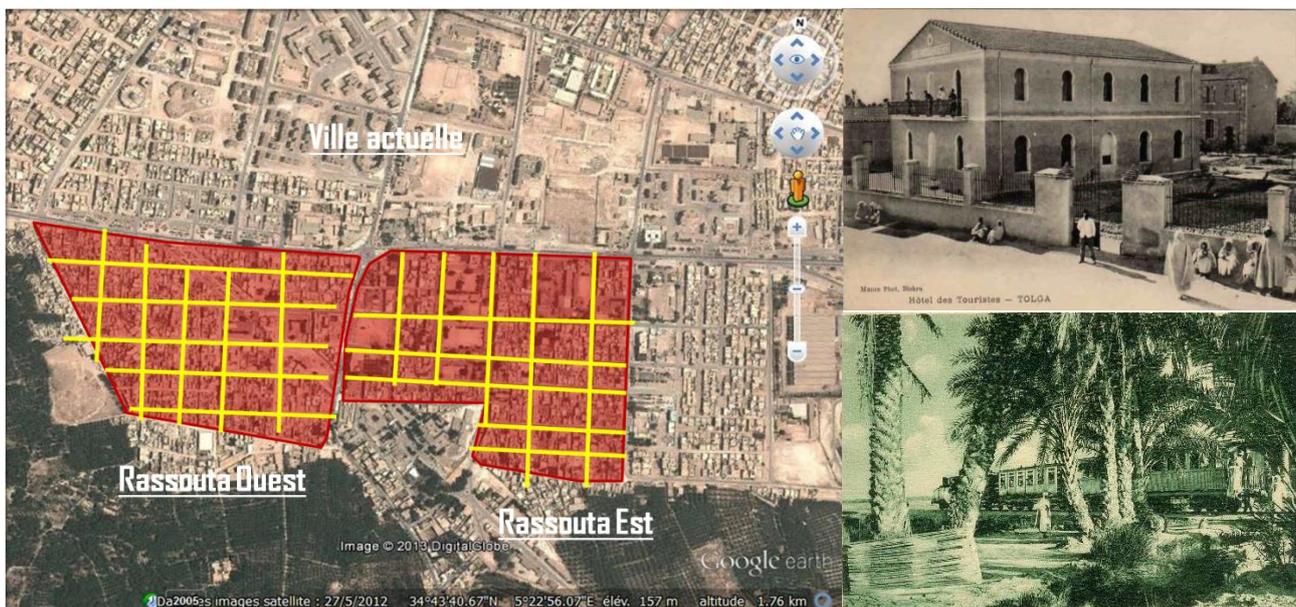


Figure 7.8 Plan de l'extension coloniale et vues sur des réalisations française à Tolga (gare ferroviaire, Hôtel) Source: Google Earth, PDAU Tolga

A vrai dire l'ensemble des deux quartiers celui de Rassouta Est et Ouest, représente aujourd'hui l'agglomération la plus ancienne à l'actuelle Tolga ; en vue de la logique de l'occupation du sol qui se conjugue selon trois modes principaux d'usage des parcelles, nous les citons comme suivant :

- L'îlot bloc occupé entièrement par un équipement tel une école primaire.
- L'îlot à parcelles boisées en partie et bâti en une autre.
- L'îlot jardin.

Tandis qu'il existe un rapport dimensionnel bien déterminé entre ces îlots de tailles variées, dont le plus petit étant le $\frac{1}{2}$, le $\frac{1}{4}$, le $\frac{1}{3}$, ou le $\frac{1}{6}$ d'un plus grand, ce qui donne un rythme et une régularité à ce qui s'élève en volumétrie comme constructions.

Le nouveau Tolga : (Période postindépendance)

Après l'indépendance, Tolga connaît une croissance sans précédent au niveau de la démographie et l'urbanisation, celle-ci a engendré une dynamique urbaine anarchique et non réfléchie. Nouveaux plans émergent au besoin intensif de l'habitation, qui était le berceau d'une planification urbaine balancée entre planifiée et spontanée. La croissance a progressé en des périodes où la première était éphémère présentait juste dans des habitations éparpillées dans la partie Nord de l'ancienne ville et le quartier colonial ; ensuite une deuxième période qui résume l'introduction des outils d'intervention urbaine sur lesquelles le processus de la croissance se propageait linéairement le long de route régionale N° 03 actuelle où se concentre le nouveau centre urbain de Tolga (ZHUN), rassemblant le centre administratif et commercial. Toutes ces interventions sont dues via l'inauguration de plusieurs équipements publics tels les écoles, mosquées, magasins, un CFPA, hôpital, et autres services. Au cours de cette période le tissu traditionnel (vieux Tolga, Sabkha) s'attache peu à peu à celui du colonial (Rassouta Est et Ouest) par la route N° 46, en générant un axe de développement urbain provoquant la naissance des nouvelles constructions.

Suivons l'axe chronologique du développement ; aux années soixante-dix, l'habitat auto-construit développa en créant le plan de l'agglomération secondaire de Tolga tel le quartier de Sidi Rouag, qui était relié à l'agglomération principale seulement en 1987. Dès le début des années quatre-vingts, suite d'une gestion foncière et urbaine, Tolga voyait d'autres perspectives avec de nouveaux plans dans le cadre de la rationalisation de la tâche urbaine, impérativement par l'habitat collectif : 400 Logements, Habitat collectif social et participatif, et les lotissements ceux-ci pour le but de la préservation de la palmeraie qui était sous le risque de la conurbation urbaine rapide. Les lotissements lancés en 1983 tels : lotissements 24 février, Hai El moudjahidine, Hai Saada, Hai Nakhil, les 324 et 226, font un motif délicat pour répondre aux besoins de logements sous la forme de l'habitat individuel, ce qui a mit la structure bâtie dans une image incohérente avec une variété anarchique de formes d'habitations tantôt achevées et tantôt inachevées depuis les années de leur construction. L'habitat collectif lui aussi a participé avec vigueur dans la production urbaine convenant à la réalisation de plusieurs cités collectives : 400 logements, 18

logements d'enseignants, 150 logements C.N.E.P, avec une toute diversité de forme du social et de participatif, afin d'atteindre un patrimoine récent qui compte 22 cités collectives varient de l'habitées et d'autres sont en cours de chantier.

Loin des constructions étatiques, les bâtisses à usage d'habitation ont pris une dimension auto-construite non planifiée, simplement construites par leurs propriétaires eux-mêmes, dont l'aspect figuratif est de toitures plates, des façades inachevées, un rez-de-chaussée préservé généralement pour le commerce autant que l'habitat est souvent réservé dans les niveaux supérieures ; En outre l'adaptation des types architectoniques exogènes comme l'apparition des toitures en tuiles en pleine oasis, et le vitrage exhaustif dans d'autres. Sans oublier la dimension illicite qui a bien constitué la grande tache de la ville notamment l'extension Est du quartier Sidi Rouag, précisément aux années quatre-vingt-dix des habitants ont bien eu profité de la situation politique de gagner des terrains abandonnés pour des constructions précaires, font jusqu'aux nos jours un témoin du la défaillance législative.

La ville de Tolga connaît plusieurs implantations d'équipements à usages productif, par titre d'exemple on cite : l'unité du conditionnement des dattes construite par l'Etat, et qui fonctionne à nos jours, à l'instar nous envisageons aussi, l'usine des chaussettes à Rassouta, dont son image est philanthropique, celui-ci faisait de la propriété de la famille Haddoud, mais il a arrêté depuis un bon temps pour des raisons de la finance. La zone d'activités aujourd'hui s'étale dans la partie Nord-Ouest de la ville de Tolga, là ou la délimitent les frontières de la Daïra de Foughala.



Figure 7.9 Formes urbaines récentes entre variété et discontinuité
Source: Auteur, 2013.

Aujourd'hui la ville de Tolga vit une période étouffante sur le plan foncier, des nouveaux types d'habitat sont exclusifs dans le cadre de l'urbanisation et la planification territoriale dont l'habitat rural, et les programme étatiques des logements. Cela détermine tout un cheminement qui provoque la rupture entre un passé écologique, et un présent quantitatif, qui nous amène dans l'ambiguïté du futur.

3.2. Conséquences et résultats engendrés par la nouvelle urbanisation :

La croissance urbaine accélérée et incontrôlable que connaît la ville de Tolga s'englobe autour de l'étalement urbain, celui qui engendre une menace sur l'équilibre écologique. La qualité du microclimat de la ville est la première victime, tout passe hors faveur de la qualité de vie du citoyen. Une oasis comme celle de Tolga est influée forcément sous l'agressivité de l'urbanisme récent et ses outils de production tels que le béton et le bitume, enregistrant des dégâts environnementaux en favorisant une contrainte dynamique et économique à la vie quotidienne.

Le diagnostic au-dessus de cet état, permet de connaître les raisons de cette situation :

- Un nouveau mode d'urbanisation basé essentiellement sur des tissus éclatés constitués de barres et de tours, donnant naissance à des formes urbaines fragmentées, qui ne sont pas sans conséquences sur l'environnement urbain (climat, ressources naturelles, palmeraie, urbanité, etc.).
- La concentration excessive de la population (explosion démographique et exode rurale) a posé des problèmes en matière d'habitat, de pollution de l'air, de congestion, d'eau et tous ce qui suit comme conséquences néfastes sur le milieu.
- La propagation des constructions illicites sans aucune logique d'urbanisation, sur des terrains périphériques de statut juridique ambigu ou privé, a engendré un cadre de vie désagréable.
- La ville de Tolga a été fondée à l'origine selon un système oasien, sous forme d'une ville au sein de la palmeraie. L'espace sur lequel elle était assise était constitué en grande d'une palmeraie qui représentait 90% de l'espace de la ville.
- Les techniques de construction ont la cause de la perturbation microclimatique, provoquée par le béton, et le bitume, différemment aux ceux qu'ils étaient autres fois des matériaux locaux harmonieux à l'environnement oasien.

Les causalités sont largement plus que celles présentées, ce qui met en conséquence que l'état reste en dégradation le jour après jours, celle-ci est accompagnée par des étés torrides qui deviennent l'aspect habituel des temps derniers. A vrai dire le facteur de la climatisation a beaucoup remplacé une logique efficace recommandée depuis les premiers temps des établissements humains dans les régions arides et qui faisait la source du bien-être, le **génie-urbain**.

Conclusion :

Dans cette étude morphogénétique, et climatique sur la ville de Tolga, nous avons constaté un progrès impressionnant sur l'urbanisation oasisienne. Tolga qui présente un échantillon des établissements humains dans les milieux arides, avec une particularité qui fascine son processus au cours des siècles, dont la palmeraie était et sera un élément primordial de vivacité. Tolga, aujourd'hui risque d'une dégradation microclimatique en conséquent de la nouvelle stratégie urbaine qu'elle suit, à l'inverse notre aperçu sur l'ancienne ville montre un savoir faire, et un génie humain qui participent au bien-être établi par la relation homme-environnement.

A travers l'étude climatique du cas d'étude, parait clairement que :

- Une rigueur climatique dans cet espace fragile dont les hausses des températures notamment la saison estivale ; les vents chauds, et la rareté des précipitations.
- Perturbation sur le bilan thermique au niveau de l'espace urbain, dû à l'urbanisation actuelle qui n'a aucun lien d'harmonie avec le milieu aride.

La présentation des transformations morphogénétiques, à travers l'évolution du processus d'urbanisation, dans la ville de Tolga, fait apparaître les mutations qu'a connu cette oasis sur le plan morphologique, en relation avec l'évolution de la situation socio économique, et culturelle (mode de vie) et les conséquences engendrées par ces transformations sur l'environnement urbain.

Ce qui caractérise le processus de développement de la ville, est la grande rupture avec les anciens noyaux, ces derniers marquaient une intégration pertinente avec la palmeraie, et qui présentaient la forme urbaine protectrice par sa densité, sa compacité, et sa durabilité. En revanche, l'empreinte colonial défini sous le plan damier, déséquilibre la symbiose vécu entre ces k'sours et la palmeraie, dans lequel ce plan était rectiligne, ouvert, et s'articulait sur les îlots réguliers.

Aujourd'hui une dynamique urbaine accélérée met la situation de la ville dans des conditions délicates, la politique des barres et des tours, les lotissements, font qu'implanter des boîtes pour les occuper, afin de loger le maximum possible de la population qui envahissent aléatoirement l'agglomération principale. De nouvelles formes urbaines déterminent la ville sans aucun rapport dont celui-ci était le fil du bien-être ; La gestion actuelle suivit par des techniques sophistiquées qui au fur et a mesure influent négativement sur le bilan thermique et principalement au niveau du confort thermique dans les espaces urbains. Notre étude va s'étaler sur un échantillonnage d'un ensemble de quartiers, où nous allons analyser l'aspect morphologiques de ces derniers, on sortant des facteurs phares qui participent énormément dans le changement climatique, tout ça afin de cerner les causes de la dégradation thermique extérieure.

Chapitre 8 :

Méthodologie du travail ;

Protocole, outillage et Echantillonnage



Introduction :

En premier lieu notre récente recherche se base sur une étude analytique, dont le travail consiste une acquisition de données par le biais des campagnes de mesures requises sur terrain ; en visitant un ensemble des tissus urbains au sein de la ville de Tolga, ceux-ci sont présentés selon les niveaux de densités et la variété de la configuration spatiale des quartiers. On rappelle que les points mesurés sont choisis selon leur représentativité.

Le microclimat d'une ville soit absolument différent de celui d'une région, ce qui indique que l'espace urbain préfigure une somme de plusieurs microclimats de petites échelles, chacun d'eux est attaché à son propre champ spatial.

Dans ce cas une caractérisation microclimatique d'un tissu urbain, nécessite certainement un choix des points de prises des mesures, où déroulera notre campagne de mesure, et qui est en rapport avec la forme spatiale du quartier, ce qui nous amène pour une approche typo-morphologique de l'échantillon investigué. Pour bien décortiquer l'expérience, nos mesures sont prises sur la base des itinéraires sélectionnés. Ces espaces sont donc relatifs à des formes urbaines variées telles que la diversité de densité, et les éléments constitutifs du site (bâtiments, espaces dégagés, jardins...etc.).

L'expérimentation est inspirée d'une méthode universelle, utilisée pour de nombreuses études antérieures.

1. Objectif de l'expérience :

Pour bien aborder, la thématique sur l'impact de la morphologie urbaine sur le confort thermique aux niveaux des espaces extérieurs, il est impératif de mesurer les changements microclimatiques dans la ville, dus aux différences morphologiques urbaines là où, la densité urbaine et la forme spatiale font les facteurs phares sur les mutations météorologiques. La morphologie était et restera toujours un élément continue à s'accroître, en laissant en conséquences des enjeux environnementaux délicats ; Cela implique sur la forte densité aux établissements humains dans les milieux arides qui consiste notre point primordial agissant sur la qualité du confort des gens à l'espace extérieur.

Les résultats acquis sont comparés par celles de la station météorologique de l'aéroport de Biskra, pour démontrer la différence entre des données d'un espace suburbain, à des données du centre urbain, et mettre la lumière des causalités relatives à ces différenciations.

Parmi les facteurs qui influent sur les résultats de l'expérience :

1.1. Facteurs morphologiques :

- La nature de la masse physique (matériaux de construction, couleurs, textures...).
- L'orientation des espaces extérieurs par rapport aux mouvements locaux de l'air (convection).
- La présence de surfaces vertes (effet de l'évapotranspiration).
- La topographie du site.

1.2. Facteurs climatiques :

- La présence d'activités industrielles.
- La proximité du centre ville, et l'importance de la circulation mécanique (niveau de pollution de l'air).
- Le niveau de poussière dans l'air.
- L'état du ciel (clair ou couvert).
- Les journées de mesure (type de temps). (Hamel K. 2005, p 121).

2. Echantillonnage des tissus urbains :

Notre recherche comprendra une échelle de trois étapes à contribuer :

- **En premier lieu**, nous abordons la ville comme configuration spatiale, c'est-à-dire, répartir la ville en éléments élémentaires : trame viaire, trame parcellaire, système bâti, et les espaces libres, afin de lire la morphologie urbaine avec rationalité, cette méthode permettra de distinguer les types de tissus urbains composant la ville.
- **En second lieu**, nous allons procéder à une classification des différents types obtenus selon leur niveau de densité. Ça permettra de dégager les typologies des échantillons à fouiller, pour pouvoir prélever les échantillons convenables.
- **En troisième lieu**, pour chaque échantillon retenu, une classification typologique des espaces extérieurs constituant le tissu, permettra de choisir les points de mesure les plus représentatifs.

2.1. Classification des tissus urbains :

La ville de Tolga, envisage une variété de tissus urbains, font parti de son histoire et du mode d'urbanisation. Plusieurs mutations ont frappé l'oasis au niveau de l'aspect morphologique, ce qui indique l'ampleur du savoir faire, et la croissance urbaine pour une époque déterminée. La recherche actuelle traite la ville selon ses aspects spatiaux, dans lequel notre premier objectif est de démontrer une classification bien déterminée selon plusieurs critères sont :

- **Critères urbanistiques tels que** : structure urbaine et tracé parcellaire, densité, et le rapport entre le cadre bâti et la palmeraie.
- **Critères architecturaux** : définis par l'aspect de l'enveloppe bâtie, la masse physique des bâtisses.
- Mode d'urbanisation et de la production urbaine, selon les différentes stratégies établies par l'Etat algérien.
- **Critère historiques** : période d'apparition.
- Critères juridiques.

Il est à prétendre que l'objectif de la classification, sera pour la mise en évidence des propriétés et des caractéristiques qui distinguent ces tissus, qui nous aideront à une lecture morphologique primaire de la ville (Voir le tableau 8.1).

	Traditionnel	Colonial	Auto construit non planifié	Auto construit planifié	Habitat collectif
Tracé parcellaire	Régulier, constructions semblables	X		X	X
	Peu régulier, construction se rapproche dans leur formes		X		
	Irrégulière, constructions moyennes	X			
Système viaire	Rues sinueuses	X			
	Rues étroites	X	X		
	Larges voies	X		X	X
Enveloppe bâtie	Introvertie	X			
	Extravertie	X	X	X	X
Masse physique	Blocs de terre	X			
	Constructions mixtes	X	X	X	X
	A l'intérieur de la palmeraie	X			
Le rapport avec la palmeraie	L'imitrophe de la palmeraie	X	X		
	En dehors de la palmeraie			X	X
	Planifié (tracé parcellaire)	X			
Mode d'urbanisation	Planifié (PDAU, PUD...)			X	X
	traditionnel	X			
	Spontané		X		
	Précoloniale	X			
Période d'apparition	Coloniale	X			
	Postcoloniale année 70		X	X	
	Actuelle		X	X	X
Statut juridique	Constructions réglementées	X		X	X
	Constructions non réglementées	X	X		

Tableau 8.1 Tableau récapitulatif des caractéristiques typologiques des formes urbaines à Tolga
Source : Etabli par l'Auteur, 2014.

2.2. Classification des tissus urbains selon le niveau de la densité :

Au cours de la deuxième partie, nous tentons à classer nos tissus urbains selon leurs niveaux de densité urbaine, voir le taux d'occupation du sol. A partir d'une analyse sur nos stations, nous distinguons trois classements différents de densité (notre calcul sera lieu de la densité est établi par le coefficient d'emprise au sol), et soit cette classification préalable comme suivant :

- 1) **Tissu dense** : il s'agit du tissu traditionnel (vieux Tolga, Farfar, sabkha) et colonial (Rassouta Est et Ouest). Il est à signaler que l'aspect de densité est illustré dans quelques éléments comme l'étroitesse des rues, la mitoyenneté des constructions, et une hauteur moyenne, dans d'autres tissus.
- 2) **Tissu de densité moyenne** : ce tissu est plus observé dans les tissus auto-construits non planifié et planifié, dont il se caractérise de rues peu larges, des îlots plutôt réguliers composites de formes géométriques assez identiques, et des hauteurs moyennes (R+1).
- 3) **Tissu lâche** : avec son ouverture importante vis-à-vis les tissus précédents, on les rencontre au niveau des habitations collectifs, sous toute sa diversité de formes : sociales et participatives, et qui se conjuguent d'une façon indépendante entre bâtiments, comportant des espaces libres à usage d'un aménagement extérieur.

Cette méthode nous facilite la compréhension de l'image spatiale des tissus urbains existants au sein de la ville de Tolga, par le biais de la densité urbaine.

L'échantillonnage des quartiers ne sera pas un échantillon préalable, c'est un échantillonnage typique, c'est-à-dire que les quartiers sont sélectionnés selon leurs degrés de représentativité.

Au cours de notre campagne de mesure, nous prenons en considération des facteurs qui interviennent sur le bilan de notre travail :

- Eviter le centre ville, là où se concentre une diversité d'activités tertiaires.
- Agir sur toutes les oppositions existantes, soit sur : vieux/nouveau, plein/vide, extraverti/intraverti, irrégulier/ régulier, couvert/découvert, ouvert/fermé, ensoleillé/ombragé, bruit/ calme, sinueux/ régulier, terre/béton. On met en évidence ces rapports afin d'avoir des raisons de la sélection des échantillons de notre étude.
- Le choix des sites sera sur base de similitude topographique.
- Adopter les jours à ciel clair, pour la campagne de mesure.

On conclue, le travail est un ensemble d'expériences sur terrain, indiquant que la campagne de mesure est faite suite à un enchaînement de points de mesure dans un quartier.

3. Expérience, diagnostic et appareillage :

Notre travail sera la mise au point sur ces paramètres climatiques dans deux saisons différentes, la première consiste la saison hivernale, c'est-à-dire durant la période de sous-chauffe qui est délimitée entre décembre et février, et caractérisée d'un très grand froid, contemple à un stress thermique. La seconde démarche, faite par une campagne de mesure au cours de la saison de surchauffe, qui singularise la période estivale. Le milieu aride où s'étale Tolga, constitue un échantillon fidèle de ses établissements humains, dans lesquels l'été fait un grand handicap de confort. Donc, une expérience qui se déroule au sein de l'espace urbain, dont l'ensemble des tissus est diagnostiqué profondément.

Avant d'entamer l'explication et décortiquer les cibles recherchées durant la campagne, nous arrêtons sur les grands points posés en hypothèse, qui dictent ce qui suit :

- Est-ce qu'il y en a des interrelations entre morphologie urbaine et confort thermique extérieur ?
- Une densité urbaine, fait-elle un rapport essentiel de la régularisation thermique dans un espace urbain, où il y en a d'autres ?

3.1. Facteurs climatiques étudiés au cours de l'expérience :

L'expérience vise à contempler quatre paramètres principaux sont : la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative, et la vitesse de l'air. Ces données climatiques sont sélectionnées pour but de la détermination des indices de confort thermique à l'espace extérieur, et selon la disponibilité des instruments de mesure.

3.1.1. Température de l'air :

La température de l'air représente est un indicateur du niveau énergétique de l'air, qui provient lui-même du bilan de tous les échanges de chaleur qui existent à l'endroit et au moment de la mesure de cette température. La température fluctue sans cesse, à toutes les échelles de temps et d'espace. La couche d'air directement en contact avec le sol chaud est échauffée par conduction, cette chaleur se transfère aux couches supérieures par convection. La température de l'air est toujours mesurée à l'ombre sous abris (Givoni B, 1978, Tabeau, 2000).

3.1.2. Température moyenne radiante :

La température moyenne radiante est la température moyenne des surfaces entourant l'espace, pondérée par les émissivités des diverses surfaces et de l'angle solide sous lequel les sujets les voit... La TMR d'un environnement donné est estimée à partir des mesures de vitesses d'air et de température d'un thermomètre à globe. Cet instrument est un thermomètre ordinaire introduit à l'intérieur d'une sphère de cuivre noirci d'environ 10 à 15cm de diamètre" (Givoni B., 1978, p.43). Cette grandeur thermique introduit plusieurs systèmes d'échanges : le rayonnement (infrarouge et visible), et la convection.

La TMR peut être calculée en fonction de la formule de Belding :

$$\text{TMR} = \text{Tg} + 0.24 \text{ V}^{0.5} (\text{Tg} - \text{Ta})^{37}$$

Où :

Tg est la température globale (°C)

Ta est la température de l'air (°C)

V est la vitesse de l'air (m/s)

3.1.3. Humidité relative :

L'humidité relative est un rapport hygrométrique, elle indique que l'état de l'atmosphère est plus ou moins proche de la condensation et c'est à sa valeur que correspond la sensation d'humidité ou de sécheresse de l'air. La quantité de vapeur d'eau que peut emmagasiner une unité de volume d'air est limitée : sa valeur maximale s'appelle l'humidité saturante. Si l'on rapporte l'humidité absolue à l'humidité saturante, on obtient l'humidité relative exprimée en %" (Tabeau, 2000, p.48).

3.1.4. La vitesse de l'air :

A vrai dire les vitesses de l'air constituent un élément essentiel pour la régularisation de l'équilibre thermique humain en rapport à l'échange énergétique entre air et peau. L'étude de l'écoulement de l'air en milieu urbain est très complexes, car trois paramètres essentiels devront être pris en compte : la vitesse moyenne du vent, sa direction et son sens, et la proportion de temps pendant laquelle il a lieu (Hamel K., 2005).

Avant d'entamer la campagne de mesure, il est à citer que notre relève des courants d'air est basée sur l'obtention des vitesses, sans avoir allé aux fréquences, car le propos du travail nécessite des mesures dites momentanées. Une étude approfondie sur la ventilation est jugé de la délimitation des fréquentations des vents ainsi la connaissance des phénomènes aérodynamiques générés.

3.2. Instruments :

Afin d'entamer la campagne de mesure, nous avons choisi un matériel portatif, pour des lectures dites directes (**in situ**) des ambiances thermiques au sein des tissus urbains. Le matériel fait parti de ceux du département d'architecture et d'urbanisme de Biskra.

Le processus du travail consiste des mesures instantanées in situ, dont l'obtention des valeurs est faite avec un enregistrement direct sur les instruments utilisés. Notre travail vise en premier lieu à assembler les quatre paramètres illustrés auparavant, pour but de comparaison avec ceux de la station météorologique. La seconde raison se manifeste en termes d'objectif de calcul des indices de confort thermique tel : la température physiologique équivalente (PET) qui nécessite l'existence des paramètres acquis au cours d'une campagne. A vrai dire le travail sur terrain est suivi par une transmission des données sur un logiciel « Software » numérique afin d'avoir une lecture fidèle des interactions résultantes entre climat et espace urbain.

³⁷ L'homme, l'architecture et le climat, Givoni B. Paris, Le Moniteur, 1978, P43.

Dans le présent travail, on a été besoin de trois outils de mesure, un thermo-hygromètre pour calculer la température de l'air et l'humidité relative, un anémomètre pour avoir la vitesse de l'air, et un environnement mètre pour **la température à globe** ; cette dernière était prise via le thermo-hygromètre associé d'une boule noircie dans laquelle se réunissent pratiquement les températures surfaciques environnantes.

Il est impératif de mentionner que l'arsenal des instruments utilisés ont été mené par un étalonnage rigoureux au niveau de la station météorologique de Biskra, cela pour raison d'exactitude des résultats obtenus par l'auteur en comparaison avec ceux de la météo ; indiquant que l'étalonnage a concerné le thermo-hygromètre, par contre à l'anémomètre on a pas eu l'occasion de le faire à cause de la panne subie au baromètre de la station, ainsi que la hauteur des hélices des vents (H=10m) qui ne compte pas une référence précise.

3.3. Descriptions des instruments :

3.3.1. Thermo-hygromètre électronique HD 100 :

C'est un outil conçu par l'entreprise 'Kimo' qui sert à mesurer trois paramètres climatiques celui de la température de l'air en (°C, °F, K), l'humidité relative (%), et comme le point de rosée (°C, °F, K) sur les plages de mesures variant entre : -20°C à +80°C pour la température de l'air et le point de rosée, et 5 à 95% pour la HR. Alors que la résolution est de (0,1% HR, 0,1°C). L'appareil est servit par un tube de 5 mm de diamètre contient une cellule très sensible sur la quelle les données sont prises à l'aide sondes survenues. Comme il peut prendre les mesures en différentes unités le thermo-hygromètre HD100 nous donne la possibilité d'avoir les deux valeurs maximales et minimales au sein de l'endroit visité.



Figure 8.1 Le thermo-hygromètre Kimo, modèle HD100.
Source : (Fiche des données techniques) www.Kimo.fr

Bien entendu, pour avoir la température moyenne radiante TMR, nous avons tenté à utiliser le même moyen (thermo-hygromètre HD100) rajouté d'une boule noirci de 5 cm de diamètre. Cette méthode était déjà utilisée lors des campagnes auparavant.



Figure 8.2 Le thermo-anémomètre avec enceinte noirci, Kimo, modèle HD100.
Source : Auteur, 2014.

3.3.2. Anémomètre LV 100 :

L'instrument mise à relever le débit de l'air circulé, à la faveur de la possession d'une hélice accroché. Notre instrument mesure autant la température de l'air comme celui du thermo-hygromètre. Les vitesses d'air sont bien relevées en : (m/s, et fpm –pied par minute-), tandis que les plages de mesures sont limitées entre : 0,2m/s à 3,1m/s – 3,1m/s à 35m/s. Grace aux pales fines de l'hélice, la moindre brise du courant d'air fut fonctionné l'appareil qui lui aussi assume les valeurs maximales et minimales. Comme résolutions le LV100 présente un écart de 0,01m/s à 0,1 m/s.

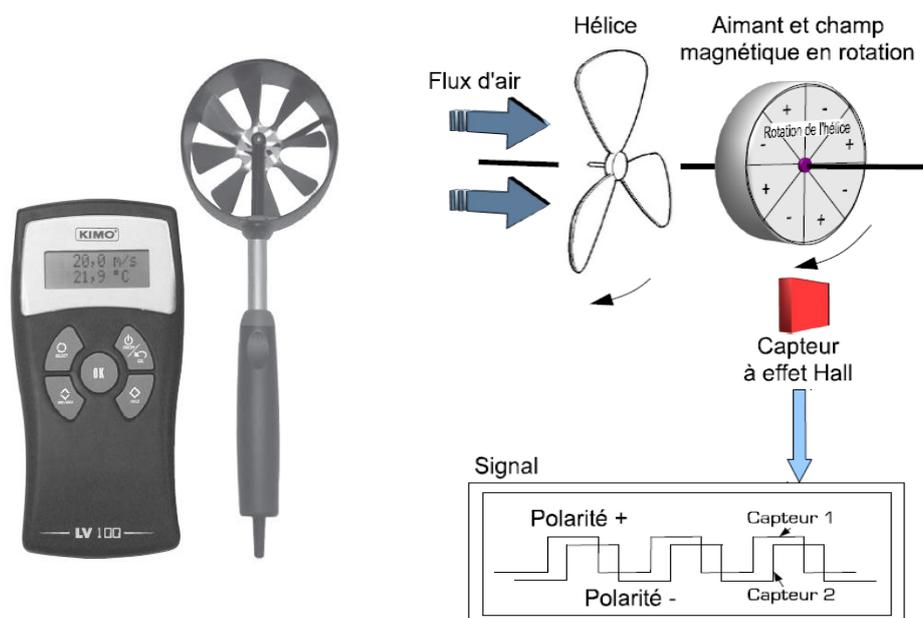


Figure 8.3 Le thermo-anémomètre Kimo, modèle LV100.
Source : (Fiche des données techniques) www.Kimo.fr

3.3.3. Cason CA 380 :

Le thermomètre CA 380, relève la température surfacique par le biais du rayon infrarouge. Cet outil nous a facilité la connaissance de la température des matériaux composants la masse bâtie. Il est à dire que notre travail ne soit pas approfondie sur la température surfacique des matériaux qui ne constitue pas notre objectif principal, cela était complémentaire à la prise des autres paramètres autant pour des raisons d'interprétation.



Figure 8.4 Le thermomètre CA 380.
Source : www.aliexpress.com

4. Processus et parcours de l'expérience :

La campagne de mesure récente est divisée en deux grandes parties, et comme nous l'avons déjà indiqué avant que la première expérience consiste la période du froid, soit la zone de sous-chauffe qui s'étale au long de trois mois sont : décembre à février. En revanche, la deuxième est déroulée pendant la saison estivale (période de surchauffe) (Juillet) celle-ci qui identifie la période la plus fragile. Autrement dit, la répartition des heures de mesure fut attachée à la durée de la fréquentation quotidienne de l'espace extérieur par les habitants, ce qui nous a obligé de choisir un intervalle temporaire de 04h00 jusqu'à 21h00 (20h00 en hiver), et qui aborde une durée représentative pour un usage ordinaire de l'espace urbain. Notre deuxième raison du choix des horaires est pour but de l'évolution du régime thermique journalier, dont on peut la résumer comme suivant :

Avant le lever du soleil : c'est-à-dire avant tout les gains thermiques.

Après le lever du soleil : début et l'évolution des gains.

A midi : Quand le soleil est perpendiculaire (au zénith).

L'après midi : un maximum cumul de la chaleur emmagasinée.

Après le coucher du soleil : le temps du début de la restitution de la chaleur.

Cet organigramme temporaire vise à une lecture fidèle d'un processus exacte au niveau thermique, sachons qu'on a confronté à des circonstances particulières au cours des journées telles : les vents de l'après midi, des passages nuageux ceux qui minimisent le taux d'ensoleillement, et des autres qui sont classés comme des facteurs urbains (palmeraie).

La saison d'hiver était la plus perturbée, suite aux changements enregistrés au cours des journées, par contre à l'été les facteurs sont majoritairement identiques qui représentent le même état météorologique. Bien entendu, la période froide soit une **étude pilote** à celle de l'été dans laquelle on a amélioré le processus du travail.

La collecte des données comme indiqué précédemment est faite exclusivement sur terrain ; les résultats obtenus sont comparés à ceux enregistrés à la station météorologique de l'aéroport de Biskra. A propos du bilan d'investigation, nous avons réparti nos quartiers en trois journées pour que nous puissions faire le parcours ; ceci une prise de deux quartiers par jour, selon des raisons de distance, de temps, et impérativement de comparaison. A vrai dire les sites sont bien ajustés sur la base du rapprochement (Hai El moudjahidine/ Sidi Rouag) (150 logts CNEP/ Rassouta Ouest) (Vieux Tolga), quand au temps de la visite pour une paire de tissus urbains elle ne dépasse pas une demi-heure, cette durée nous a permis de bien envisager sous les même conditions climatiques. L'itinéraire choisi est basé sur le changement de la configuration spatiale et physique du quartier, et cela pour ne pas tomber sur les mêmes aspects au niveau des points de mesures dont trois stations de prise étaient largement suffisant avec une exception au quartier vieux Tolga seulement en deux points pour des causes de ressemblance de taille et de lieu , celui qui a subit à plusieurs travaux de démolition et de reconstruction pendant la dernière décennie.

Il est à noter que l'équipe du travail est composée de trois personnes y compris l'auteur. Les déplacements sont assurés par un véhicule ce qui a minimiser le temps d'y aller d'un quartier à l'autre (15 min). Le vieux Tolga représente le quartier le plus éloigné, voire sa localisation au bord de l'actuelle ville de Tolga (Sud-Est). Les quatre paramètres sont pris sous abri à une hauteur moyenne de 1.20m, qui fait référence à celle de la station météorologique.

Conclusion :

L'expérience menée par l'auteur est une requête qui vise à dévoiler les causes et les interactions survenues entre un tissu urbain et son bilan thermique extérieur. Basé sur quatre paramètres à savoir la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative et la vitesse de l'air à l'opposer de la densité urbaine et la configuration spatiale d'un tissu. Les données obtenues sur terrain font un support ultérieur pour un calcul des indices propres au confort thermique extérieur ; quand aux échantillons, nous avons poursuivit une étude typologique sur les quartiers investigués selon leur degré de densité urbaine, et leur masse physique. Les matériaux de constructions font un lien fort entre les perturbations microclimatiques et la structure spatiale, néanmoins nous n'avons pas approfondi notre recherche sur leurs effets thermo-physiques, à part sur quelques traits mentionnés, où ils ont notablement influé l'environnement thermique.

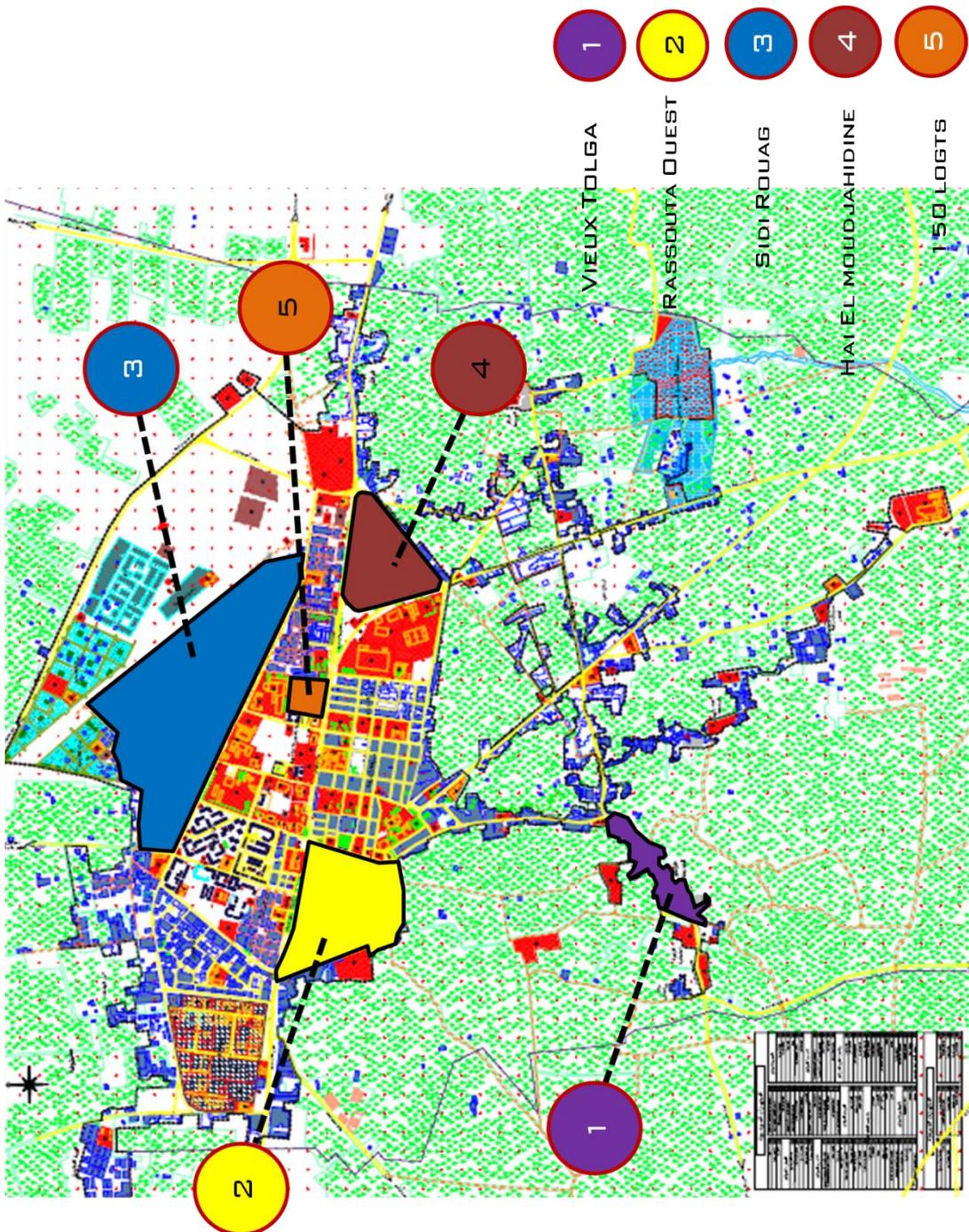
Introduction :

Considérée comme deuxième ancienne ville de la région des Ziban, Tolga représente une urbanisation oasienne dont les établissements humains et la palmeraie sont deux paramètres indissociables. Dans le récent chapitre, nous tentons de diagnostiquer les différents tissus existants à Tolga, à travers une analyse typo-morphologique nous distinguons les diverses caractéristiques formant ces groupements.

L'analyse englobe évidemment les différentes figures de la production urbaine dans les oasis du zab gharbi. Un enchaînement d'événements définit les mutations vécues au niveau de la qualité architecturale et urbaine, où l'homme a évolué conformément avec son besoin et son cadre vital. Autrement dit, l'ancienne ville de Tolga, où l'ancien noyau dont nous allons parler au sein de notre chapitre, identifie le respect de la palmeraie comme élément majeur de la création urbaine, et la stabilité socio-économique. La période coloniale révèle une reproduction du fruit qui été autrefois la référence de l'homme dans les milieux arides, en apportant de nouvelles infrastructures et nouveaux équipements dont ils cherchaient bien de revaloriser l'empreinte coloniale et faciliter l'entrée de la machine qui n'existait pas auparavant.

Nous sommes dans la période postindépendance, Tolga enregistrait une croissance étouffante comme toute ville en Algérie aujourd'hui, suite à l'exode rural en premier lieu, les gens venus à s'installer donnent une nouvelle image de l'urbanisation anarchique sans aucun rapport avec les origines de la région. Edification, densification, et étalement urbain illimité, précipite l'Etat à intervenir dans le cadre de la gestion urbaine sous le différents plan d'urbanisme tel le PUD, PDAU, PAW...etc. La planification étatique qui cherche à satisfaire le besoin interminable de la demande de logements vis-à-vis l'explosion démographique, ne cherchent pas la qualité architecturale et urbaine spécifique aux régions arides. La politique de l'îlot vertical, ou l'îlot ouvert illustre bien l'urbanisation fragile non réfléchie.

Donc, à ce propos nous tiendrons à mettre la lumière sur la différence des tissus urbains constituants la ville de Tolga, en s'arrêtant sur les points architecturaux dont la construction qui fait le compartiment crucial de l'établissement humain, et aussi voir les tracés des rues qui ont pris un itinéraire évolutif au cours des siècles causées de plusieurs phénomènes qui n'existaient pas dans les villes traditionnelles.



Vis-à-vis de la variété existante dans la ville de Tolga, notre choix des échantillons fait un rapport au degré de représentativité du quartier en se basant sur deux dimensions celle de l'historique et l'autre de la configuration spatiale typique des quartiers. Depuis l'ancien tissu et comme forme initiale de la ville on a pris le vieux Tolga inséré au cœur de la palmeraie. Du colonial, nous avons choisi Rassouta Ouest comme une empreinte de l'urbanisation française. A propos de Sidi Rouag, il illustre le grand champ d'anarchie dans lequel on détermine une forte défiguration spatiale. De l'auto-construit, Hai El moudjahidine fait avec son état et sa qualité spatiale le plus favori. Le collectif qui est représenté dans plusieurs dérivés, est illustré par le quartier des 150 logements CNEP en raison de sa position au sein de la Z.H.U.N.

5. Analyse typo-morphologique des échantillons choisis :

5.1. Tissu traditionnel : (Vieux Tolga)

Qui représente l'ancien noyau de l'oasis, le vieux Tolga est considéré comme premier groupement humain dans le zab gharbi actuel. En se situant dans la partie Sud-ouest de Tolga aujourd'hui, le tissu traditionnel se conjugue parfaitement avec la palmeraie qui le cerne. Tolga Taht (signifie Tolga bas) comme le nomment les autochtones, reflète à nos jours le génie humain depuis les longs siècles, sous une enveloppe pertinente se manifeste dans la densité, l'étroitesse, et la compacité là où les habitations sont majoritairement introvertis; ces facteurs marquaient une forte harmonie avec le milieu hostile.

L'ancien tissu de Tolga dans une échelle urbaine, est caractérisé par sa linéarité, jalonné par les limites des palmeraies, ces dernières font l'entourage du ksar, bien évidemment la structure urbaine est le résultat de la juxtaposition des habitations de taille moyenne, formant à son tour une hiérarchisation des rues avec leur morphologie organique, les rues elles-mêmes se subdivisent en autres types : ruelle principale, ruelle secondaire, et impasse, résultantes de plusieurs facteurs tels que : intimité, usage, et savoir-faire. La taille des rues varient d'un endroit à l'autre de 1,8m jusqu'à 3m de largeur, où l'étroitesse préfigure l'**imagibilité** de l'**espace ksourien**. Pour le système parcellaire, l'îlot forme un compartiment clairement identifié par sa masse irrégulière de grande dimension, avec développement linéaire et horizontal en accompagnant la ceinture de la palmeraie, et participent dans les rapports sociaux dans le ksar ; les îlots traditionnels sont bien distingués par la différence de taille, et leur orientation, par rapport à la palmeraie.

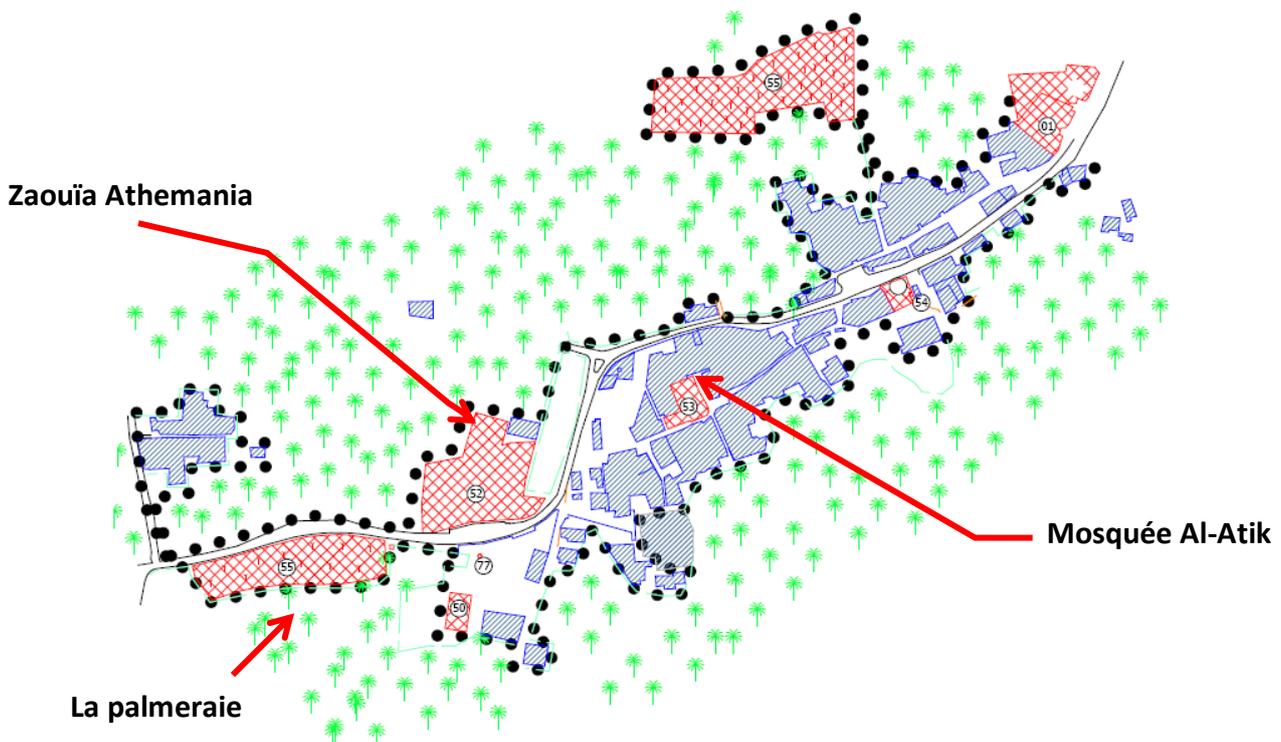


Figure 8.5 Plan du quartier vieux Tolga
Source: PDAU Tolga

L'habitation traditionnelle comme toutes les maisons dans les ksour du bas Sahara, englobe un ensemble de rapports morphologiques se présentant sous la forme de parcelles, la particularité de la volumétrie, où l'homme n'a guère cherché la qualité de la demeure, mais en revanche chercha l'intimité et le parapluie climatique avec des moyens sédimentaires, extraites de l'environnement immédiat. La maison de l'ancien noyau de Tolga est intravertie, compacte, bâtie sur une hauteur moyenne (RDC, et R+1), collée avec l'avoisinante, dont elle préserve la particularité de chaque famille. Le rapprochement des maisons joue un rôle impératif en protégeant les ruelles et augmentant le degré d'espace ombragé, comme nous nous rencontrons des dessertes privées aux habitations, voire des culs-de-sac.



Figure 8.6 Vues de l'ancien noyau du vieux Tolga

Source: PDAU Tolga

Le vieux ksar de Tolga, était autrefois un chef-d'œuvre s'exprimant avec les matériaux de constructions locaux dont la terre séchée, les troncs de palmiers, qui agissaient positivement avec l'intensité solaire et la chaleur du milieu. Les murs étaient épais et inertes dont l'épaisseur varie entre 40-60 cm, illustrant une véritable enceinte préservant la température ambiante de l'habitation des hausses de chaleur. Aujourd'hui le tissu change de revêtement par l'introduction de la matière dure comme le ciment, béton, et peinture réfléchissante. Malgré l'absence de bitumage, la chaleur ambiante extérieure a énormément changée, due à l'envergure de l'enveloppe bâtie, qui intervient à travers les nouveaux matériaux qui ont un impact délicat sur le bilan thermique extérieur équilibré, ressenti jadis.

Entre passé et présent, la configuration morphologique du ksar est la même, la masse est dense et compacte insérée au cœur de la palmeraie, fait depuis toujours le caractère essentiel de cet établissement humain. La densité dans les milieux arides est impérative, par une forte emprise au sol et une minimale ouverture vers l'extérieur ; La coexistence entre palmeraie et bâti, s'illustre bien au niveau de la mitoyenneté, ce qui a permis à la régularisation thermique à l'intérieur de tissu grâce à l'humidification de l'air ambiant, dont la densité est comprise de 0.60

5.2. Tissu colonial :(Rassouta ouest)

La colonisation française en Algérie a délaissé une empreinte particulière à l'échelle de l'urbanisation, par de nouvelles lois de bâtir qui mettent en évidence une géométrie spatiale voire le damier colonial. Tolga fut colonisé après l'insurrection de Zaatcha en 1849, mais le début de l'urbanisation française à Tolga commença en 1923, en concevant la nouvelle extension hors palmeraie, au bord de la voie RN 46. Puisque nous allons diagnostiquer le quartier de Rassouta Ouest qui est le plus ancien, ce dernier se situe au Sud de la ville actuelle, dans lequel préfigure une sorte de faubourg du vieux Tolga. Comme exemple de l'intervention coloniale, le tissu est bien en forme de damier, où la géométrie rectiligne, des voies et les îlots identifient l'aspect général de Rassouta Ouest.

Caractérisé par la largeur des rues de dimensions variables entre : 8m-14m, leur linéarité, des voies carrossables, en plus une nouvelle configuration des bâtisses évoquée en extraversion par l'ajout des ouvertures au niveau de la façade. Le système viaire est bien marqué par une trame régulière, formé par les intersections des voies hiérarchisées selon leur desserte : primaire : 12m -14m, secondaire : 8m -10m, en bordant des îlots réguliers à leur tour. Les dimensions de l'îlot varie entre : 30m x 30m, 30m x 65m, et 70m x 75m. La planification urbaine française c'était de faire sortir les autochtones de leurs demeures cernées par l'immense palmeraie, et de loger les nouveaux colons résidant à Tolga, autant la France a rajouté d'autre infrastructures comme équipement public, tel que : la gare de Tolga, l'Hôtel des touristes (Ancien siège de la Daïra), l'ancienne poste, etc. Une continuité routière entre quartier colonial et vieux Tolga est constituée par la route N° 61 qui franchit la grande palmeraie.



Figure 8.7 Plan du quartier Rassouta Ouest
Source: PDAU Tolga

Au niveau de l'habitation, la nouvelle maison subit à l'architecture coloniale, impose une image exogène à la maison existée au tissu traditionnel, l'édification des habitations est bien déterminée dans des caractères spéciaux, la hauteur aujourd'hui est entre : R+1 à R+2, alignées au bord de la longue rue régulière, tandis que l'aspect de l'ancienne maison est reproduit dans une nouvelle configuration, mi-introvertie, mi-extravertie, introduisant une architecture étrangère, en s'inspirant de l'ancienne.

Le quartier de Rassouta ouest est dans sa globalité construit avec des matériaux locaux (terre sèche) avec de nouvelles techniques de construction, mais actuellement, le dur envahit l'enveloppe bâtie sous le revêtement du ciment, le béton, et le bitume ; des extensions verticales, et des façades inachevées font l'aspect majeur de la réalité architecturale et urbaine au sein du quartier. Bien que l'architecture coloniale soit exogène au savoir-faire connu, mais on avoue qu'elle est fondée sur un plan d'urbanisme, bien adopté à l'architecture locale.

A l'instar de la palmeraie qui fut l'élément fondamental des **tissus zibanais**, le tissu colonial se propage à l'extérieur des palmeraies, dont le plan s'est basé sur un tracé rectiligne, et une géométrie régulière ; l'image du quartier est bien ouverte de celle des anciens noyaux, dont l'ouverture des rues, et l'élargissement des îlots. L'éclatement au niveau du cadre bâti engendre une densité moyenne avec un coefficient d'emprise au sol de 0.68, ce dernier indique un rapprochement entre Rassouta et le vieux Tolga, tandis que l'éloignement approximatif de la palmeraie, influe énormément sur la mutation microclimatique à l'intérieur de tissu, avec des surfaces bâties plus exposées au rayonnement solaire sans avoir des espaces protégés comme les galeries dans le tissu traditionnel. A vrai dire, le damier colonial, chercha à s'intégrer au milieu oasien de Tolga d'une manière imposée par des lois d'urbanisme exogène, mais en ignorant le fond historique de l'ancien noyau tel l'aspect socio-climatique.



Figure 8.8 Vues du quartier Rassouta Ouest
A gauche une rue principale, à droite une rue secondaire
Source: Auteur, le 20/01/2014 à 10 :45

5.3. Tissu auto-construit non planifié : (Quartier Sidi Rouag)

Situé dans la partie Nord de la ville de Tolga, Sidi Rouag aujourd'hui possède la plus grande part de la surface totale de la commune, et même aussi est considéré le plus peuplé aux autres communes voisines. Il doit son appellation au mausolée de Sidi Rouag, reposé sur une butte depuis la période coloniale au centre du quartier actuel. La genèse du tissu commença après l'indépendance dont des maisonnettes éparpillées au-dessous du piémont de la montagne, mais les prémices de Sidi Rouag actuel débutèrent aux années soixante-dix, suite à l'exode rural, par une vague de population venue de toute la région (partie ouest des Ziban), on édifiait leurs demeures sans aucun support juridique, provoquant une nouvelle image du quartier avec une anarchie constructive, et luxuriante. En 1977 le quartier était classé comme un groupement secondaire lié à l'agglomération principale de Tolga, ensuite il s'attachait à la commune comme district en 1987. Sa croissance était clairement spontanée, d'après sa naissance sous le fait de l'auto construction ; l'APC n'est pas intervenue sur le plan, sauf le rajout des installations de l'assainissement, l'électricité, le gaz de ville, et quelques équipements (mosquées, écoles etc.). Le site représente un véritable urbanisme anarchique, vu l'irrégularité des rues, le désordre au niveau de la trame parcellaire, et le manque des besoins de viabilité dans plusieurs endroits du tissu.

Sidi Rouag contrairement au tissu colonial, est doté d'un plan irrégulier qui interprète la mauvaise intervention, et l'urbanisation aléatoire. Les rues sont le résultat de l'implantation spontanée des habitations, dont plusieurs voies varient entre : 8m-20m de largeur, et s'accroissent vers la direction Nord. Le tissu est beaucoup plus métissé qu'on le croit, dont la variation mutuelle de l'îlot et la bâtisse. Les îlots sont en majorité irréguliers plus grands de ceux de Rassouta, avec une forme urbaine plus dense, voir l'imbrication étouffante de maisons.

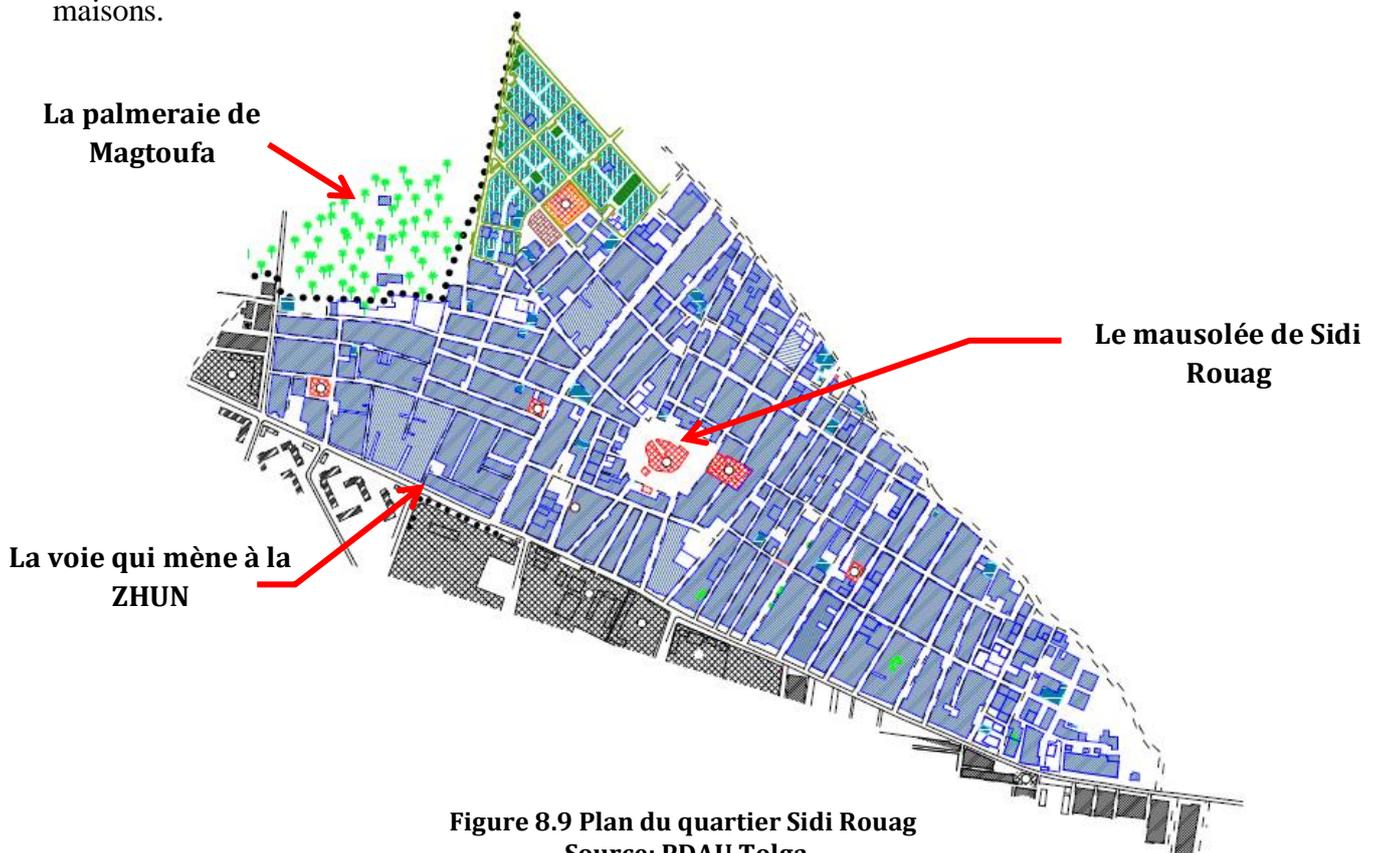


Figure 8.9 Plan du quartier Sidi Rouag
Source: PDAU Tolga

Il est à signaler que Sidi Rouag ne contient presque pas une ressemblance au niveau des dimensions des rues, ce qui a engendré un plan ramifié, très varié avec un aspect radier qui converge vers le mausolée, et qui rassemble un nombre important de poches urbaines qui sont délaissées et non aménagées par l'APC. Nous rencontrons une légère régularité sur le plan à la partie Est qui est considérée comme une nouvelle extension soumise aux règles dictées par les instruments d'urbanisme actuel.

Sur l'échelle de la masse bâtie, la majorité des habitations sont construites sur le niveau du RDC, mais il y a d'autres en R+1 au maximum. La forme du cadre bâti reflète en premier lieu un désintéressement sur l'aspect extérieur de la bâtisse laissant les façades en état brute sans crépissage et sans peinture cela est jugé comme raison d'économie ; en second lieu l'habitation apparaît avec les modes de la maison récente, en extraversion et l'ouverture ; la maison de Sidi Rouag marque rigoureusement son identité moderne sans aucune relation avec les anciens tissus existants. L'irrégularité de la trame parcellaire reste le caractère frappant sur la quelle se fonde la construction (trapézoïde, rectangulaire, forme irrégulière), et laissant entre elles des espaces libres de tailles variables vierges et non aménagés. Le commerce lui aussi est intervenu réciproquement sur la morphologie des maisons, ou l'aspect artisanal (soudure, mécanique) représente la façade urbaine du quartier celle qui donne sur la route de la zone d'habitat urbain nouvelle (Z.H.U.N)

Emergeant après l'indépendance, le tissu ne prend pas ces racines avec les anciens noyaux et le damier colonial ; sa nouvelle population venait s'installer sous le monticule du mausolée, emploie un nouveau savoir-faire, en se basant sur leur niveau économique. Les maisons sont la mixité des matériaux de constructions, entre terre sèche, et béton, chacun selon ses propres possibilités, les façades sont inachevées dans leur totalité. Bien entendu, la coexistence vécue auparavant entre établissement humain et palmeraie, n'existe plus à Sidi Rouag, si on ne compte pas la palmeraie qui se situe au Nord-ouest du quartier (Magtoufa) qui existait depuis la colonisation française.

Aujourd'hui le quartier de Sidi Rouag est estimé comme la plus grande partie de la ville de Tolga, sous un coefficient d'emprise au sol estimé de 0.58.



Figure 8.10 Vues du quartier Sidi Rouag

A gauche et à droite, des rues irrégulières représentent fidèlement l'image du quartier

Source: Auteur, le 14/07/2014 à 14:38

5.4. Lotissement : (Quartier Hai El moudjahidine)

Se situant à l'Est de la ville entre le nouveau Farfar et Rassouta Est, Hai El-moudjahidine est l'un des quartiers auto construit, constitué de lotissements répartis par l'APC de Tolga. Le quartier a vu le jour dans les années quatre-vingts selon les règles de l'ancien plan de PUD, formé d'un ensemble de lots bien divisés, dans le but de loger les ex-moudjahidines. Le plan du quartier déterminé par sa géométrie régulière, abrite aujourd'hui quelques équipements tels que: l'institut de la formation professionnelle, un CEM, une primaire, unité de soin, section postale, une placette...Etc.

L'îlot régulier fait le compartiment crucial de la structure urbaine, délimité par des axes linéaires, rectilignes, formant ces îlots de formes régulières (carrée, rectangle, trapèze). A vrai dire, l'unité urbaine est composée de la juxtaposition de rangés généralement rectangulaires. Les rues sont goudronnées d'une variété de largeur : 3m-9m, au fur et à mesure poussent dans quelques endroits d'espaces libres exploités pour le boisement (espaces verts). L'écoulement des rues a lieu sur les voies principales : route de wilaya N° 3 et route nationale N°46.

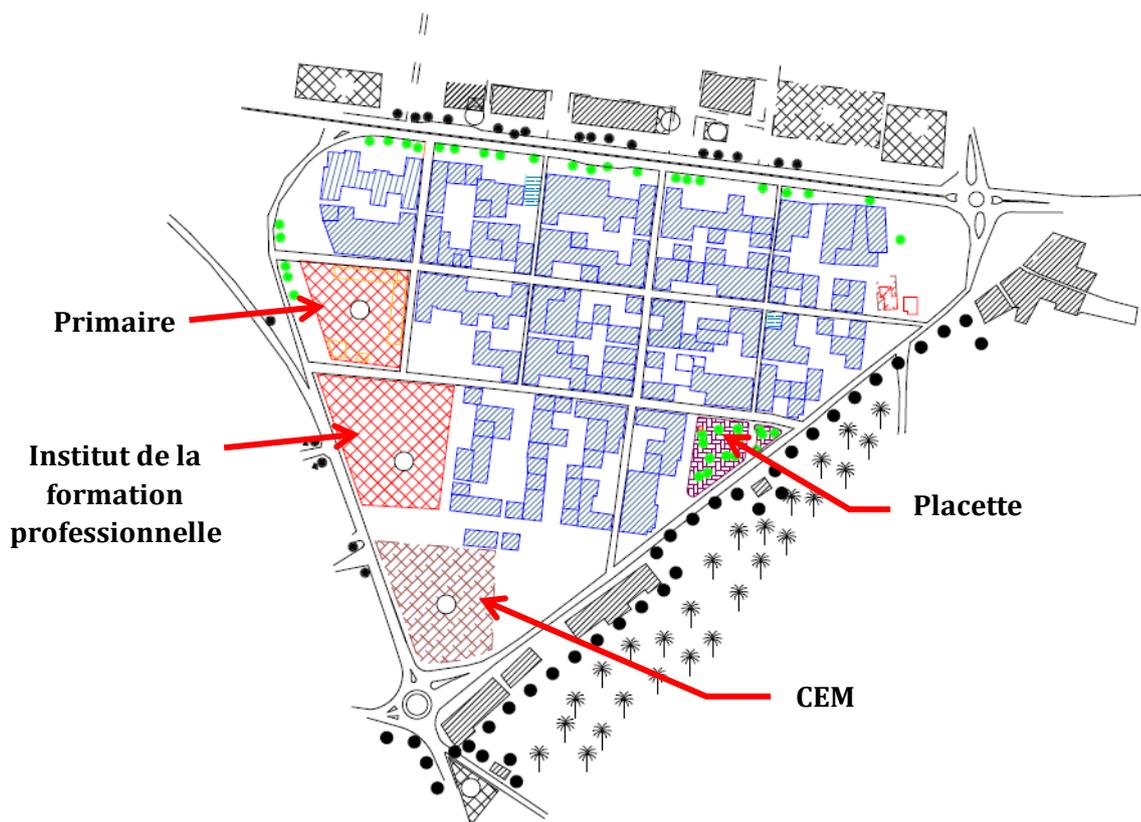


Figure 8.11 Plan du quartier Hai El moudjahidine
Source: PDAU Tolga

El-Hai comme disent les Tolguis, composé dans sa totalité de maisons individuelles auto construites par leur propriétaires, varient entre : R+1 et R+2 d'hauteur, ces dernières préfigurent l'aspect d'une architecture moderne sous une enveloppe des nouveaux

matériaux de construction. Nous indiquons que le quartier préserve une forme d'homogénéité de bâti voire une ressemblance des domiciles.

Les habitations sont en majorité extraverties partageant deux activités ; celle du commerce est réservée au RDC, tandis que les niveaux supérieures font la demeure. La qualité des constructions sont bel et bien dans un bon état par rapport à celles du Sidi Rouag, ce qui confirme que l'ensemble du quartier est presque présentable.

Le rapport entre le bâti et l'espace libre est apparent, là où les surfaces vides identifiant des lots destinés à la construction, avec toute cette envergure une atmosphère spécifique est créée à l'intérieur du quartier telle que la participation de l'étroitesse. Bien que la palmeraie (celle de Farfar dans la partie Est du Hai El-moudjahidine) est toute proche, on ne sent pas la continuité urbaine ou bien végétale entre le quartier et le voisinage des palmiers. Avec une configuration de petites rues canyons, on affirme que la rue du Hai souffre d'un malaise thermique à l'espace extérieur, dont la densité ($CES=0,41$) et les matériaux sont le défaut principal.



**Figure 8.12 Vues du quartier Hai El moudjahidine
A gauche et à droite des rues plus ou moins étroites
Source: Auteur, le 14/07/2014 à 16 :25**

Une nouvelle catégorie de tissu émergeait sur le plan de Tolga, Hai El-moudjahidine comme plusieurs quartiers font le résultat de la stratégie étatique envers l'urbanisation dans les milieux arides. Cette nouvelle démarche aide à loger et à rationaliser la qualité urbaine et architecturale des habitations, mais il y a toujours des imperfections liées à la relation d'établissement humain-aridité, en menaçant l'écosystème oasien qui tend à se dégrader en temps que facteur fragile au sein des milieux arides.

5.5. Habitat collectif : (Quartier 17 octobre 1961 ou 150 logements C.N.E.P)

Notre nouveau site d'investigation, sera l'habitat collectif des 150 logements qui se situe dans la zone d'habitat urbain nouvelle (Z.H.U.N) construit dans le cadre de l'habitat social, divisé en deux tranches l'une de 50 logements de la C.N.E.P qui donne sur la route principale N°3 à coté du tribunal, et les 100 logements font parti de la réalisation l'O.P.G.I situés en dos des premiers (en face du technicum). Edifiés dans les années quatre-vingt-dix, le quartier préfigure une architecture verticale, répondant au programme des logements et d'équipements programmées par le secteur d'habitat hors PUD, cela en respectant l'assiette foncière ; les immeubles sont dispatchés comme ils se combinent selon le plan de masse, en délaissant un grand espace découvert (grand prospect intérieur), qui contient un aménagement extérieur pauvre d'avantages représentés par des aires de parkings, quelques aires de jeux, et des espaces verts mal entretenus.

L'aspect général du quartier, est bien évident de l'îlot vertical, composé de blocs avec une hauteur de R+3. Les bâtiments sont fragmentés d'une distance variant de : 12m - 20m, tandis que les logements suivent un plan typique (F3), caractérisés par une façade unique extravertie et rythmique sans aucune conjugaison architecturale avec l'environnement urbain. Les 150 logements illustrent bien l'exemple de la masse dure en béton et ciment qui participent à la déstabilisation thermique, puisque un projet étatique se conforme aux lois de la standardisation architecturale. Les espaces résiduels sont goudronnés et contiennent des aires de stationnement aux habitants.

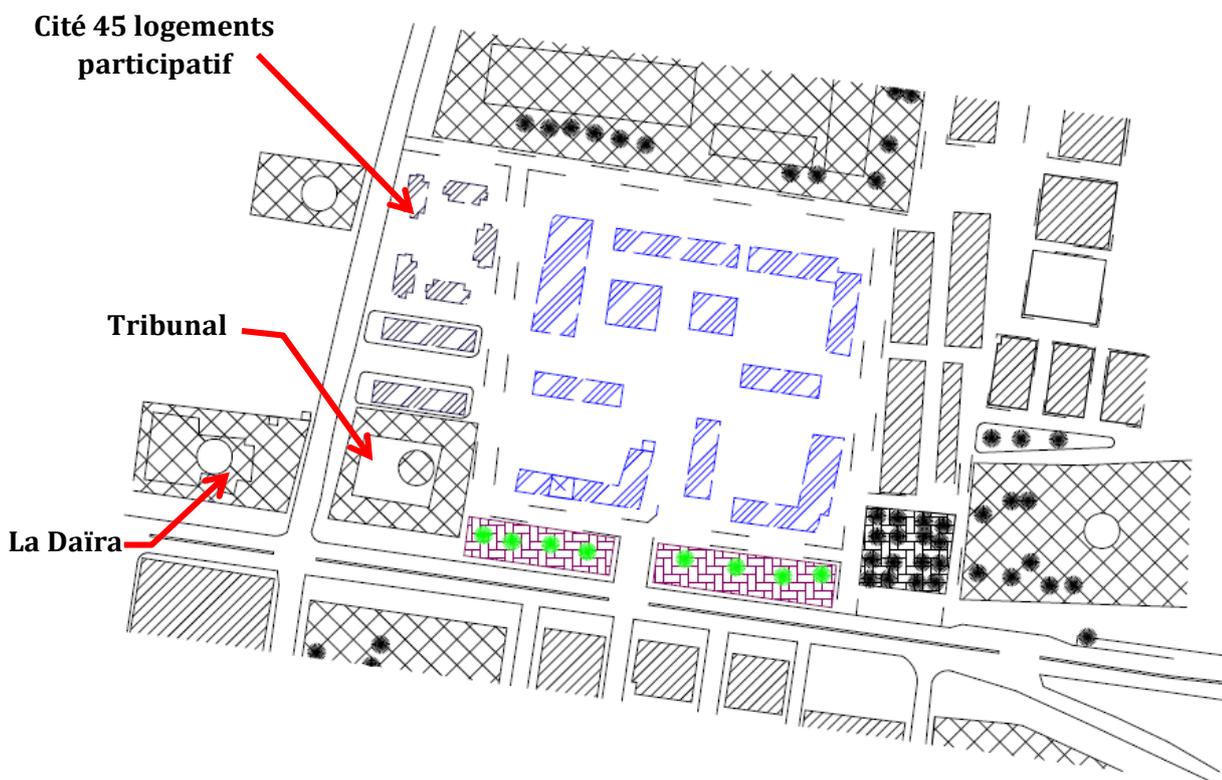


Figure 8.13 Plan du quartier des 150 logements
Source: PDAU Tolga

La fragilité existante au sein des 150 logements se concentre essentiellement au niveau de sa densité avec une densité lâche ($CES=0,18$), celle-ci fait le résultat de la disposition éparpillée des blocs, sans être reliés avec des passages couverts ou bien de galeries, ces dernières qui se trouvent au niveau de la façade principale qui donne sur la voie principale de la ville (route de la wilaya N°3).



Figure 8.14 Vues du quartier des 150 logements
Un contexte ouvert, vu la séparation des blocs d'immeubles
Source: Auteur, le 20/01/2014 à 10 :25

A vrai dire, notre quartier ne dispose d'aucune continuité urbaine et architecturale avec le milieu avoisinant, ce dernier est identifié sous une image d'un ensemble d'équipements publics tels que le tribunal, le siège de la Daïra, la Such, le Tichnicum, et des cités collectives. Sur le plan de l'habitation, les logements ont subi à des interventions brutales de la part de leurs propriétaires, notamment les travaux des extensions extérieures dans le but d'élargir les espaces intérieurs des cellules, cet acte démesuré a progressivement défiguré la forme initiale des blocs en créant une nouvelle figure architecturale sans ame.

Conclusion :

Ce chapitre nous a permis d'approfondir la vision sur la variété des tissus urbains existants par le biais d'un échantillonnage de quartiers. Suivant l'axe chronologique du développement de la ville de Tolga, on a abordé en premier lieu le vieux Tolga qui était et restera le bon exemple du génie du peuple oasisien, ce premier quartier illustre les notions de la densité, la compacité, l'étroitesse, et intégration, voire son insertion au sein de la palmeraie, malgré qu'il a subi d'un grand nombre de travaux (démolition sans cesse) le site est sous une mutation jour après jour. Passons à la période coloniale, Rassouta Ouest un témoin de l'empreinte française par la disposition d'une nouvelle géométrie bien déterminée avec un plan rectiligne orthogonal doté d'une régularité d'îlots. Le troisième exemple qui concerne le quartier de Sidi Rouag celui qui compte la part du lion de la ville, avec sa forme urbaine anarchique voire l'auto-construction précaire en se regroupant autour de mausolée au qu'il doit son nom. A l'autre angle de la forme urbaine dite programmée, le lotissement de Hai El moudjahidine représente l'image des lotissements de Tolga, ceux qui font le résultat d'une opération de rationaliser la gestion foncière et non pas de la continuité avec l'ensemble de l'agglomération. Pour le cinquième échantillon, les 150 logements préfigurent une gestion étatique qui répond aux programmes soulignés par le ministère afin de loger le maximum des habitants ce qui fait le besoin crucial vu l'explosion démographique, cela en respectant l'assiette foncière considérée comme un autre enjeu qui se répercute sur l'intérêt de la politique d'urbanisation.

Cette démarche a pour l'objectif de mettre la lumière sur la configuration spatiale des tissus urbains, ce qui facilite une connaissance des stations investiguées et de combiner les données urbaines avec celles du microclimat prises au cours de la campagne de mesure.

Chapitre 9 :

Résultats et interprétations ;

Campagnes de **m**esures, **s**imulations et **é**valuations



I. Envi-met / BioMet :

BioMet fait une complémentarité du logiciel tridimensionnel Envi-met model, dans le quel il vise à calculer une série d'indices de confort thermique tels que : **PMV/PPD**, la **PET**, et le **UTCI**³⁸. Il est à signaler que le BioMet est accompagné de l'ancienne base de calcul (Leonardo), établi sur une liste de cinq variantes : température d'air, température moyenne radiante, humidité relative, vitesse d'air, et l'environnement urbain ciblé. La nouvelle base du BioMet comprend une colonne réservée aux différents paramètres liés à la personne exposée aux conditions climatiques et urbaines mentionnées précédemment. Afin de conclure notre représentation, le logiciel ne fonctionne que par le biais de la base Envi-met 3.1 ou plus, ce qui est impossible via les anciennes versions du programme.

II. La mise en fonction du logiciel :

Comme a été bien illustré auparavant, BioMet est basé sur le calcul des indices du confort, cela est nécessairement géré avec l'Output file (**_AT_**) ce dernier confère au fichier atmosphère procuré de la simulation depuis Envi-met ; dans un autre sens, la mise en fonction est similaire à celle du Leonardo. Pour obtenir les trois différents indices, le logiciel nous donne une possibilité du choix des paramètres de la personne, de la hauteur de nos mesures, et bien sur les heures voulues, ces avantages permettent à l'utilisateur de bien délimiter son besoin selon les conditions fidèles de son expérience.

Dans ce qui suit nous tentons à illustrer les étapes du calcul par le biais du BioMet software.

III. Démarrage du logiciel :

Il suffit seulement d'ouvrir le logiciel (double clicks), ensuite de chercher sur le fichier atmosphère obtenu par la simulation avec Envi-met (généralement dedans le dossier Envi-met 3.1 atmosphère).

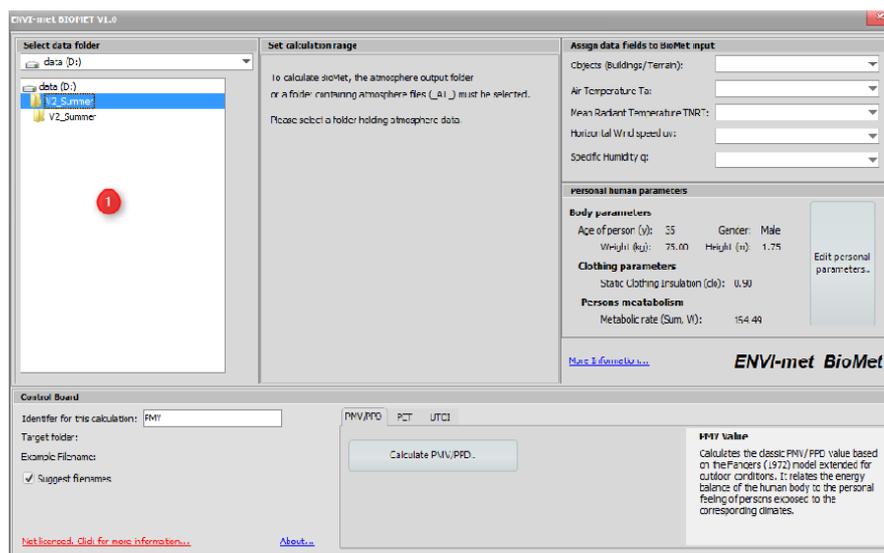


Figure 9.1 Démarrage du logiciel BioMet

Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met BioMet. www.envi-met.com

³⁸ Universal Thermal Climate Index. Son calcul est basé sur le Model de Peter Breode.

IV. Le calcul des indices :

Une fois le logiciel ouvert, une table des horaires sera affichée, dans laquelle il faut choisir l'heure du calcul. Il est à dire que la table peut contenir ainsi des jours entiers, il reste qu'à choisir le temps de la prise des calculs.



Figure 9.2 Table des heures du logiciel BioMet

Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met BioMet. www.envi-met.com

Le logiciel offre une possibilité d'un calcul en série, c'est-à-dire que l'utilisateur peut avoir plusieurs calculs d'un seul coup, ceci oblige que le choix soit au cours de la même journée. Autant, BioMet constitue un point essentiel pour la mensuration de la hauteur des calculs, via le calcul vertical où l'on peut facilement choisir l'hauteur qu'il cherche.

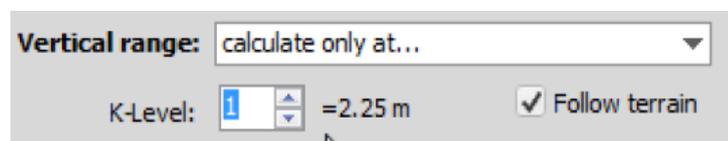


Figure 9.3 Colonne des hauteurs du logiciel BioMet

Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met BioMet. www.envi-met.com

Comme nous l'avons mentionné au-dessus, le logiciel nécessite une saisie de cinq paramètres primordiaux tels que : la température de l'air, la moyenne radiante, l'humidité relative, la vitesse de l'air, et principalement l'environnement tridimensionnel. Apparemment les paramètres sont les mêmes indicateurs que pour la détermination des indices de confort thermique.

BioMet ouvre une surface pour les aspects morphologiques de la personne évaluée, dans laquelle on peut modifier l'âge, le sexe, le poids et la taille, et aussi le métabolisme et l'habillement, selon nos besoins de la recherche. Cette démarche facilite forcément le champ du travail, ceci afin de préciser les détails et pour une meilleure obtention des résultats. Pour notre récent travail, on a mis une personne type qui soit de 30 ans, 1.75m de taille et de 75kg, tandis que les autres paramètres soient standards.

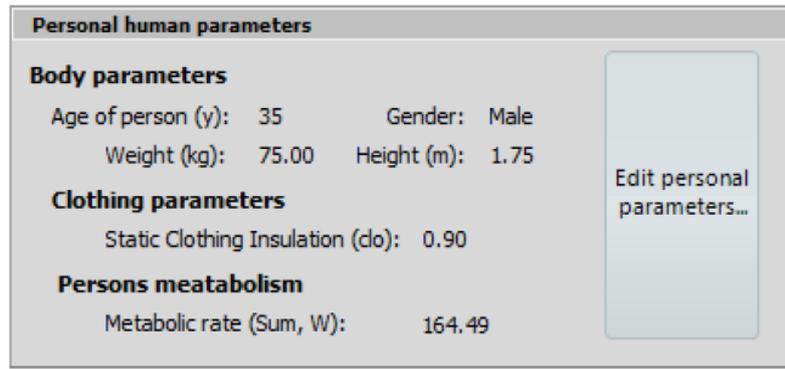


Figure 9.4 Edition des paramètres personnels du logiciel BioMet
 Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met BioMet. www.envi-met.com

En dernier lieu, il nous reste qu'à sélectionner l'un des trois indices revendiqués, pour cette démarche, BioMet offre une colonne spéciale pour mener le calcul voulu. Le logiciel crée automatiquement un dossier qui est réservé pour les indices (dossier biomet³⁹, contient autres dossiers du PMV, PET...etc.).

Enfin les indices sont requis, le prochain pas sera le Leonardo, celui qui constitue le support des fichiers BioMet. Le fonctionnement de Leonardo est impérativement identique de son ancienne version ; une interface qui projette le calcul soumis par les deux procédures précédentes celles de l'Envi-met et BioMet. Les résultats préfigurent sous une image du plan contenant des nuances de couleurs qui font les intervalles des paramètres cherchés (PMV, PET, TMR...etc.).

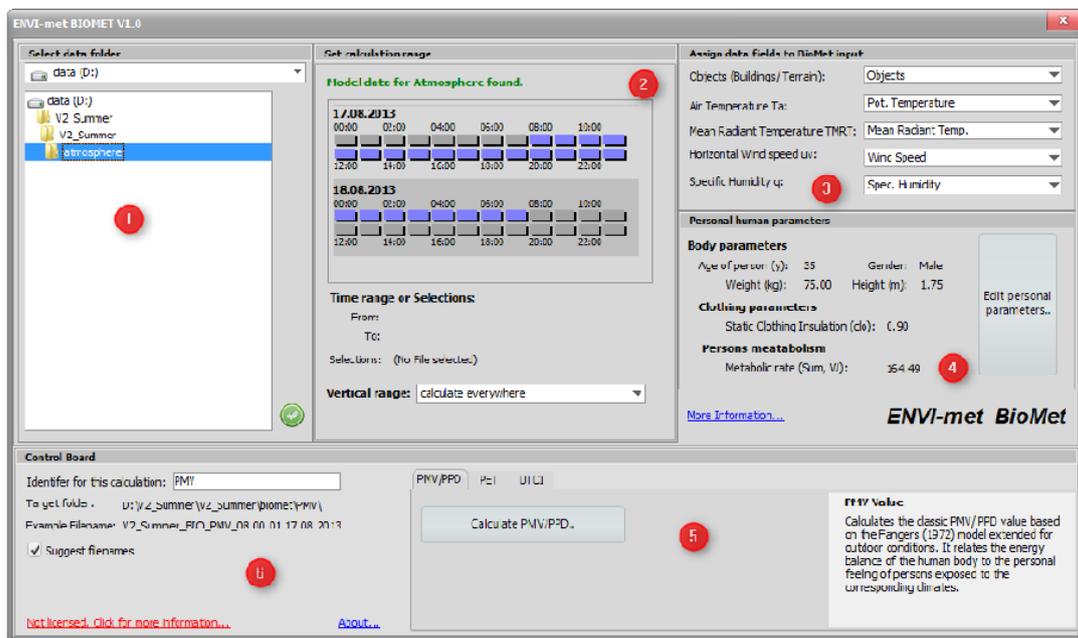


Figure 9.5 Processus de fonctionnement du logiciel BioMet
 Source : Guide de manipulation du logiciel Envi-met BioMet. www.envi-met.com

³⁹ Dossier biomet sera créée à l'intérieur du dossier atmosphère. Il contient les différents dossiers des indices.

Partie d'été :

Analyse et interprétation des résultats :

1. Premier échantillon : Quartier Hai El moudjahidine (CES=0,41)



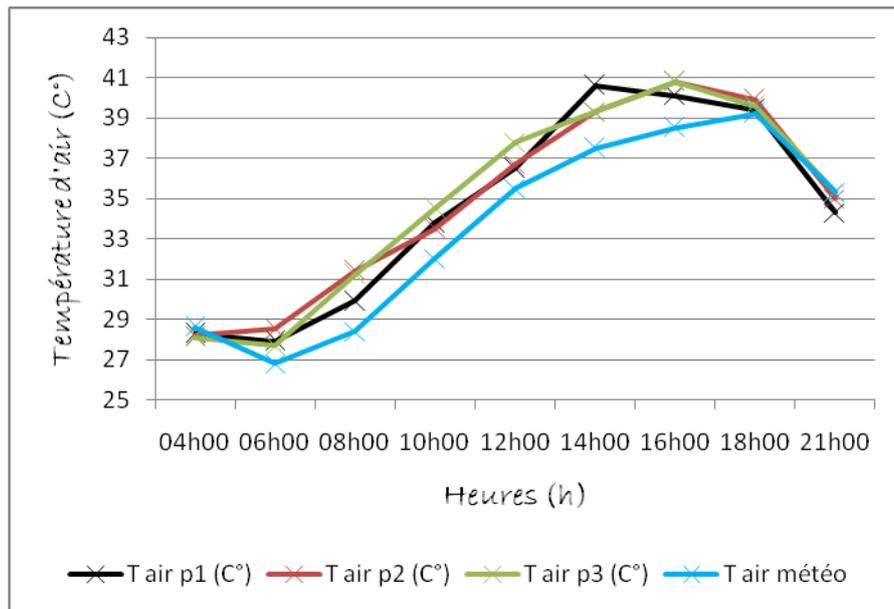
point	Largeur et orientation de la rue	Albédo
1	8m /orientation Sud-Est	0,3
2	6m/orientation Sud-Est	0,3
3	6m/orientation Nord-Sud	0,3

1.1. Evolution de la température au cours d’une journée d’été (14/07/2014) :

Les valeurs de températures requises pendant une journée d’été, font une corrélation directe à l’environnement urbain (valeurs qui devront être argumentées). La campagne de mesure a relevé un taux inhabituel d’humidité durant les deux premières heures de la matinée, dont les détails seront abordés. Les données sont directement comparées aux celles de la station météorologique de l’aéroport de Biskra, qui sont classées dans des tableaux, ensuite développées sous formes de graphiques.

<u>Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014</u>									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
T _{air} p1	28,3	27,9	29,9	33,8	36,5	40,6	40,1	39,4	34,3
T _{air} p2	28,2	28,5	31,4	33,5	36,7	39,3	40,8	39,9	35
T _{air} p3	28,1	27,7	31,2	34,5	37,8	39,3	40,8	39,6	35,3
T _{météo}	28,6	26,8	28,4	32	35,5	37,5	38,5	39,2	35,3

Tableau 9.1.1 Données caractérisent les températures de l’air entre quartier et station
 Source : Auteur, 2014.

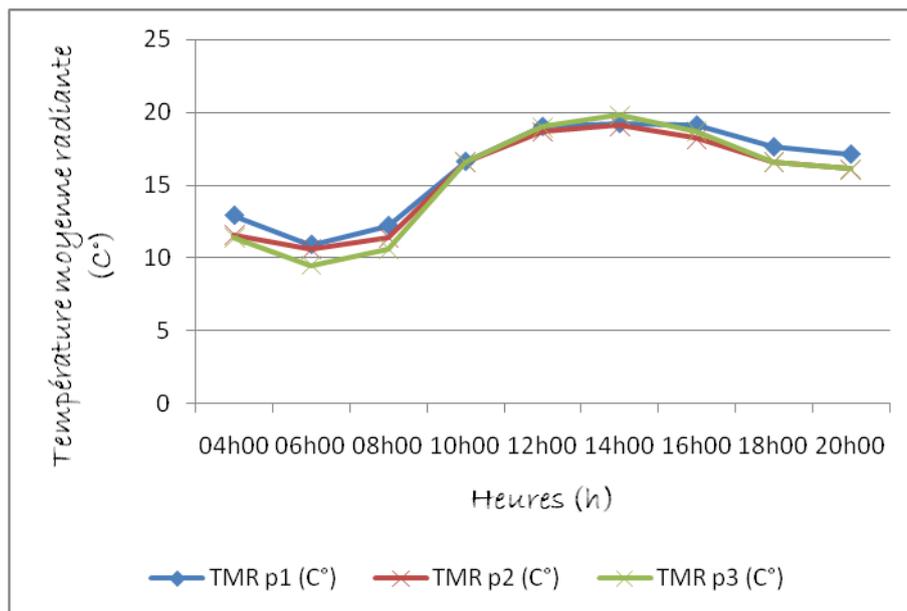


Graph 9.1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.

Le calcul de la température moyenne radiante (TMR), sera établi sur la base de la reproduction de la formule de Belding, ce qui nous oblige d'avoir les trois données essentielles qui sont : la température de l'air, la température globale (prise par le biais du dispositif en boule noircie), et ainsi la vitesse de l'air. Le tableau qui suit, répartie deux données, une pour la température globale (T_g) requise en compagnie, et l'autre de la TMR.

Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
Point 01									
T_g	28,4	28,4	32,4	35,4	39	41,9	41,6	40,8	34,5
TMR	28,5	28,6	28,8	35,8	54,3	44,2	44	41	34,7
Point 02									
T_g	28,7	28,7	33,4	37,1	39	42,7	44,6	41,6	35,3
TMR	28,8	28,8	30	38	41,4	37,9	44,8	58,9	35,6
Point 03									
T_g	28,4	28,2	32,4	37,9	39,8	41,9	41,6	41,6	35,6
TMR	28,5	28,3	30	38,7	56,3	63,1	58	45	35,9

Tableau 9.1.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Hai El Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014

Les graphiques ci-dessus représentent l'évolution journalière de trois paramètres qui sont : la température de l'air (T_{air}), la température moyenne radiante (TMR), et qui sera comparée celle de la station météorologique. L'étude consiste trois points différents dans le même tissu, et cela pendant une journée typique d'été. La répartition des constats est basée sur l'échelle temporaire, et la course solaire.

Pour la première observation, à 06h00, le minimum moyen ($\Delta T_{air\ min}$) de la journée est de 28 C° avec un écart de $2,8\text{ C}^\circ$ entre température de l'air du quartier et la température prise à la station météorologique, cet écart est dû à l'impact de la canopée urbaine sur la température, en affirmant cette perturbation urbaine et suburbaine avec la TMR qui était très proche de T_{air} . Le troisième point sera le moins chaud, avec une mesure de $27,7\text{ C}^\circ$.

Juste après le lever du soleil, l'écart commence à diminuer par des valeurs variant entre ($2,4\text{ C}^\circ$ à 08h00, $1,9\text{ C}^\circ$ à 10h00) d'une température (Δt_{air}) $30,8^\circ$, et $33,9^\circ$ alors que TMR continue à augmenter sous l'effet de l'ensoleillement ($29,6\text{ C}^\circ$). L'approximation des écarts devait être relative au niveau d'exposition solaire, dans laquelle le quartier était moins exposé.

Les températures atteignent leur maximum ($\Delta T_{air\ max}$) à 16h00 dont le cumul énergétique était en son sommet lui aussi, les valeurs sont bien différentes ou $\Delta T_{air\ max} = 40,5\text{ C}^\circ$, voire un écart de 2 C° seulement à celle du suburbain. Effectivement, la protection due par la structure du quartier a minimisé du coup l'écart thermique entre les deux échelles. A l'instar, la TMR atteint son maximum $19,4\text{ C}^\circ$ influée par les flux solaires.

A 18h00, le ΔT air commence à diminuer progressivement dans lequel on relève un écart de $0,4^{\circ}\text{C}$ ce qui explique presque une égalité en degré de température au quartier et à la météo.

Après le coucher du soleil, la température de l'air enregistrée au quartier Hai El moudjahidine est encore en diminution d'une valeur (ΔT air) de $34,8^{\circ}\text{C}$, mais à part que la station météorologique enregistre $35,3^{\circ}\text{C}$ qui montre une inversion au niveau de mesure, car la station est beaucoup plus exposée à l'ensoleillement que le quartier.

La différence constatée pendant la journée au sein du quartier Hai El Moudjahidine et la station météorologique est en lien étroit à l'aspect structurel du tissu. La moyenne de température au cours de la journée était de ΔT air moy = $34,2^{\circ}\text{C}$ au quartier, tandis que le suburbain a relevé une valeur de 33°C . Evidemment, nous devons avouer que la différence retenue est modeste, ce qui permet de dire que l'espace urbain a conservé un peu l'effet thermique malgré les **effets thermo-physiques** des matériaux qui interviennent fortement à l'augmentation de la température. La température moyenne radiante constitue un deuxième indicateur réel en mesurant la température d'environnement (air et surfaces bâties).

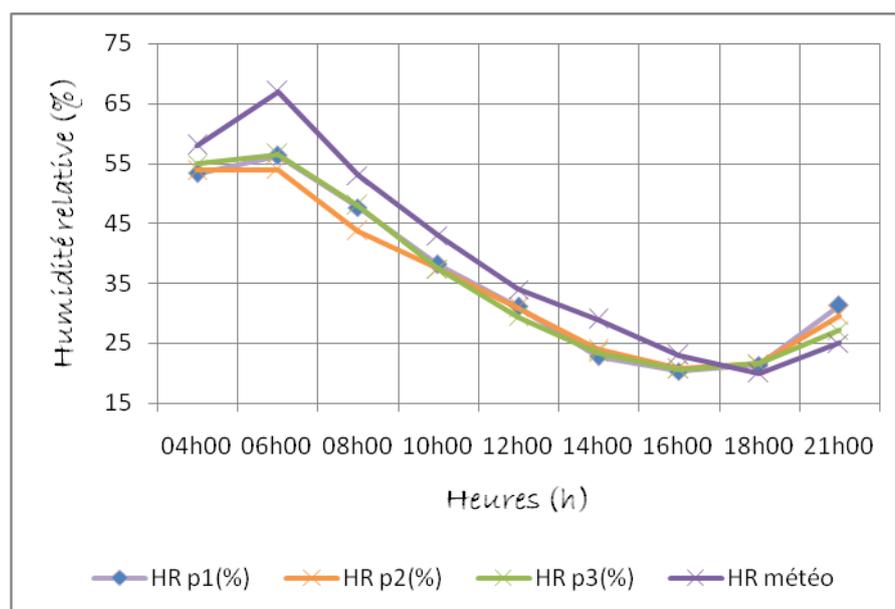
1.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014) :

Si on considère que la H_R est en moyenne de 26% durant la dernière décennie en mois de juillet, nous devons signaler que les premières heures de la journée, font l'exception au taux de l'humidité relative au cœur d'été. Le tableau suivant relève les mesures prises par l'auteur autant que celles récupérées à la station de météo.

Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
H_R p1	53,3	56,3	47,7	38,1	31,1	22,8	20,3	21,4	31,3
H_R p2	53,8	53,9	43,7	37,4	30,9	23,9	20,7	21,6	29,6
H_R p3	54,9	56,5	48	37,4	29,4	23,4	20,6	21,6	27,2
H_R météo	58	67	53	43	34	29	23	20	25

Tableau 9.1.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

Ce qui a été mentionné du part et d'autre, c'est que l'humidité relative requise entre 04h00 et 06h00 était inhabituelle (voire sa rareté en cette période), nous tiendrons les causes due à la palmeraie avoisinante, ou bien au passage d'air frais ; élément que nous aborderons ultérieurement.



Graph 9.1.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.

Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus consiste en la représentation de l'évolution de l'humidité relative au cours d'une journée estivale à Hai El moudjahidine dans trois points différents. Les mesures enregistrées démontrent un taux maximal (si ce n'est pas le plus élevé du mois) avec une valeur de (ΔHR max) 55,5% à 06h00, par contre le minimum (ΔHR min) était de 20,5% pris à 16h00.

Le début de la matinée serait humide avec des valeurs étaient de : 56,3%, 53,9%, 56,5% par ordre des points, tandis que le site suburbain a retenu une valeur de 67% à 06h00. Ce qui explique cet état « anormal », c'est la proximité au barrage situé à quelques kilomètres de la ville (Bordj Roz), augmentant ainsi le taux d'humidité. Par conséquence, la surélévation d'humidité consiste un enjeu très délicat à l'environnement agricole si ce n'est pas le but du thème (évaporation d'eau très importante).

Afin de préfigurer notre paramètre au sein du quartier, nous tenons à établir une répartition soit temporaire, en vue de vérifier l'évolution d'humidité relative au long de la journée :

- **Avant et au lever du soleil :** Les taux les plus enregistrés pendant ces moments soit au quartier ou la station météorologique. Une valeur de $\Delta HR = 54\%$ avec HR météo = 58%, celles-ci étaient à 04h00. Le temps où le soleil posait ses rayons, le taux continu à monter pour atteindre le maximum journalier (55,5%, déjà indiqué), ce dernier fait l'exception.
- **Pendant la matinée :** l'humidité au niveau du quartier est de $\Delta HR = 37,6\%$ avec un écart de 15,4% à celle de la météo. Le point 1 était le plus humide à cause au courant d'air écoulé sur cet espace bien dégagé par rapport aux deux autres.
- **L'après midi :** cette période, semble la plus sèche, les valeurs ont diminué à $\Delta HR = 23,3\%$ à 14h00, et $\Delta HR = 20,5\%$ à 16h00 étant les plus basses de la journée. La cause est

bien reliée à la hausse des températures, ce qui entraîne naturellement l'humidité à descendre. Ce qui est remarquable : que les valeurs à l'espace urbain devient supérieures à celle du suburbain dont les données en ordre sont : 21,4% et 20% à 18h00.

- **Après le coucher du soleil :** Nous constatons à un accroissement du à la baisse approximative des températures, malgré une sensation très chaude, en rapport à l'effet de l'îlot de chaleur urbain.

La perturbation résolue à Hai El Moudjahidine pendant cette journée, n'est pas liée seulement à l'intervention de palmeraie (à distance proche du quartier), mais également à un autre phénomène lié au facteur du barrage de « Manbaa Ghouzlen ». A par l'exception, les valeurs ramenées par la mensuration préfigure la fraction entre température et humidité relative, confirmant que les taux était rapides à surbaissier, et trop lents à surhausser. Il est à signaler que la HR max prise à 06h00 ne constitue pas un cas étouffant ; cela va nous conduire à évoquer l'évaluation du confort.

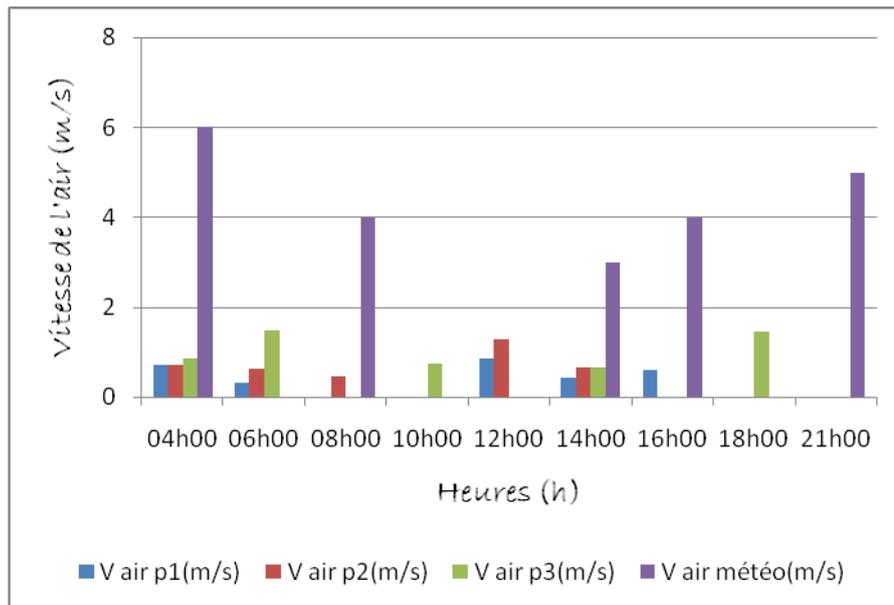
1.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) :

La vitesse de l'air sera le quatrième paramètre à déterminer. La campagne de mesure a enregistré un écoulement d'air frais pendant le début de la matinée (entre 04h00 et 06h00), ce qui a rafraîchi l'environnement thermique dans le quartier. En effet, cet écoulement des courants d'air frais serait un autre facteur inhabituel notamment dans le mois de Juillet, là ou il est classé comme période sèche avec chaleur torride.

Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
V_{air} p1	0,73	0,32	0,0	0,0	0,85	0,45	0,6	0,0	0,0
V_{air} p2	0,73	0,64	0,47	0,0	1,30	0,65	0,0	0,0	0,0
V_{air} p3	0,81	1,5	0,0	0,75	0,0	0,65	0,0	1,45	0,38
V_{air} météo	6	0,0	4	0,0	0,0	3	4	0,0	5

Tableau 9.1.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

Pour un constat général, nous avons réparti la période ventilée en deux zones temporaires différentes, sur toute la journée. La première, celle qui se manifeste durant l'écoulement d'air frais, et une seconde couvre le reste du jour, ceci qui représente un bilan mensuel normal dont les passages se reproduisent en formes de courants assez chauds (notamment l'après midi).



Graphe 9.1.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.
Source : Auteur, 2014.

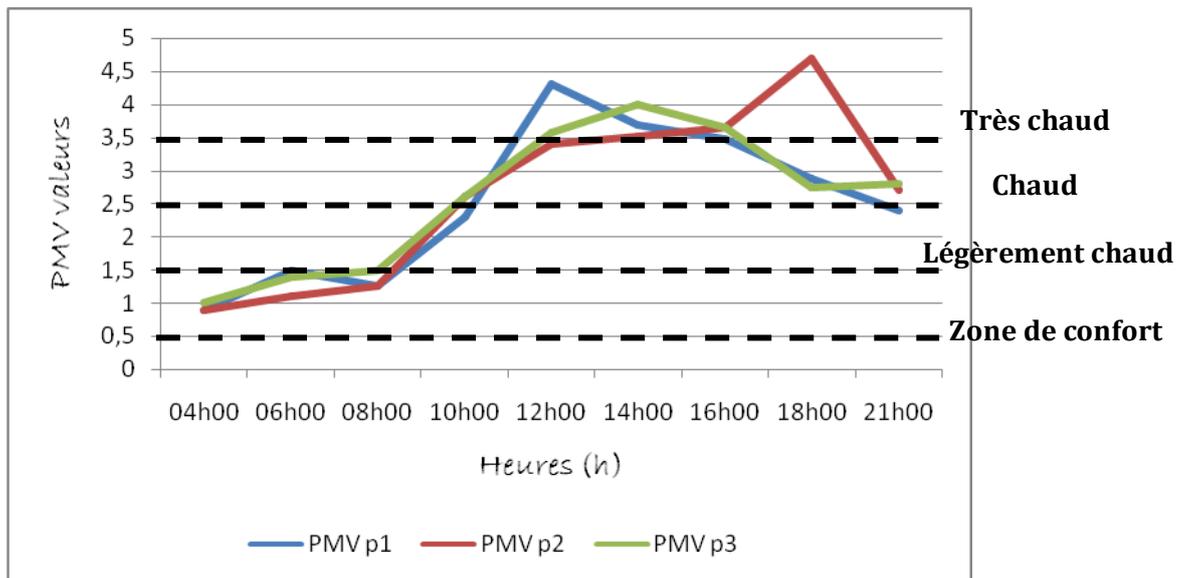
Première période : Les vitesses d'air prises seront d'une moyenne de $\Delta V_{\text{air}} = 0,75$ (m/s) à 04h00, et $\Delta V_{\text{air}} = 0,74$ (m/s) à 06h00 dans lesquelles elles forment de petites brises fraîches, tandis que la vitesse enregistrée par la station météorologique est de 4 (m/s) à 04h00 et nulle à 06h00 sur dix mètres d' hauteur. L'avantage se résume en cette circulation légère des courants d'air sous forme de brise matinale, que contribue à une modeste chute de température, spécifiquement dans la période nocturne. La circulation aéraulique n'a pas duré longtemps (seulement deux heures).

Seconde période : durant la matinée l'air est calme, avec un changement léger d'un point à l'autre relatif à l'orientation des rues. Précisément à midi, l'air se régénère avec une moyenne de $\Delta V_{\text{air}} = 0,71$ (m/s) mais à part cette fois-ci l'air est chauffé soumis au soleil. L'après-midi est une période perturbée avec une variété de vitesse selon l'heure et le point mesuré, tantôt avec une moyenne de $\Delta V_{\text{air}} = 0,65$ (m/s) et tantôt nulle, notamment avant le coucher du soleil. L'air est toujours chaud, sec, cela est bien relevé au niveau du troisième point. La météo requiert des vitesses de 3 (m/s), 4 (m/s) et nulle dans les heures de 14h00, 16h00, et 18h00 en succession. A 21h00, la moyenne des vitesses est de $\Delta V_{\text{air}} = 0,1$ (m/s) presque nulle, comme le prélève la station météorologique.

En conclusion, les brises matinales ont positivement accentué sur le stress thermique (ce sera le paramètre qui succède), ce qui permet à une diminution au niveau des températures. Durant la matinée les courants d'air s'arrêtent et se chauffent conséquence du rayonnement solaire, voire la remontée de l'échelle thermique. Il est à signaler que selon l'échelle de Beaufort, les vitesses étaient (inférieures à 1.5 (m/s)) toutes lentes mais la brise était très agréable à ressentir.

Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV p1	0,9	1,5	1,26	2,31	4,3	3,69	3,48	2,88	2,4
PMV p2	0,9	1,1	1,26	2,6	3,4	3,52	3,65	4,7	2,7
PMV p3	1	1,4	1,5	2,6	3,58	4	3,65	2,75	2,8

Tableau 9.1.5 Evaluations de l'indice du PMV à Hai El Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.

Pour l'objectif de l'obtention de la qualité du stress thermique à Hai El Moudjahidine nous avons opté à l'usage du logiciel de la simulation (Envi-met 3.1) afin d'évaluer des deux indice du confort thermique ; le PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température physiologique équivalente). La base des données est faite par les mesures requises au cours de la campagne de mesure.

Pour un premier constat, nous tendons à évaluer les premières heures matinales, le taux minimum du PMV relevé en début de journée est de 0.94 (état légèrement chaud) ce taux été relevé à 04h00 ainsi ce taux démontre une fraîcheur relative. Du 06h00 à 10h00 le $\Delta PMV = 1,34$ (toujours un état de chaleur légère) avec une équivalence entre espaces visités. Pour ce qui succède, le PMV monte pour atteindre le seuil de la zone chaude, lorsqu'à 12h00 les valeurs sont extrêmement chaudes avec $\Delta PMV = 3,76$ ou le point 1 était le plus chaud. L'indice se varie encore à l'après midi avec une moyenne de $\Delta PMV = 3,6$ à 16h00. La valeur maximale est soulignée à 18h00 sur le point 2 avec un $\Delta PMV_{max} = 4,7$. L'état du confort thermique reste toujours sur la plage de la zone chaude après le coucher du soleil, ce

qui explique que le quartier est en train de diffuser l'énergie stockée (comme constat général).

Après avoir analysé les valeurs préalables du PMV au cours de la journée, il faut mettre en évidence le stress vécu de la part des habitants. Malgré, la subjectivité de la sensation thermique, la simulation nous a conféré qu'une partie de la journée était la moins chaude, durant deux heures (04h00 et 06h00). Le piégeage énergétique sera le facteur crucial de la hausse des températures, dont la période la plus torride est l'après midi et sans exceptions au niveau des trois points. A l'instar, l'indice de Fanger nous a dévoilé l'autre aspect du temps de surchauffe, celui qui a été différent d'un point à l'autre ; comme nous pouvons le voir sous la chronologie suivante :

	PMV _{min}	PMV _{max1}	PMV _{max2}	PMV _{max3}
Point	1 et 2	1	2	3
Temps	04h00	12h00	14h00	18h00
Valeur	0,9	4,3	4	4,7

Source : Auteur, 2014.

Ce qui a été relevé sur le tableau ci-dessus, c'est le report temporaire du temps de surchauffe sur les trois espaces investigués, du premier point où on a relevé le premier max (à 12h00) vers le troisième qui était le dernier (à 18h00). La moyenne journalière du PMV est de $\Delta PMV_{moy} = 2,75$ ce qui implique un stress thermique (état thermique chaud) tout au long de la journée.

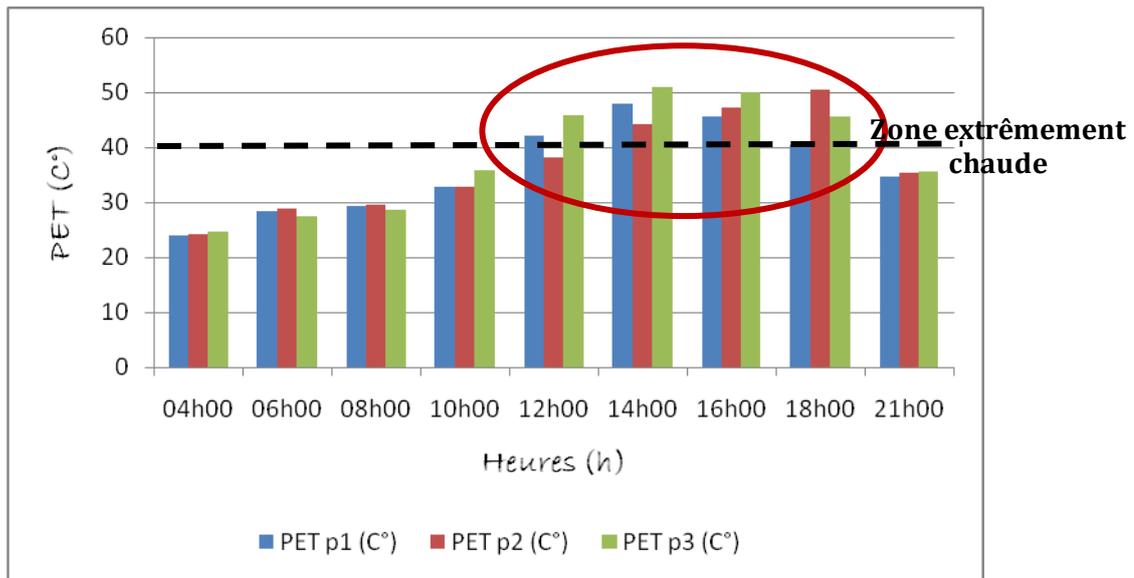
Quartier: Hai El moudjahidine 14/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PET p1 (C°)	24	28,3	29,3	32,8	42	47,9	45,6	40,5	34,7
PET p2 (C°)	24,1	28,8	29,5	32,7	38,1	44,1	47,1	50,4	35,4
PET p3 (C°)	24,6	27,4	28,6	35,8	45,9	51	50	45,6	35,6

Tableau 9.1.5 Evaluations de l'indice de PET à Hai El Moudjahidine

Source : Auteur, 2014.

Un autre indicateur tel que la température physiologique équivalente est celle qui est calculée sur la base du logiciel (Envi-met 3.1), sera bien apporté pour la qualité thermique extérieure au sein du quartier. Les valeurs sont liées directement à la température moyenne radiante (TMR).

Pour un aperçu général, le tableau doit être divisé en quatre intervalles différents, 1^{er} pour l'intervalle légèrement chaud (24°C – 28°C), 2^e pour l'intervalle chaud modéré (29°C – 35°C), 3^e pour l'intervalle chaud (35°C – 41°C), et 4^e pour l'intervalle extrêmement chaud (> 41°C).



Graph 9.1.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine. Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus, comprend l'évolution journalière de la PET à Hai El Moudjahidine qui est rapportée sur une échelle temporelle bien déterminée. Le minimum enregistré par le calcul est de $\Delta PET_{min} = 24,2^{\circ}C$ à 04h00 soit une sensation légèrement chaude et agréable. Le plus remarquable est la vitesse de la montée des températures (PET), qui indique un écart de $7,9^{\circ}C$ entre 04h00 et 10h00. Tandis que le maximum est retenu à différentes heures selon le point, mais on peut le délimiter à 14h00 (l'heure la plus chaude de la journée), avec un $\Delta PET_{max} = 47,6^{\circ}C$. Systématiquement reliée au PMV, les maximums degrés de la PET seront prises à différentes heures, dans lesquelles la plus haute valeur était au point 2 avec $PET_{max} = 51^{\circ}C$ à 14h00. Les valeurs entre 08h00 et 12h00 se balancent entre légèrement chaudes à chaudes.

En effet, la température physiologique équivalente représente fidèlement un bilan thermique précis au quartier Hai El Moudjahidine, si nous tentons à commettre une statistique nous constatons qu'on a aucune zone de confort pendant toute la journée, sauf le début de la matinée (à 04h00) qui préfigure un stress thermique léger. Tout point du quartier est représenté désagréable, ce qui provoque à plusieurs réactions physiologiques négatives telles que : les grandes sueurs, état suffocant, et l'impossibilité d'activité dans un coin pareil.

Après avoir quantifier les deux indices de confort, le travail nous oblige à relier les causalités urbaines et thermiques, et ainsi de décortiquer l'aspect vivace de l'espace urbain qui englobe l'activité humaine quotidienne. Ce qui a été établi par le biais du PMV et la PET est le stress thermique ressenti durant tout une journée, sur les trois points soulignés :

	Point 01	Point 02	Point 03
Ratio (H/W)	0.6 (rue dièdre)	1.2 (rue dièdre)	1.3 (rue dièdre)
Orientation	Sud-Est	Est-Ouest	Nord-Sud

Source : Auteur, 2014.

- Une grande partie de la journée est soumise à un stress thermique dit extrêmement chaud, $\Delta PMV_{max} = 4,7$ et $\Delta pet_{max} = 47,6^{\circ}C$ relatif aux hautes températures (notamment de l'après midi), l'air étant surchauffé.
- Un début de journée un peu agréable pour les trois points, dû à une circulation d'air frais (brise matinale) durant deux heures.
- Le troisième point (la rue étant plus étroite et plus compacte que les autres) 6m de largeur, $H/W = 1,3$, par rapport aux deux autres, mais en revanche il compte de dérober les valeurs les plus importantes de la journée, $PMV_3 = 4$ et $PET_3 = 51^{\circ}C$ ce qui explique une accumulation d'énergie au niveau du point (piégéage énergétique).
- L'intervention significative de la part des matériaux de construction (effets thermophysiques), on cite notamment les deux points 2 et 3 qui constituent des façades nues (bâtisses en parpaing, sans crépissage).
- Températures surfaciques très élevées d'un taux de $38^{\circ}C$ à $55^{\circ}C$, dans lesquelles les surfaces participent continuellement à l'augmentation de la température de la canopée urbaine.
- L'orientation des rues contribue également à la perturbation au sein de la rue, dont nous avons prélevé les décalages aux temps ou nous avons pris les valeurs maximales.
- Au niveau de Hai El Moudjahidine la géométrie du tissu n'as pas crée la bonne protection au piègeage d'énergie et aussi au rayonnement solaire qui a été le grand pénétrant au sein des rues.
- L'activité est défficilement pratiquée dans la période qui précède midi, et bien sur celle de l'après midi. Il est à signaler que le quartier était presque désert depuis 11h00 jusqu'à 18h00 (période de surchauffe maximale).

2. Deuxième échantillon : Quartier Sidi Rouag (CES= 0,58)



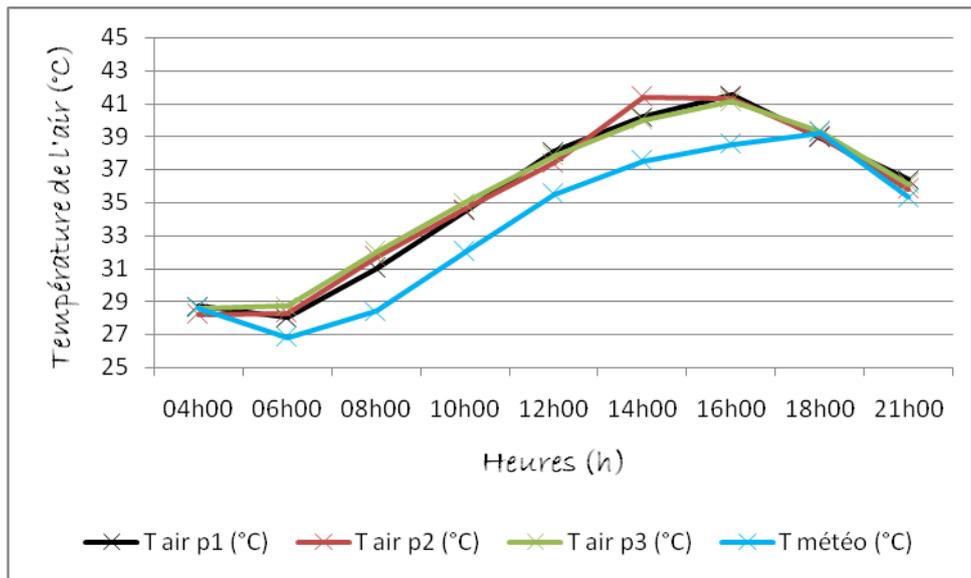
point	Largeur et orientation de la rue	Albédo
1	11m /orientation Est-Ouest	0,3
2	10m/orientation Sud-est	0,3
3	8m/orientation Sud-est	0,3

2.1. Evolution de la température au cours d’une journée d’été (14/07/2014) :

Le deuxième quartier investigué au cours de la même journée est celui de Sidi Rouag, il est doté d’une morphologie dite urbaine, et aussi topographique complètement différente à celle du premier site. A l’aube, les températures enregistrées sont bien basses (pour un premier constat), autant que l’humidité qui fait l’exception du début de journée. Les données prises par l’auteur sont directement comparées à celles de la météo.

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
T _{air} p1	28,7	28	31,1	34,5	38,1	40,2	41,5	38,9	36,4
T _{air} p2	28,2	28,3	31,7	34,6	37,4	41,4	41,3	39	35,8
T _{air} p3	28,6	28,7	32	35	37,8	40	41,1	39,3	36,1
T _{météo}	28,6	26,8	28,4	32	35,5	37,5	38,5	39,2	35,3

Tableau 9.2.1 Données caractérisent les températures de l’air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

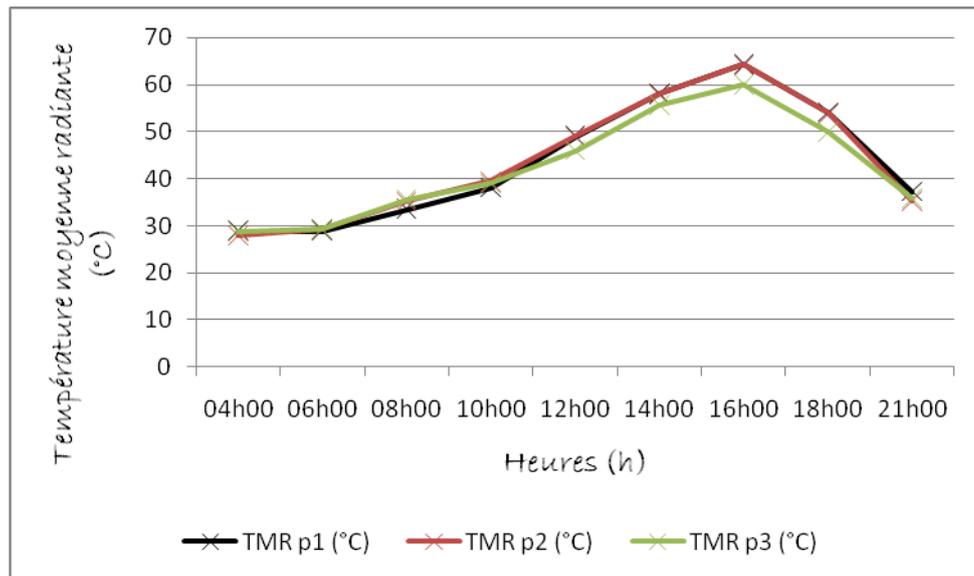


Graphe 9.2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag
 Source : Auteur, 2014.

A vrai dire Sidi Rouag est un quartier constitué d'îlots irréguliers, des rues plus ouvertes par rapport à Hai El Moudjahidine, et spécifiquement une implantation topographique assez différente (sur l'aval de la bute, où se repose le mausolée de Sidi Rouag), ce qui engendre une canopée urbaine plus ou moins enserrée par les limites montagneuses. Le reste du quartier forme la continuation de cette hiérarchie qui se converge vers le noyau (le mausolée).

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
Point 01									
T_g	29	28,7	33	36,4	40,3	43,2	42,7	46	36,1
TMR	29	28,9	33,5	38	49	58	64,3	54,1	37,2
Point 02									
T_g	28,4	29,2	34,5	37,9	39,8	44	43,5	40,1	35,6
TMR	28	29,4	35,2	39,5	49,1	57,9	64,2	53,9	35,4
Point 03									
T_g	28,7	29,3	35	38,1	43	41,9	42,7	40,2	35,8
TMR	28,8	29,4	35,7	39	46	55,6	60	50	35,8

Tableau 9.2.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Sidi Rouag
 Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014

La représentation graphique ci-dessus démontre l'évolution journalière de la température ambiante (air), et la température moyenne radiante (TMR) au sein du deuxième quartier de Sidi Rouag, en suivant avec les données de la station météorologique.

Le minimum journalier à Sidi Rouag a été requis à 06h00 avec la valeur de $\Delta T_{\text{air}_{\text{min}}} = 28,3^{\circ}\text{C}$ dont un écart de $1,5^{\circ}\text{C}$ ce qui constitue un rapprochement étroit entre deux échelles de la mesure. Cependant, nous signalons que les trois points présentent une similitude de données, c'est-à-dire que la température n'as pas subi de la variation due à la morphologie environnante. La TMR indique le seuil le plus bas du jour $\Delta T_{\text{air}_{\text{min}}} = 29,2^{\circ}\text{C}$.

L'augmentation des températures a progressé sous l'effet de l'exposition au soleil, quand à 10h00 nous relevons un $\Delta T_{\text{air}} = 34,7^{\circ}\text{C}$ au niveau des trois points, avec un écart toujours miniscule (proche) de $T_{\text{air}_{\text{météo}}} = 32^{\circ}\text{C}$. En effet, si on compare aux données requises dans les quatre heures (06h00-10h00) nous tombons sur un écart de $6,4^{\circ}\text{C}$ (qui paraît mince vu à l'air frais ciculé). Tandis que la TMR est en hausse relative par rapport au facteur des surfaces exposées au flux solaire.

Dans la période de l'après midi, la campagne de mesure a prélevé le maximum de la journée avec un $\Delta T_{\text{air}_{\text{max}}} = 41,3^{\circ}\text{C}$ à 16h00, tandis que la température maximale de la météo est de $T_{\text{max}_{\text{météo}}} = 39,2^{\circ}\text{C}$ prise à 18h00. Au cours de cette période exacte, le quartier est devenu insupportable aux espaces exposés, la TMR avec $\Delta T_{\text{TMR}_{\text{max}}} = 62,2^{\circ}\text{C}$.

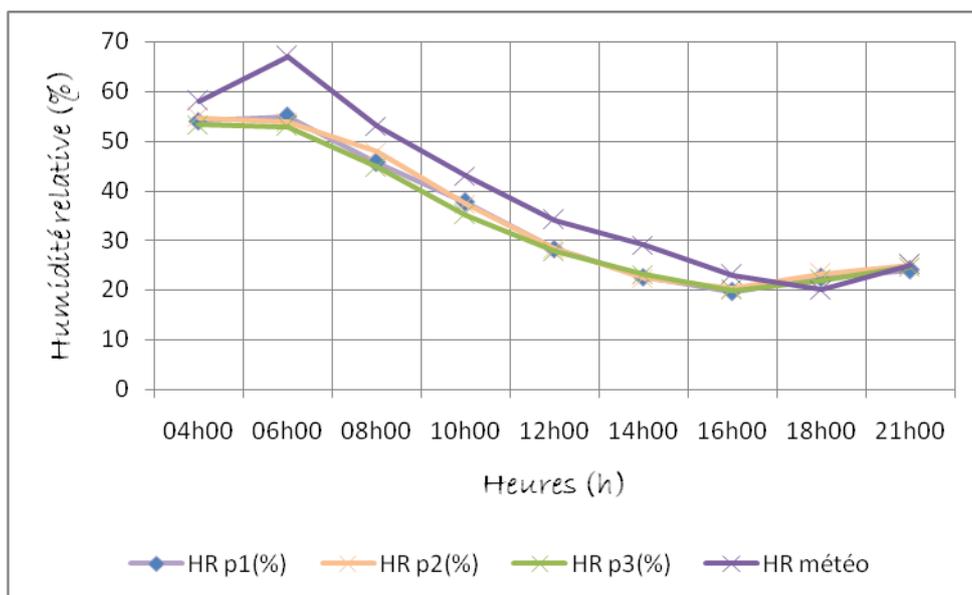
Durant la période après le coucher du soleil, les températures diminuent pour atteindre un taux de $\Delta t_{\text{air}} = 36,1^{\circ}\text{C}$ à 21h00 sous un léger écart avec l'espace suburbain ($0,8^{\circ}\text{C}$). la température moyenne radiante connaît elle aussi un chute, par rapport aux les rayons solaires.

En effet, Sidi Rouag forme un creuset à la température atmosphérique, la moyenne était relevée de $\Delta T_{\text{air}_{\text{moy}}} = 34,7^{\circ}\text{C}$ est la même, les deux quartiers (Hai El Moudjahidine, Sidi Rouag) sont égaux, mais à part le point le plus touché par la hausse est le premier point ($T_{\text{max1}} = 41,5^{\circ}\text{C}$). Pour aux températures surfaciques, le taux était très élevé avec des moyennes de $T_{\text{surface}} = 46^{\circ}\text{C}$ et $47,9^{\circ}\text{C}$ sous l'ombre à 14h00, ce qui reprojette l'effet du rayonnement solaire. Nous devons accomplir l'information que la rue du quartier est beaucoup plus étouffante si nous la comparons à celle de notre première station de mesure.

2.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014) :

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
H _R p1	54	54,9	45,7	37,7	28,3	22,6	19,6	22,5	24
H _R p2	54,6	53,8	47,8	37,3	28,3	22,3	20,3	23,3	25
H _R p3	53,2	52,9	44,8	35,1	27,8	23,1	19,9	21,9	24,7
H _R météo	58	67	53	43	34	29	23	20	25

Tableau 9.2.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (14/07/2014)
au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Le tableau et le graphique représentés ci-dessus illustrent les données numériques et graphiques de l'évolution de l'humidité relative au quartier de Sidi Rouag. On note par déroulement, une exception au début de la matinée car le taux est supérieur à celui de Hai El Moudjahidine. Le maximum du jour a été requis dans des différents temps dans lesquels le premier point a indiqué le max avec une $H_{R \max} = 54,9\%$ à 06h00, tandis que la valeur enregistrée au niveau de la station était $H_{R \text{ météo}} = 67\%$.

Après le lever du soleil l'humidité relative commence à diminuer progressivement avec des valeurs variables d'un point à l'autre dans lesquelles : $H_{R1} = 45,7\%$, $H_{R2} = 47,8\%$, $H_{R3} = 44,8\%$ à 08h00. Le plus remarquable c'est que le taux est plus ou moins plus bas à Hai El Moudjahidine en cette heure, nous l'attribuons pour un premier temps à l'ouverture des rues sur le ciel (une bonne circulation d'air humide) ce qui a permis d'une humidification partielle au niveau des points accentués.

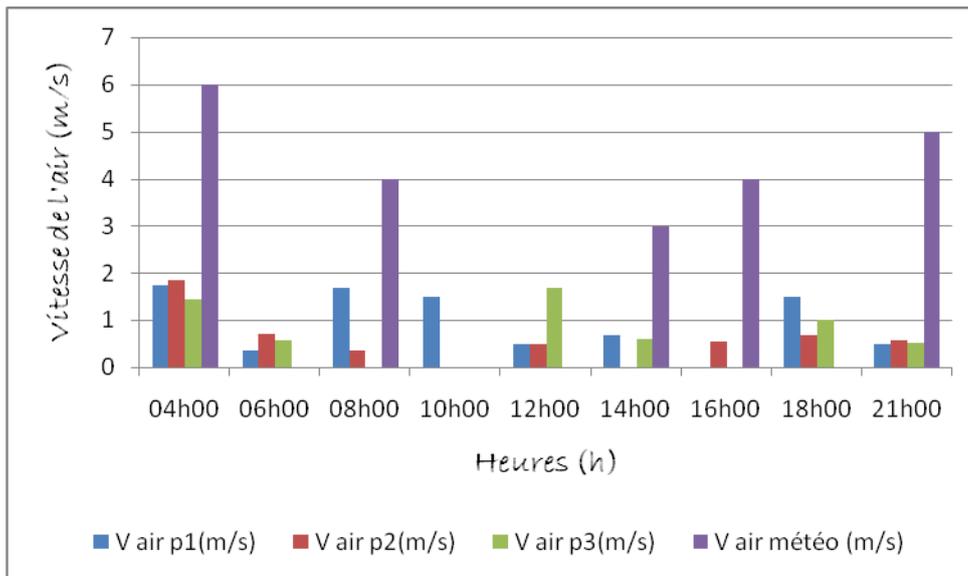
La période de l'après midi était bel et bien une période très sèche, dont les valeurs ont touché le seuil inférieur de la zone sèche, cependant on a tenu une valeur minimale de $\Delta H_{R \min} = 19,9\%$, à 16h00 ce qui préfigure le degré de l'assèchement de l'air (brulant), tandis que la météo a relevé son minimum $H_{R \text{ météo min}} = 20\%$ à 18h00. Suite au coucher du soleil l'humidité relative est remontée avec une moyenne de $\Delta H_{R} = 24,5\%$ à 21h00 qui montre la lenteur de la remontée des taux de H_{R} .

A vrai dire, le quartier de Sidi Rouag serait comme son précédent (Hai El Moudjahidine) a subit à une vague périodique d'une humidité inhabituelle durant les deux heures de la matinée. La palmeraie qui limite le quartier dans sa partie ouest ne devrait pas être la grande génératrice de ce taux. Au cours de la journée l'air devient plus sec sur les trois points franchis ce qui a rendu l'atmosphère étouffante, notamment au niveau de la troisième station celle qui concentre un grand nombre d'habitations ont la forme de la rue irrégulière. L'estimation du pourcentage de l'humidité pourrait dévoiler que Sidi Rouag ne préserve guère le potentiel microclimatique (air frais humide), ceci est dû dans un tissu urbain anarchique de ce quartier.

2.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) :

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
V _{air p1}	1,75	0,37	1,70	1,5	0,5	0,7	0,0	1,5	0,51
V _{air p2}	1,86	0,71	0,35	0,0	0,5	0,0	0,55	0,7	0,57
V _{air p3}	1,45	0,57	0,0	0,0	1,7	0,6	0,0	1,00	0,53
V _{air météo}	6	0,0	4	0,0	0,0	3	4	0,0	5

Tableau 9.2.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Pour un premier coup d'œil nous remarquons que les vitesses de l'air au sein de Sidi Rouag sont plus ou moins supérieures (point 1 prélève les apparents chiffres) à celle de Hai El Moudjahidine. En outre, le graphique ci-dessus montre l'évolution de la vitesse aéroulique pendant une journée d'été, ce qui devait signaler qu'on peut considérer le premier point tel qu'un référentiel du quartier avec exactitude, puisque l'état de la ventilation est évalué à travers ce premier point.

La vitesse maximale retenue au quartier était à 04h00 d'une moyenne de $\Delta V_{\text{air max}} = 1,68 \text{ (m/s)}$, tandis que la vitesse à 10m d'hauteur était de 6 (m/s). Le plus remarquable est que l'air était humide frais (brise) qui doit être la principale cause de la baissée des températures (abordées précédemment). Une concentration d'air significative est enregistrée au point 2 avec $V_{\text{air 2}} = 1,86 \text{ (m/s)}$. A 06h00 les valeurs ont diminué avec des données variables d'un point à l'autre.

Dans ce qui suit, nous tenons à subdiviser notre échelle d'évolution en deux périodes :

Avant midi : les vitesses se changent périodiquement, au point 1 on relève une vitesse de $V_{\text{air 1}} = 1,7 \text{ (m/s)}$ à 08h00 qui reste constante jusqu'à 10h00 puis elle descend pour atteindre une vitesse faible de $V_{\text{air 1}} = 0,5 \text{ (m/s)}$. Pour la vitesse d'air prise par la météo, la vitesse était de $V_{\text{air météo}} = 4 \text{ (m/s)}$ à 08h00 et calme à 10h00 et 12h00. Néanmoins, le troisième point est le plus calme, on relevait des valeurs nulles à 08h00 et 10h00.

Après midi : l'air à cette période de la journée est devenu très calme et très sec (raison d'humidité) dans laquelle les stations deviennent plus chaudes et sèches. La vitesse maximale que l'on peut déclarer était de 0,7 (m/s) prise en deux différentes heures (14h00 et 18h00) au point 1 et point 2 successivement. La météo a enregistré des vitesses de $V_{\text{air météo}} = 3 \text{ (m/s)}$ et 4 (m/s) à 14h00 et 16h00.

Durant cette période on n'a pas noté de perturbations exagérées particulières, puisque le temps était calme, toujours sec dont une équivalence de vitesses au niveau des trois points, marquée d'une moyenne de $\Delta V_{\text{air moy}} = 0,53$ (m/s).

L'évaluation de la vitesse de l'air, nous a mené à comparer l'air dans les deux quartiers. A vrai dire Sidi Rouag constitue l'endroit le plus ventilé que son voisin de la ville, mais à part cet avantage doté de la suffisante ventilation ne devrait pas être positif. L'air reste chaud et sec dû à l'effet du rayonnement solaire qui surchauffe les rues (malgré le rapprochement des valeurs de températures entre les deux sites visités, nous le notons dans l'analyse des indices de confort).

- **Avantage :** Ouverture des rues ($H/W = 0.3$) a délaissé une bonne pénétration d'air (notamment avant le lever du soleil) ce qui a rafraîchi l'atmosphère du quartier.
- **Inconvénient :** Les espaces rafraîchis auparavant, perdent leur bonne qualité thermique (températures agréables) dans un intervalle très court, ceci est relatif à l'exposition au soleil (voire la durée) en recréant une nouvelle aire microclimatique (chaude et sèche).

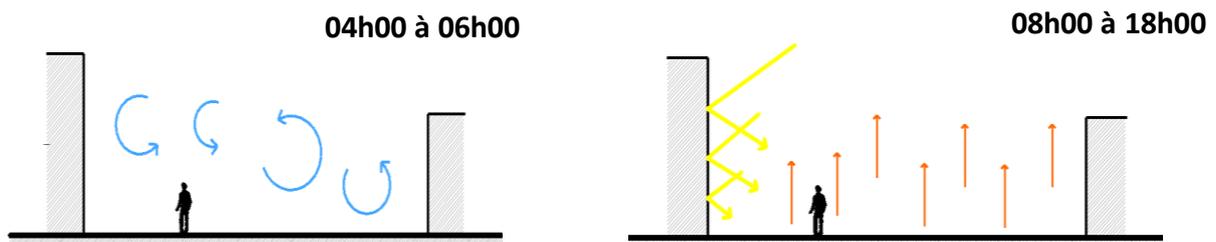


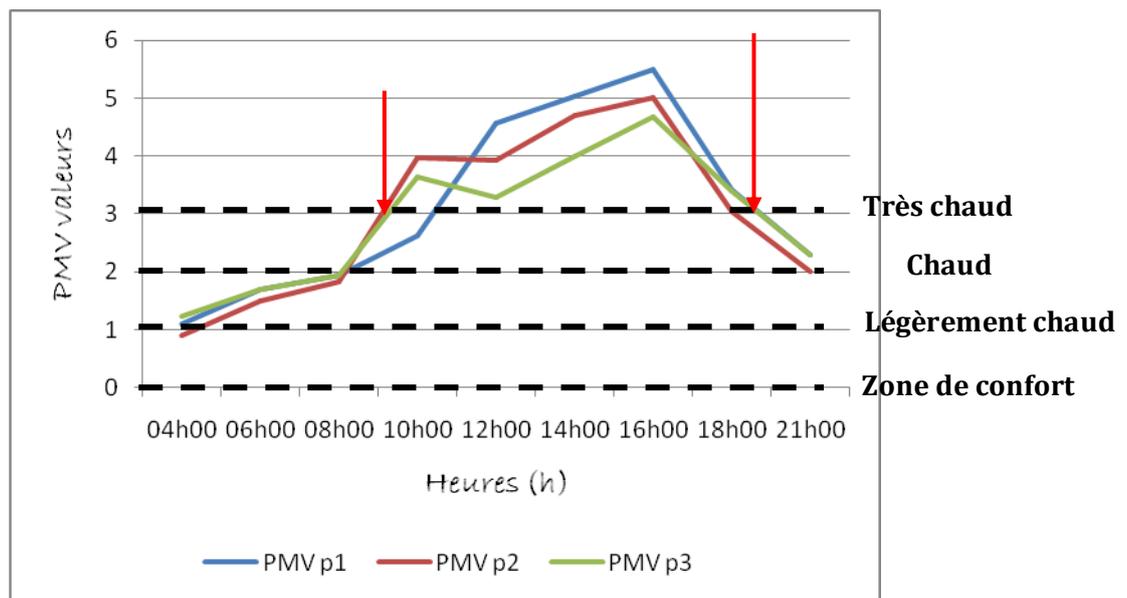
Figure 9.6 Schéma représentatif de l'évolution aéroluque dans le quartier de Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Nous comparons les trois points investigués un par un afin de voir la différence tenue notamment celle de la vitesse de l'air :

- **Point 1 :** $H/W = 0.3$, orientation Est-Ouest, dont la matinée a enregistré une circulation d'air frais (brise), devenue chaude juste après le lever du soleil.
- **Point 2 :** $H/W = 0.2$, orientation Sud-est l'état est toujours agréable la matinée et perturbé dans le reste de la journée.
- **Point 3 :** $H/W = 0.7$, orientation Sud-est dans lequel ce point étant le plus calme c'est-à-dire que la rue n'as pas subi à une grande influence de la vitesse l'air, en dehors du piégeage d'énergie qui pourrait augmenter les températures ambiantes.

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV p1	1,1	1,7	1,94	2,63	4,56	5,03	5,49	3,41	2,3
PMV p2	0,9	1,5	1,84	3,97	3,92	4,7	5	3,05	2
PMV p3	1,23	1,7	1,94	3,63	3,29	4	4,68	3,39	2,3

Tableau 9.2.5 Evaluations de l'indice du PMV à Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Pour l'objectif de l'obtention de la qualité du stress thermique à Sidi Rouag nous avons opté pour l'usage du logiciel de la simulation (Envi-met 3.1) afin d'évaluer des deux indice du confort thermique ; le PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température physiologique équivalente). La base des données est déterminée par les mesures requises au cours de la campagne de mesure.

L'évolution du stress thermique semblait très perturbante au sein du quartier anarchique. La valeur minimale relevée à 04h00 avec une moyenne de $\Delta PMV_{\min} = 1,07$ dans lequel l'état est considéré comme légèrement chaud. Quand à la période délimitée entre 06h00 et 08h00 le PMV reste toujours constant (zone légèrement chaude) ce qui explique l'effet de la ventilation fraîche durant cet intervalle.

Tandis qu'à 10h00 nous relevons sur deux états différents, le premier qui serait un état chaud avec un $PMV_1 = 2,63$ tandis que les autres points relèvent une moyenne de $\Delta PMV = 3,8$ dont un état très chaud, ce qui signifie l'influence due au degré d'ensoleillement variable au niveau des rues. Ces dernières valeurs sont restées constantes pour les deux

heures qui suivent tandis que le premier point connaît une élévation importante, dans laquelle le $PMV_1 = 4,56$ (état extrêmement chaud), cela explique attentivement l'ampleur de l'exposition solaire et le piégeage énergétique transmit au bord de cette rue ($H/W = 0.3$).

L'après midi les chiffres ont continué à augmenter créant une zone très chaude (sensation d'une chaleur brûlante sous l'ombre). Les rues ont devenu torrides et presque totalement exposées au soleil, par conséquent la moyenne maximale journalière a été relevée à 16h00 avec un taux de $\Delta PMV_{max} = 5,05$ qui reflète l'aspect thermique insupportable du quartier (Quartier classé désertique). En fin de journée les valeurs redescendent pour atteindre un PMV de $\Delta PMV = 3,28$ à 18h00 (permettant une reprise lente de l'activité humaine).

A 21h00 le bilan thermique au sein du quartier se diminue, voire la diminution de la valeur du PMV qui a affiché une moyenne $\Delta PMV = 2,2$ avec un état chaud. En effet, nous avons émit à établir le tableau ci-dessous en faisant une évaluation générale du confort thermique voire son état physiologique pendant les quelles s'effectuait la campagne de mesure, ceci pour retenir les intervalles (sensation) retenus:

Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV_1	2,63	4,56	5,03	5,49	3,41	2,3
Etat thermique	Chaud	Très chaud				Chaud

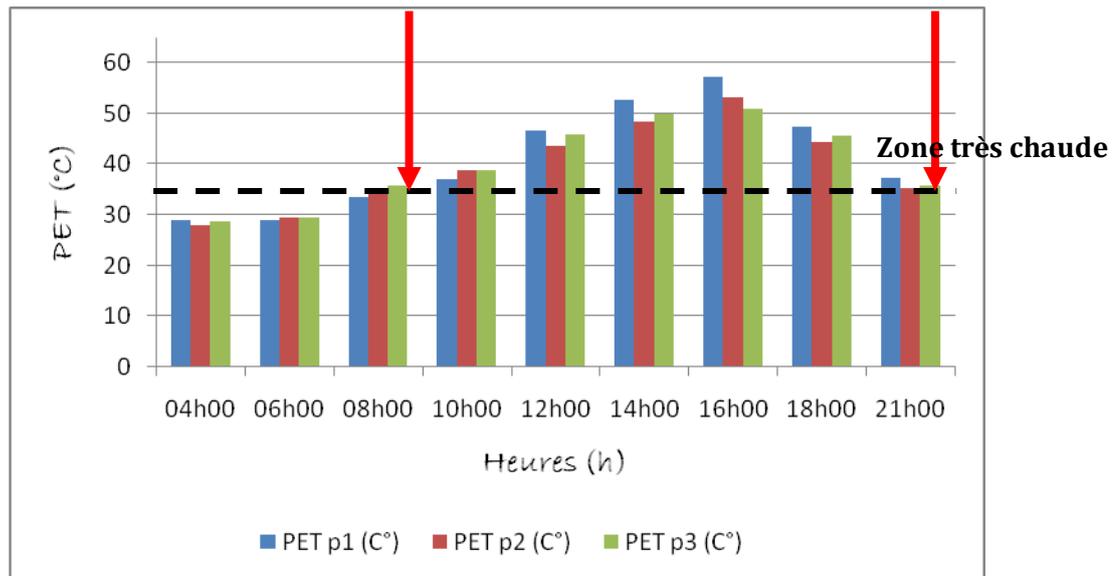
Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV_2	3,97	3,92	4,7	5	3,05	2
Etat thermique	Très chaud					Chaud

Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV_3	3,63	3,29	4	4,68	3,39	2,3
Etat thermique	Très chaud					Chaud

Les rues ont été énormément influencées par l'ensoleillement ce qui a agit sur l'activité extérieure.

Quartier: Sidi Rouag 14/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PET p1 (C°)	29	28,9	33,5	37	46,7	52,7	57,1	47,4	37,2
PET p2 (C°)	28	29,4	35,2	38,7	43,7	48,5	53,1	44,4	35,4
PET p3 (C°)	28,8	29,4	35,7	38,8	45,9	50	51	45,6	35,8

Tableau 9.2.6 Evaluations de l'indice de PET à Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.2.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (14/07/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Le graphique représenté ci-dessus donne la lecture directe d'échelle de l'évolution journalière de la PET au quartier Sidi Rouag. Tout d'abord, nous constatons clairement le grand intervalle qui affecte le stress thermique (voire état très chaud à extrêmement chaud). Cependant, la valeur minimale prélevée était à 04h00 d'une moyenne de $\Delta PET_{\min} = 28,6^{\circ}\text{C}$ (sensation légèrement chaude). Cela est due à la bonne circulation de l'air frais qui a agit pour une descente quantifiable des températures ambiantes. Tandis que la journée était répartie en trois périodes différentes selon la sensation thermique enregistrée :

Première période : celle qui caractérise les deux premières heures après le lever du soleil (06h00 à 08h00), dans laquelle l'état thermique compté un état chaud avec une PET soumise de $\Delta PET = 29,2^{\circ}\text{C}$ et $34,8^{\circ}\text{C}$ successives. Cette valeur convient bien sur à la vitesse de l'air qui faisait le facteur principal de la diminution des températures (notamment la TMR). L'activité serait normale (vu le nombre d'habitants rencontrés durant les deux heures précitées).

Deuxième période : qui rassemble une tranche de la matinée et une autre le soir (09h00 à presque 11h00, et 21h00) avec un bilan thermique jugé comme très chaud. La moyenne matinale ayant de $\Delta PET = 38,1^{\circ}\text{C}$ à 10h00 et $36,1^{\circ}\text{C}$ à 21h00. Le grand responsable est l'ampleur de l'énergie stockée au sein des rues, ceci qui commit à l'ICU pendant la période nocturne.

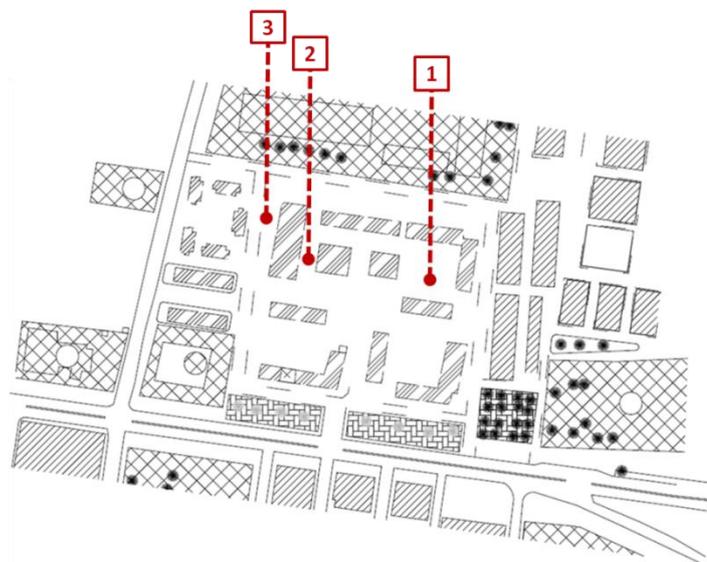
Troisième période : qui confère à la zone extrêmement chaude étalée de 11h00 à presque avant le coucher du soleil ce qui explique la difficulté de la sortie au niveau des rues. La période a bien relevé la valeur maximale avec $\Delta PET_{\max} = 53,7^{\circ}\text{C}$ à 16h00 entraînant une véritable enceinte étouffante. Aussi, nous rajoutons que durant ces heures (11^h -19^h30) démontre vraiment l'état insupportable du quartier ; un ombrage insuffisant, air très chaud,

des surfaces qui répandent de la chaleur, et en plus l'impact des effets de la climatisation au niveau thermique extérieur.

En conclusion, nous accédons à une interprétation générique de l'analyse thermique à l'intérieur du quartier, celle qui est soumise en forme des constats suivants :

- Sidi Rouag qui fait un échantillon des quartiers anarchiques de la ville algérienne, doté d'une densité plus ou moins grande ($CES = 0.58$), mais à part cette forte densité urbaine ne constitue guère un avantage pour une maîtrise de l'environnement thermique extérieur
- Le temps rapporté à l'évaluation du stress thermique, reflète attentivement la qualité sensorielle au sein des rues ; dans lequel on a approuvé que entre 10h00 et 19h00 le quartier est considéré insupportable (Très chaud).
- L'irrégularité des rues ne faisait pas un aide pour la protection solaire, voire l'intervalle vécu dans un temps très court ; cela de 06h00 à 08h00 ensuite il est devenu très chaud.
- Les grandes températures surfaciques ($T_{\text{surface-mur}} = 59,2^{\circ}\text{C}$ à 16h00) ont attribué énormément à cet état infernal. En fait, la plupart des bâtisses sont des para-maisons si on peut le dire ; aucune protection extérieure, majoritairement sans crépissage, tandis que Sidi Rouag est ainsi plein des poches urbaines (espaces inutiles).
- Les points mesurés montrent un bilan thermique bien défini : telles que les valeurs maximales étaient prises au niveau du point 1 avec $\Delta PMV_{1 \text{ max}} = 5,49$ et un $\Delta PET_{1 \text{ max}} = 57,1^{\circ}\text{C}$ ce qui décortique l'ampleur du piégeage d'énergie sur cette rue. Le troisième point qui préoccupe une ration de ($H/W = 0.7$) ne bénéficie pas de cet avantage à cause du cadre physique de la rue (matériaux de construction absorbants).
- Pour la vivacité du quartier, les premières heures de la matinée (06h00 et 08h00) font les bonnes périodes de l'activité extra-maison. Néanmoins, le reste de la journée représente un véritable handicap à l'activité humaine (sans parler de la période de surchauffe). Celle-ci présente une immense difficulté à sortir ou travailler ailleurs, ou même de marcher au bord des rues durant des heures de très grande chaleur.

3. Troisième échantillon : Quartier 150 logements CNEP (CES=0,18)



point	Largeur et orientation de la rue	Albédo
1	orientation Nord-Sud	0,3
2	orientation Est-Ouest	0,3
3	orientation Est-Ouest	0,3

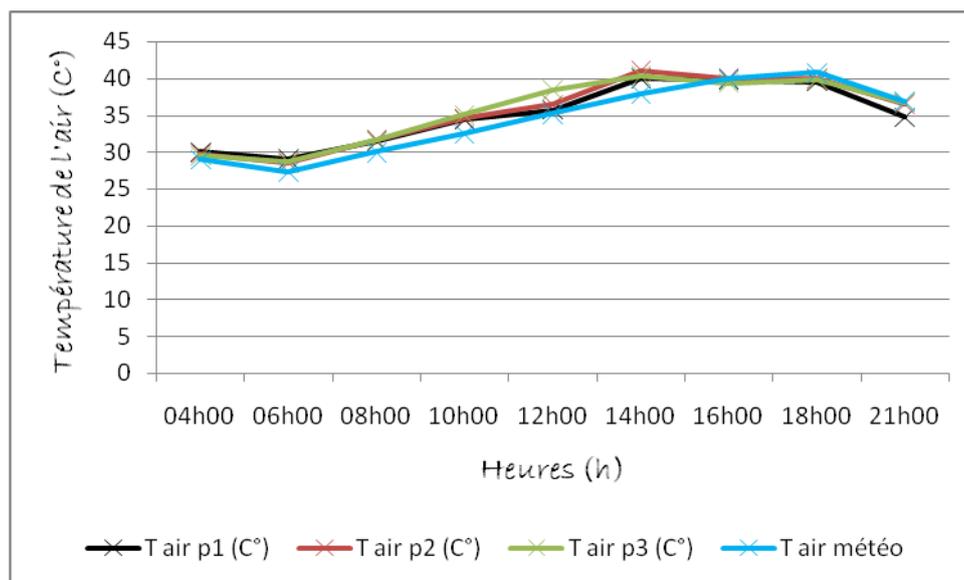
3.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Au cours de notre deuxième journée, nous avons choisi le quartier des 150 logements (CNEP) celui qui représente fidèlement la typologie des ensembles collectifs. La journée était très typique aux jours d'été avec une aube peu fraîche, et une journée très chaude, ce qui nous a facilité l'interprétation de l'évaluation microclimatique au sein de l'endroit. Les températures de l'air qui conviennent sont en rapport direct avec les données requises de la station météorologique de l'aéroport de la wilaya.

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
T _{air} p1	30	29	31,5	34,4	35,7	40	39,8	39,5	34,7
T _{air} p2	29,8	28,5	31,6	34,5	36,4	41	39,9	39,9	36,5
T _{air} p3	29,5	28,7	31,6	35,1	38,5	40,4	39,4	39,8	36,8
T _{météo}	29	27,3	30	32,5	35,2	37,9	40	40,8	36,9

Tableau 9.3.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

Il est à signaler que la mensuration est prise sous l'ombre (selon le protocole de l'expérience), ce qui a contribué à des difficultés pour la recherche des espaces ombragés (point 3).



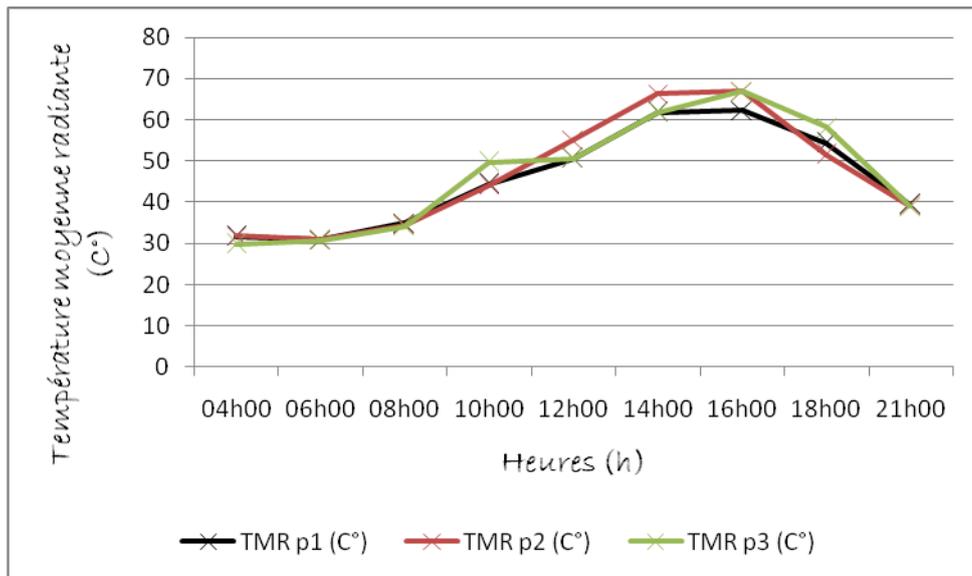
Graph 9.3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au quartier 150 logements (CNEP)

Source : Auteur, 2014.

Comme le montre la typologie des 150 logements, le quartier est constitué d'un ensemble de blocs fragmentés, ce qui le rend en espace plus dégagé et plus ouvert sur le ciel (voire la grande valeur du FVC). Cependant la densité urbaine est très faible dite lâche, dans laquelle les résultats fournis vont expliquer un aspect défavorable des tissus, rendant le quartier vulnérable. Comme le montre le tableau ci-dessous, les valeurs de la TMR sont arbitraires, sous une échelle évolutive très significative notamment durant l'après midi.

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
Point 01									
T_g	31,4	30,5	34	37,9	38,7	40	39,8	39,5	38,5
TMR	31,7	30,9	35	44,4	50,6	61,8	62,3	54,3	39,5
Point 02									
T_g	31,4	30,4	33,9	37,9	40	42,7	41,2	41,1	38,5
TMR	31,9	30,9	34,5	44,1	55,2	66,3	67	51,5	39,2
Point 03									
T_g	29,7	30,4	33,7	39	41,1	41,2	41,2	41,2	38,5
TMR	29,8	30,8	34,2	49,7	50,6	61,8	67	58,3	39

Tableau 9.3.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014

Selon les graphiques ci-dessus, la représentation a donné une équivalence thermique entre les trois points évoqués. Les données de la température de l'air et du rayonnement précisent cet aspect qui serait un caractère morphologique unique aux 150 logements. Sans oublier que les résultats sont toujours comparés à ceux de la météo.

En début de la journée, la moyenne minimale enregistrée dans le quartier était à 06h00 avec $\Delta T_{\text{air min}} = 28,7^{\circ}\text{C}$ dont un écart de $1,4^{\circ}\text{C}$ de celle de l'espace suburbain. Un écart prévisible via la canopée urbaine était ordinaire (champ d'ICU faible, pas d'intervention mécanique) pendant cette période. De son côté la TMR elle aussi relève sa moyenne la plus basse de la journée avec $\Delta TMR_{\text{min}} = 30,8^{\circ}\text{C}$ (faible interaction surfaces-flux solaire). Pendant la matinée toutes les températures ont augmenté brusquement sous le facteur d'ensoleillement, la courbe monte progressivement dans laquelle nous signalons un report de $\Delta T_{\text{air}} = 34,6^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TMR = 46^{\circ}\text{C}$ était seulement à 10h00 ce qui explique le grand degré de l'exposition au soleil.

Durant l'après midi, nous avons requis les valeurs maximales de la campagne mais à part sur des temps différents, cependant la température maximale de l'air était à 14h00 avec $\Delta T_{\text{air max}} = 40,5^{\circ}\text{C}$ par contre à la TMR, elle était à 16h00 avec un $\Delta TMR_{\text{max}} = 65^{\circ}\text{C}$ dont un vrai décalage temporaire qui pourrait être due à l'effet du piégeage énergétique. Les valeurs ont commencé à diminuer après 18h00 vis-à-vis le bilan thermique était d'une grande contrainte thermique pour l'activité extérieure. A 21h00 les résultats ont atteint une moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 36^{\circ}\text{C}$, dans laquelle le premier point comprend le degré le plus bas $T_{\text{air 1}} = 34,7^{\circ}\text{C}$ tandis que la météo a enregistré une température relativement plus haute des 150 logements avec $T_{\text{air météo}} = 36,9^{\circ}\text{C}$ ce qui est en rapport avec le niveau d'ensoleillement subit par les deux sites. En fin la TMR est descendue de la valeur retenue précédemment pour avoir une moyenne de $\Delta TMR = 39,2^{\circ}\text{C}$.

La structure spatiale des 150 logements était la grande conséquence des valeurs lourdes prises au cours de la campagne de mesure ; sa densité urbaine, sa morphologie, son ouverture sur le ciel ont contribué le quartier à cumuler un taux d'énergie thermique. Si on prend la TMR qui serait le facteur crucial de surchauffe à cette zone de la ville, les valeurs ont été beaucoup plus supérieures à celles des quartiers de la première journée : 55,2°C, 66,3°C, 67°C, 51,5°C à 12h00, 14h00, 16h00, et 18h00 en succession. Le point 2 serait l'endroit le plus influencé de cette perturbation ou se positionne au milieu des deux immeubles d'une largeur de $L=14\text{m}$. Nous tentons à décrire l'expérience sous forme de schéma suivant, en analysant le positionnement des blocs (point 2) en vue de la trajectoire solaire :

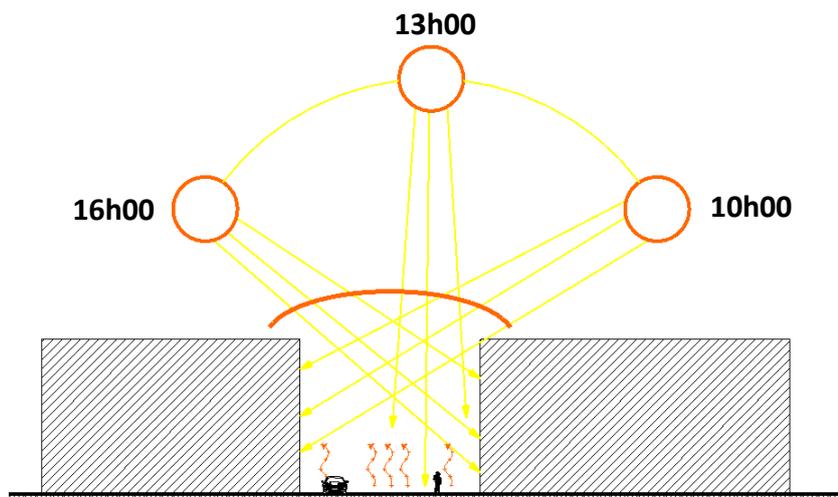


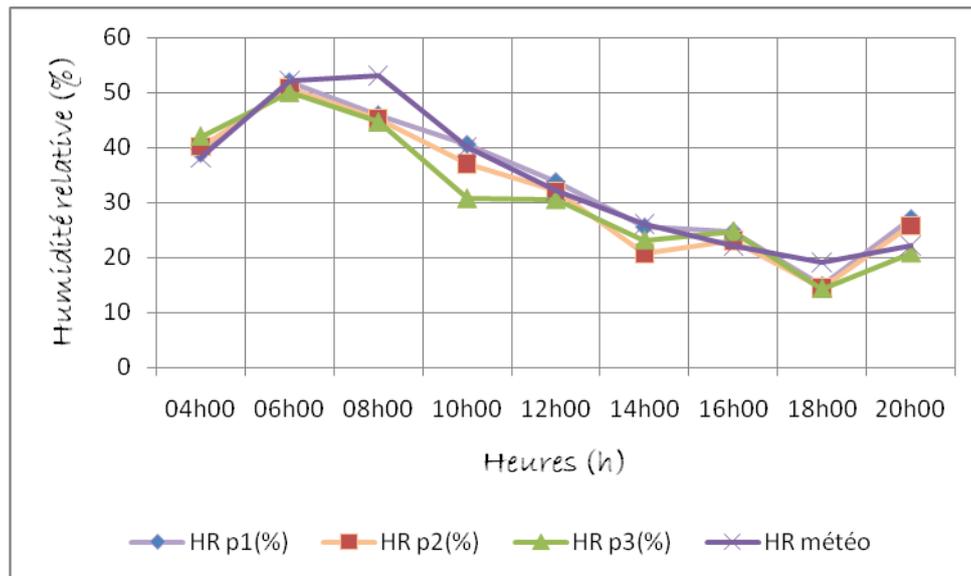
Figure 9.7 Schéma représentatif du piégeage énergétique au niveau du point 2 aux 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

Prise du schéma au-dessus nous pouvons résumer la durée d'ensoleillement sur le point 2, ainsi que son niveau de stockage d'énergie qui provient du soleil et albédo, ce qui rend à cet endroit un point insupportable pendant un bout de temps de la journée.

3.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
H _R p1	39	52	46	40,6	33,8	25,6	24,7	14,9	27,1
H _R p2	40,1	50,7	45,1	37	32	20,7	23,1	14,4	25,7
H _R p3	42	50	44,6	30,7	30,5	23,1	24,7	14,3	20,8
H _R météo	38	52	53	40	32	26	22	19	22

Tableau 9.3.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus préfigure la courbe de l'évolution journalière de l'humidité relative au sein du quartier des 150 logements, dans lequel on voit que les données requises par l'auteur et celles de la météo sont presque identiques. Comme nous l'avons déjà mentionné au niveau du premier paramètre, les points sont en général égaux.

Les valeurs maximales ont été prises à 06h00 sous une moyenne de $\Delta H_{R \max} = 50,9\%$ et pour ce qui concerne l'espace suburbain le maximum d'humidité a été enregistré à 08h00 avec une $H_{R \max} = 53\%$ (pour des raisons thermodynamiques). Pendant la matinée toutes les valeurs subissent la hausse des températures qui engendrent une diminution de l'humidité, on reprend la mensuration à 12h00 avec une moyenne de $\Delta H_R = 32,1\%$ dotée d'une supériorité légère de la météo ($H_{R \text{ météo}} = 32\%$).

Au cours de la période de l'après midi l'humidité relative continue à descendre ($\Delta H_R = 23,1\%$ à 14h00 et $\Delta H_R = 24,1\%$ à 16h00) afin d'atteindre un état dit sec dans lequel on détermine la moyenne minimale du jour avec $\Delta H_{R \min} = 14,5\%$ (environnement très sec préjugé étouffant) à 18h00. Tandis que la station météorologique prélève un taux de $\Delta H_{R \text{ météo}} = 19\%$ ce qui montre une forte influence du flux solaire sur l'évolution de l'humidité dans un site pareil. Il est à signaler que le point 2 confère l'espace le plus perturbé (voire une haute température opposée à une basse humidité).

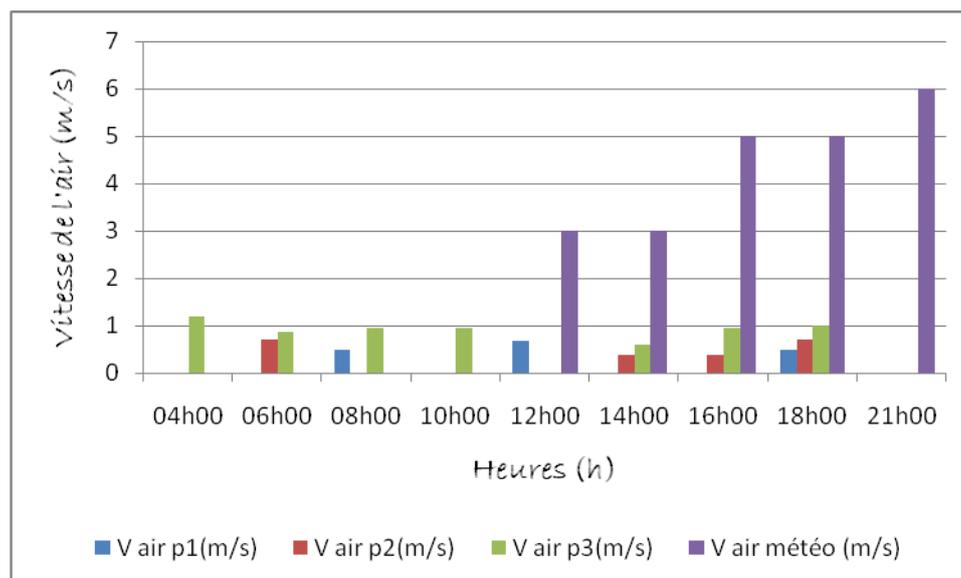
Avec le coucher du soleil, les valeurs s'augmentaient lentement avec une reprise d'une moyenne de $\Delta H_R = 24,5\%$ au quartier et 22% à l'aéroport. Cela est fortement dû à l'absence du rayonnement solaire, dont une diminution au niveau de l'échelle des températures. A la place du troisième point, on tient la valeur la plus faible, ce qui est pratiquement lié à la quantité énergétique emmagasinée au fond des surfaces bâties celles-ci sont exposées au soleil toute l'après midi (Façade Ouest à moindre protection).

Cependant il serait très dur de préserver le taux de l'humidité relative au sein des 150 logements vu le niveau d'ensoleillement et surfaces totalement exposées. A vrai dire, il était prévu qu'une faible densité (CES= 0,18) ne sera pas une forme vraiment protectrice (comme le dicte notre hypothèse) dans laquelle nous avons pris un taux très minime (le plus faible des trois quartiers analysés) à 18h00 ($\Delta H_{R \min} = 14,5\%$) ce qui oblige à comprendre que l'état thermique était très étouffant (chaleur + sécheresse). Il est à signaler que le site investigué ne contient aucune source d'humidification telle que les Eucalyptus, gazon, et les surfaces d'eau celles qui ne font pas parties de la norme de ces cités collectives.

3.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
V _{air p1}	0,0	0,0	0,49	0,0	0,68	0,0	0,0	0,5	0,0
V _{air p2}	0,0	0,72	0,0	0,0	0,0	0,4	0,4	0,7	0,0
V _{air p3}	1,2	0,87	0,96	0,0	0,0	0,6	0,95	1,00	0,0
V _{air météo}	0,0	0,0	0,0	0,0	3	3	5	5	6

Tableau 9.3.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014)
au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

A vrai dire la journée a été considérée calme conséquence des faibles vitesses de l'air au niveau des trois points. En fait, ce qui confirme l'hypothèse sont les données requises par la météo qui démontrent que la moyenne était nulle durant toute la matinée. A l'échelle du quartier le point 3 serait l'endroit où se génèrent faiblement des tourbillons d'air point sur lequel nous allons baser. Si on peut estimer précisément la mesure nous affirmons que les résultats sont en général instantanés et cela pour des causes de variation rapide des vitesses d'air (prise de la mesure instantanément).

La vitesse maximale de l'air est prise au niveau du troisième point soit de $V_{\text{air } 3} = 1,2$ (m/s) à 04h00 en accompagnant des moyennes nulles sur les deux points 1 et 2. Tandis que la vitesse relevée de l'aéroport était nulle.

Durant la période 10h00 et 14h00 nous constatons un bilan aéraulique très calme et sec aussi, ce qui a contribué à l'augmentation des températures. Dès 14h00 la météo a bien relevé des valeurs significatives à hauteur de 10m, tandis que l'espace urbain était toujours calme.

Une valeur de $V_{\text{air } 3} = 1$ (m/s) a été requise au point 3 à 18h00 tandis que les deux premiers points enregistrent des valeurs approximatives $V_{\text{air } 1} = 0,5$ (m/s) et $V_{\text{air } 2} = 0,7$ (m/s) ce qui renvoie à un état sec au niveau de l'environnement extérieur.

Après le coucher du soleil, il n'y a aucun souffle d'air aux 150 logements, tandis que la météo exprime la valeur la plus haute de la journée sous une valeur de $V_{\text{air météo}} = 6$ (m/s).

L'ensemble collectif des 150 logements, décrit un environnement urbain spécifique selon sa densité urbaine, sa morphologie urbaine qui soit sa structure spatiale. La fragmentation des compartiments (blocs) n'as pas été un avantage aussi dans la circulation d'air, dans laquelle les moyennes faibles des vitesses d'air prises. Le point 3 qui se positionne dans l'extrémité ouest de l'ensemble faisait l'exception si on peut dire en laissant la pénétration des courants d'air (frais et chaud). Néanmoins des valeurs qui dépassent pas les 1,2 (m/s) montre bien l'obstacle dut de la part des bâtiments. En conclusion que dans des situations identiques le bilan thermique qui soit notre station suivante sera très déséquilibré par conséquence l'espace extérieur est devenu inutile pour une activité normale.

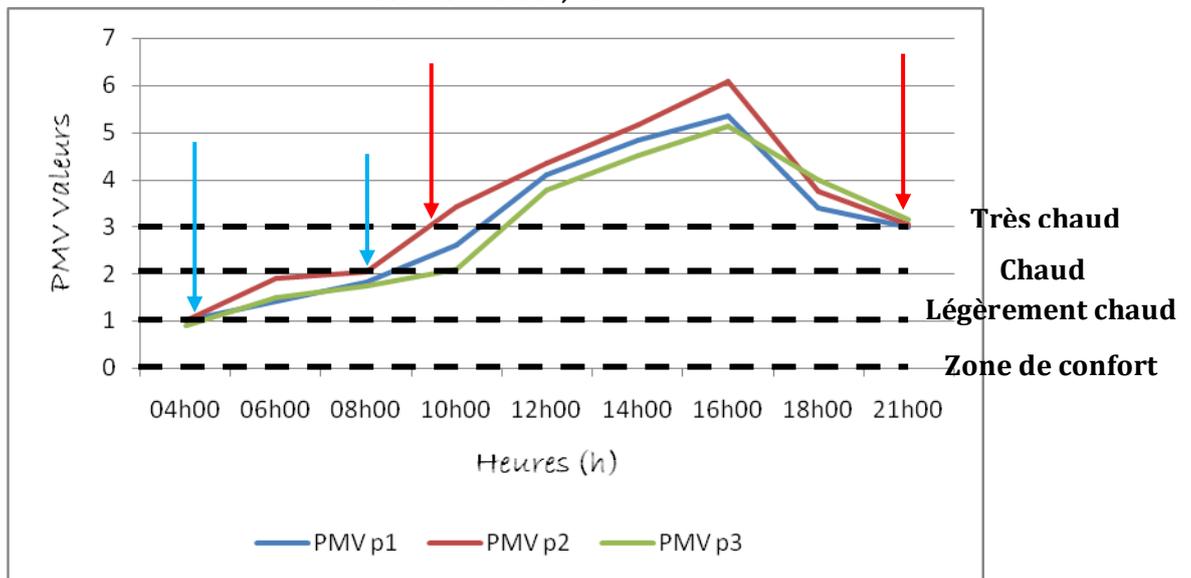
Dans ce qui suit nous allons relire les paramètres relevés dans une dimension collective :

- Le quartier a relevé un taux très faible de l'humidité relative notamment durant l'après midi avec une moyenne basse $\Delta H_R = 14,5\%$ ce qui génère une atmosphère sèche.
- Les vitesses d'air rapportées au sein de la cité, ont été globalement nulles l'obstacle étant les immeubles mal-orientés.
- Suite aux deux données précédentes, les températures ont été relativement hautes à cause de la durée d'exposition au soleil en engendrant une canopée très élevée. On témoin de cette perturbation de la TMR qui atteint les 67°C ; une valeur qui reflète la grande influence de l'espace sur le confort thermique extérieur.

Evaluation du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV p1	1	1,4	1,81	2,61	4,11	4,84	5,34	3,4	3
PMV p2	1	1,9	2,05	3,43	4,34	5,17	6,07	3,74	3,05
PMV p3	0,9	1,5	1,73	2,1	3,78	4,51	5,13	3,99	3,15

Tableau 9.3.5 Evaluations de l'indice du PMV au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP. Source : Auteur, 2014.

Pour l'objectif de l'obtention de la qualité du stress thermique aux 150 logements CNEP nous avons opté à l'usage du logiciel de la simulation (Envi-met 3.1) afin d'évaluer des deux indice du confort thermique ; le PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température physiologique équivalente). La base des données seront les mesures requises au cours de la campagne de mesure.

Les valeurs obtenues de l'indice de Fanger ont été bien réparties en deux périodes différentes, une qui convient au début de journée celui qui comprend quarte heures (04h00 à 08h00), tandis que la deuxième période consiste le reste de la journée représentant la plus grande durée. Cependant l'interprétation sera formulée comme suivant :

Première période : comprise entre 04h00 et 08h00, c'est-à-dire qu'elle est partagée entre période nocturne et diurne (avant et après le lever du soleil). Celle-ci a comprend les valeurs minimales de la journée avec une moyenne de $\Delta PMV_{min} = 0,97$ prise à 04h00 dont le bilan est légèrement chaud. Pendant les quatre heures suivantes le flux solaire propage ses rayons

sur une grande surface de la cité où nous avons obtenu une augmentation dans la moyenne du PMV avec un $\Delta PMV = 1,86$ prise à 08h00 ou le deuxième point étant le plus chaud ($PMV_2 = 2,05$). Il est à signaler que le point 3 était toujours protégé puisqu'il concerne une orientation ouest.

Deuxième période : Celle qui s'étale de 09h00 jusqu'après le coucher du soleil (21h00), les valeurs ont majoritairement (augmente un stress thermique extrêmement chaud. A 10h00 nous constatons que les points 1 et 3 indiquent un état chaud ($PMV_1 = 2,61$ $PMV_3 = 2,1$) par contre le deuxième point était très chaud $PMV_2 = 3,43$. Dès cette heure les résultats se stabilisent à un seuil thermique la chaleur extrême, dans lequel nous tenons à enregistrer la valeur la plus haute à 16h00 au niveau des trois points consécutifs dont la moyenne est de $\Delta PMV_{max} = 5,53$ ou le point 2 atteignant un maximum d'un $PMV_2 = 6,07$. Avant le coucher du soleil les valeurs ont diminué progressivement dues à la diminution de l'ensoleillement, mais quand même on enregistre un environnement thermique très chaud. A 21h00, et vu l'absence le rayonnement qui n'a pas été suffisant à la descente de la chaleur dans laquelle le PMV était toujours en état très chaud ; $PMV = 3,06$.

Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV ₁	2,61	4,11	4,84	5,34	3,4	3
état thermique	Chaud	Très chaud				
Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV ₂	3,43	4,34	5,17	6,07	3,74	3,05
état thermique	Extrêmement chaud					
Heure	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV ₃	2,1	3,78	4,51	5,13	3,99	3,15
état thermique	Chaud	Très chaud				

Source : Auteur, 2014.

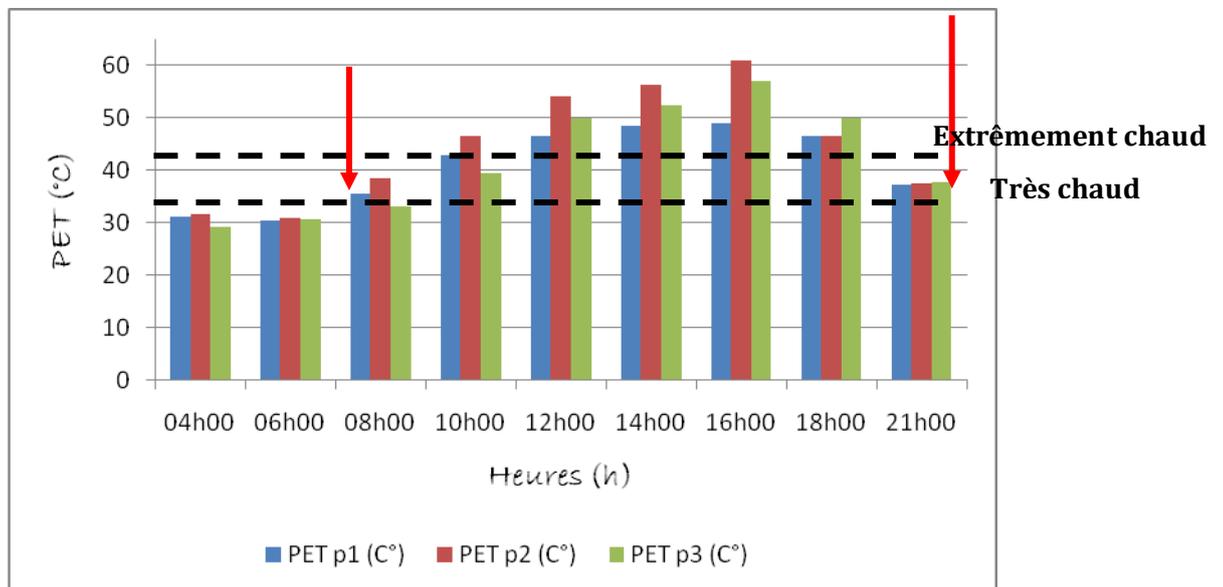
Dans le tableau ci-dessus nous reportons à diagnostiquer la durée du stress thermique au niveau des trois points, mais bien supérieure dans la deuxième station. Caractérisé d'un prospect ($H/W = 0,1$) le point 2 serait l'endroit qui englobe la zone insupportable pendant presque toute la journée. La durée s'est étalée de 12 heures se qui signifie que l'espace est devenu inactif durant plus de la moitié du jour. Même, les deux autres points ne représentent pas des zones dites confortables. Il reste à dire que la position des immeubles reste est très fragile et il fallait chercher une protection au rayonnement solaire.

L'activité humaine au sein des 150 logements était une des choses rares à voir pendant une grande partie de la journée (**No men's land**), en affirmant que la période nocturne était un peu vivace dans laquelle nous avons rencontré des groupements ; malgré que tout les locataires assurent qu'ils sont très insatisfaits en dehors de leurs logis et rajoutent qu'ils vivent la majorité de leurs temps sous la climatisation.

Evaluation de la PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: 150 logements CNEP 15/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PET p1 (C°)	31	30,4	35,4	42,9	46,4	48,5	49	46,4	37,2
PET p2 (C°)	31,7	30,9	38,5	46,5	54	56,3	61	46,4	37,5
PET p3 (C°)	29,2	30,6	33,1	39,4	50	52,4	57,1	49,8	37,8

Tableau 9.3.6 Evaluations de l'indice de PET au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.



Graphique 9.3.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) au 150 logements CNEP. Source : Auteur, 2014.

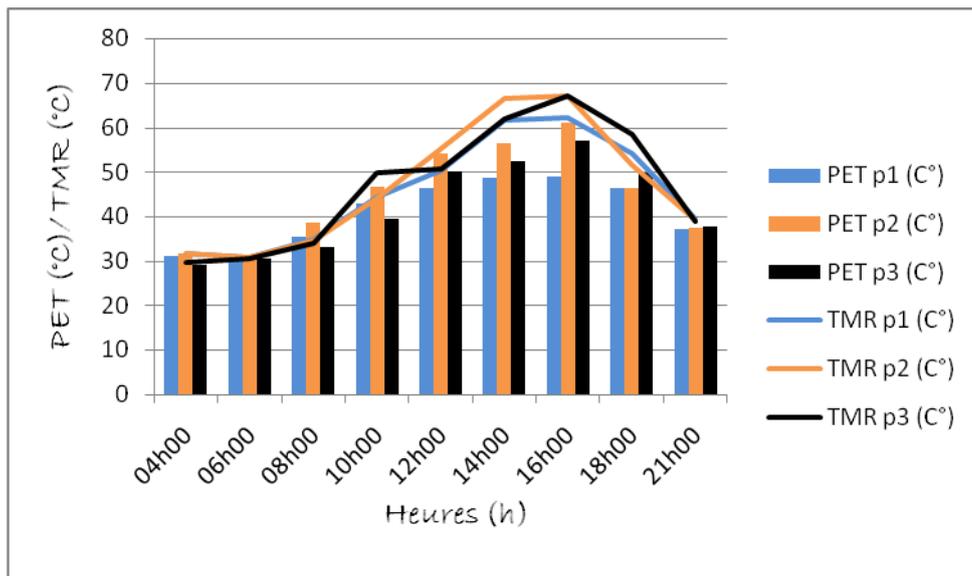
Nous allons ici analyser l'évolution de la température physiologique équivalente (PET) au sein de l'ensemble collectif. Les valeurs ont été en général étalées entre la zone très chaude et la zone extrêmement chaude dont la grande partie se situe pendant l'après midi, comme le montre le graphique ci-dessus.

En fait, le minimal obtenu de la PET était à 06h00 dans lequel la moyenne est de $\Delta PET_{\min} = 30,6^{\circ}\text{C}$ démontrant un bilan thermique chaud, à vrai dire que les points ont relevé presque la même valeur. Mais cela changera, l'augmentation de la PET est consécutive de l'augmentation de la TMR vue cette corrélation, les moyennes ont monté dès 08h00 avec un $\Delta PET = 35,6^{\circ}\text{C}$ dont un état très chaud ; on continue pour atteindre le niveau de la zone très chaude à 10h00 seulement dans laquelle le point 2 indique la grande valeur $PET_2 = 46,5^{\circ}\text{C}$.

L'après midi présente la période de surchauffe qui marque le maximum de la journée à 16h00 avec une moyenne de $\Delta PET_{max} = 55,7^{\circ}C$ celle qui affirme un état d'une chaleur extrême. Le point 2 (H/W= 0,8) note une valeur jugée extrême $PET_2 = 61^{\circ}C$.

Avant le coucher du soleil les 150 logements connaissent une diminution légère au niveau de la PET mais on signale toujours un stress thermique extrêmement chaud.

Tandis à 21h00 les valeurs ont atteint $\Delta PET = 37,5^{\circ}C$ sur lequel le bilan thermique extérieur est très chaud.

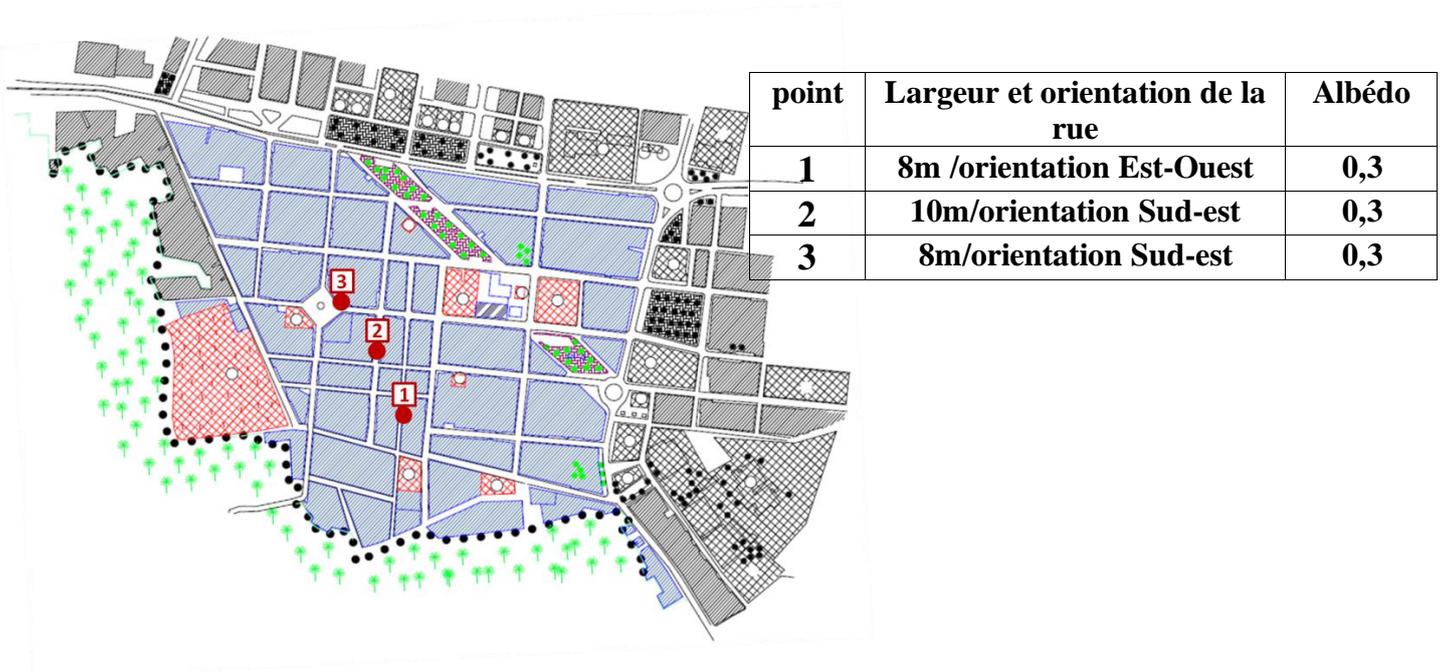


Graph 9.3.7 Corrélation entre la température physiologique équivalente (PET) et température moyenne radiante (TMR) au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

Le rapport entre la PET et la TMR est très apparent, dont la hausse des PET entraîne la hausse de la TMR ; nous voulons mettre un ensemble d'interactions entre la morphologie du site et le confort thermique extérieur sous les points suivants :

- Une grande fraction (prospect) entre hauteur, et largeur de la rue qui se délimite entre $H/W = 0,2$ et $H/W = 0,8$ ce qui a permis à une grande exposition au soleil, en revanche un ombrage très minime des surfaces.
- Aucune protection existante entre les blocs telles que les galeries, et les passages couverts ce qui a influé sur la température du sol.
- Une orientation des immeubles soit Nord-Sud et Est-Ouest entraîne une autre contrainte aux fréquences des vents, et la direction de l'ensoleillement.
- Des matériaux de construction qui sont toujours le problème thermo-physique dans lesquels la majorité d'eux sont des matières **chaudes** (béton, parpaing, goudron, acier, couleurs absorbantes...etc.).

4. Quatrième échantillon : Quartier Rassouta Ouest (CES=0,68)

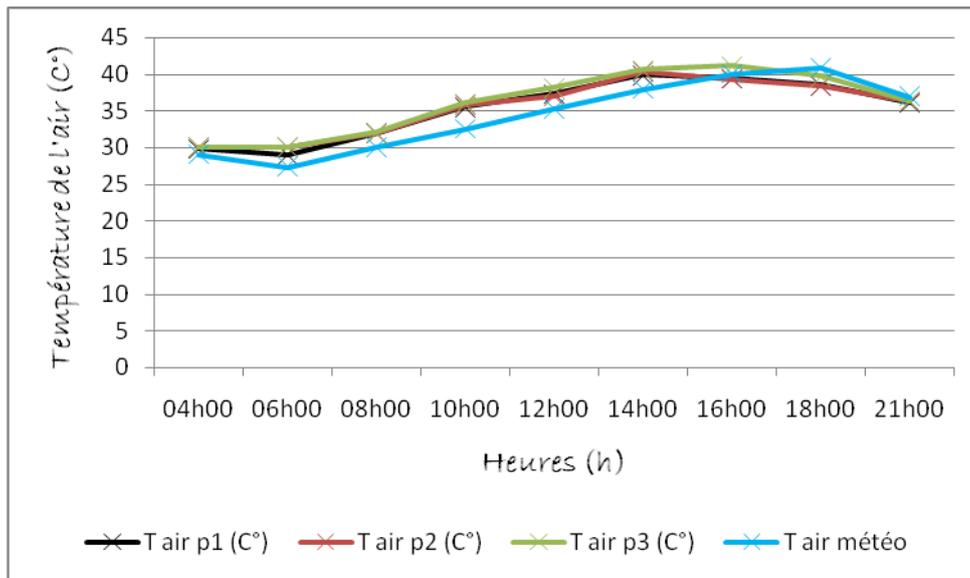


4.1. Evolution de la température au cours d’une journée d’été (15/07/2014) :

Notre deuxième station de la même journée est celle du quartier colonial Rassouta Ouest, celui qui constitue une particularité urbaine voire sa trame rectiligne, des îlots réguliers bâtis sur une hauteur limitée (R+1). Il est à signaler que les trois points donnent des valeurs presque similaires, malgré le changement spatial de la rue (voire son prospect). En ce qui concerne cette première partie, nous allons évoquer les données requises à propos de la température de l’air en la comparant à celle de la station météorologique ; ensuite nous procédons pour éclaircir le paramètre de la moyenne radiante (TMR).

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
T _{air} p1	29,8	29	32	35,5	37,3	39,9	39,4	38,5	36,1
T _{air} p2	30	30	31,9	35,8	37	40,3	39,3	38,4	36,2
T _{air} p3	30	30	32	36	38,1	40,5	41,1	39,7	36,3
T _{météo}	29	27,3	30	32,5	35,2	37,9	40	40,8	36,9

Tableau 9.4.1 Données caractérisent les températures de l’air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



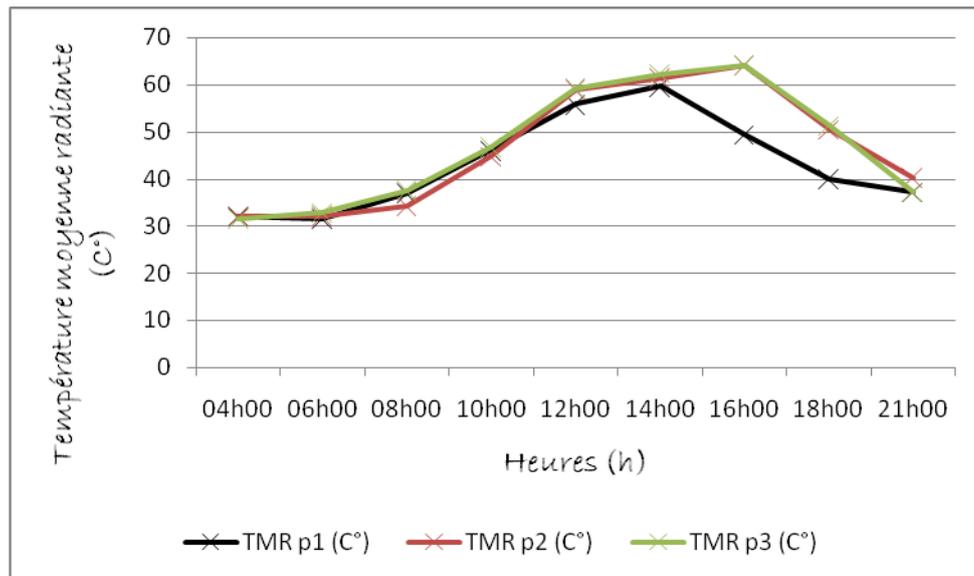
Graph 9.4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014.

Pour la température moyenne radiante, le tableau ci-dessous indique bien les chiffres résolus de la campagne de mesure. Notre premier constat vise à identifier une zone pendant trois heures consécutives qui illustre la période la plus chaude (12h00 à 16h00).

Malgré la typologie des rues et la forte densité du quartier, on a toujours un problème d'accès excessif du rayonnement solaire.

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
Point 01									
T_g	31,5	31	36,1	38,8	39,5	41,8	42,9	39,3	36,9
TMR	32	31,5	37	46	55,7	59,6	49,3	40	37,1
Point 02									
T_g	31,8	31,7	33,9	38,7	39,5	41,1	42,6	39,9	39,7
TMR	32,2	32,1	34,4	44,8	59	61,4	64,2	44,1	40,3
Point 03									
T_g	31,2	32,2	36,5	38,7	40	42	45	43	36,9
TMR	31,5	32,8	37,6	46,8	59,2	62,4	64,2	48,3	37,1

Tableau 9.4.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014

En effet, le premier bilan tenu au-delà de la campagne au niveau du quartier Rassouta Ouest a démontré une équivalence légère entre points visités, car ces derniers ne constituent pas les mêmes aspects morphologiques. La référence sera toujours les données prises par la station météorologique implantée à l'aéroport de Biskra.

Pour le début de la matinée, les températures de l'air ont été pratiquement légères lorsque nous avons enregistré un minimum de $\Delta T_{\text{air min}} = 29,6^{\circ}\text{C}$ à 06h00 celui qui indique un écart de $2,3^{\circ}\text{C}$ de la météo ; quand à la TMR elle aussi démontre une moyenne minimale avec un $\Delta TMR_{\text{min}} = 32,1^{\circ}\text{C}$. Durant la matinée nous avons assisté à une augmentation progressive au niveau des valeurs requises, dans laquelle nous avons obtenu une valeur de $T_{\text{air 3}} = 38,1^{\circ}\text{C}$ à midi qui était la plus haute ; en outre, la TMR connaît une montée relative au degré de l'exposition au soleil ($\Delta TMR = 57,9^{\circ}\text{C}$ à 12h00).

Pendant la période de l'après midi, nous relevons la valeur maximale de la journée avec $\Delta T_{\text{air max}} = 40,1^{\circ}\text{C}$ à 14h00 celle qui était au niveau des premiers points, tandis que le point 3 enregistre son maximum à 16h00 avec un $T_{\text{air 3 max}} = 41,1^{\circ}\text{C}$. Les valeurs sont toujours supérieures à celles de la météo quand cette dernière indique son max à 18h00 avec $T_{\text{air météo}} = 40,8^{\circ}\text{C}$. A l'instar, la TMR a beaucoup évolué sous l'effet de l'ensoleillement, ou on obtient un maximum de $\Delta TMR_{\text{max}} = 64,5^{\circ}\text{C}$ à 16h00 aux endroits du point 2 et 3, ce qui explique la grande surface exposée au cœur des rues mentionnées.

A 21h00 les températures de l'air descendent pour atteindre une moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 36,2^{\circ}\text{C}$ par contre à la météo on a noté une valeur de $T_{\text{air météo}} = 36,9^{\circ}\text{C}$ ce qui explique que l'espace suburbain était plus chaud que celui de la ville (A propos de la TMR, les valeurs ont diminué parallèlement à la diminution du rayonnement solaire, dont elle affiche une moyenne de $\Delta TMR = 38,2^{\circ}\text{C}$).

Cependant le quartier Rassouta Ouest est classé thermiquement moins chaud que celui des 150 logements (ceci ne signifie pas une présence d'une zone de confort), mais à part le facteur de l'orientation des rues a beaucoup intervenu sur cette qualité thermique dans laquelle nous remarquons la différence entre points mesurés. Les températures maximales requises à différents temps rassurent l'hypothèse due à la rue (orientation et prospect), dans ce cas nous tentons à évaluer cette démarche sous forme de tableau afin de dévoiler cette corrélation entre rue et résultats obtenus :

	Orientation	Prospect (H/W)	T _{air max}	TMR _{max}	Heure
Point 1	Nord-Sud	1	39,9°C	59,6°C	14h00
Point 2	Nord-Sud	0,5	40,3°C	64,2°C	16h00
Point 3	Est-Ouest	0,4	41,1°C	64,2°C	16h00

Source : Auteur, 2014.

Par le biais du tableau nous observons que les températures de l'air et les moyennes radiantes ont été très élevées malgré la forte densité urbaine du quartier ; nous tenons les causalités aux aspects physiques tels que les matériaux de construction, et ainsi que l'orientation des rues. Il faut assurer que la TMR a significativement influé sur la hausse des températures, malgré que les deux points 1 et 2 étaient presque totalement ombragés pendant l'après midi (notamment après 15h00). Il est à signaler que Rassouta Ouest est bien cernée d'une ceinture de palmeraie dans la limite sud, celle-ci n'a pas agi d'une manière significative sur l'échelle des températures.

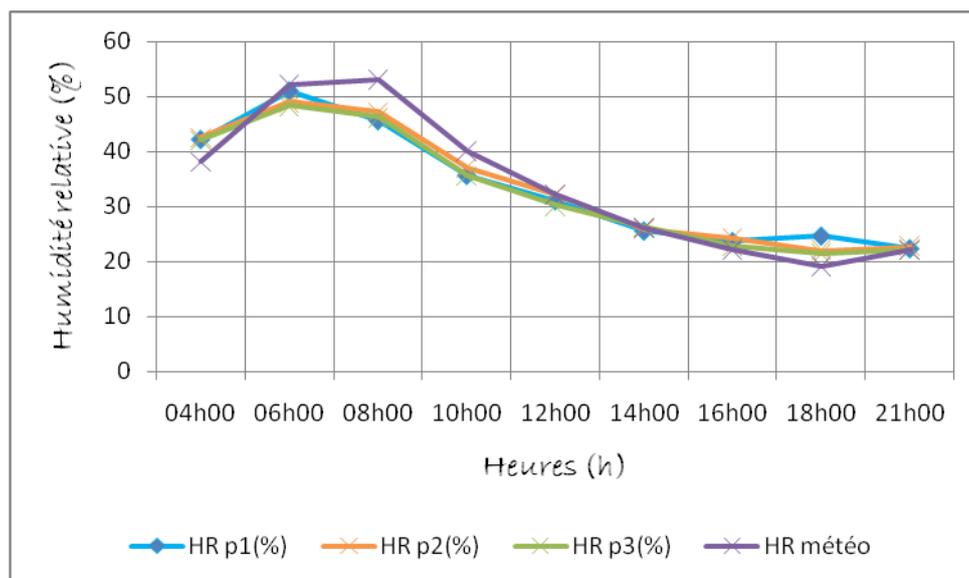
4.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
H _R p1	42,2	51	45,6	35,7	31,1	25,6	23,7	24,7	22,4
H _R p2	42,5	49	47,2	37	32,2	25,9	24,2	22	22,7
H _R p3	42,1	48,3	46,1	35,6	30,1	26,2	22,7	21,4	22
H _R météo	38	52	53	40	32	26	22	19	22

Tableau 9.4.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station

Source : Auteur, 2014.

Les valeurs de l'humidité relative sont équilibrées au niveau des trois points, avec une intervention légère de la part des palmeraies notamment sur la rue du point 1. Les résultats indiquent bien une différence de hausse et de chute entre espace urbain et suburbain.



Graph 9.4.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest

Source : Auteur, 2014.

Le graphique représenté ci-dessus évalue la courbe de l'humidité relative au niveau du quartier Rassouta Ouest et celle de la météo. Les points indiquent toujours un rapprochement avec une équivalence aussi par rapport aux données de la station météorologique.

Les taux maximaux du quartier ont été pris à 06h00 avec une moyenne de $\Delta HR_{max} = 49,4\%$ dont la première rue (point 1) est la plus humide ; par contre à la météo elle requit son maximum à 08h00 avec une $HR_{max} = 53\%$. Ce décalage temporaire est apporté au réchauffement dû au sein du quartier par le biais de la montée des températures ambiantes.

Pendant la matinée les valeurs se baissent attentivement à chaque heure et on enregistre des taux de $\Delta HR = 36,1\%$ et $31,1\%$ à 10h00 et 12h00. Tandis que la météo a relevé des valeurs de 40% et 32% dans le même ordre de temps.

Durant l'après midi, l'humidité relative continue à diminuer soit au quartier soit au niveau de la station de Biskra, lorsque nous avons pris le minimum de la journée à 18h00 (pour le point 1 c'était à 16h00), cela avec une moyenne de $\Delta HR_{min} = 21,7\%$ et $HR_{min\ météo} = 19\%$; donc l'espace urbain est plus humide que le suburbain, ce qui explique le rôle de la palmeraie dans l'humidification de la canopée urbaine malgré une différence légère.

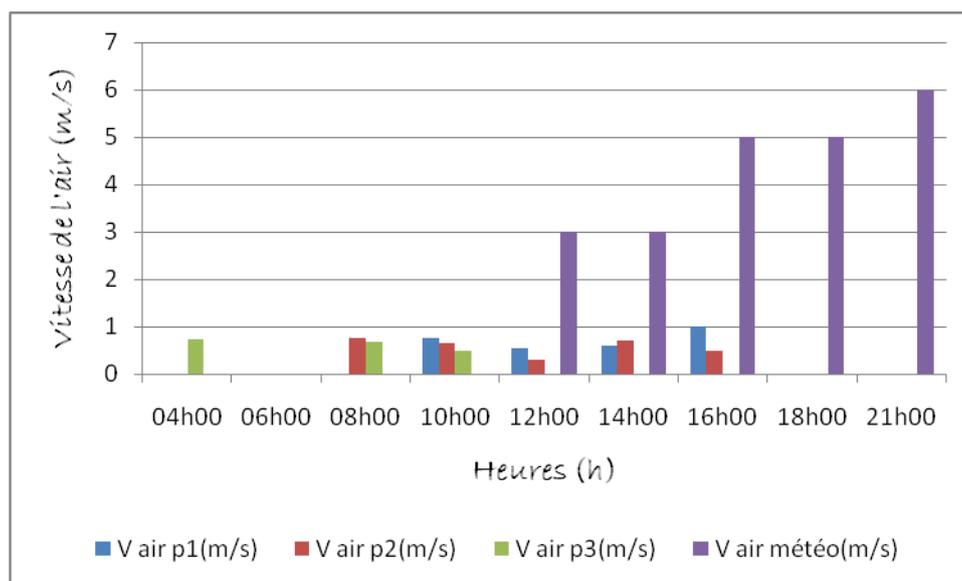
Après le coucher du soleil, les valeurs remontent petit à petit voire l'état sec de l'atmosphère, ou la moyenne a atteint juste la valeur 22,4% à Rassouta, et 22% à la météo. Tous les points généralement indiquent la même moyenne soit pratiquement la valeur d'un espace suburbain. Nous mentionnons que l'humidité relative moyenne retenue ici est supérieure à celle du premier quartier ($HR_{Rassouta} = 35,5\%$ / $HR_{CNEP} = 30,7\%$) dans laquelle cette différence est liée étroitement à la palmeraie située au quartier colonial.

Malgré la présence d'une ceinture verte notamment constituée de la palmeraie, nos valeurs requises de l'humidité relative ont été très basses au cours de la journée. Cette diminution est comptée en rapport à la hausse des températures de l'air. Cependant nous devons juger que le quartier n'était pas vraiment influencé par la palmeraie mais il est un espace sec notamment dans la période de l'après midi. Dans le coin, nous mentionnons la présence des Eucalyptus, comme aussi nous assistons à une bonne exploitation de la part des habitant devant de leurs maisons par l'implantation de la végétation comme le ficus (notamment sur le point 2) mais cela n'a pas influencé significativement sur l'échelle de l'humidité au sein du quartier.

4.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
V _{air} p1	0,0	0,0	0,0	0,76	0,53	0,6	1,00	0,0	0,0
V _{air} p2	0,0	0,0	0,77	0,65	0,29	0,7	0,5	0,0	0,0
V _{air} p3	0,74	0,0	0,67	0,49	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
V _{air} météo	0,0	0,0	0,0	0,0	3	3	5	5	6

Tableau 9.4.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.

Comme il a été déjà abordé dans le premier quartier de la journée, Rassouta Ouest enregistre aussi des valeurs qui sont presque nulles. Les valeurs varient entre 0,49 (m/s) et 1,00 (m/s) ce qui explique un état calme au niveau des trois points. Pour la station météorologique les vitesses de l'air ont été prises à midi avec une $V_{\text{air météo}} = 3(\text{m/s})$ jusqu'à 21h00 sous une valeur maximale de $V_{\text{air météo}} = 6(\text{m/s})$.

En effet, la pénétration des courants d'air au milieu du site est une faible opération, dans laquelle le quartier était toute la journée calme. Le point 3 qui préfigure une rue dégagée orientée dans le sens Est-Ouest ne marque pas fortement une circulation d'air dont sa valeur maximale a atteint 0,74(m/s) à 04h00. Donc, il fallait dire que la structure urbaine du quartier l'a bien protégé des vents chauds du sud, mais sans aucun avantage pour les vents frais (brises) qui ont été absents pendant la matinée.



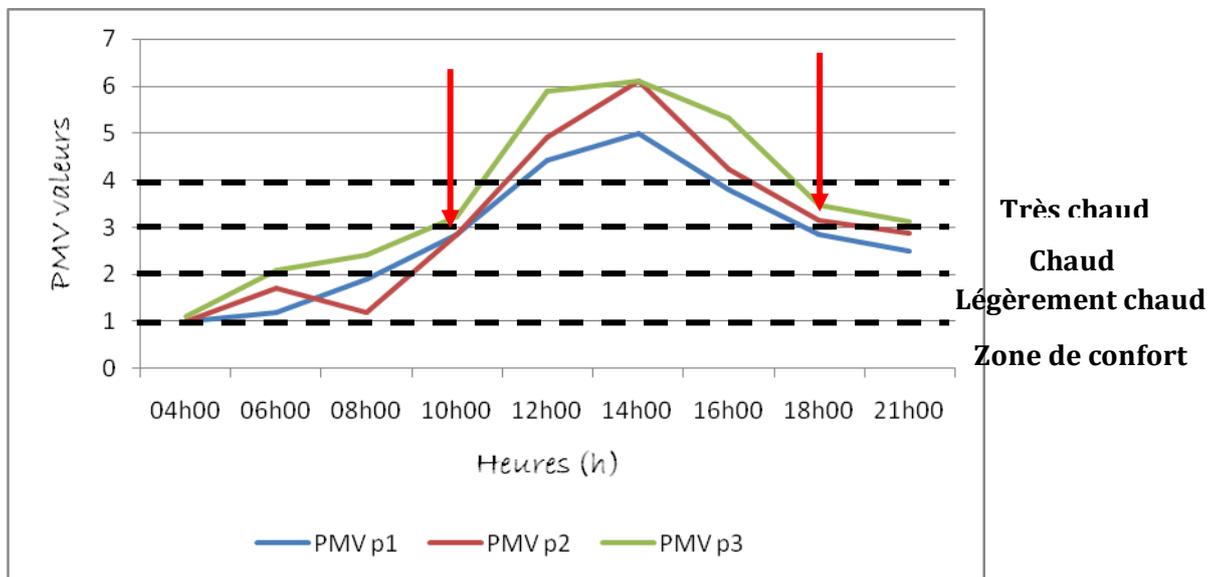
Figure 9.8 Plan représente l'évolution des trois paramètres climatiques au niveau des points visités
Source : Auteur, 2014.

Le plan ci-dessus figure la différence des paramètres mesurés est celle qui a été légère entre les trois points. Cependant le premier point indique la température moyenne la plus basse, avec le taux de d'humidité et la vitesse de l'air le plus haut. A vrai dire le quartier Rassouta Ouest présente une sorte de typologie des rues ; de la rue canyon vers la rue dégagée (du côté sud vers le nord), dans laquelle on note une augmentation légère au niveau des températures ce qui a influé directement sur la moyenne de l'humidité et la vitesse de l'air. En outre, le système constructif et la masse physique entraîne une deuxième intervention sur les données climatiques que nous avons requit.

4.4. Evaluation du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV p1	1	1,2	1,9	2,84	4,43	5	3,8	2,85	2,49
PMV p2	1	1,7	1,9	2,84	4,9	6,1	4,24	3,16	2,87
PMV p3	1,1	2,1	2,41	3,22	5,9	6,1	5,33	3,48	3,12

Tableau 9.4.5 Evaluations de l'indice du PMV à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.

Pour l'objectif de l'obtention de la qualité du stress thermique à Rassouta Ouest nous avons opté pour l'usage du logiciel de la simulation (Envi-met 3.1) afin d'évaluer des deux indice du confort thermique ; le PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température physiologique équivalente). La base des données est déterminée par les mesures requises au cours de la campagne de mesure.

La lecture du graphique ci-dessus nous indique l'évolution journalière du PMV au sein du quartier Rassouta Ouest. La différence entre les courbes est bien apparente entre point 1 et point 3 ceux qui représentent une différence morphologique aussi.

La valeur la plus basse obtenue est de $\Delta PMV_{\min} = 1,03$ à 04h00 celle qui montre un état légèrement chaud. Dès 06h00 les moyennes vont augmenter progressivement, notamment au niveau de la troisième rue, la valeur moyenne est de $\Delta PMV = 1,6$ (état légèrement chaud) tandis que le point 3 est en état chaud. L'orientation de ce dernier compte le premier motif de son réchauffement (orientation Est-Ouest).

Durant la matinée on enregistre une montée au niveau des valeurs, dans laquelle nous relevons une moyenne de $\Delta PMV = 2,96$ à 10h00 dont un état chaud dans les endroits 1 et 2 avec un état très chaud au point 3. Tandis qu'à midi les valeurs se stabilisent sur le seuil très chaud avec $\Delta PMV = 5,07$ ce qui démontre l'état du réchauffement pendant cette heure.

A 14h00 le PMV est à son maximum sur tous les points sous une moyenne de $\Delta PMV_{\max} = 5,73$ dont un état très chaud, sur laquelle les deux points 2 et 3 sont les plus chauds. Dès cette heure le quartier connaît une baisse légère du stress thermique, les valeurs chutent mais persiste toujours une sensation très chaude.

Avant le coucher du soleil, nous constatons que le premier point délimite une valeur de $PMV_1 = 2,85$ (état chaud), tandis que pour les deux autres sont très chaud. En fin à 21h00 le bilan thermique était constant dont les premiers point résumant un environnement chaud, par contre le troisième est en état extrêmement chaud.

Heure	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV₁	1,9	2,84	4,43	5	3,8	2,85	2,49
état thermique	Légèrement chaud	Chaud	Très chaud			Chaud	
Heure	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV₂	1,9	2,84	4,9	5,9	4,24	3,16	2,87
état thermique	Légèrement chaud	Chaud	Extrêmement chaud				Chaud
Heure	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV₃	2,41	3,22	5,9	6,1	5,33	3,48	3,12
état thermique	Chaud	Très chaud					

Source : Auteur, 2014.

A travers le tableau nous venons de répartir les valeurs du PMV selon leurs points et l'état thermique, dans lequel le point 1 était le moins chaud par contre au troisième qui était le plus chaud. Il faut dire que Rassouta n'a pas constitué une zone dite confortable durant la journée mais il est moins chaud que celui des 150 logements. On relève donc que l'orientation et les prospects des rues ont été les éléments influents sur la qualité thermique cependant nous évoquons cette hypothèse à la différence dégagée entre :

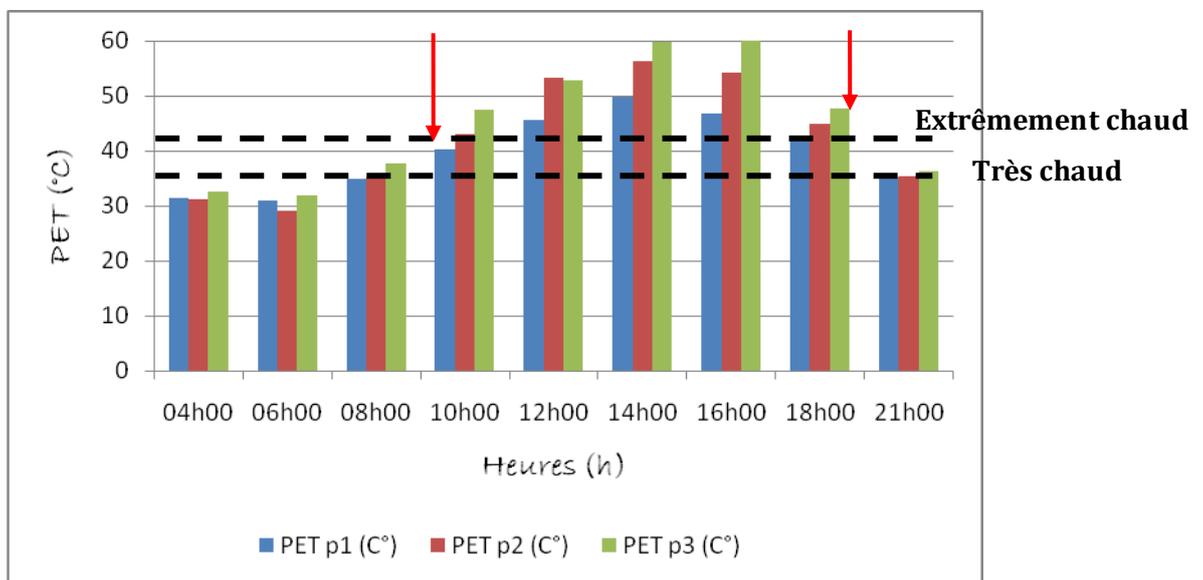
- **Point 1 :** (H/W)= 1, orientation Nord-Sud ; bilan thermique entre chaud et très chaud.
- **Point 3 :** (H/W)= 0,4, orientation Est-Ouest ; bilan thermique pratiquement très chaud.

En effet, l'activité humaine a été plus ou moins existante par rapport au premier quartier, généralement estimée au début de la matinée (06h00 à 10h00), puis elle se raréfie pendant la période de surchauffe (raisons de la chaleur extrême) ensuite elle connaît sa reprise en fin de journée, et énormément le soir. Pendant la mesure de 18h00 la vivacité du quartier était remarquable dont beaucoup de gens ont préféré de sortir de chez eux, malgré le bilan démontré au niveau du point 2 et 3.

4.5. Evaluation de la PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 15/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PET p1 (C°)	31,5	31	34,9	40,3	45,5	49,9	46,8	42	35,2
PET p2 (C°)	31,2	29,2	35,1	43,1	53,3	56,3	54,1	44,8	35,3
PET p3 (C°)	32,5	31,9	37,6	47,4	52,8	59,8	60,8	47,7	36,3

Tableau 9.4.6 Evaluations de l'indice de PET à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (15/07/2014) à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.

Dans l'évaluation des valeurs de la température physiologique équivalente comme le présente le graphique, nous constatons que la période extrême chaude a été la plus remarquable par sa durée. Le point 1 fait toujours le cas le moins influencé dans l'ensemble des points, sur lequel la rue se réchauffe la dernière (11h00) et se refroidit la première (18h00).

La valeur minimal qu'on a obtenu à Rassouta est de $\Delta PET_{\min} = 30,7^{\circ}\text{C}$ à 06h00, en indiquant un état légèrement chaud. Il faut assurer comme précédemment que la température physiologique est en rapport direct avec la moyenne radiante.

Au cours de la matinée les trois points figurent une augmentation légère, ce qui est liée au niveau d'ensoleillement (la troisième rue est la première qui reçoit la lumière du jour), dans laquelle on soulève des valeurs : $35,8^{\circ}\text{C}$, $43,6^{\circ}\text{C}$ et $50,3^{\circ}\text{C}$ à 08h00, 10h00 et 12h00 en ordre ; donc on avoue que le bilan thermique extérieur dans cette période du jour, évolue de

la zone chaude à l'extrême chaude (comptée sur une période courte voire la valeur de l'intensité solaire).

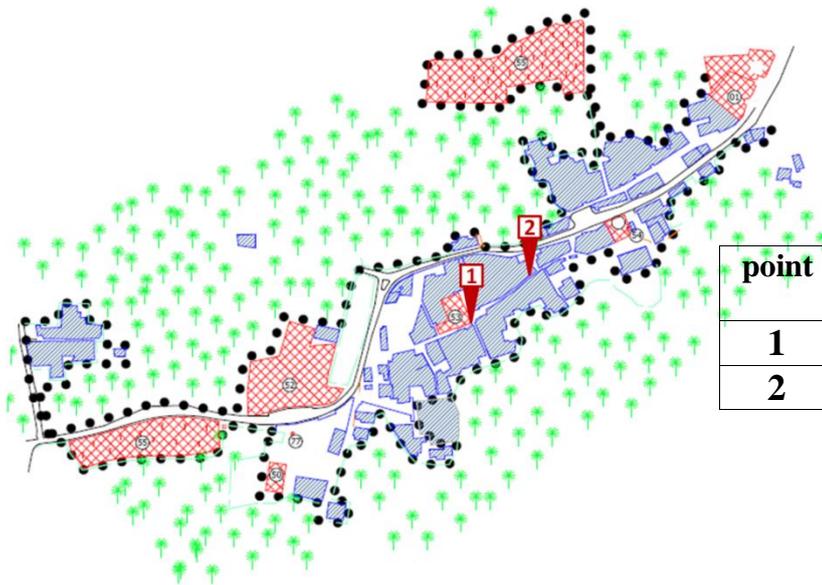
L'après midi est caractérisée d'une constance sur la courbe de l'indice, lorsque nous retenons des valeurs maximales au niveau des points 1 et 2 à 14h00 avec une moyenne de $\Delta PET_{\max} = 53,1^{\circ}\text{C}$ tandis que le troisième point enregistre sa valeur maximale à 16h00 avec une $PET_3_{\max} = 60,1^{\circ}\text{C}$. Ce report dit temporaire est en corrélation avec la température moyenne radiante TMR comme ainsi est du à l'orientation de la rue.

Dans la période qui précède le coucher du soleil les moyennes diminuent d'une manière sensible, mais l'état reste toujours extrême chaud ; la moyenne prise à 18h00 est de $\Delta PET = 44,8^{\circ}\text{C}$. Rassouta a relevé un état très chaud dans la période nocturne dont la valeur de la PET est de $\Delta PET = 35,6^{\circ}\text{C}$.

Dans le suivant nous allons récapituler l'évaluation du confort thermique selon les données du site, telles que les morphologiques et physiques, et voire l'activité humaine au sein du quartier.

- Voire la forte densité du quartier (CES= 0.68) Rassouta Ouest est atteint par ce déséquilibre thermique en espace extérieur ; la zone très chaude est la plus courante dans la majorité de la journée (une durée balancée entre 12 à 14 heures).
- Orientation et prospect suggèrent des facteurs principaux de la délimitation de l'aspect thermique extérieur, nous témoignons par la différence reprise entre la première et la troisième rue.
- Matériaux de construction un autre facteur qui agit sur l'augmentation notamment des températures ambiantes, sous la montée des températures surfaciques. Il est à signaler que la première rue comprend un nombre des anciennes habitations construites en argile (Torchis) tandis que les deux autres nous les classons métissées.
- Beaucoup de contrainte pour une activité humaine normale, dont la plupart de cette dernière est pratiquée dans les premières heures de la matinée ou à la fin de la journée, voire l'incapacité de la faire pendant l'intervalle de 10h00 à 18h00.
- Les surfaces ombragées sont plutôt rares notamment sur le point 3 qui préfigure une orientation avec la trajectoire solaire (Est-Ouest), dans lequel cet endroit démontre les valeurs les plus hauts soit l'indice du PMV ou la PET.

5. Cinquième échantillon : Quartier vieux Tolga (CES= 0,60)



point	Largeur et orientation de la rue	Albédo
1	3m /orientation Est-Ouest	0,2
2	2,5m/orientation Sud-est	0,3

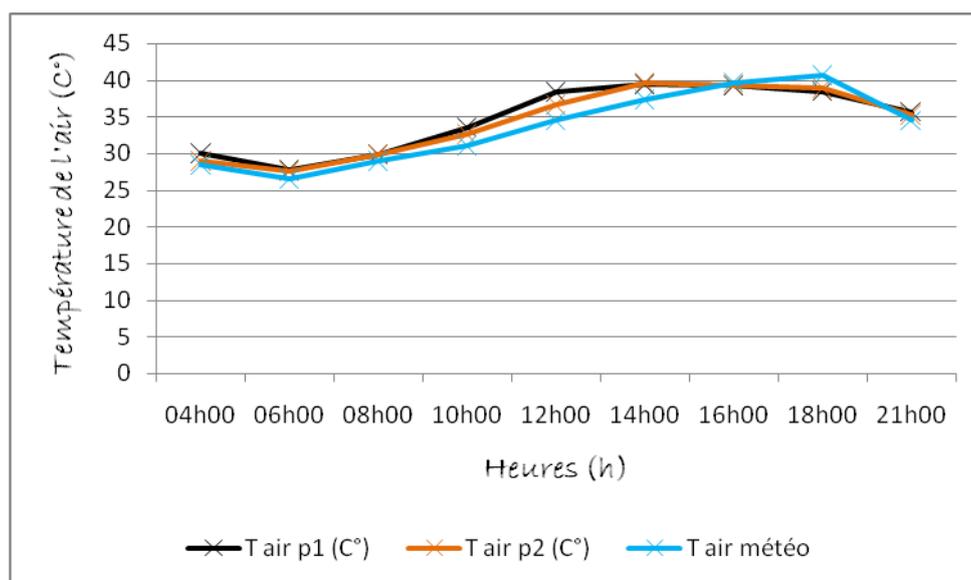
5.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'été (15/07/2014) :

Le vieux Tolga fait notre cinquième station, est caractérisée par sa forme urbaine dense, compacte, implantée au cœur de la palmeraie, comme elle relève des spécificités spatiales particulières par rapport aux autres sites investigués. En effet, le premier point est un endroit peu dégagé (lieu d'intersection de ruelles), tandis que le deuxième représente une ruelle étroite d'une largeur de 3m. Il est à dire que l'intérieur du quartier est marqué d'une grande partie du jour d'ombres dû à l'étroitesse des dessertes. Ainsi, nous confirmons que la palmeraie compte un facteur important sur la qualité thermique de l'ancien quartier.

Les valeurs sont toujours comparées à celles de la station météorologique de l'aéroport de Biskra, pour la fiabilité des données.

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
T _{air} p1	30	27,7	29,9	33,6	38,4	39,5	39,3	38,5	35,7
T _{air} p2	29	27,6	29,9	32,7	36,6	39,6	39,3	38,9	35,3
T _{météo}	28,5	26,5	29	31,1	34,5	37,3	39,7	40,7	34,5

Tableau 9.5.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



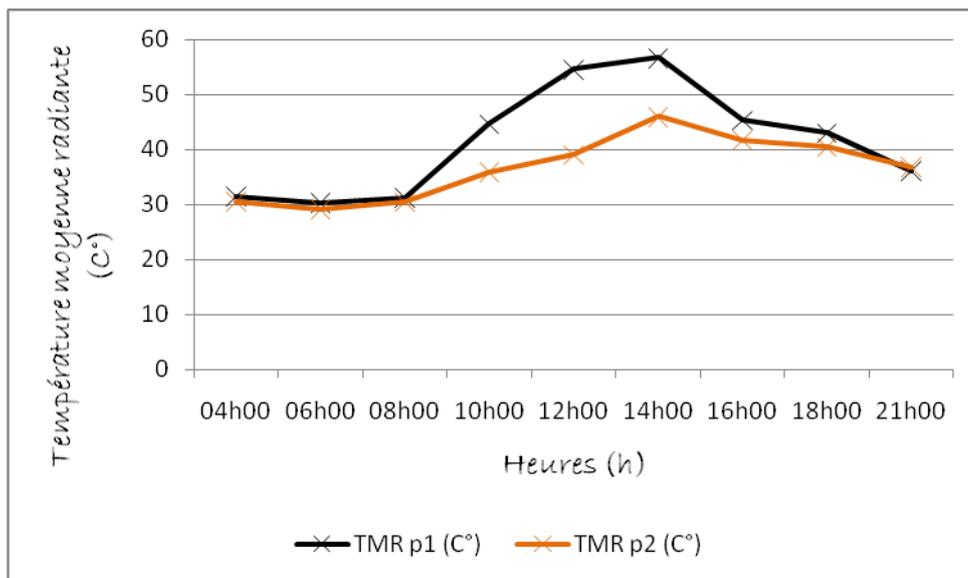
Graph 9.5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

Pour un premier constat, on remarque que la température moyenne radiante est plus ou moins inférieure au sein du vieux Tolga, notamment au niveau du deuxième point. Les valeurs marquent leur maximum pendant l'après midi, mais elles diminuent rapidement, qui est relatif par rapport à l'ombrage dû aux ruelles étroites.

La palmeraie constitue un deuxième facteur qui agit sur la protection du tissu des vents chauds, en créant une atmosphère plus ou moins humide et en rafraichissant l'espace notamment dans les endroits protégés du rayonnement solaire. Le vieux Tolga représente un patrimoine bioclimatique précieux qui souffre aujourd'hui des travaux de démolitions et la reproduction architecturale dans le cadre de l'habitat précaire.

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
Point 01									
T_g	31,3	29,2	31	36,9	39,5	41,9	41,5	40,2	36,1
TMR	31,5	30,3	31,3	44,7	54,6	56,7	45,4	43	36,2
Point 02									
T_g	30,2	28,8	30,3	34,8	38,2	40,5	41,1	40,2	36,5
TMR	30,5	29,1	30,4	35,9	39,1	46	41,7	40,5	36,8

Tableau 9.5.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.5.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga

Source : Auteur, 2014.

A travers les graphiques nous tenons à dire que les valeurs soit les températures d'air ou la moyenne radiante, sont inférieures à celles des autres quartiers de la ville. Nous confirmons que la journée est totalement équivalente aux celles précédentes. Il est à montrer que le point 2 enregistre les valeurs les plus proches de la station météorologiques ceci depuis notre début de la campagne de mesure.

Le minimum de la journée est pris durant les deux premières heures de la matinée précisément à 06h00 avec une moyenne de $\Delta T_{\text{air min}} = 27,3^{\circ}\text{C}$ dans laquelle nous obtenons un écart seulement de $0,8^{\circ}\text{C}$ avec celle de 1 station ($26,5^{\circ}\text{C}$). La TMR enregistre sa minimale moyenne aussi à la même heure avec $\Delta TMR_{\text{min}} = 29,7^{\circ}\text{C}$ ce qui explique que le quartier n'a pas encore agit sous la pénétration légère des rayons de soleil. Dès 10h00 le report augmente petit à petit pour achever une valeur de $\Delta T_{\text{air}} = 33,1^{\circ}\text{C}$ dont écart de 2°C avec le suburbain. Tandis que la température moyenne radiante connaît une hausse, ou nous avons retenu une $TMR_1 = 44,7^{\circ}\text{C}$ et $TMR_2 = 35,9^{\circ}\text{C}$ respectivement ce qui indique l'ampleur comptée de la protection solaire au niveau du point 2.

La période de l'après midi, connaît bien les valeurs maximales à 14h00 sous une moyenne de $\Delta T_{\text{air max}} = 39,5^{\circ}\text{C}$ ou le deuxième point dévoile une petite augmentation à celle-ci du premier endroit. La météo indique un max à 18h00 avec $T_{\text{air météo max}} = 40,7^{\circ}\text{C}$. Vraiment le décalage horaire de surchauffe doit s'identifier pour la raison d'accumulation énergétique dans le quartier, en revanche l'espace suburbain représentant l'espace dégagé emmagasinant la chaleur le temps ou le soleil est toujours présent, ce qui explique cet écart. Les valeurs maximales obtenues de la TMR ont été relevées à 14h00 aussi en de différentes moyennes dont $TMR_1 = 56,7^{\circ}\text{C}$ et $TMR_2 = 46^{\circ}\text{C}$ en affirmant l'hypothèse de la protection solaire.

Avant le coucher du soleil, à 18h00 les valeurs se diminuent légèrement pour atteindre la moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 38,7^{\circ}\text{C}$ dont un écart de moins de 2°C avec celle de la météo. A l'instar

la TMR elle aussi indique une diminution, où nous relevons un $\Delta TMR = 41,7^\circ\text{C}$ ce qui explique une baisse de l'exposition au soleil depuis deux heures ou plus.

Le soir ne compte pas grande chose, nous avons relevé une moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 35,5^\circ\text{C}$ à 21h00 avec un écart de 1°C à celle de la météo. Cependant la température moyenne radiante connaît une valeur de $\Delta TMR = 36,5^\circ\text{C}$.

Les résultats obtenus de l'ancien noyau de la ville de Tolga illustrent clairement l'intervention du tissu sur la qualité microclimatique ce qui explique une différence entre températures du vieux Tolga et autres quartier de l'actuelle ville. En fait, le deuxième point de notre campagne à cet espace, marque bien les valeurs minimales pendant une bonne période de la journée. Précisément la température moyenne radiante qui représente un paramètre phare de la qualité thermique a été plus ou moins basse par rapport au premier point dont les valeurs maximales prises au point 2 sont : 46°C $41,7^\circ\text{C}$ $40,5^\circ\text{C}$ à 14h00, 16h00 et 18h00 respectivement, semblent des valeurs assez basses vu les autres TMR des différents quartiers investigués. Ainsi, l'insertion du noyau au cœur de la palmeraie a fortement influencé l'atmosphère intérieure par laquelle la TMR est moins élevées dans les deux stations du vieux Tolga.

	Orientation	Prospect (H/W)	T _{air} max	TMR _{max}	Heure
Point 1	Nord-Ouest	1,3	39,5°C	56,7°C	14h00
Point 2	Nord-Ouest	2,4	39,6°C	46°C	14h00

Source : Auteur, 2014.

Le tableau démontre la corrélation forte entre le rapport d'aspect (H/W) et la valeur de la TMR, dans laquelle la relation est inverse (la TMR décroît lorsque le prospect augmente).

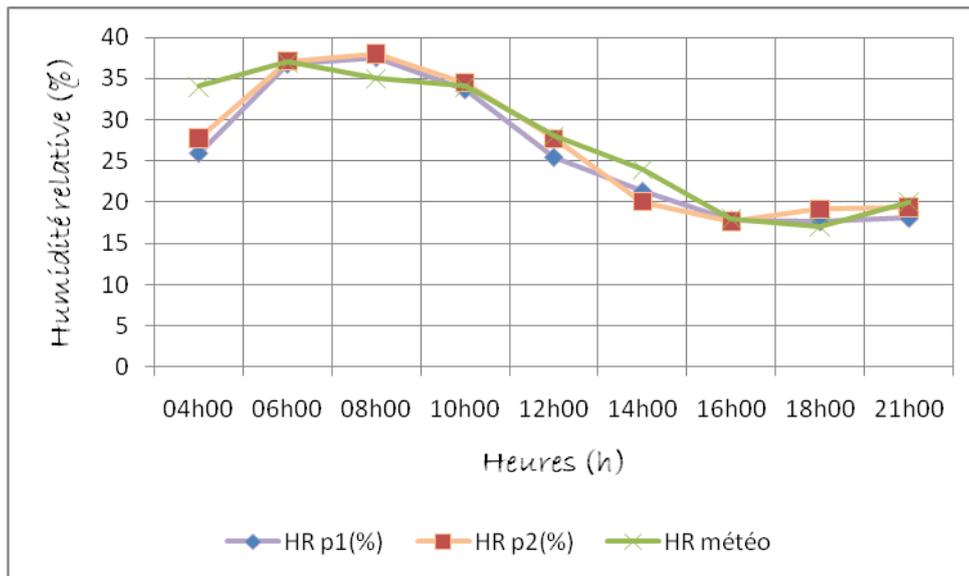
5.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (17/07/2014) :

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
H _R p1	26	36,8	37,6	33,7	25,5	21,4	17,9	17,7	18,1
H _R p2	27,8	37,1	38	34,5	27,7	20,1	17,7	19,2	19,4
H _R météo	34	37	35	34	28	24	18	17	20

Tableau 9.5.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station

Source : Auteur, 2014.

En premier constat les valeurs d'humidité relative au sein du vieux Tolga, sont à la plupart supérieures à celle de la météo, elles sont inférieures que dans trois temps de prise.



Graph 9.5.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga

Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus, préfigure l'évolution journalière de l'humidité relative qui a été très équilibrée entre quartier et station météorologique voire la ressemblance des mesures. Nous assurons que le taux d'humidité relevé au 17/07 est plus bas que celui des deux journées précédentes en vue des moyennes journalières.

A vrai dire le taux maximal est retenu dans deux prises différentes, en premier lieu à 06h00 au niveau du point 2 avec une $H_{R\ 2} = 37,1\%$ ensuite au point 1 qui enregistre sa maxima à 08h00 sous une valeur de $H_{R\ 1} = 37,6\%$ ce qui montre une égalité de valeurs malgré le décalage temporaire. La météo relève un maximum à 06h00 avec une $H_{R\ météo} = 37\%$.

Pendant la matinée les valeurs diminuent progressivement sous l'effet de l'ensoleillement afin d'atteindre une moyenne de $\Delta H_{R} = 26,6\%$ à 12h00, tandis que la météo relève un taux de $H_{R\ météo} = 28\%$ qui est très proche de celui du quartier.

L'humidité relative continue de diminuer durant l'après midi, au cours duquel on obtient la valeur minimale de la journée à 16h00 avec un $\Delta H_{R\ min} = 17,8\%$ au sein du quartier ; en parallèle la météo relève sa minima à 18h00 avec un taux de $H_{R\ météo\ min} = 17\%$. Cependant cette diminution est en rapport étroit avec le niveau de l'exposition au soleil, malgré la protection jouée par la masse physique du tissu, comme la présence d'une source d'humidité très proche celle de la palmeraie avoisinante.

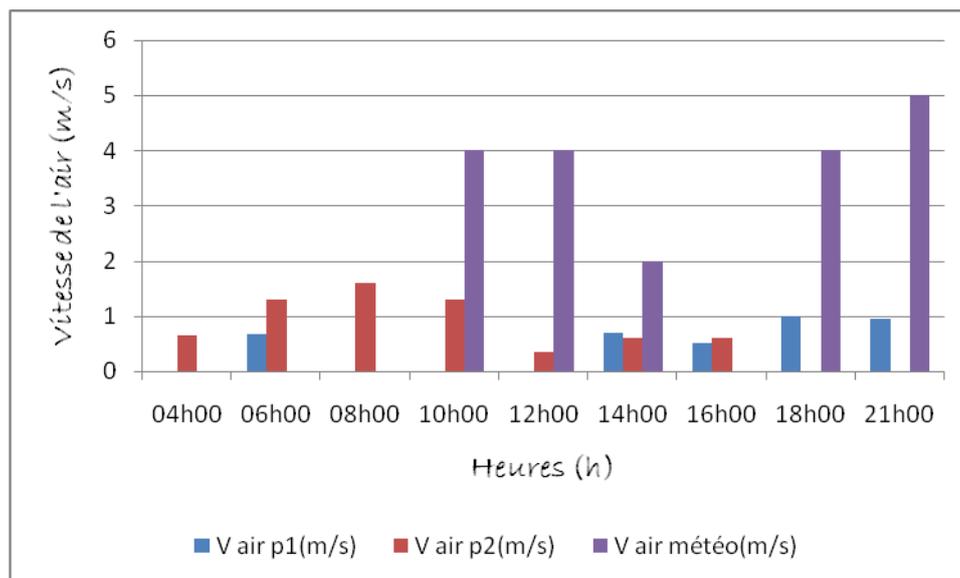
Après le coucher du soleil les valeurs remontent d'un taux très lent d'où l'on enregistre une moyenne de $H_{R} = 18,7\%$ à 21h00, toujours en état sec. En effet, ces valeurs indiquent la lenteur de l'intervention des palmeraies, ces dernières agissent pour le rafraîchissement de la canopée urbaine. Selon (Ahriz. A, 2003), si les courants d'air sont très secs et lents la palmeraie n'agit pas significativement sur l'humidification d'air, cette dynamique dans cet état passe aux végétaux maraîchers.

Voire les résultats obtenus sur l'humidité relative, le vieux Tolga ne profite pas de sa proximité avec les palmeraies, cela au niveau de l'humidification bien sur. Le réchauffement du au degré exhaustif d'ensoleillement implique cette diminution d'humidité, ce qui augmente notablement les températures d'air ambiant. C'est vrai que le rôle de la végétation avoisinante est d'humidifier l'air circulant, mais dans notre cas on est obligé d'affirmer que le tissu est devenu en lui-même un obstacle pour la ceinture des palmiers. Le point négatif ici est que le vieux Tolga est défiguré par l'ouverture d'une voie mécanique (coté Est-Ouest) ce qui a incombé à un rasage d'une grande tranche du chapelet, c'est-à-dire que le quartier est devenu exposé au soleil pendant presque toute la journée de coté dicté, en conséquence les températures de l'air remontent et le taux d'humidité diminue respectivement.

5.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) :

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
V _{air p1}	0,0	0,68	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	1,00	0,96
V _{air p2}	0,65	1,3	1,6	1,3	0,34	0,6	0,6	0,0	0,0
V _{air météo}	0,0	0,0	0,0	4	4	2	0	4	5

Tableau 9.5.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.5.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

Le graphique indiqué représente fidèlement l'évolution journalière de la vitesse d'air au sein du vieux Tolga. Les valeurs confirment que la journée est plutôt calme, malgré l'enregistrement des courants très légers de temps en temps. Le point 2 illustre l'espace le plus ventilé dont les valeurs ont été relevées dans la plupart au cours de la matinée.

On peut dire que la vitesse maximale de l'air enregistrée au quartier est au niveau du deuxième point avec une $V_{\text{air max}} = 1,6$ (m/s) à 08h00, alors que le premier point relève une valeur nulle.

La diminution des vitesses durant l'après midi, rajoute une autre cause des hausses de températures, dans laquelle l'air est devenu très sec. Les valeurs enregistrées au point 1 varient entre : 0,5 (m/s) 0,7 (m/s) et 1 (m/s), en parallèle le point 2 démontre des vitesses de : 0,34 (m/s) et 0,6 (m/s), dans ce dernier est devenu plus chaud que le premier. La météo indique des vitesses de 2 (m/s) et 4 (m/s).

Après le coucher, la météo démontre sa maxima avec $V_{\text{air max}} = 5$ (m/s) à 21h00, tandis qu'au quartier était presque nulle dans lequel, le point 1 marque une $V_{\text{air 1}} = 0,96$ (m/s) par contre pour le deuxième elle était nulle.

A vrai dire, le vieux Tolga lui aussi est mal ventilé pendant une journée d'été, malgré qu'il possède de la palmeraie qui pourrait rafraichir l'air ambiant.

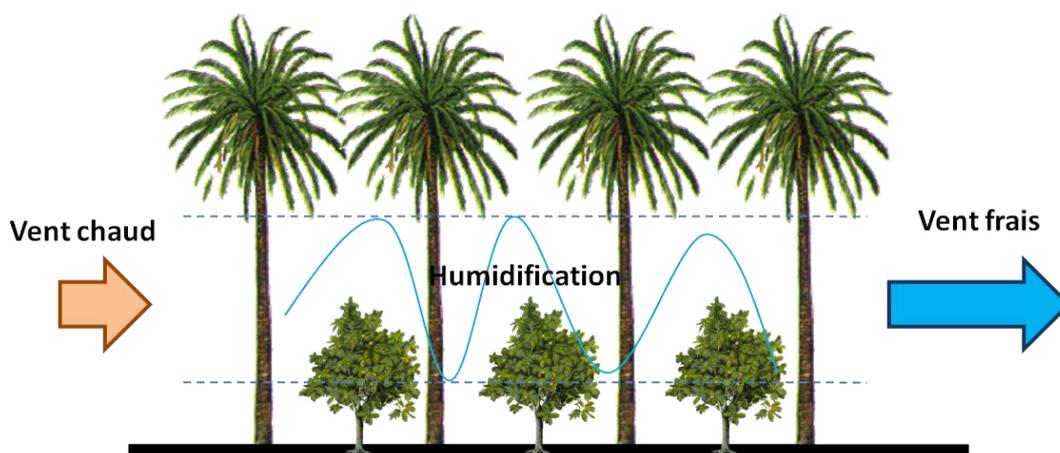


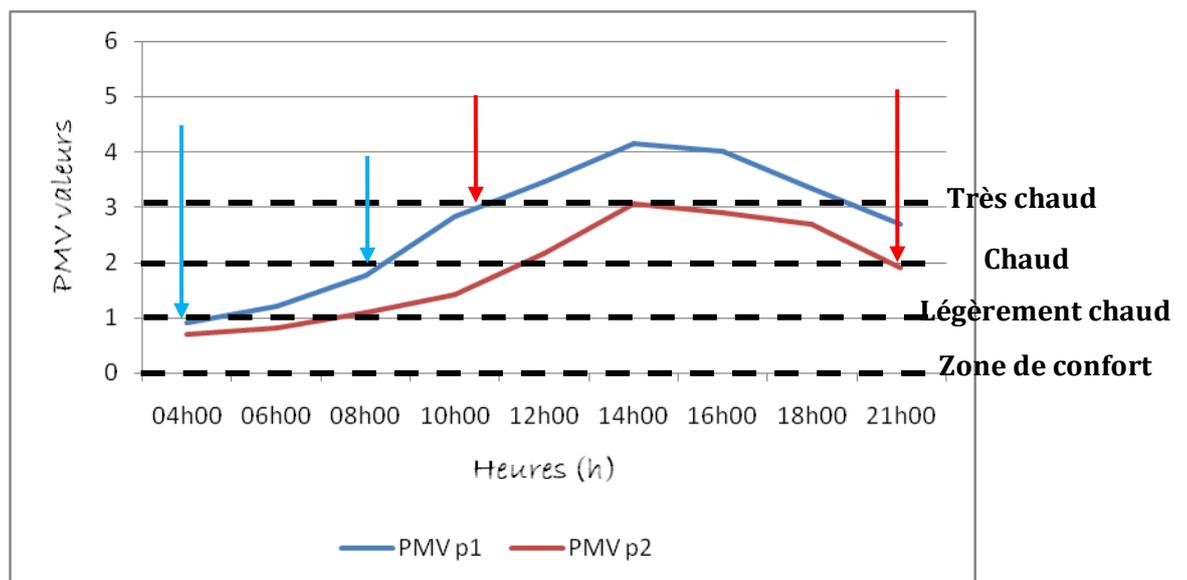
Figure 9.9 Humidification des vents chauds par le biais de la palmeraie
Source : D'après Ahriz. A, 2003, reproduit par l'auteur.

Le schéma indique l'opération de l'humidification immédiate des vents chauds par le biais de la pénétration à travers la ceinture des palmiers. Cette dynamique presque absente (spécifiquement au niveau du côté Ouest) a perturbé l'atmosphère intérieure du quartier, dans lequel on ne sent pas de la fraîcheur ou une diminution de température notamment durant l'après midi. Tandis que, jadis le positionnement du tissu, qui est cerné de toute cotés de la palmeraie, a lui crée une bonne protection climatique précisément pendant l'été, cette hypothèse est approuvé par l'auteur en relevant des températures au sein des palmeraies dans lesquelles on obtient des écarts presque de 2°C.

5.4. Evaluation du PMV au cours d'une journée d'été (17/07/2014) :

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV p1	0,9	1,2	1,76	2,83	3,45	4,16	4,0	3,34	2,7
PMV p2	0,7	0,82	1,1	1,42	2,17	3,07	2,91	2,7	1,9

Tableau 9.5.5 Evaluations de l'indice du PMV à Vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graphique 9.5.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

Pour l'objectif de l'obtention de la qualité du stress thermique au vieux Tolga nous avons opté pour l'usage du logiciel de la simulation (Envi-met 3.1) afin d'évaluer les deux indices du confort thermique ; le PMV (vote moyen prévisible), et la PET (température physiologique équivalente). La base des données serait les mesures requises au cours de la campagne de mesure.

Dans ce quartier nous allons analyser chaque point à part, dans lequel le constat est comme suivant :

Point 1 : Une période jugée légèrement chaude comprise du 04h00 à 10h00 ou nous avons obtenu une valeur minimale de $PMV_{min1} = 0,9$ à 04h00. A vrai dire la période est relative en premier lieu à l'ICU celui qui n'a pas réagit d'une façon grandiose, étant rafraîchie par l'intervention de la palmeraie environnante. Le point 1 reçoit le rayonnement solaire depuis 06h00, malgré ça il se réchauffe dans une durée de quatre heures.

Pour la seconde période, celle qui est classée chaude elle s'étale seulement sur quatre heures de la journée, une de 10h00 à 12h00 et l'autre de presque 19h00 à 21h00. Cependant la zone

est très courte, pour laquelle nous affirmons que le niveau d'ensoleillement constitue le motif principal de cette fluctuation rapide. Les valeurs sont de $PMV_1 = 2,83$ et $2,7$ à 10h00 et 21h00 respectivement.

La troisième période fait référence à la plus chaude (extrême chaude) étalée depuis 12h00 jusqu'à 18h00. Le stress thermique est en son summum, ou la maxima est relevée à 14h00 avec un $PMV_{max1} = 4,16$. L'activité humaine est rare au cours de cette période, marquée d'un taux de sudation très élevé ainsi que le manque d'ombrage sur ce niveau du quartier.

Point 2 : caractérisé par les mêmes périodes d'évaluation de confort thermique, dont le bilan est délimité entre trois zones périodiques, la première propre à l'intervalle du 04h00 à 12h00 ou la sensation est légèrement chaude dans laquelle la valeur était de $PMV_{min2} = 0,7$ à 04h00, ce qui explique le niveau de la protection solaire dans ce point pendant la journée précédente. Tandis que la moyenne comprise durant la matinée est de $PMV_{moy2} = 1,26$ ce qui met en évidence l'ombrage engendré dans cet espace. Il est à signaler qu'après le coucher du soleil on a une période légèrement chaude avec une valeur de $1,9$.

La période chaude au deuxième point est prise à 12h00, comme ainsi au cours de l'intervalle de 16h00 à 18h00 dont la moyenne est de $PMV_{moy2} = 2,6$.

Une troisième très chaude relevée seulement à 14h00 avec une valeur de $PMV_{max2} = 3,07$ ce qui explique que cet espace est protégé d'une grande part du flux solaire pendant la journée. La densification urbaine et le voisinage à la palmeraie doivent être les facteurs primordiaux de cet avantage retenu selon l'évaluation du confort thermique au vieux Tolga.

Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PMV ₁	0,9	1,2	1,76	2,83	3,45	4,16	4,0	3,34	2,7
Etat thermique	Légèrement chaud			Chaud	Très chaud				Chaud
PMV ₂	0,7	0,82	1,1	1,42	2,17	3,07	2,91	2,7	1,9
Etat thermique	Légèrement chaud				chaud	Très chaud	Chaud		Légèrement chaud

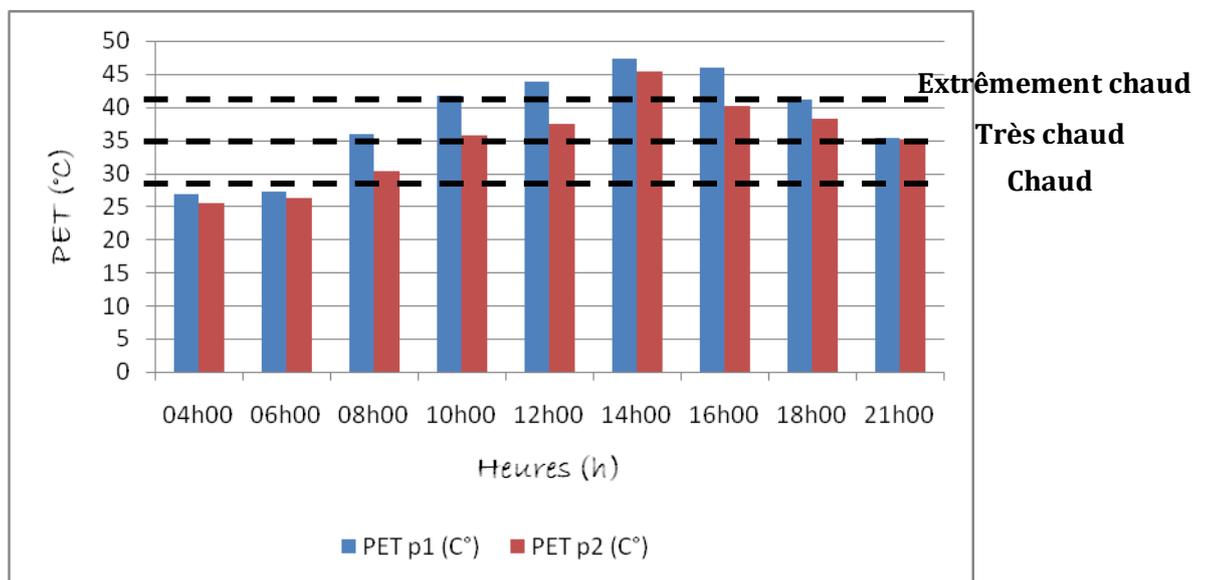
Source : Auteur, 2014.

En effet les valeurs obtenues du PMV ont été bien plus basses de celles des autres quartiers par lesquelles on a requis des périodes extrêmement chaudes plus ou moins courtes (notamment au niveau du point 2). La bonne protection au soleil due à la densité du site constitue un avantage pour sa participation directe à la diminution du rayonnement solaire ce qui implique un rafraîchissement des températures ambiantes. Il est à signaler que le vieux Tolga sous cette évaluation selon l'indice de Fanger, ne constitue aucune zone de confort, celle qui était concrétisée auparavant, ce qui mène à dire que la morphologie urbaine actuelle du tissu est plus comme avant. La palmeraie elle aussi est défigurée par l'ouverture des voies de passage, donc on n'a pas obtenu la bonne moyenne d'humidité au sein du quartier.

5.5. Evaluation de la PET au cours d'une journée d'été (17/07/2014) :

Quartier: Vieux Tolga 17/07/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00
PET p1 (C°)	26,9	27,2	36	41,7	43,8	47,3	46	41,1	35,3
PET p2 (C°)	25,6	26,3	30,3	35,7	37,5	45,3	40,1	38,3	35,1

Tableau 9.5.6 Evaluations de l'indice de PET à Vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graphique 9.5.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (17/07/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

A vrai dire, à travers le tableau et le graphique ci-dessus nous tenons à évaluer le bilan thermique au sein du vieux quartier par le biais de l'indice de la température physiologique équivalente (PET). L'évaluation est apparemment limitée entre quatre zones : légèrement chaude, chaude, très chaude, et extrêmement chaude.

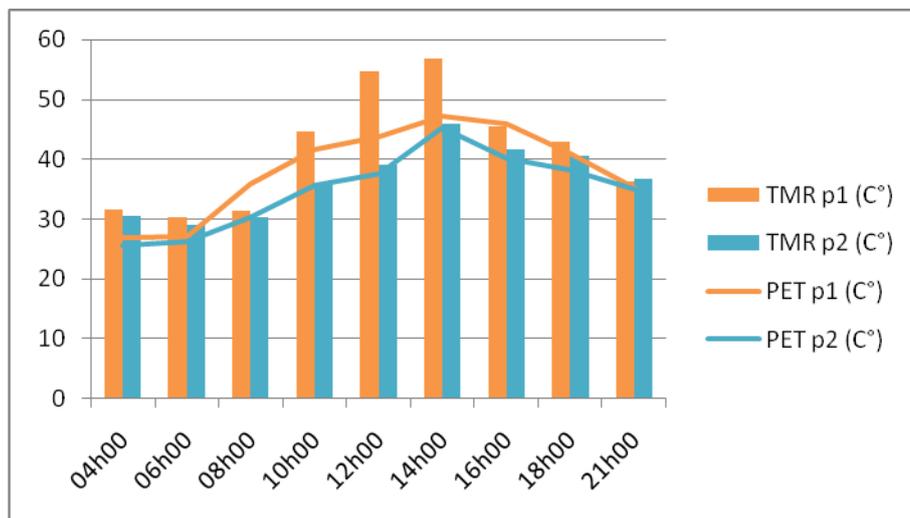
On obtient une valeur maximale de la journée à 04h00 sous une valeur de $\Delta\text{PET}_{\min} = 26,2^{\circ}\text{C}$ dans laquelle l'état est évalué légèrement chaud, ceci est relatif au phénomène de l'ICU. Ces dernières valeurs restent pratiquement constantes pendant les deux heures qui suivent malgré une présence légère des rayons solaires. Dès 08h00, nous venons à apprécier une différence remarquable entre les deux points, ou nous retenons une $\text{PET}_1 = 36^{\circ}\text{C}$ tandis que $\text{PET}_2 = 30,3^{\circ}\text{C}$. Cette différence est directement liée à l'exposition au soleil (orientation) et fortement au prospect ($H/W_1 = 1.3 - H/W_2 = 2.4$).

Durant la matinée les valeurs sont en de progression ou on enregistre des températures de $\text{PET}_1 = 41,7^{\circ}\text{C}$ $43,8^{\circ}\text{C}$ et $\text{PET}_2 = 35,7^{\circ}\text{C}$ $37,5^{\circ}\text{C}$ à 10h00 et 12h00 respectivement. L'écart

est toujours apparent ($\approx 6^{\circ}\text{C}$) entre premier et deuxième point ce qui affirme la valeur de l'intervention du prospect et l'orientation (qui est la même).

Pendant l'après midi la PET atteint son maximum précisément à 14h00 dans des valeurs de $\text{PET}_{1\text{max}} = 47,3^{\circ}\text{C}$ et $\text{PET}_{2\text{max}} = 45,3^{\circ}\text{C}$ ou les deux points marquent un rapprochement, c'est-à-dire que les conditions microclimatiques du quartier prennent la même dimension (équivalence entre point 1 et point 2). L'état du quartier est jugé un état extrêmement chaud, dans lequel on a apprécié la rareté de l'activité humaine pendant cette heure (No men's land). A partir de cette heure les valeurs diminuent progressivement ou le point 2 enregistre un état très chaud avec une $\text{PET}_2 = 38,3^{\circ}\text{C}$ à 18h00 tandis que le premier point reste en état extrêmement chaud.

A 21h00, l'étude a dévoilé un état chaud avec une moyenne de $\Delta\text{PET} = 35,2^{\circ}\text{C}$ dont le quartier est en état de restitution d'énergie. L'activité humaine reprend sa dynamique ordinaire notamment au niveau du point 1 qui représente l'endroit le plus dégagé, subissant une vitesse d'air peu sèche de $V_{\text{air}} = 0,96 \text{ (m/s)}$.



Graph 9.5.7 Corrélation entre la température physiologique équivalente (PET) et température moyenne radiante (TMR) au vieux Tolga

Source : Auteur, 2014.

Le rapport entre TMR et PET était très significatif dans lequel la baisse des valeurs de la PET fait de la baisse de celles de la TMR. Cependant nous tenons à valoriser les aspects morphologiques et leur corrélation avec les données microclimatiques obtenues comme suivant :

- Une grande relation entre prospect (H/W) et confort thermique celui qui a été évalué par le biais de la TMR et la PET (notamment sur la deuxième station)
- La participation des matériaux de construction est très significative malgré que l'ancien quartier, ne constitue pas des surfaces bitumées et de matériaux réfléchissants.

5.6. Conclusion :

Quartier	Prospect (H/W)	Orientation	T _{air max} (°C)	V _{air} (m/s)	TMR _{max} (°C)	PET _{max} (°C)	PMV _{max}
Hai El Moudjahidine (CES= 0.41)	0.6	S-E	40.6	0.32-0.73	54.3	47.9	4.3
	1.2	E-O	40.8	0.47-1.30	58.9	50.4	4.7
	1.3	N-S	40.8	0.38-1.5	63.1	51	4
Sidi Rouag (CES=0.58)	0.3	E-O	41.5	0.37-1.75	64,3	57.1	5.49
	0.2	S-E	41.4	0.35-1.86	64,2	53.1	5
	0.7	S-E	41.4	0.53-1.45	60	51	4.68
150 logts CNEP (CES=0.18)	0.3	E-O	40	0.49-0.68	62.3	49	5.34
	0.8	N-S	41	0.40-0.72	67	61	6.07
	/	N-S	40.4	0.60-1.2	67	57.1	5.13
Rassouta Ouest (CES=0.68)	1	N-S	39.9	0.53-1.00	59.6	49.9	5
	0.5	N-S	40.3	0.29-0.77	64.2	56.3	6.1
	0.4	E-O	41.1	0.49-0.74	64.2	60.8	6.1
Vieux Tolga (CES=0.60)	1.3	N-O	39.5	0.50-1.00	56.7	47.3	4.16
	2.4	N-O	39.6	0.60-1.60	46	45.3	3.07

Tableau 9.6 Tableau récapitulatif des données morphologiques et climatiques des différents quartiers
Source : Auteur, 2014.

Dans cette partie d'été, nous venons à établir une évaluation thermique des différents quartiers choisis. La forte corrélation entre la TMR et la PET préfigure profondément la valeur de la qualité thermique au sein des quartiers. Il est à affirmer que Tolga et selon les échantillons identifiés ne constitue guère une zone dite confortable durant la période de surchauffe. Le quartier le moins dense (150 logements CNEP) affirme notre hypothèse qui prédit une relation entre densité et conservation du bien-être thermique.

Le rapport d'aspect (H/W) détermine un indicateur essentiel pour l'obtention des meilleures conditions microclimatiques extérieures, sur lequel si le rapport est plus grand on enregistre un abaissement des températures et un accroissement des taux d'humidité relative, et vice versa.

L'activité humaine durant l'été devient très difficile voire les conditions extérieures, la vivacité soit seulement pendant la matinée et juste avant le coucher du soleil. Ceci est bien relatif à l'absence où le manque crucial des endroits ombragés.

Partie d'hiver :

Analyse et interprétation des résultats :

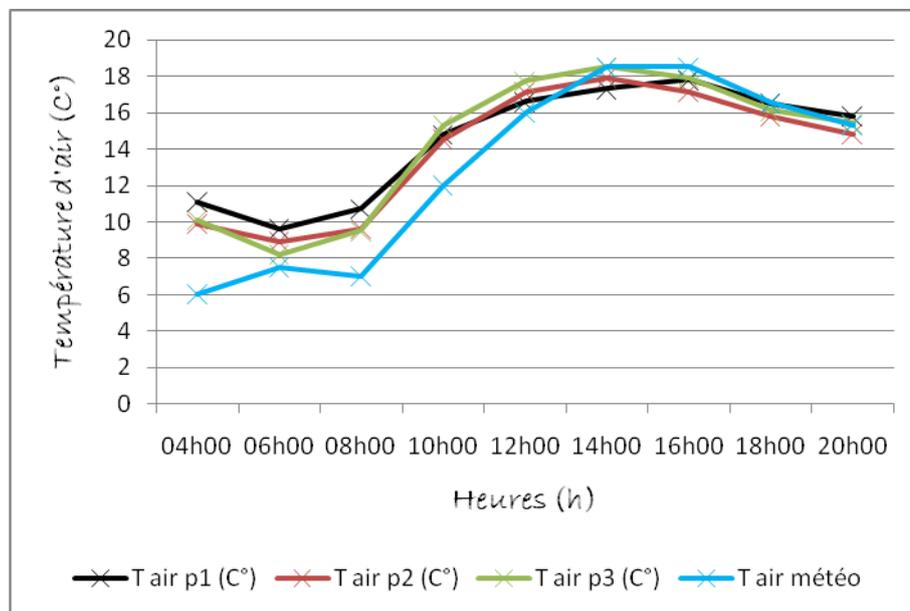
1. Premier échantillon : Quartier Hai El moudjahidine (CES=0,41)

1.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

A vrai dire, la corrélation animée entre environnement urbain et températures d'air ne fait pas une rigueur durant cette période, cela pourrait être lié à la quantité d'énergie stockée par le biais des matériaux de construction (voire leurs caractéristiques thermo-physiques).

<u>Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014</u>									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
T _{air p1}	11,1	9,6	10,7	14,8	16,6	17,3	17,8	16,5	15,8
T _{air p2}	9,9	8,9	9,6	14,5	17,1	17,9	17,1	15,8	14,8
T _{air p3}	10,1	8,2	9,5	15,3	17,7	18,5	17,9	16,1	15,4
T _{météo}	6	7,5	7	12	16	18,5	18,5	16,5	15,3

Tableau 9.1.1.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

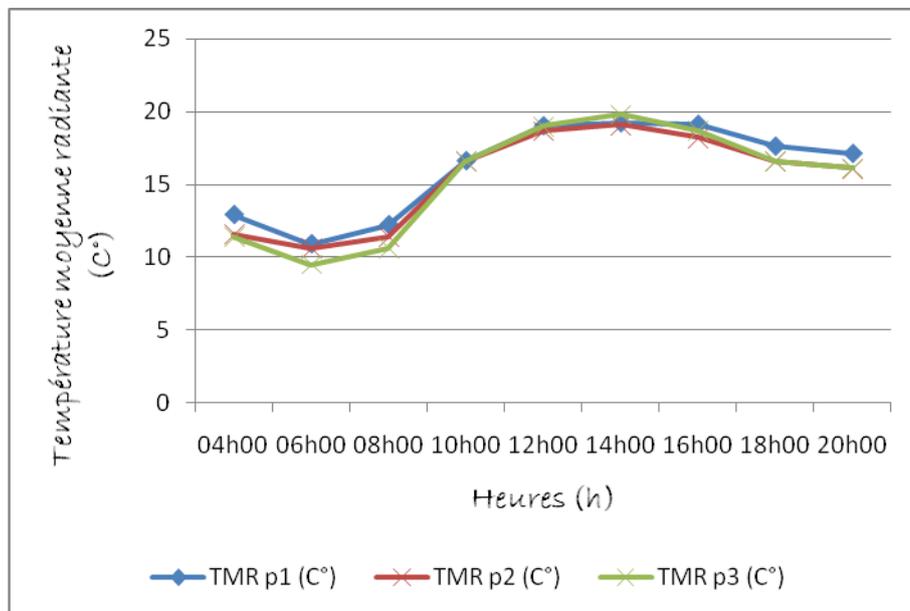


Graph 9.1.1.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.

Clairement observées, les valeurs des deux variantes la (T_g) et la (TMR) sont fortement proches, ce qui explique la lenteur de l'impact du rayonnement au niveau de notre site.

Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
Point 01									
T_g	12,9	10,9	12,2	16,6	19,0	19,2	19,1	17,6	17,1
TMR	14,7	12,2	13,7	18,4	21,4	23,7	20,9	18,7	18,4
Point 02									
T_g	11,6	10,6	11,4	16,6	18,7	19,1	18,2	16,6	16,1
TMR	13,3	12,3	13,2	18,7	20,3	20,4	19,5	17,8	17,4
Point 03									
T_g	11,4	9,5	10,6	16,6	19,0	19,8	18,7	16,6	16,1
TMR	12,7	10,8	11,6	17,2	20,5	21,3	19,5	17,4	16,8

Tableau 9.1.1.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Hai El Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.1.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014

Les graphiques ci-dessus représentent l'évolution journalière de la température de l'air (T_{air}), la température moyenne radiante (TMR) dans trois points, et la température prise de la station météorologique au cours d'une journée d'hiver.

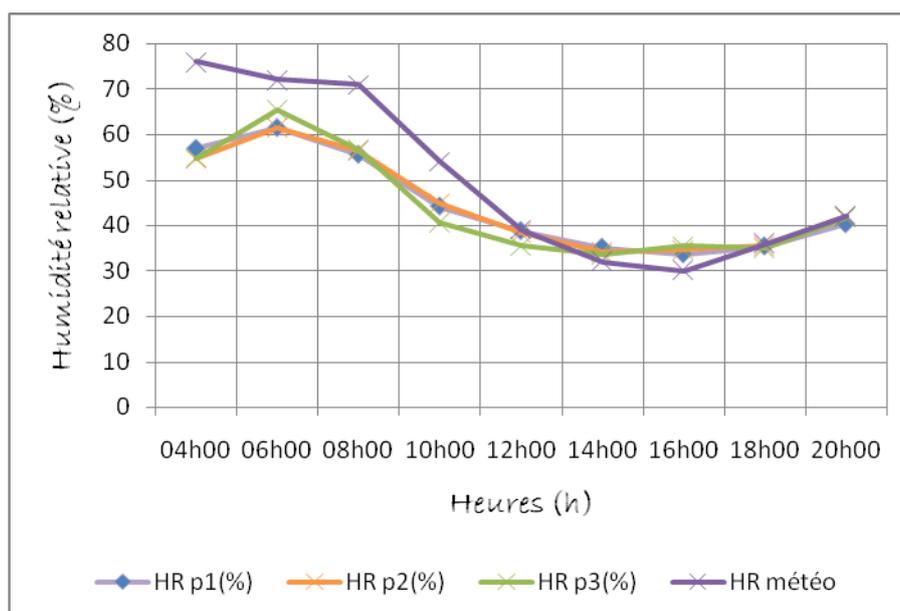
A 06h00, le minimum moyen ($\Delta T_{\text{air min}}$) de la journée était relevé à $8,9\text{ C}^\circ$ avec un écart de $2,9\text{ C}^\circ$ entre température de l'air au quartier et la température prise par la station météorologique, ce dernier est dû à l'impact de la canopée urbaine sur la température, en affirmant cette perturbation urbaine et suburbaine avec la TMR qui était très proche de T_{air} . Après le lever du soleil l'écart reste presque sur la même valeur de la période nocturne ($2,8\text{ C}^\circ$ à 10h00) d'une température (ΔT_{air}) $14,8\text{ C}^\circ$ au quartier, autant que TMR continue à augmenter sous l'effet de l'ensoleillement ($16,6\text{ C}^\circ$). Les températures atteignent leur maximum ($\Delta t_{\text{air max}}$) à 14h00 d'une valeur identique ($18,5\text{C}^\circ$) dans les deux échelles, ce qui montre un équilibre notamment au niveau thermique. A l'instar, la TMR atteint son maximum $19,4\text{ C}^\circ$ influée par les flux solaires. Après le coucher du soleil, la température de l'air enregistrée au quartier Hai El moudjahidine prend le sens de la diminution d'une valeur (ΔT_{air}) de $15,3\text{ C}^\circ$, et montre une valeur toujours identique à celle de la station météorologique. Ce rapprochement est relatif à la fraîcheur engendrée par les ombres des habitations pendant la période précédant le coucher de soleil.

La différence entre température de l'air prise par l'auteur et de la météo met l'accent sur les causes urbaines qui sont le facteur crucial de la déstabilisation entre espace urbain et suburbain. Les écarts de température d'air qui ont atteint un maximum de $2,9\text{C}^\circ$, avant le lever du soleil, sont dus à la quantité d'énergie diffusée au sein du quartier ; En revanche l'espace naturel qui fait référence aux données de la météo agit très lentement réciproquement avec les aspects thermiques des matériaux. Néanmoins, le rapprochement vécu l'après midi est dû à la quantité du rayonnement solaire absorbé par le sol tandis que le quartier empêche l'exposition au soleil, ce qui permet de refroidir quelques points protégés. Notre observation envers les matériaux se concentre sur la vitesse du réchauffement et de refroidissement (propriétés thermo-physiques) vis-à-vis du degré d'ensoleillement, ce dernier rend l'espace urbain en mutation thermique plus ou moins rapide.

1.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
H _R p1	56,9	61,5	55,6	44,2	38,8	35,1	33,7	35,4	40,3
H _R p2	54,6	61,5	56,3	44,9	38,3	34,1	34,6	35,6	42,1
H _R p3	54,8	65,4	56,7	40,7	35,5	33,6	35,3	35,0	41,7
H _R météo	76	72	71	54	39	32	30	36	42

Tableau 9.1.1.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.1.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.

Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus est la représentation de l'évolution de l'humidité relative au cours d'une journée hivernale à Hai El moudjahidine dans trois points. Les mesures enregistrées montrent que le maximum était à 06h00 d'une valeur de ($\Delta H_{R \max}$) 62,8%, tandis que le minimum ($\Delta H_{R \min}$) était de 34,2% à 14h00.

La différence entre l'humidité relative recueillie par l'auteur et celle prise par la station était apparente pendant la période nocturne (avant le lever de soleil), avec des proportions variant d'un taux maximal de : 76% à 04h00, à 72% à 06h00 ; à 20h00 les valeurs étaient pareilles (taux de 42%).

Ce relevé nous permet de diagnostiquer la différence entre données prises par l'auteur et celles de la météo, nous constatons donc :

Avant le lever du soleil : Un maximum d'humidité relative enregistré à la météo et au quartier.

Après le lever du soleil : les valeurs de la station sont en diminution et toujours plus hautes que celles du quartier investigué.

L'Après midi : le taux enregistré au sein du quartier (ΔH_R 34,2%) était supérieur à celui de la météo (32%), relativement dû à l'accroissement des températures, ces dernières sont ajustées aux espaces ombragés créés par les constructions jouant le rôle d'un obstacle aux flux solaires. Donc un réchauffement un peu lent au niveau urbain.

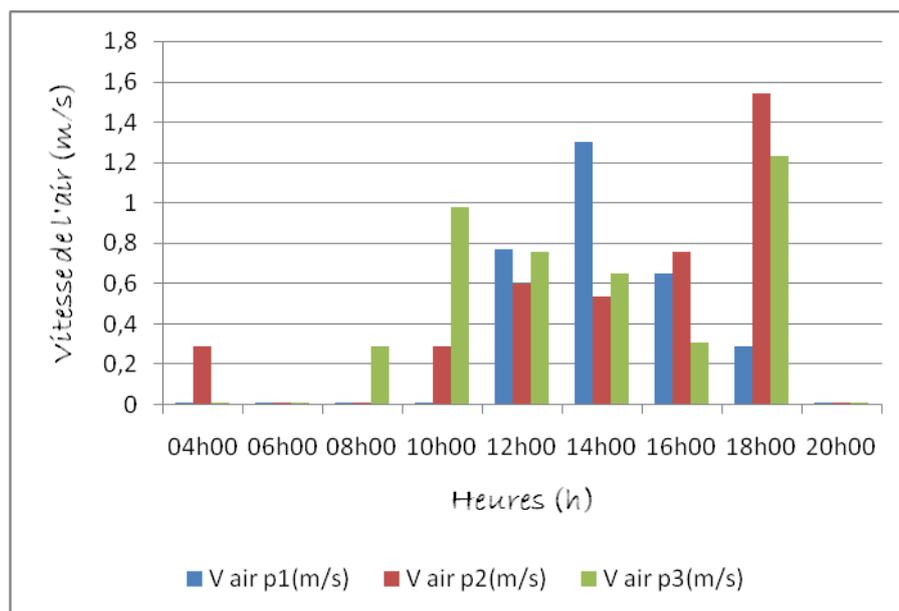
Avant et après le coucher du soleil : Un accroissement de l'humidité relative suite à la baisse du rayonnement solaire, tandis que les valeurs sont plus ou moins rapprochées.

Le taux d'humidité relative, met l'accent sur les effets de la protection solaire, en rajoutant que la H_R enregistrée a la station de Biskra est presque toute la journée supérieure à celle du quartier, sauf une diminution d'un intervalle de deux heures (14h00 à 16h00). La conclusion de cette différence est induite à la période d'exposition au soleil pendant la journée, sans oublier la participation (modeste) de la végétation avoisinante notamment la palmeraie qui est à quelque dizaines de mètres du quartier.

1.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
V _{air} p1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,77	4,3	0,65	0,29	0,0
V _{air} p2	0,29	0,0	0,0	0,29	0,60	0,54	0,76	1,54	0,0
V _{air} p3	0,0	0,0	0,29	0,98	0,76	0,65	0,31	1,23	0,0

Tableau 9.1.1.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



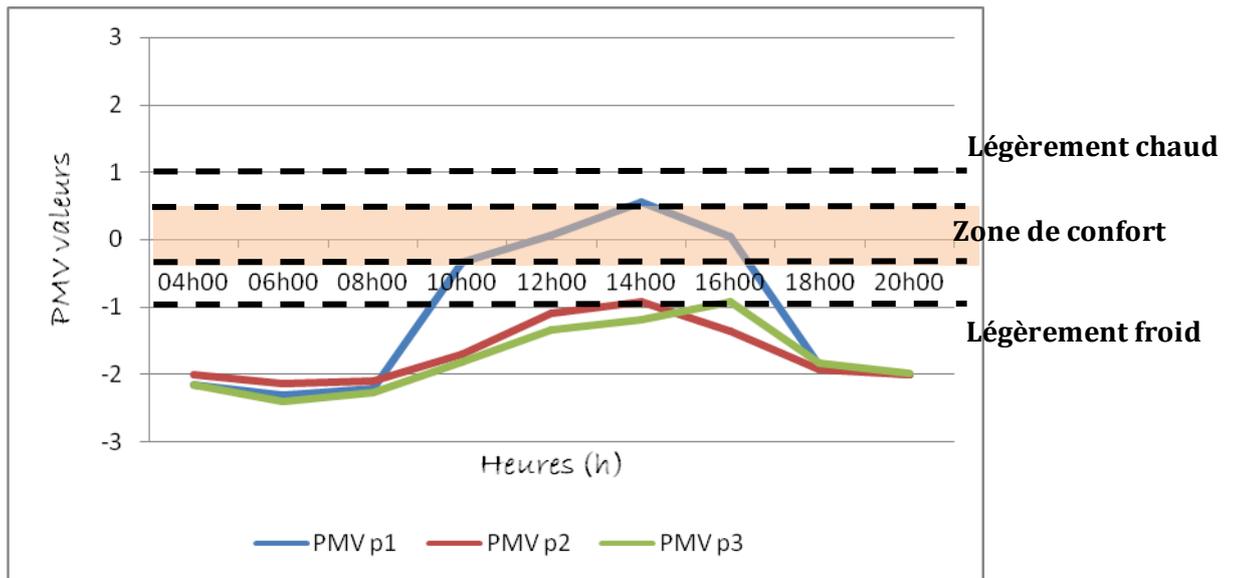
Graph 9.1.1.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine.
Source : Auteur. 2014.

La vitesse de l'air enregistrée pendant la campagne de mesure au niveau du quartier Hai El moudjahidine, était stable d'une moyenne ΔV_{air} 0,82 (m/s), tandis nous avons constaté des brises discontinues. Une variation de vitesse d'air remarquée pendant la campagne dès le lever du soleil, atteignant une vitesse maximale au point 2 (V_{air} 1,56 (m/s) à 18h00). La V_{air} reprend l'échelle de diminution juste après le coucher de soleil, afin d'atteindre le seuil 0,0 (m/s).

Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014

Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PMV p1	-2,16	-2,3	-2,21	-0,74	0,37	0,56	0,04	-1,87	-2,01
PMV p2	-2,0	-2,14	-2,1	-1,71	-1,09	-0,93	-1,36	-1,93	-2,01
PMV p3	-2,16	-2,4	-2,27	-1,82	-1,34	-1,18	-0,92	-1,84	-1,98

Tableau 9.1.1.5 Evaluations de l'indice du PMV à Hai El Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.1.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.

La simulation avec le logiciel « Envi-met 3.1 » nous a permis d'évaluer le taux du PMV (vote moyen prévisible), et selon la théorie de Fanger, cet indice indique la valeur de la satisfaction thermique, dans un autre sens le confort thermique y compris une échelle de sept degrés.

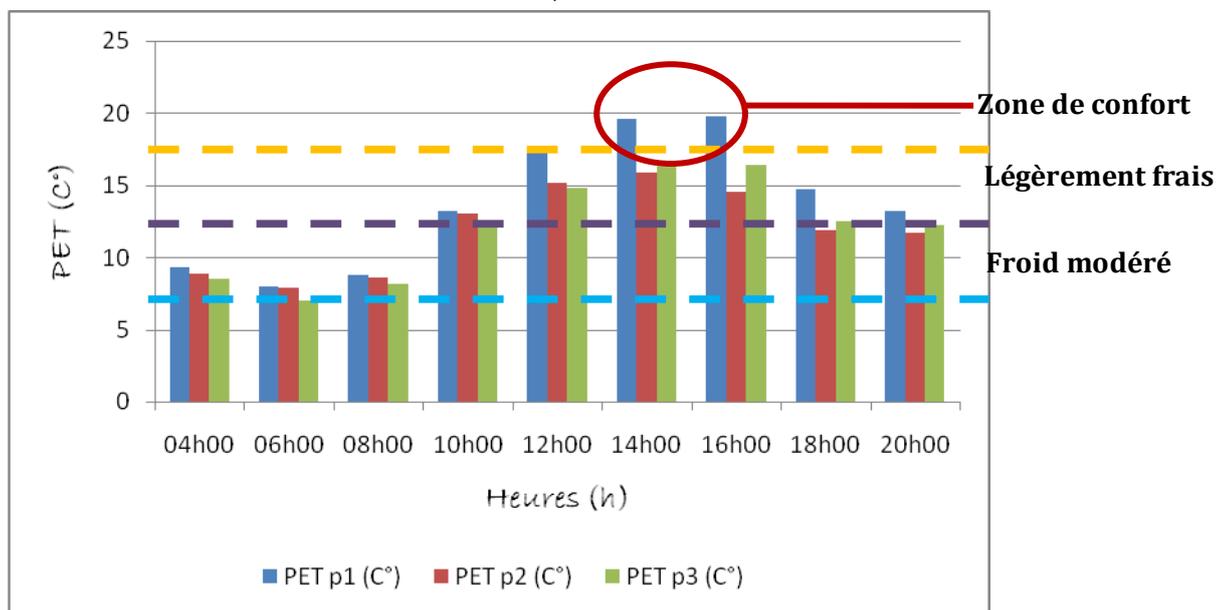
Nous constatons dans notre premier échantillon d'investigation le changement du confort selon l'échelle du Fanger. A 06h00 la valeur du PMV était très basse d'une moyenne ($\Delta PMV_{\min} = -2,28$) dont le bilan thermique était très froid, après le lever du soleil le PMV atteint le **-1,29** à 10h00, un état légèrement froid (état d'inconfort) dans les points 2 et 3 autant que le point 1 qui était confortable, relatif à l'exposition moyenne au soleil. Cela est relié à la configuration spatiale du quartier (rue de 6m), elle était encore protégée de la propagation du flux solaire. L'après midi montre une sensation de confort d'un PMV qui glisse vers la valeur **0,56** en mentionnant que la température de l'air atteint son maximum pendant cette heure. A la fin de journée (18h00) le PMV commence à s'incliner d'où on enregistre la valeur de ($\Delta PMV = -1,88$) ; il est à signaler que l'effet de l'ombre, provoque un refroidissement au niveau de ce quartier.

Notre constat a un rapport direct au niveau d'exposition solaire pendant la journée et le piégeage d'énergie solaire absorbé et réfléchi de la part des matériaux de constructions.

Le bilan thermique au milieu du quartier Hai El moudjahidine, nous donne une image d'une corrélation entre densité du site et climat urbain, à travers l'évaluation de l'indice PMV. Les bâtisses et les rues étroites interviennent bel et bien à la réduction du taux d'ensoleillement malgré le rapprochement des températures T_{air} prise à la campagne de mesure et celle de la météo, et notamment au cours de la période de l'après midi. Les effets thermo-physiques associés aux matériaux de constructions paraissent réduits d'après les résultats du PMV obtenus par la simulation.

Quartier: Hai El moudjahidine 18/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PET p1 (C°)	9,3	8	8,8	13,2	18,3	19,6	19,8	14,7	13,2
PET p2 (C°)	8,9	7,9	8,6	13	15,2	15,9	14,5	11,9	11,7
PET p3 (C°)	8,5	7	8,2	12,3	14,8	16,3	16,4	12,5	12,2

Tableau 9.1.1.5 Evaluations de l'indice de PET à Hai El Moudjahidine
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.1.1.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Hai El-Moudjahidine. Source : Auteur, 2014.

Après l'obtention des valeurs de PET (température physiologique équivalente) à l'aide de calcul du logiciel « Envi-met 3.1 », qui indique une différence plus au moins légère aux points mesurés. De 04h00 à 10h00, tous les points (PET p1, PET p2, PET p3) étaient sous la plage du confort, de la zone froide à légèrement froide. Ce qui était remarquable, entre 12h00 et 16h00 la PET atteint la zone de confort d'une température PET varie entre :

18,3°C, 19,6°C à 19,8°C au point p1. En revanche les deux points (p2, p3), ont toujours sous la zone de confort. Il est à signaler que le point p1 était un lieu de regroupement d'un groupe des jeunes adultes, vis-à-vis le confort ressenti inconsciemment dans cet endroit pendant les deux heures indiquées auparavant ; par contre les deux autres points (p2, p3) témoignaient clairement le peu de fréquentation des rues, et la non satisfaction thermique dans ces espaces frais.

La variabilité de la PET dans les trois points du quartier, est en dépendance de la vitesse d'air enregistrée à chaque point, autant la configuration spatiale des rues telles que : l'orientation (p1 NS- p2 SE- p3 NE), et largeur (prospect H/W= 1) . Nous pouvons considérer que le point p1 comme l'endroit de la plage de satisfaction thermique à l'après midi (14h00-16h00), et qui est relatif au degré de l'ensoleillement et l'ouverture sur le ciel.

En cette partie de l'espace oasien, le quartier Hai El moudjahidine confirme la présence de zone de confort pendant une période considérée comme une période de sous-chauffe. Les résultats pris au cours de la campagne de mesure étaient presque semblables en quelques heures, qui est en rapport à l'homogénéité du quartier. L'état du confort thermique évalué par l'auteur selon deux indices (PMV, PET) indique le rapprochement au niveau de l'évaluation de la satisfaction thermique à l'intérieur du quartier, en indiquant le point favorable et défavorable pour le confort thermique. La durée qui correspond à la zone du confort a quelle la température de l'air (T_{air}) a atteint son maximum de la journée T_{air} p1=17,3 °C à 14h00 et 17,8°C à 16h00 avec une vitesse de l'air V_{air} entre : 0,5 m/s et 0,6 m/s.

En ce qui concerne les effets thermiques des matériaux de constructions, nous mentionnons que la fraîcheur fragilise notablement le taux de l'intervention des matériaux sur l'environnement thermique, c'est-à-dire que la composition physique du site agit très lentement pendant la période hivernale, qui est par conséquent relatif à la durée d'ensoleillement et les aspects thermo-physiques des matériaux soumis au froid.

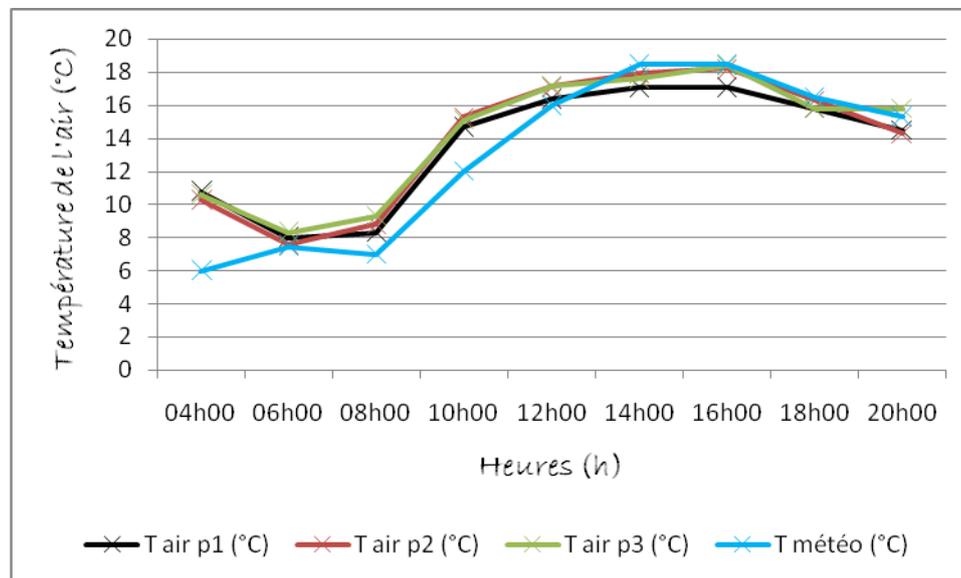
2. Deuxième échantillon : Quartier Sidi Rouag (CES=0,58)

2.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

Sidi Rouag, qui soit notre deuxième station de la même journée prélève une baisse légère au niveau des températures d'air, cela est relative à la morphologie irrégulière du quartier doté de rues larges, dans lesquelles on enregistre un passage remarquable des courants d'air froid, dans cela les points mesurés démontrent des valeurs presque identiques.

Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
T air p1	11,1	8,2	8,9	14,8	18,1	17,8	17,4	16,5	14,0
T air p2	10,8	8,0	8,3	14,7	16,4	17,1	17,1	15,8	14,5
T air p3	10,3	7,6	8,8	15,3	17,1	17,9	18,2	16,3	14,3
T météo	6	7,5	7	12	16	18,5	18,5	16,5	15,3

Tableau 9.2.2.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

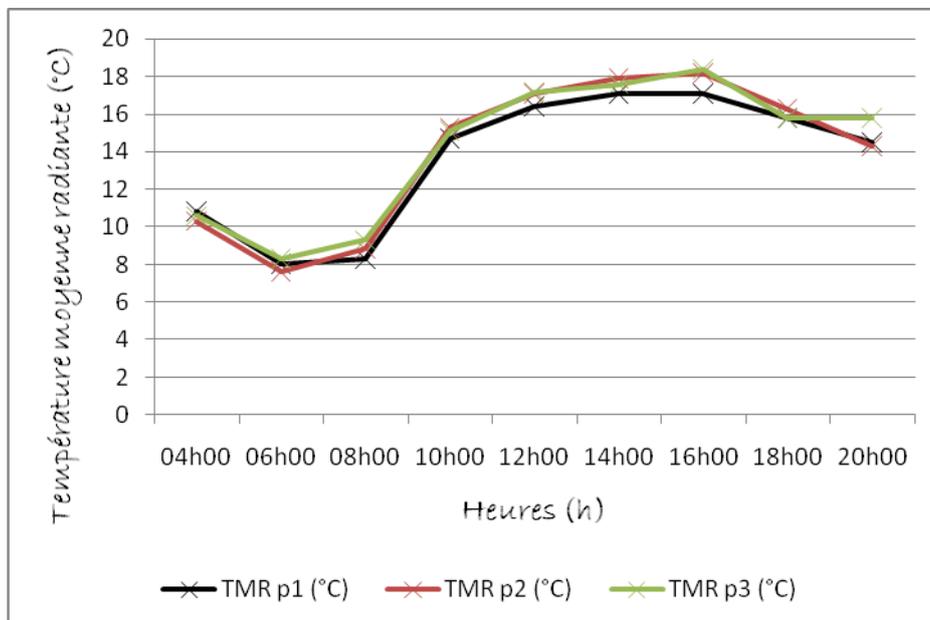


Graph 9.2.2.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Le quartier de Sidi Rouag ne prélève pas des valeurs différentes à celui de Hai El Moudjahidine, ce qui fait que l'aspect énergétique dut au rayonnement est très faible.

Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
Point 01									
T_g	12,5	9,8	10,3	17,1	19,6	19,6	19,0	17,1	15,0
TMR	13,9	11,4	11,7	19,7	21,1	21,8	20,9	17,7	16,2
Point 02									
T_g	11,9	9,2	9,8	17,1	18,7	19,0	18,7	16,9	15,4
TMR	13	10,4	11,3	19,9	21,2	21,9	20,6	18,4	16,3
Point 03									
T_g	12,2	8,7	9,8	17,2	18,9	19,0	18,7	16,7	15,9
TMR	14,1	9,8	9,8	19,2	20,7	20,3	19,2	17,1	17,5

Tableau 9.2.2.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014

Les graphiques ci-dessus illustrent l'évolution de la température de l'air (T_{air}), et la température moyenne radiante (TMR) en les comparant avec celle prise depuis la station météorologique de l'aéroport du Biskra, pendant une journée d'hiver au quartier Sidi Rouag

Le minimum ($\Delta T_{\text{air min}}$) était enregistré à 06h00 d'une valeur de $7,9^{\circ}\text{C}$ avec un écart de $1,9^{\circ}\text{C}$ avec la température de la météo, et qui est inférieure à celle du premier quartier (Hai El moudjahidine). A l'instar la TMR était la plus basse de la journée avec $\Delta TMR_{\text{min}} = 10,5^{\circ}\text{C}$.

Après le lever du soleil les températures prises commencent à s'accroissent particulièrement dû au rayonnement solaire ($\Delta T_{\text{air}} = 15^{\circ}\text{C}$) à 10h00 avec un écart de 3°C de celle de la météo. La TMR augmente au fur et à mesure de l'intensité du rayonnement solaire ($\Delta TMR = 19,6^{\circ}\text{C}$ à 10h00).

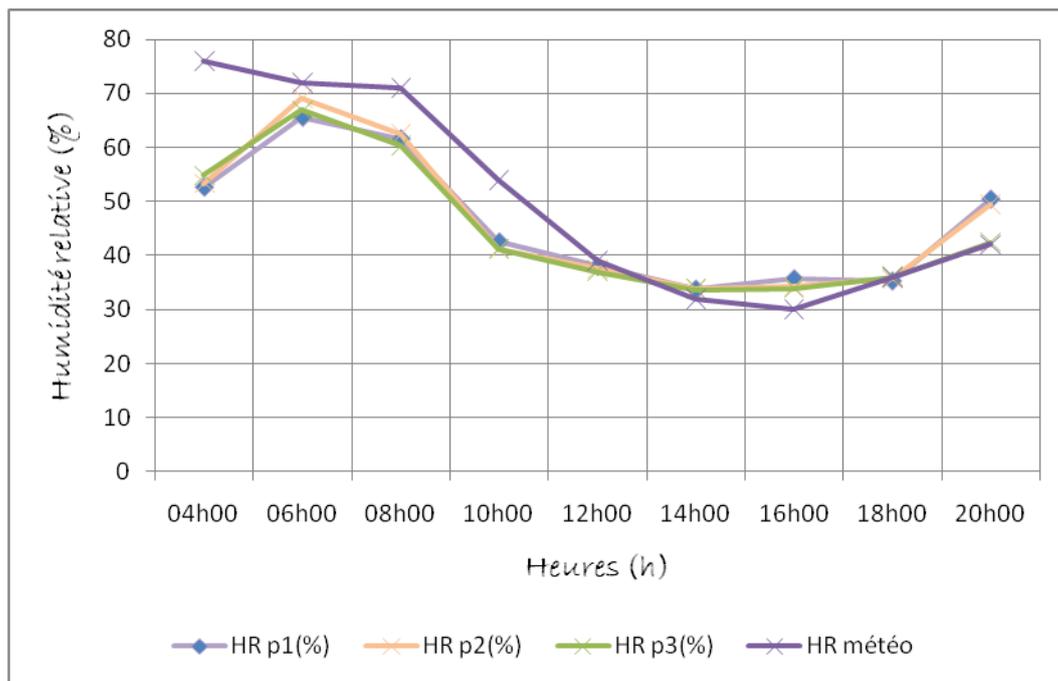
Le plus remarquable à cette période de la journée, c'est la constance des températures, presque identiques en chaque point et à chaque heure (12h00-14h00) avec une valeur de ($\Delta T_{\text{air}} = 17,5^{\circ}\text{C}$) qui réfère au taux d'exposition solaire, et la surface ombragée des rues investiguées. Un maximum de température était relevé à 16h00 contrairement à Hai El moudjahidine qui était à 14h00 avec $\Delta T_{\text{air max}} = 17,9^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TMR = 21,3^{\circ}\text{C}$, et une moyenne plus basse de la météo, donc à certaine heure l'après midi la température de l'air enregistrée au sein de Sidi Rouag indique un environnement urbain plus frais à celui de la nature, cette **inversion climatique** est justifiée par la quantité énergétique réduite absorbée par l'ensemble urbain du quartier. A vrai dire, les écarts de températures enregistrées sont le résultat fidèle du microclimat au sein du quartier. Le taux d'énergie absorbée, les surfaces ombragées sont liés directement à la modification du bilan thermique extérieur, dont la stabilisation des températures pendant un bon nombre d'heures.

2.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

La campagne de mesure au sein du quartier confirme une supériorité des taux d'humidité par rapport au premier quartier voire ses entités urbaines et la présence de la palmeraie.

<u>Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014</u>									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
H _R p1	53,1	66,1	60,6	42,7	37,1	32,9	35,3	34,7	51,6
H _R p2	52,7	65,6	61,6	42,4	38,1	33,9	35,8	35,4	50,5
H _R p3	53,4	69,2	62,5	41,2	37,5	33,8	34,2	35,6	49,5
H _R météo	76	72	71	54	39	32	30	36	42

Tableau 9.2.2.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

Le graphique figure l'évolution journalière de l'humidité relative (H_R) pendant une journée hivernale, au quartier Sidi Rouag, tandis que le maximum d'humidité était pris à 06h00 avec un pourcentage $\Delta H_{R \max} = 67,2\%$, et un minimum avec $\Delta H_{R \min} = 33,8\%$ à 14h00, autant que l'humidité maximale de la météo 76% et la minimale de 30%, qui indique l'écart important entre les deux échelles.

Comme nous l'avons mentionné précédemment, le taux maximale était à 06h00 avec $\Delta H_R = 67,2\%$ entre différents points du quartier, tandis que l'état naturel a indiqué le maximum à 04h00 d'une valeur de 76%.

Les valeurs de l'humidité relevées après le lever de soleil étaient toujours supérieures à celles de la météo, relativement aux températures de l'air qui étaient elles aussi plus hautes de celles de la météo.

L'après midi une inversion était constatée au quartier où les valeurs d'humidité prises par l'auteur étaient supérieures à celles de la météo avec un écart de 3,8% entre urbain et suburbain, ces valeurs restent jusqu'après le coucher du soleil où la courbe se met à reprendre le premier sens. Cet écart d'humidité est dû étroitement aux températures de l'air qui étaient inférieures à celles de la station météorologique.

Le pourcentage d'humidité à l'intérieur du quartier envisage une petite constance pendant trois à quatre heures consécutives, avec une T_{air} stable elle aussi, rappelons que cette stabilité débute de 12h00 à presque 15h00 où on a vu un léger accroissement de la température.

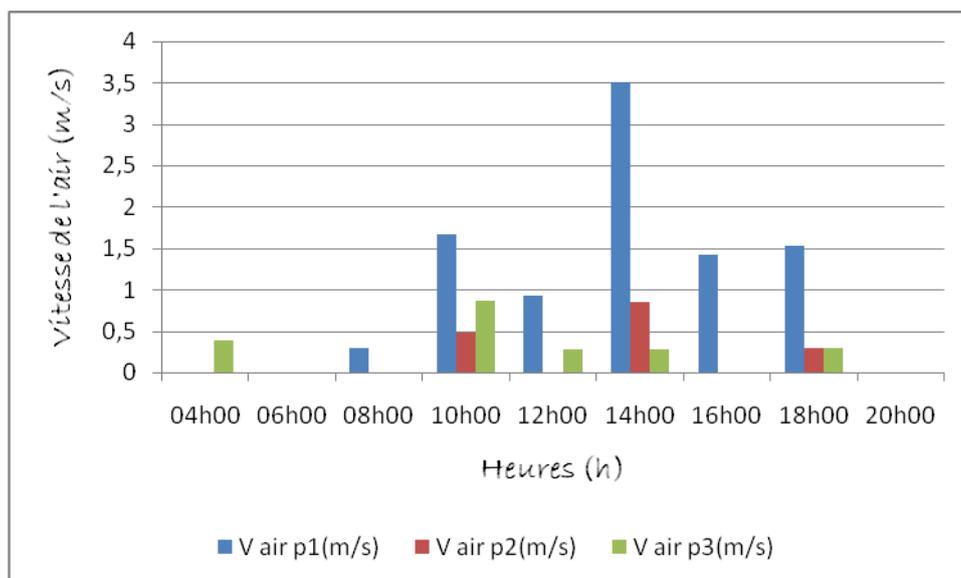
Notre campagne montre que le point p1 relève le taux le plus supérieur dans les trois points indiqués pendant la journée, quand à p2 et p3 leurs valeurs de H_R étaient approximatives, en indiquant que p2 a enregistré la valeur la plus élevée 69,2% à 06h00, et la plus basse avec 33,8% à 14h00.

2.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) :

Pour un premier constat le tableau ci-dessous illustre clairement la dynamique aéroulique à Sidi Rouag, et sous un point de vue comparatif nous affirmons que le tissu a accepté une pénétration d'air qui soit variable durant toute la journée au niveau des trois stations ; En relevant des vitesses plus ou moins supérieures à celles de Hai El Moudjahidine.

Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
V _{air} p1	0,0	0,0	0,0	1,13	0,37	1,58	1,4	0,67	0,74
V _{air} p2	0,0	0,0	0,31	1,68	0,93	3,5	1,42	1,53	0,0
V _{air} p3	0,0	0,0	0,0	0,49	0,0	0,85	0,0	0,31	0,0

Tableau 9.2.2.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'été (14/07/2014)
au quartier Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.

La vitesse de l'air enregistrée au sein du quartier Sidi Rouag, indique une variété selon le point mesuré. Une vitesse maximale était prise de $\Delta V_{\text{air max}}=1,74$ (m/s), dont la valeur la plus élevée est 3,5 (m/s) prise au point p1 à 14h00. En revanche le quartier marque une vitesse minimale de $\Delta V_{\text{air min}}=0,31$ (m/s) pendant la période avant midi, et ajoutant que les valeurs sont constantes avant 12h00 et après 16h00.

Il est à signaler que le point p1 était l'endroit où nous avons attentivement vécu une variété de vitesse d'air, mais en revanche le point n'a pas marqué les températures basses de la journée, contrairement au point p2 qui figure le point le plus frais avec une vitesse d'air moyenne $V_{\text{air moy p2}} = 0,58$ (m/s). Notre constat met cette différence à l'orientation des rues, ainsi que la différence des hauteurs des habitations. En conclusion à Sidi Rouag nous pouvons confirmer le faible impact de la part de la V_{air} , en comparaison avec les valeurs entre V_{air} et T_{air} qui étaient un peu indépendantes les unes des autres.

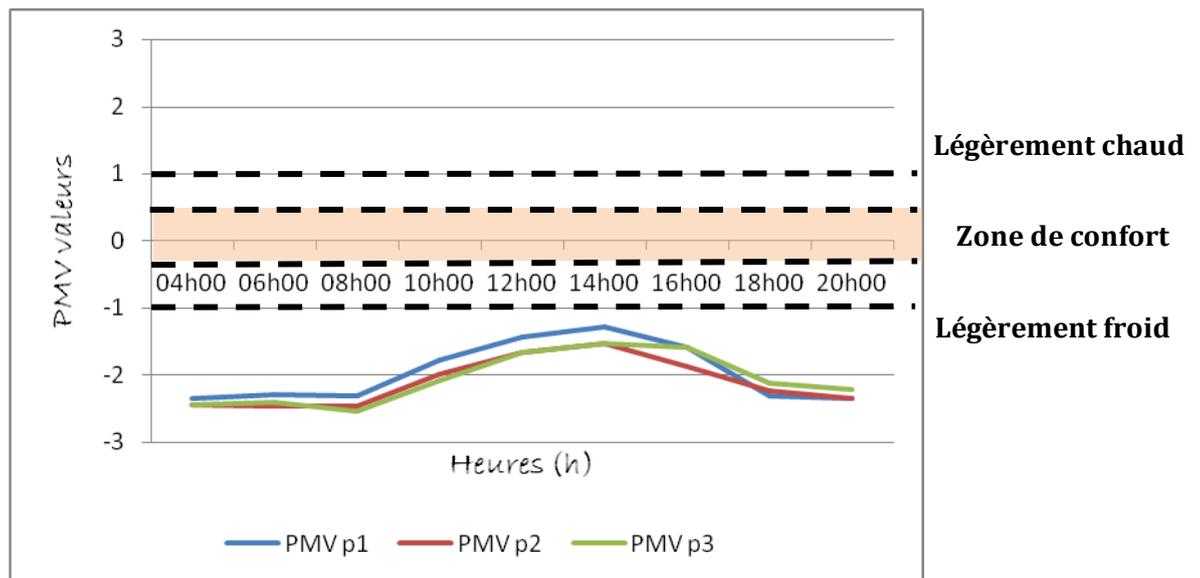
L'évaluation de la vitesse de l'air, nous a mené à comparer l'air dans les deux quartiers. A vrai dire Sidi Rouag constitue l'endroit le plus ventilé que son voisin de la ville, mais à part l'avantage doté de la suffisante ventilation ne devrait pas être positif. L'air froid généré sous forme de tourbillons a respectivement rafraîchi les endroits visités par l'auteur. Ce raisonnement explique d'un côté la baisse des températures soient de l'air ou du rayonnement solaire, et d'un autre la montée des valeurs de l'humidité relative dans laquelle l'air devient plus humide.

Par ce passage, on doit contempler que l'avantage de grand prospect (H/W) des rues participe positivement à la pénétration d'un grand niveau du flux solaire pendant une durée plus ou moins suffisante. Ceci peut être inconfortable lorsque les rues deviennent des canaux de courants d'air ceux qui sont assez froids en cette période de l'année, par conséquent l'environnement climatique propre à Sidi Rouag se refroidit rapidement.

Il est à souligner pour la troisième station, les valeurs climatiques requises ont été les plus minimales pendant la première moitié de la journée, mais elles deviennent plus supérieures notamment à la fin de l'après midi. Dans tout ça nous mentionnons la valeur de l'intervention de l'ombrage sur le bilan microclimatique (pendant la matinée), ainsi que le rôle défensif (cet endroit) en vue des courants d'air ; voire son rapport d'aspect (H/W= 0.7) dont l'orientation est Sud-est.

Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PMV p1	-2,34	-2,3	-2,31	-1,78	-1,43	-1,29	-1,58	-2,31	-2,34
PMV p2	-2,45	-2,46	-2,47	-1,98	-1,66	-1,52	-1,88	-2,24	-2,34
PMV p3	-2,45	-2,4	-2,53	-2,08	-1,66	-1,52	-1,58	-2,12	-2,22

Tableau 9.2.2.5 Evaluations de l'indice du PMV à Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag. Source : Auteur, 2014.

Après la simulation avec le logiciel envi-met 3.1, les résultats ont montré que le quartier était en stress thermique pendant toute la journée après l'obtention des valeurs du PMV (vote moyen prévisible).

Les valeurs PMV étaient comme suit :

En premier constat à 06h00 la valeur du PMV était de $\Delta PMV = -2,38$ cette dernière fait le résultat de la température minimale de la journée.

Après le lever du soleil nous constatons une légère chute en PMV, dans la quelle l'indice atteint la valeur minimale de la journée $\Delta PMV_{\min} = -2,43$ à 08h00 qui révèle un stress thermique (froid) au niveau des trois points investigués, malgré une petite exposition au rayonnement solaire.

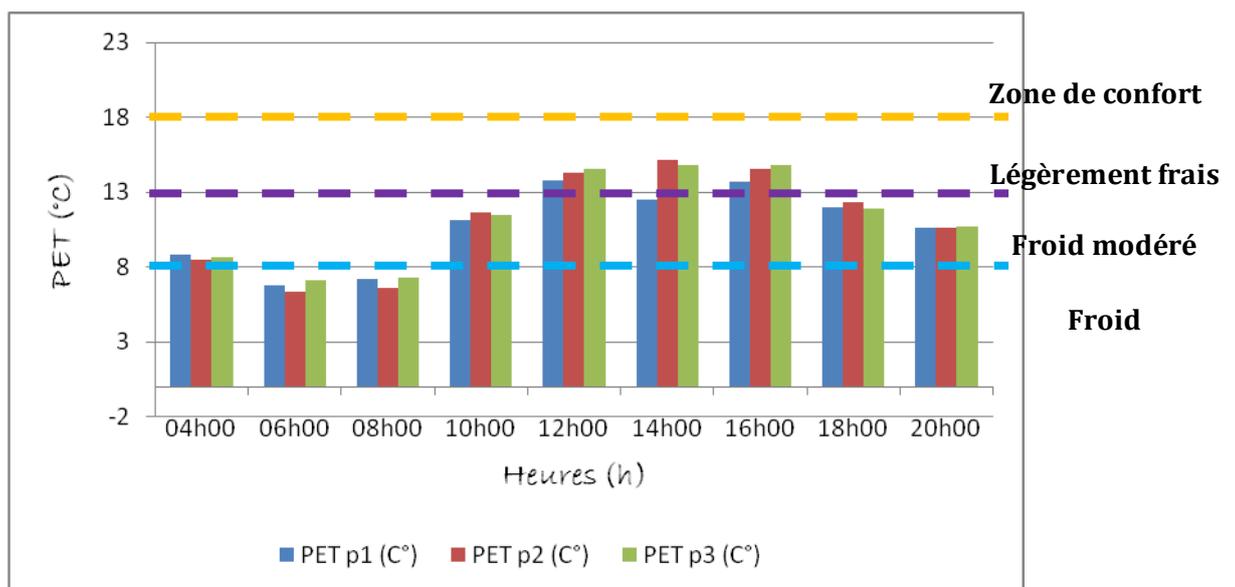
Le vote moyen prévisible continue à augmenter au quartier progressivement avec l'accroissement des températures, tandis qu'il atteint son maximum $\Delta PMV_{\max} = -1,44$ à 14h00, mais rappelons que le stress thermique est toujours signalé sur la plage de la zone légèrement froide selon l'échelle de Fanger. La fraîcheur enregistrée au sein du quartier est

en rapport à la configuration spatiale du tissu, en particulier la disposition des rues qui forment des canaux participant à la pénétration des vents froids. A vrai dire le point le plus soumis aux conditions climatiques était le p2, ce dernier constitue un espace plus au moins ouvert et de convergence pour la trame des rues en créant une rue dégagée.

Le PMV calculé au quartier Sidi Rouag illustre une forte dégradation thermique et dans un autre sens un état d'inconfort pendant toute une journée d'hiver, notamment au point p2 mentionné auparavant. Ce stress thermique est évalué suite à la densité et la configuration spatiale du site, et comme le résultat du positionnement des rues qui étaient majoritairement orientées vers le Nord-Ouest. En outre, l'effet des matériaux de constructions compte très faiblement, à cause de la faible énergie stockée et restituée ($\Delta TMR_{max} = 19^{\circ}C$ à 14h00) en conséquence de l'exposition au soleil, ce qui explique un réchauffement de l'air ambiant très lent, à cause de la génération des courants d'air qui sont la source primordiale du stress thermique en diminuant la température d'air et la température surfacique des matériaux. Cela cause une baisse de la température moyenne radiante TMR.

Quartier: Sidi Rouag 18/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PET p1 (°C)	8,8	6,8	7,2	11,1	13,8	12,5	13,7	12	10,6
PET p2 (°C)	8,5	6,3	6,6	11,6	14,3	15,1	14,5	12,3	10,6
PET p3 (°C)	8,6	7,1	7,3	11,4	14,5	14,8	14,8	11,9	10,7

Tableau 9.2.2.6 Evaluations de l'indice de PET à Sidi Rouag
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.2.2.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (18/01/2014) au quartier Sidi Rouag. Source : Auteur, 2014.

Après le calcul de la PET à l'aide du logiciel « Envi-met 3.1 », nous obtenons des valeurs précises pendant la journée, et qui indiquent bel et bien que les températures étaient sous le seuil de la zone du confort et envisage un état d'inconfort ressenti au quartier Sidi Rouag.

Dans les trois points mesurés, la PET enregistre sa valeur la plus basse entre 06h00 et 08h00 avec $\Delta\text{PET} = 6,7^\circ\text{C}$ et $\Delta\text{PET} = 7^\circ\text{C}$ consécutivement et qui confirme un stress thermique (très froid).

A l'amplification des flux solaires, une augmentation légère au niveau de la PET prise à 10h00 d'une moyenne de $\Delta\text{PET} = 11,3^\circ\text{C}$, et influée par la vitesse des vents qui pénétraient à l'intérieur du quartier en cette heure. La température physiologique équivalente atteint son maximum à 14h00 avec $\Delta\text{PET}_{\text{max}} = 14,6^\circ\text{C}$ dont le bilan thermique est toujours en zone de froid. Apparemment l'augmentation de la température de l'air T_{air} et la température moyenne radiante TMR n'ont pas influé d'une grande part sur l'aspect thermique du quartier, soumis aux effets des vents variant selon l'orientation des rues. La PET diminue progressivement à partir de 16h00, donc nous constatons un rapprochement au niveau du confort thermique aux trois points avec un $\Delta\text{PET} = 12^\circ\text{C}$ à 18h00. Après le coucher du soleil les valeurs étaient presque les mêmes avec une $\text{PET} = 10,6^\circ\text{C}$ (froid modéré) avec une stabilité des températures et d'humidité relative, quand à la vitesse de l'air était instable au niveau des trois points dont p1 est le plus remarqué.

La fraîcheur ressentie à Sidi Rouag fait appel au rapport climat-morphologie. Comme nous l'avons indiqué précédemment, notre échantillon se caractérise par une configuration spatiale irrégulière, dont la différence de la largeur des rues, et la hauteur des maisons, ce qui permet une perturbation microclimatique et spécifiquement le taux enregistré des vitesses d'air (variable dans les stations), et qui a engendré une sensation du stress thermique pendant une journée entière malgré que nous avons bien constaté une plage de confort à Hai El moudjahidine pendant la même journée. L'inconfort remarqué à Sidi Rouag a agit énormément sur la dynamique de la vie, puisque nous avons constaté une faible vivacité pendant le matin à part des vieux qui étaient regroupés dans les poches urbaines en cherchant du soleil, et rajoutant que les vents ont été présents dans la formation des tourbillons de sable.

P1, p2, et p3 font une partie du quartier dans les quels nous avons identifié trois images de la configuration spatiale, et malgré la forte densité de Sidi Rouag comparé à celle de Hai El moudjahidine, le bilan thermique était perturbé et plus froid même pendant la durée la plus agréable de la journée. Il est à signaler que les effets aérodynamiques ont touché le site en créant une atmosphère assez froide que le premier quartier visité.

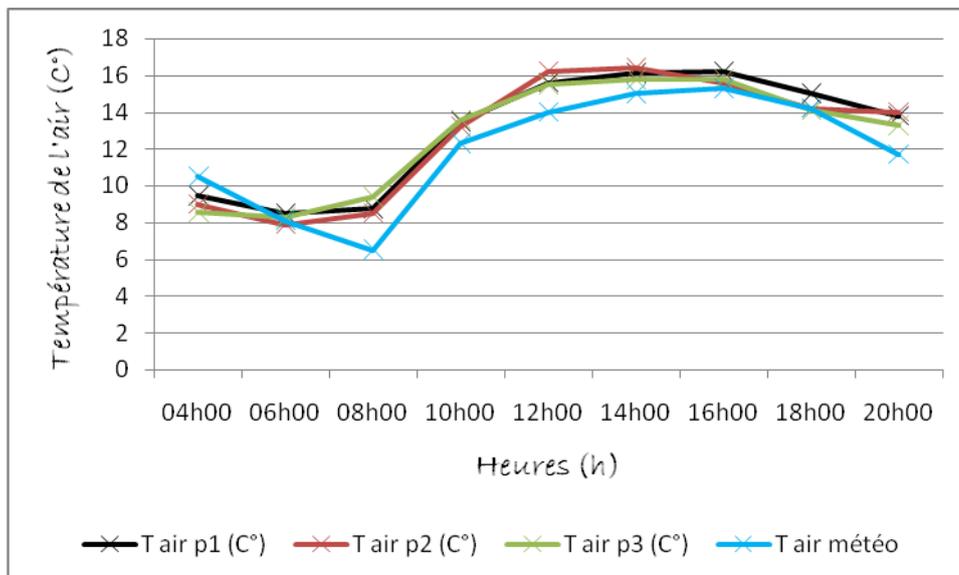
3. Troisième échantillon : Quartier 150 logements C.N.E.P (CES=0,18)

3.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Îlots verticaux, blocs séparés, espaces dégagés, ceci sont bel et bien des caractères figés à l'ensemble collectif des 150 logements CNEP. Notre deuxième journée surplombe sur cet endroit, dans lequel les températures d'air indiquent une baisse remarquable par rapport aux sites investigués depuis la première journée. Cependant la densité du quartier constitue un facteur primordial de cette différence.

Quartier: 150 logements CNEP 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
T air p1	9,5	8,5	8,8	13,5	15,6	16,1	16,2	15,0	13,8
T air p2	9,0	7,9	8,5	13,2	16,2	16,4	15,6	14,2	13,5
T air p3	8,6	8,3	9,4	13,6	15,5	15,8	15,8	14,1	13,3
T météo	10,5	8,1	6,5	12,3	14	15	15,3	14,2	11,7

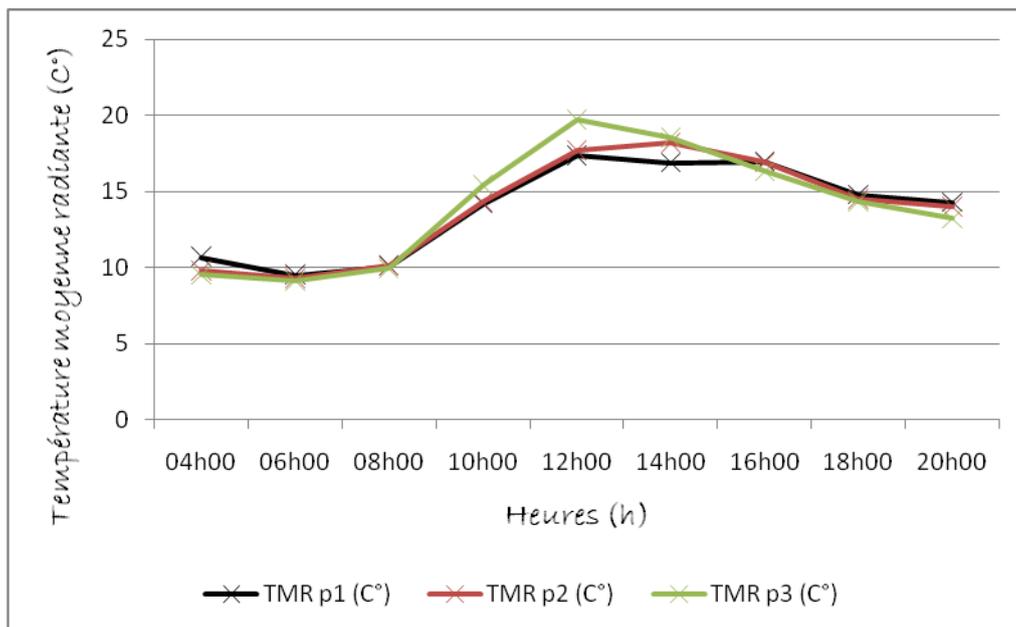
Tableau 9.3.3.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au quartier 150 logements (CNEP)
Source : Auteur, 2014.

Quartier: 150 logements CNEP 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
	Point 01								
T_g	10,7	9,5	10,1	14,2	17,4	16,9	17	14,8	14,3
TMR	11,9	10,8	11,4	15,2	19,8	18,4	18,3	16	15,2
Point 02									
T_g	9,8	9,3	10,1	14,5	17,7	18,2	16,9	14,5	14,0
TMR	10,6	10,9	11,8	16,1	19,5	20,9	19	15,9	14,9
Point 03									
T_g	9,8	9,1	9,9	15,4	19,7	18,5	16,3	14,3	13,2
TMR	11	10,1	10,4	17,6	21,4	22,1	17,8	15,2	13,9

Tableau 9.3.3.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au 150 logements CNEP
 Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au 150 logements CNEP
 Source : Auteur, 2014

Les graphiques ci-dessus indiquent l'évolution des deux températures celle de l'air et la température moyenne radiante en les comparant avec celle de la station météorologique

pendant une journée d'hiver au quartier 150 logements CNEP qui présente un ensemble collectif au centre urbain de la ville de Tolga.

Notre bilan relève les résultats suivants :

Avant le lever du soleil les trois points mesurés déterminent la valeur la plus basse à 06h00 avec un $\Delta T_{\text{air min}} = 8,2^{\circ}\text{C}$, et un $\Delta TMR_{\text{min}} = 10,6^{\circ}\text{C}$ dont le point p3 était le plus froid ; Comme nous l'indiquons l'écart entre $T_{\text{air quartier}}$ et $T_{\text{air météo}}$ était très faible de $\varepsilon = 0,1$ ce qui figure un rapprochement de la canopée urbaine et celle de l'atmosphère.

Après le lever du soleil les températures augmentent progressivement tandis qu'on enregistre un écart élevé de $\varepsilon = 2,4^{\circ}\text{C}$ entre quartier et météo, cette différence importante est proportionnellement dûe au rayonnement solaire, quand nous marquons $\Delta T_{\text{air}} = 8,9^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TMR = 11,2^{\circ}\text{C}$ à 08h00. Ces valeurs continuent d'augmenter jusqu'à midi lorsque nous avons enregistré une valeur T_{air} de $16,2^{\circ}\text{C}$ TMR de $19,2^{\circ}\text{C}$ au point p2.

L'après midi nous avons relevé la température maximale de la journée à 14h00 avec $\Delta T_{\text{air max}} = 16,1^{\circ}\text{C}$ et un $\Delta TMR_{\text{max}} = 20,4^{\circ}\text{C}$ dont la valeur la plus grande est au niveau du point p3. Sous le facteur d'ombre le point p1 qui représente un espace cerné de blocs illustre bien une zone protégée de l'ensoleillement, ce qui rend de cet endroit une zone plus ou moins fraîche.

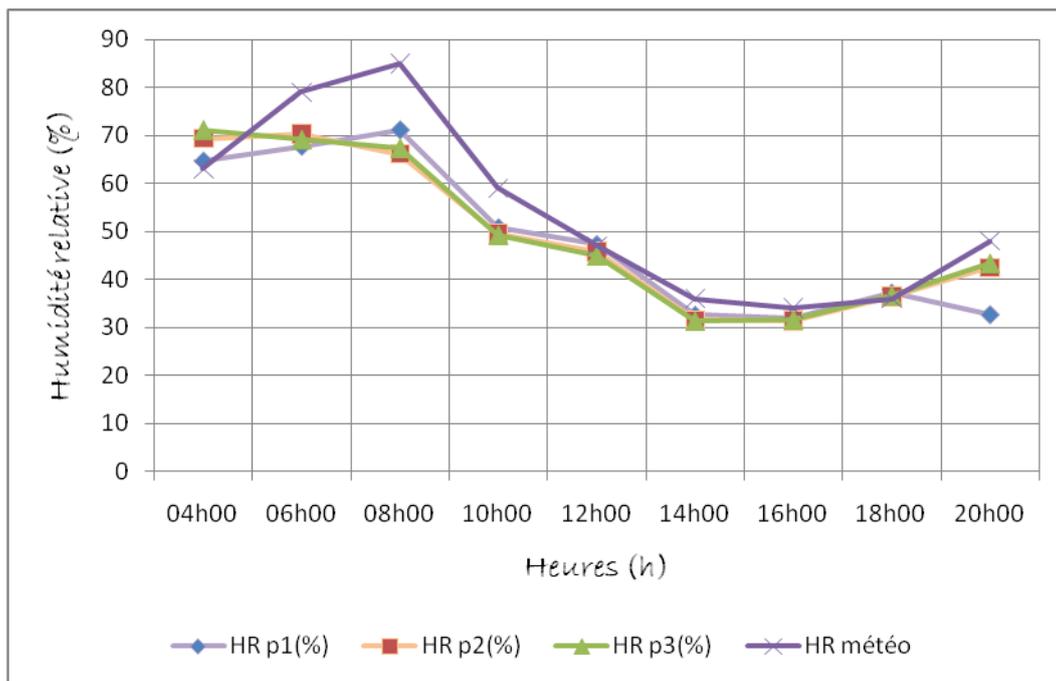
Après le coucher du soleil les températures se stabilisent sur une valeur de $\Delta T_{\text{air}} = 13,5^{\circ}\text{C}$ et $\Delta TMR = 14,6^{\circ}\text{C}$ à 20h00 ; ce rapprochement des niveaux températures est relatif aux effets d'ombrages et d'ouverture vers le ciel.

3.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Les 150 logements offrent une canopée urbaine humide, voire les grandes valeurs prises au cours de la journée. Il y a aucune source d'humidification dans le coin, mais on peut affirmer cette augmentation par la grande influence du climat sur l'environnement du quartier, ce qui explique l'ampleur de l'ouverture au ciel sur la canopée urbaine.

Quartier: 150 logements CNEP 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
H_R p1	64,7	67,8	71,2	50,8	47,3	32,6	31,9	37,2	32,7
H_R p2	69,3	70,3	66,1	49,5	45,8	31,5	31,3	36,4	42,4
H_R p3	71,1	69,1	67,3	49,2	44,9	31,3	31,6	36,6	43,3
H_R météo	63	79	85	59	47	36	34	36	48

Tableau 9.3.3.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graphique 9.3.3.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus représente la synthèse de l'évolution journalière de l'humidité relative. Le maximum de l'humidité relevé était différent d'un point à l'autre : $H_{R \max p1} = 71,2\%$ à 8h00, $H_{R \max p2} = 70,3\%$ à 06h00, $H_{R \max p3} = 71,1\%$ à 04h00, tandis que le maximum relevé par la météo était de $H_{R \max \text{ météo}} = 85\%$ à 08h00. Nous observons un report aux horaires d'enregistrement, ainsi l'écart d'humidité est important entre quartier et météo de 14,2%.

Après le lever du soleil de nouvelles valeurs étaient prises, avec une humidité qui s'inclinait afin d'atteindre un $\Delta H_R = 49,8\%$ à 10h00 et $H_{R \text{ météo}} = 59\%$.

L'après midi les valeurs sont toujours en diminution, car nous enregistrons un minimum avec $\Delta H_{R \min} = 31,6\%$ tandis que $H_{R \text{ météo min}} = 34\%$ était à 16h00, ce qui indique un écart important entre les humidités dans les deux échelles et qui diminue significativement au niveau de l'espace suburbain soumis à la grande intensité d'ensoleillement.

Après le coucher du soleil, l'humidité augmente légèrement au sein du quartier et atteint un $\Delta H_R = 42,8\%$, en parallèle le chiffre indiqué à la météo était de $H_{R \text{ météo}} = 48\%$, ce qui préfigure un rapprochement entre l'atmosphère et la canopée urbaine.

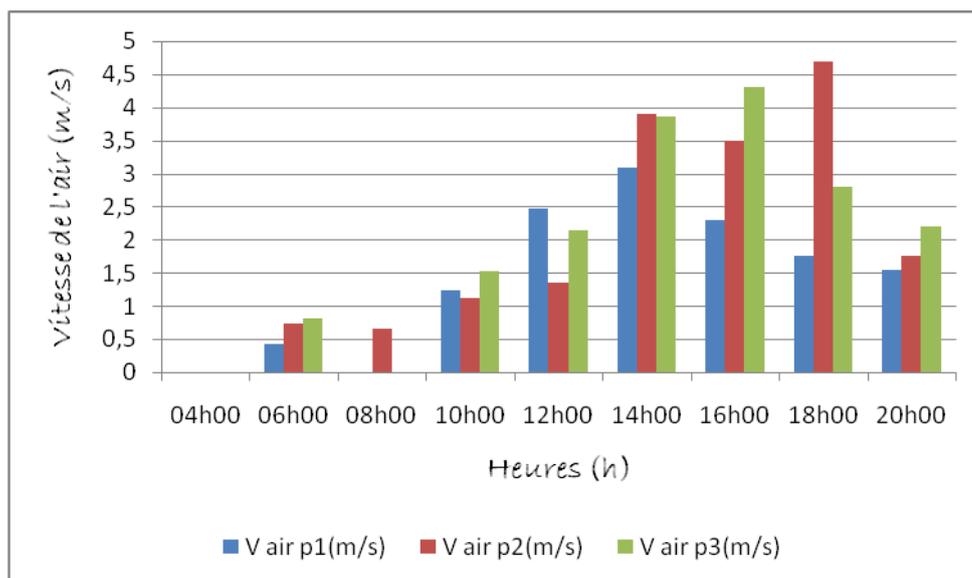
Il est à signaler que le point p1 a marqué les valeurs les plus élevées pendant la campagne, et qui est relatif à l'effet d'ombre créée par l'entourage (aménagement extérieur cerné de quatre blocs), ce qui a permis d'engendrer une atmosphère peu exposée au rayonnement solaire. La courbe illustrée dans le graphique résume que la différence était apparente entre

données prises par l'auteur et celles de la météo exclusivement dans la période entre 06H00 et 10h00.

3.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Quartier: 150 logements CNEP 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
V _{air p1}	0,0	0,43	0,0	1,24	2,48	3,1	2,3	1,76	1,55
V _{air p2}	0,0	0,74	0,67	1,13	1,35	3,9	3,5	4,7	1,76
V _{air p3}	0,00	0,82	0,00	1,53	2,15	3,86	4,3	2,80	2,21

Tableau 9.3.3.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) aux 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

La vitesse de l'air évaluée pendant la journée était très perturbée selon le point mesuré. Nous enregistrons un maximum d'air avec $\Delta v_{\text{air max}} = 3,6 \text{ m/s}$ avant le coucher du soleil relatif à la génératrice des tourbillons d'airs dû au réchauffement de la canopée urbaine. Le minimum était indiqué avec $\Delta V_{\text{air min}} = 0,64 \text{ (m/s)}$ tandis que la matinée était comptée calme avec des courants d'air nuls.

Nous pouvons dire que le quartier était une surface qui génère des effets aérodynamiques, notamment pendant la période de l'après midi, ce qui montre l'ampleur de la circulation d'air suite au réchauffement induit à l'intérieur des blocs. A vrai dire l'éloignement des immeubles facilite bel et bien l'intervention solaire sur l'air ambiant, ce qui a permis de générer des courants d'air.

Le point p3 représente l'endroit le plus frappé par les conditions microclimatique au cours de la journée, en enregistrant les vitesses d'air les plus hautes avec $V_{\text{air max p3}} = 4$ (m/s), quand à la minima est de $V_{\text{air min p3}} = 0,82$ (m/s). La configuration spatiale du quartier constitue le maillon faible pour la pénétration et la variabilité des vents.

A vrai dire, le quartier des 150 logements regroupe un ensemble de blocs séparés et articulés d'une image indépendante, celui qui a démontré une baisse de température d'air, ainsi que la variation des valeurs de la température moyenne radiante. Tandis que l'humidité le site enregistre des taux plus ou moins élevés, aussi bien sur le niveau aéraulique ou nous avons relevé des vitesses assez mouvantes. La faible densité ou la grande ouverture du quartier au ciel faisait principalement la cause qui engendre un environnement thermique pareil, dont le paramètre le plus avancé est le courant d'air froid (effets aérodynamiques).

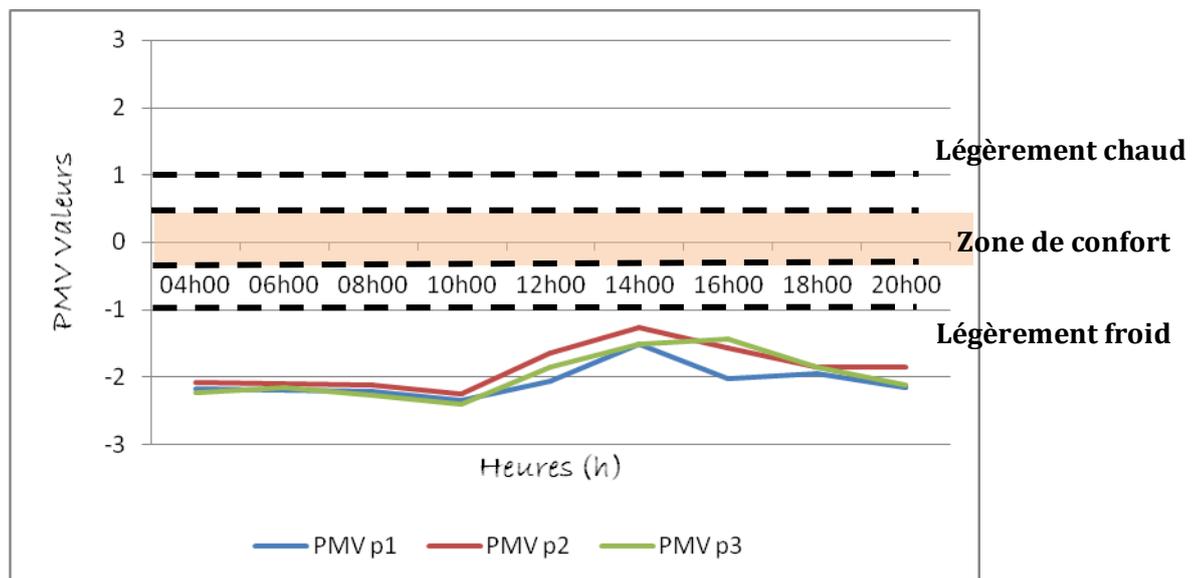
Le site présente un endroit suffisamment exposé au soleil dans lequel les températures surfaciques sont les plus élevées, mais à part la circulation d'air a agit contrairement sur l'augmentation des températures ambiantes.

Dans ce qui suit nous allons relire les paramètres indiqués dans une dimension collective :

- Le quartier a relevé un taux très élevé de l'humidité relative notamment durant la période nocturne (avant le lever du soleil) avec une moyenne maximale de $\Delta H_R = 69\%$ ce qui projette une atmosphère humide.
- Une circulation des courants d'air frais, notamment sa concentration durant la période de l'après midi, cela est au niveau des trois stations.
- Suite aux deux données précédentes, les températures ont été relativement basses en rapport de la durée d'exposition au soleil ce qui a engendré une canopée très froide.
- Le quartier compte suffisamment exposé au soleil, mais malgré cet avantage l'environnement thermique ne présente pas des valeurs élevées. Ce raisonnement est dut à la durée des passages aérauliques (pénétrés pendant toute l'après midi).

Quartier: 150 logts CNEP 20/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PMV p1	-2,17	-2,19	-2,21	-2,35	-2,06	-1,52	-2,02	-1,94	-2,16
PMV p2	-2,08	-2,10	-2,12	-2,26	-1,64	-1,27	-1,54	-1,85	-1,86
PMV p3	-2,23	-2,25	-2,27	-2,41	-1,85	-1,52	-1,44	-1,85	-2,12

Tableau 9.3.3.5 Evaluations de l'indice du PMV au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'été (20/01/2014) aux 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.

Après avoir simulé le quartier avec le logiciel « Envi-met 3.1 », les résultats étaient représentatifs de l'évolution de la valeur du PMV pendant la journée. Le graphique ci-dessus nous a permis la lecture suivante :

Nous avons enregistré une valeur minimale dans les trois points pris un $\Delta PMV_{\min} = -2,34$ à 10h00 avec un état froid, en revanche la valeur maximale était à 16h00 avec un $\Delta PMV_{\max} = 0,3$ ce qui indique une zone de confort thermique au sein du quartier. A vrai dire la période comprise entre 14h00 et 16h00 a dévoilé une zone légèrement froide, ce qui explique une interaction forte entre espace et conditions microclimatiques dépendant de la quantité d'énergie emmagasinée et l'intervention du vent.

Avant le lever du soleil, les valeurs du PMV étaient basses avec une moyenne de $\Delta PMV = -2,18$ qui indique un stress thermique (froid).

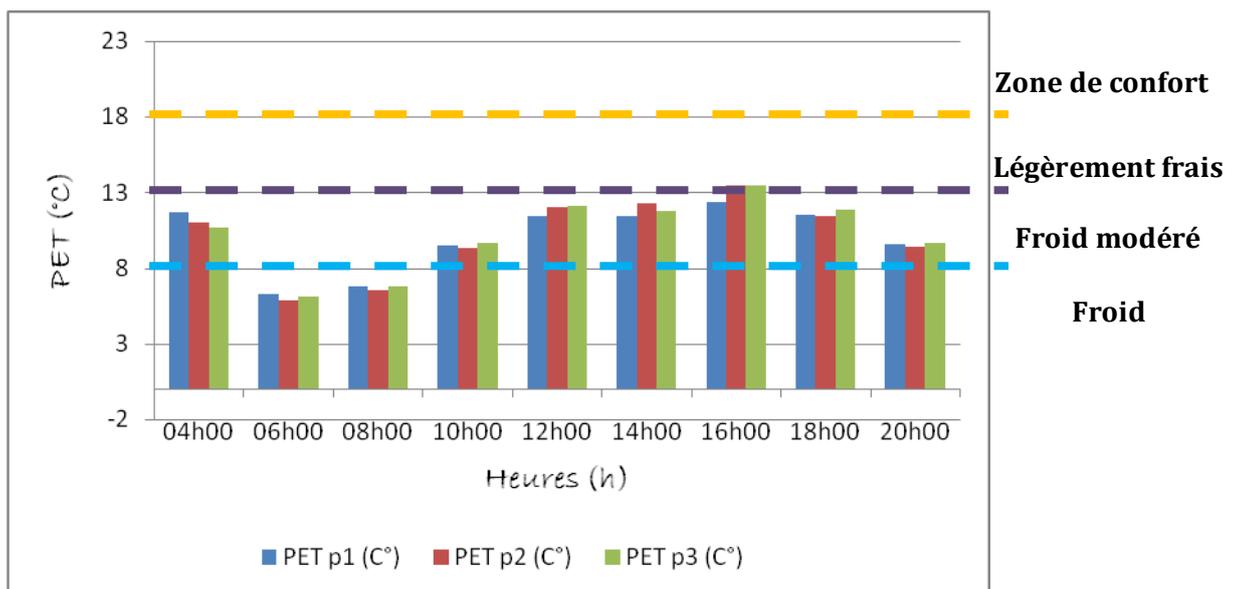
Après le lever du soleil le PMV continue à diminuer au niveau des trois points jusqu'à atteindre son minimum à 10h00, qui explique la durée de réchauffement d'air et qui a été

très lente vis-à-vis l'exposition au flux solaire. Il est à signaler que le point p3 a marqué la valeur la plus basse avec $PMV_{p3} = -2,41$ ce qui suggère que cet espace est toujours protégé.

L'après midi témoigne la quantité de rayonnement solaire préservée au sein du quartier, lorsque les valeurs du PMV atteignent leurs maximums notamment à 16h00. Juste après le coucher du soleil le PMV diminue rapidement sous l'effet du refroidissement dû aux vents pénétrants les immeubles.

Quartier: 150 logts CNEP 20/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PET p1 (°C)	11,7	6,3	6,8	9,5	11,4	11,7	12,4	11,5	9,6
PET p2 (°C)	11	5,9	6,5	9,3	12	12,3	13,5	11,4	9,4
PET p3 (°C)	10,7	6,1	6,8	9,7	12,1	11,8	13,5	11,9	9,7

Tableau 9.3.3.6 Evaluations de l'indice de PET au 150 logements CNEP
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.3.3.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) aux 150 logements CNEP. Source : Auteur, 2014.

Après avoir calculé la température physiologique équivalente (PET) avec Envi-met 3.1, nous remarquons une différence entre données in situ, et données simulées, et qui est relative à la perturbation sur le niveau de la ventilation, puisque nous avons enregistré une hausse temporaire des vitesses d'air notamment l'après midi, tandis que envi-met reste stable.

La valeur la plus basse de la PET était relevée à 06h00 avec $\Delta\text{PET}_{\min} = 6,1^{\circ}\text{C}$ dont le point p3 était le plus frais.

Après le lever du soleil les PET augmentent lentement pour atteindre à 10h00 une moyenne de $\Delta\text{PET} = 9,5^{\circ}\text{C}$ toujours en état de stress thermique (Froid modéré), malgré la quantité d'ensoleillement absorbée.

L'après midi les valeurs enregistrées ont continué d'augmenter pour atteindre le seuil du froid léger à 16h00 avec un maximum de $\Delta\text{PET}_{\max} = 13,1^{\circ}\text{C}$, donc le quartier est toujours en zone de stress thermique, du aux effets d'ombres et les phénomènes aérodynamiques.

La différence marquée entre la simulation avec envi-met et les données prises par l'auteur sont bel et bien relatives aux perturbations au niveau de la ventilation ; cette dernière a été variable pendant la campagne de mesure, tandis que sur le logiciel la vitesse de l'air était stable à une certaine hauteur (10 m). Nous pouvons dire que la PET au sein du quartier des 150 logements, fait l'image concrète d'un espace qui souffre au niveau thermique, sous le facteur de la densité, puisque notre site constitue la faible densité entre les autres quartiers, ce qui préfigure un aspect morpho-climatique assez déterminé. L'éloignement joué par le positionnement des immeubles forme une surface facile à influencer par les simples conditions climatiques. La valeur de la différence entre PMV et PET, envisage ainsi la sensibilité d'un tel espace, dont les facteurs spontanés ont leur impact temporaire mais bien marqué.

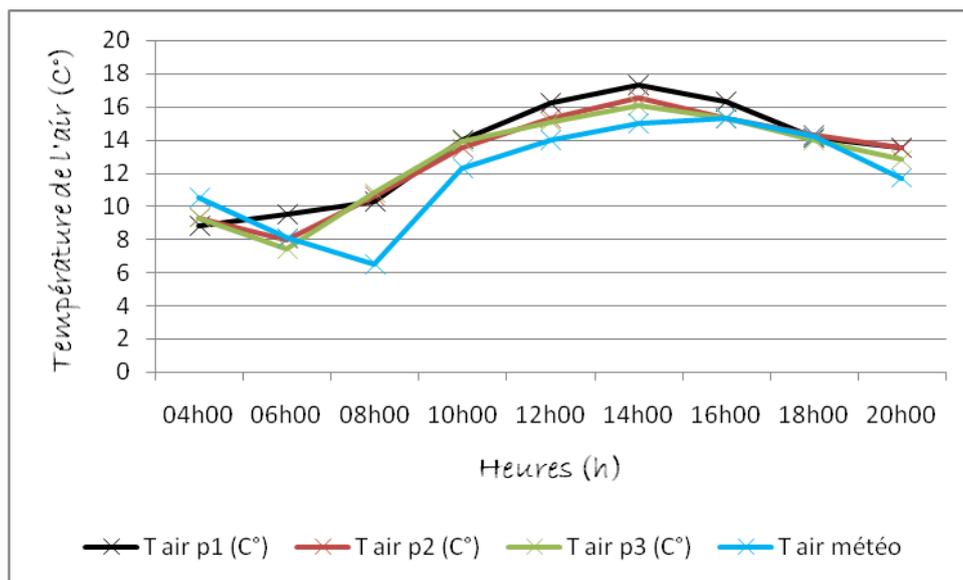
L'angle quotidien du quartier nous a permis de bien comprendre ce stress thermique, en prenant les mesures, la plupart des habitants cherchaient l'endroit le plus ensoleillé, là où s'étale l'aire de stationnement (orientation sud), comme nous ajoutons que notre échantillon souffre du manque des passages et de galeries.

4. Quatrième échantillon : Quartier Rassouta Ouest (CES=0,68)

4.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
T _{air p1}	8,8	9,5	10,3	14,0	16,2	17,3	16,3	14,1	13,5
T _{air p2}	9,3	8,00	10,6	13,5	15,3	16,5	15,3	14,3	13,5
T _{air p3}	9,3	7,4	10,8	13,9	15,1	16,1	15,3	14,0	12,8
T _{météo}	10,5	8,1	6,5	12,3	14	15	15,3	14,2	11,7

Tableau 9.4.4.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
 Source : Auteur, 2014.

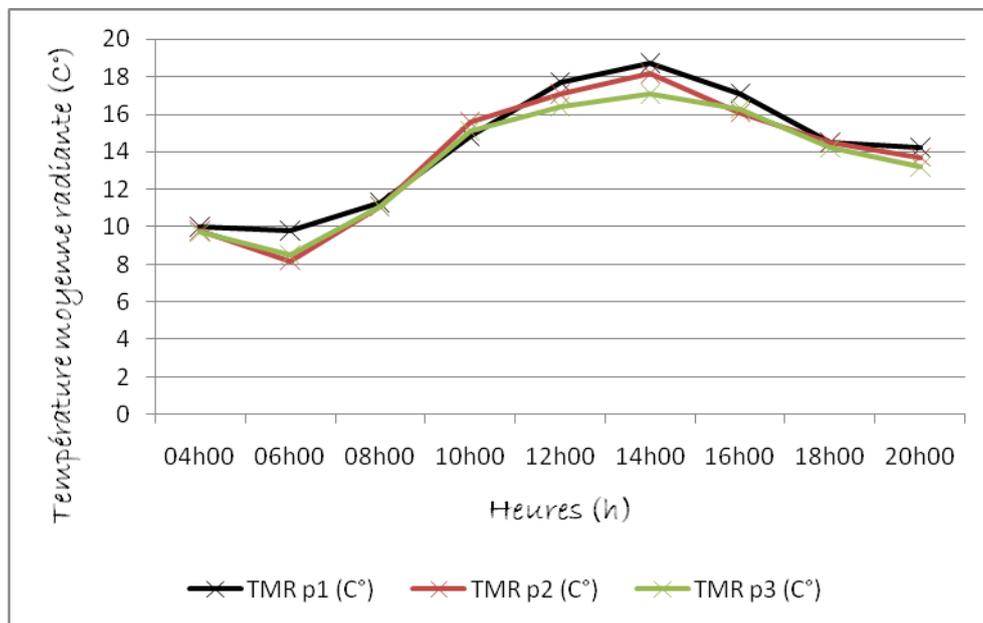


Graph 9.4.4.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014.

Pour notre deuxième échantillon de la journée, Rassouta Ouest qui fait témoin de l’empreinte coloniale à Tolga prélève des valeurs très proches entre les points mesurés. Dans ce qui suit nous allons accéder à préfigurer les températures d’air et les températures requises du rayonnement solaire au sein des rues. Certes les données in situ sont comparées aux celles de la station de météo de l’aéroport de Biskra.

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
Point 01									
T_g	10,0	9,8	11,3	14,8	17,7	18,7	17,1	14,5	14,2
TMR	11,2	11,1	12,3	16,5	19,6	20,7	18,3	15,7	15
Point 02									
T_g	9,8	8,2	11,1	15,6	17,1	18,2	16,1	14,5	13,7
TMR	10,4	8,4	11,7	17,7	19,9	20,6	17,5	15	14,1
Point 03									
T_g	9,7	8,5	11,1	15,1	16,1	17,1	16,3	14,2	13,2
TMR	10,1	9,6	11,8	16,7	17,9	19,2	17,9	15,2	13,9

Tableau 9.4.4.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.4.4.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014

Les graphiques ci-dessus préfigurent l'évolution journalière de la température de l'air et la température moyenne radiante d'une journée d'hiver au quartier Rassouta Ouest. Les valeurs ont été prises en les comparant avec celles de la station météorologique. La journée a marqué un minimum de température d'air $\Delta T_{\text{air min}} = 7,9^{\circ}\text{C}$ à 06h00 avec un écart de

$\varepsilon = (-0,2^\circ\text{C})$ avec celui de la météo, quand à la TMR a enregistré une valeur de $\Delta\text{TMR}_{\min} = 9,7^\circ\text{C}$ qui relève une valeur la plus basse de toute la journée.

Après le lever du soleil, les trois points visités enregistrent une augmentation légère et semblable de la température de l'air avec $\Delta\text{T}_{\text{air}} = 10,5^\circ\text{C}$ à 08h00, tandis que la $\text{T}_{\text{air}}^{\text{météo}}$ indique son minimum avec $6,5^\circ\text{C}$ donc un écart très apparent de $\varepsilon = 4^\circ\text{C}$ entre les deux échelles spatiales.

L'après midi à 14h00 les valeurs de température atteignent leur maximum avec un $\Delta\text{T}_{\text{air}}_{\max} = 16,6^\circ\text{C}$, autant la TMR avec $\Delta\text{TMR}_{\max} = 20,1^\circ\text{C}$.

A la fin de l'après midi, les températures commencent à diminuer progressivement pour atteindre $\Delta\text{T}_{\text{air}} = 14,1^\circ\text{C}$ à 18h00 et une $\text{T}_{\text{air}}^{\text{météo}} = 14,2^\circ\text{C}$.

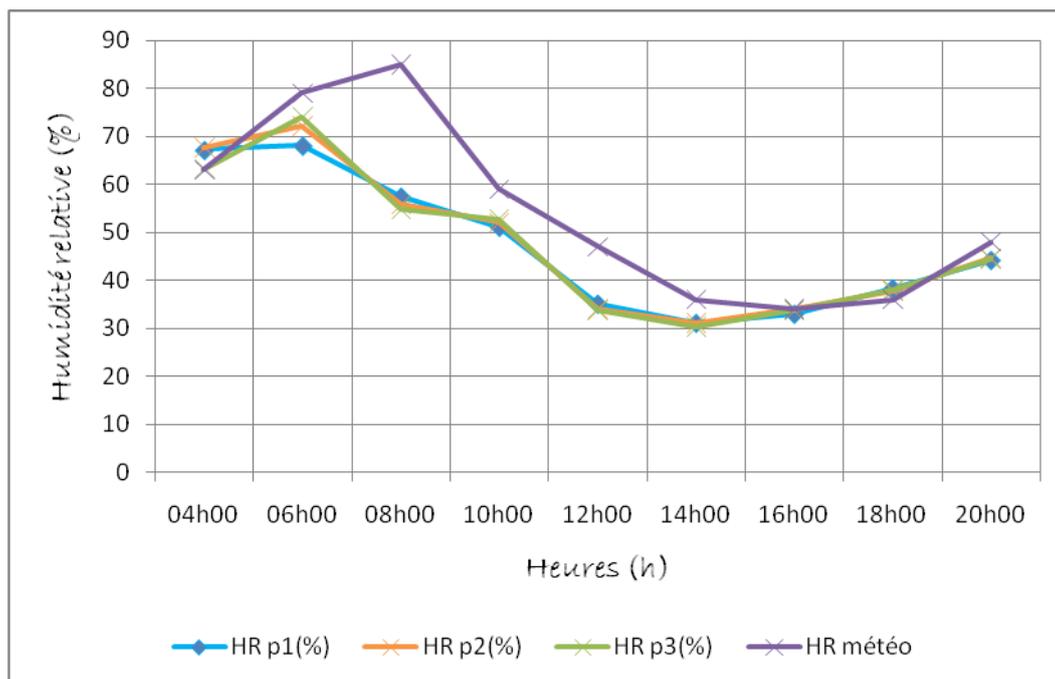
Après le coucher du soleil un report remarqué au cours de la campagne à 20h00, dans les points p1, p2 sont identiques avec $\Delta\text{T}_{\text{air}} = 13,5^\circ\text{C}$, tandis que le point p3 indiquait le minimum avec $\text{T}_{\text{air}} = 12,8^\circ\text{C}$, celui-ci est dû au facteur d'ombre et les courants d'airs frais ; qui agissent simultanément sur les températures ambiantes au sein du quartier Rassouta dans cet intervalle.

A vrai dire, la configuration spatiale a intervenu bel et bien au niveau des températures relevées, comme nous pouvons affirmer ce déséquilibre par la comparaison entre les deux points p1 et p3 qui enregistraient toute la journée un écart $\varepsilon = 1,3^\circ\text{C}$ où $\text{T}_{\text{air moy}} \text{ p1} = 13^\circ\text{C}$, et $\text{T}_{\text{air moy}} \text{ p3} = 11,7^\circ\text{C}$. Le microclimat spécifique à la petite atmosphère du quartier Rassouta Ouest a démontré une forme de piégeage d'énergie (températures) au niveau des points visités, cette valeur était bien déterminée l'après midi ; par contre à celui du quartier des 150 logements qui a relevé des valeurs plus basses que celles de Rassouta.

4.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
H _R p1	67,2	68,1	57,5	51,2	35,2	31,2	33,1	38,4	44,3
H _R p2	67,7	72,3	55,9	52,2	34,2	31,2	34,1	37,9	44,7
H _R p3	63,3	74,1	54,8	52,9	33,9	30,4	33,9	38,2	44,6
H _R météo	63	79	85	59	47	36	34	36	48

Tableau 9.4.4.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graphique 9.4.4.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus représente la courbe de l'évolution de l'humidité relative au quartier Rassouta Ouest pendant une journée hivernale. Un maximum était enregistré à 06h00 dans les trois points avec un $\Delta H_R \text{ max} = 71,5\%$ tandis que le maximum d'humidité prise par la station météorologique était à 08h00 de $H_R \text{ météo max} = 85\%$.

Les taux d'humidité relative étaient variables d'un point à l'autre, cela confirme l'impact de la morphologie de chaque tranche du quartier sur la valeur d'humidité, à l'instar le taux le plus haut enregistré par l'auteur était au point p3 avec $H_R \text{ p3} = 74,1\%$ à 06h00. La juxtaposition de l'axe où se localise le point p1 et la palmeraie n'a pas dû influencer apparemment, ce indiquent les chiffres obtenus.

La matinée, les valeurs ont été diminuées sous le flux solaire, et l'augmentation légère de la température, dont la H_R a indiquait $\Delta H_R = 52,1\%$ à 10h00, et $H_R = 59\%$ d'après les données prises de la météo.

Un minimum d'humidité a été relevé l'après midi par la météo (16h00) avec $H_R \text{ min} = 34\%$, par contre que le minimum enregistré par l'auteur au sein du quartier était à 14h00 avec $\Delta H_R \text{ min} = 30,9\%$ (36% à la météo), ce qui signifie une différence du temps d'échauffement d'air entre les deux échelles naturelle et urbaine.

Avant le coucher du soleil, à 18h00 la valeur de l'humidité enregistre une augmentation au niveau des deux cotés, celle du quartier avec $\Delta H_R = 38,1\%$, et de la météo $H_R \text{ météo} = 36\%$, ce qui signifie une baisse au niveau des températures. La protection solaire a bien réagit face au rayonnement solaire, puisque dès 14h00 le quartier fonctionne comme un abri au soleil,

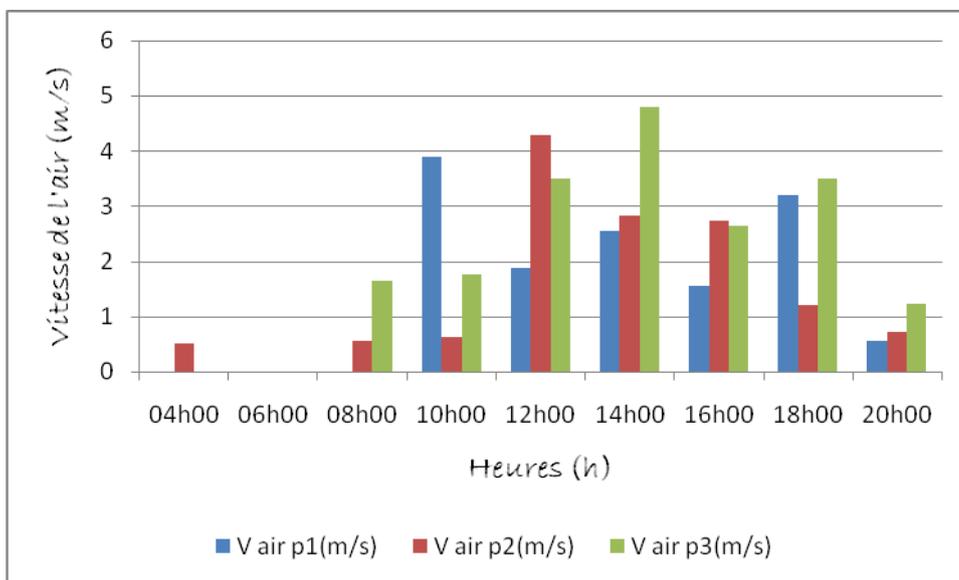
qui engendre un ombrage particulier sur plusieurs points du site visité, dans le quel un refroidissement était survenu en participant à l'augmentation de H_R . A 20h00 la courbe continue à augmenter sur les trois points $\Delta H_R = 44,5\%$, comme celle de la météo avec $H_{R\text{ météo}} = 48\%$.

La valeur extraite dès cette investigation est la durée d'échauffement et le temps nécessaire pour dégager l'énergie restituée par le cadre bâti du quartier. L'humidité relative et comme l'indique son nom est essentiellement relié à la température, ce qui a déterminé la différence entre quartier et météo.

4.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) :

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
V _{air p1}	0,0	0,0	0,0	3,9	1,88	2,56	1,56	3,2	0,57
V _{air p2}	0,51	0,00	0,57	0,63	4,3	2,82	2,74	1,22	0,72
V _{air p3}	0,00	0,00	1,65	1,76	3,5	4,8	2,65	3,5	1,32

Tableau 9.4.4.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
 Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.4.4.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest
 Source : Auteur, 2014.

Notre quatrième échantillon, a subi une vague d'air notamment l'après midi, opérationnellement dû au réchauffement d'air ; tandis que la masse bâtie était toujours froide. Un maximum de vitesse d'air était enregistré avec $\Delta V_{\text{air max}} = 4$ (m/s), majoritairement sur les trois points. La vitesse de l'air comme nous avons mentionné au quartier des 150 logements étaient perturbées, néanmoins Rassouta a beaucoup plus réagi face aux vents notamment la période de l'après midi. Il est à signaler que les courants d'air ont duré approximativement six heures (12h00 -18h00) ce qui réaffirme la baisse de température du quartier à celle de la station météorologique, aussi au niveau des chiffres le point p3 était le plus contracté, et qui est relatif à la dimension de la rue (H/W).

Après cette démarche analytique, nous affirmons que Rassouta Ouest a constitué une atmosphère plus ou moins agréable par rapport à celle des 150 logements. Cependant la température moyenne est requise sur le seuil de $\Delta T_{\text{air moy}} = 12,6^{\circ}\text{C}$ en plus un taux d'humidité assez important spécifiquement avant le lever du soleil ($H_{R \text{ max}} = 74, \%$ à 06h00). Le quartier a enregistré aussi des courants d'air pendant une bonne période de la journée, ce qui a agit sur l'aspect thermique (baisse de température/ hausse d'humidité relative).

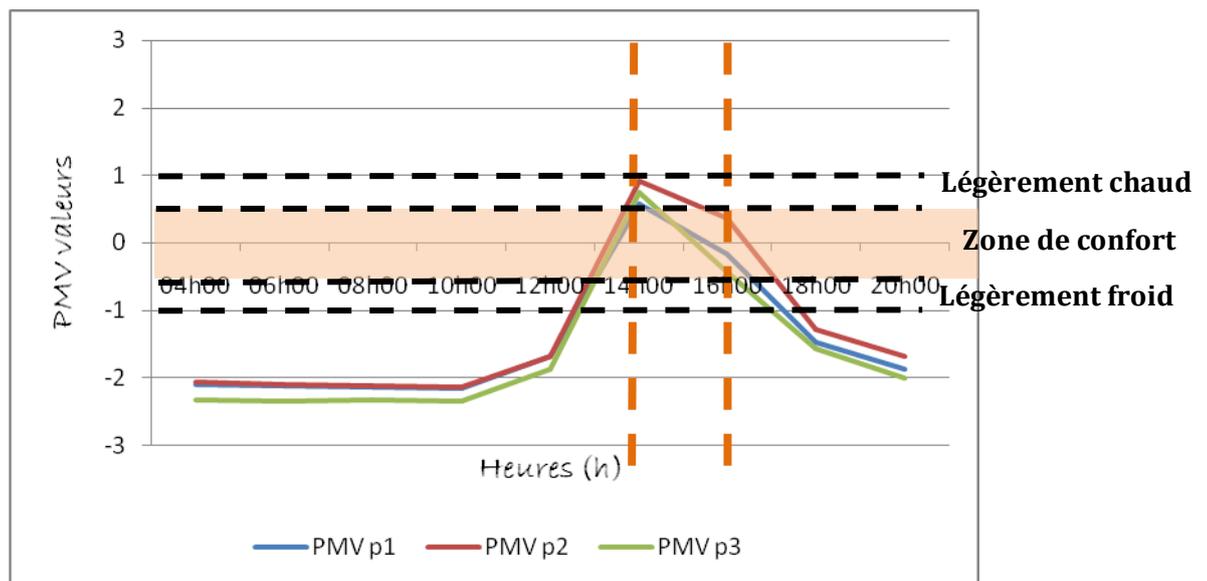
Sachant que les stations forment une hiérarchie de rues, dans lesquelles on obtient une diminution légère depuis la rue canyon, vers celle qui est dégagé. Dans cela il est à avouer que le rapport d'aspect (H/W) participe directement dans l'interaction tissu-climat (pendant la période de sous-chauffe), ou nous relevons une sorte de préservation de la qualité microclimatique au sein de la rue.

Dans ce qui suit nous allons relire les paramètres indiqués dans une dimension collective :

- Le quartier a relevé un taux très élevé de l'humidité relative notamment durant la période nocturne (avant le lever du soleil) avec une moyenne maximale de $\Delta H_R = 71,5\%$ ce qui projette une atmosphère très humide.
- Une circulation des courants d'air frais, notamment sa concentration durant la période de l'après midi, cela est au niveau des trois stations.
- Suite aux deux données précédentes, les températures ont été relativement basses en rapport de la durée d'exposition au soleil ce qui a engendré une canopée très froide.
- Malgré les espaces ombragés, le quartier prélève des valeurs peu élevées à celles de l'ensemble collectif (respectivement $+ 0,2^{\circ}\text{C}$, $+2,5\%$), ce qui réaffirme le rôle joué du rapport d'aspect (H/W). Selon notre campagne de mesure, le premier point qui représente la rue canyon (H/W= 1) décrit l'endroit le plus agréable (voire une forte protection aux courants d'air froid).

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PMV p1	-2,09	-2,12	-2,14	-2,16	-1,68	0,58	-0,17	-1,48	-1,87
PMV p2	-2,07	-2,10	-2,12	-2,14	-1,68	0,92	0,37	-1,29	-1,69
PMV p3	-2,32	-2,35	-2,32	-2,34	-1,87	0,75	-0,43	-1,57	-2,01

Tableau 9.4.4.5 Evaluations de l'indice du PMV à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.4.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (20/01/2014) à Rassouta Ouest. Source : Auteur, 2014.

Après la simulation du quartier Rassouta Ouest avec le logiciel « Envi-met 3.1 », nous tentons de faire une lecture comme suivant :

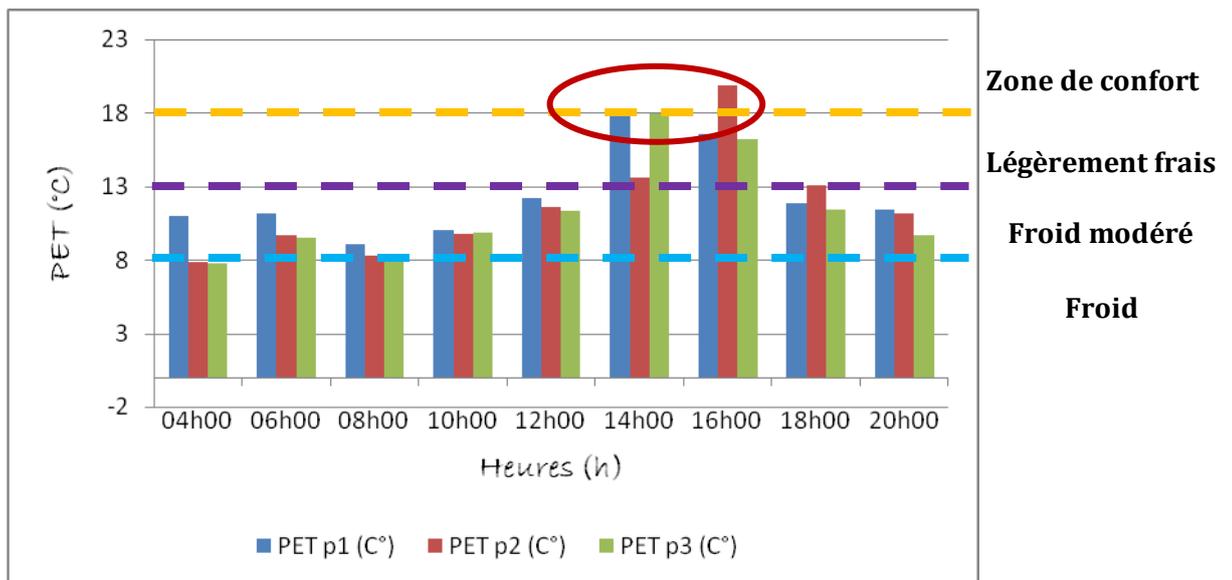
Un minimum de PMV a été simulé à 10h00 avec un $\Delta PMV_{min} = -2,2$ (état froid) lorsque les trois points indiquaient leur minimum. Tandis que le maximum du PMV a été pris durant des périodes différentes, cela était l'après midi au point p1 et p2 avec une moyenne maximale $\Delta PMV_{max} = + 0,75$ à 14h00 ; quand le point p1 a enregistré les valeurs les plus basses. L'aboutissement du PMV à la zone du confort n'est que le résultat de la relation entre microclimat et énergie restituée au sein du quartier.

Comme nous l'avons indiqué, la zone de confort représentée dans le graphique est étroitement liée à l'aspect géométrique des rues dans les quelles nos points se trouvaient, ce qui affirme la différence dans l'enregistrement du PMV. Notre point p2 qui préfigure l'endroit le plus confortable pendant quelques heures l'après midi, représente une image fidèle du damier colonial.

La lecture nous a montré l'intervention d'un facteur morphologique essentiel qui est le ratio, où son niveau au point p1 était supérieur à celui du p2 ($H/W\ p1 \approx 1$, $H/W\ p2 \approx 0,5$). Par contre le point p3 a relevé un stress thermique (froid à légèrement froid) pendant toute la journée selon la simulation. Le point p2 et p3 sont communs sous le même ratio mais l'orientation des rues a notablement influé sur le confort thermique des gens au niveau de ses axes.

Quartier: Rassouta Ouest 20/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PET p1 (°C)	11	11,2	9,1	10	12,2	18,2	16,6	11,9	11,4
PET p2 (°C)	7,9	9,7	8,3	9,8	11,6	18,6	19,9	13,1	11,2
PET p3 (°C)	7,8	9,5	8,1	9,9	11,3	18	16,2	11,4	9,7

Tableau 9.4.4.6 Evaluations de l'indice de PET à Rassouta Ouest
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.4.4.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'été (20/01/2014) à Rassouta Ouest. Source : Auteur, 2014.

Après l'obtention de la PET à l'aide du logiciel Envi-met 3.1, les valeurs de la PET représentent une équivalence avec celles du PMV, afin de déterminer le bilan thermique effectif au sein du quartier. Un minimum de la PET était relevé au niveau des points p2 et p3 à 04h00 avec PET p2= 7,9°C, PET p3= 7,8°C (froid), tandis que le minimum enregistré au point p1 était à 08h00 avec PET p1= 9,1°C et le bilan thermique de froid modéré. Après le lever du soleil les chiffres indiquent une augmentation au niveau de la PET, $\Delta PET = 9,9^\circ C$ à 10h00 mais toujours en état de froid modéré. La PET indique son maximum l'après midi dans deux heures différentes : pour les trois points c'était à 14h00 avec PET p1= 18,2°C, PET p2= 18,6°C, et p3= 18°C, ainsi que seulement pour le p2= 19,9°C à 16h00

(Zone de satisfaction thermique) ; cette différence est en relation directe avec le ratio des rues comme nous l'avons indiqué auparavant.

Avant et après le coucher du soleil une chute légère de la PET qui atteint $\Delta\text{PET} = 10,7^\circ\text{C}$ à 20h00.

Les données recueillies après le calcul de la PET révèlent une variabilité des résultats et une similitude avec les PMV obtenus de la simulation avec le software, ce qui témoigne l'existence d'un ensemble des causalités ; ces dernières nous les considérons comme des causes temporaires. L'après midi le quartier a vécu une perturbation au niveau de la vitesse de ventilation subie à une intervention des vents incidents ce qui a mit l'état thermique en état de déséquilibre voire froid, et met les chiffres en différence entre résultats simulés et in situ. La température physiologique équivalente à Rassouta Ouest a été menée par une perturbation liée aux effets aérodynamiques, ce qui a agi négativement sur le confort thermique du quartier.

Le point p2 qui était le plus favorable vu les deux autres, et qui représente la forme concrète du damier colonial.

Dans le suivant nous allons récapituler l'évaluation du confort thermique selon les données du site, telles que les morphologiques et physiques, et voire l'activité humaine au sein du quartier.

- Voire la forte densité du quartier ($\text{CES} = 0.68$) Rassouta Ouest est l'autre contracté par ce déséquilibre thermique en espace extérieur ; la zone froide est la plus courante dans la majorité journalière (une durée balancée entre 12 à 14 heures).
- Orientation et prospect suggèrent des facteurs principaux de la délimitation de l'aspect thermique extérieur, nous témoignons par la différence reprise entre la première et la troisième rue.
- Matériaux de construction un autre facteur qui agit sur l'augmentation notamment des températures ambiantes, sous la montée des températures surfaciques. Il est à signaler que la première rue comprend un nombre des anciennes habitations construites en argile (Torchis) tandis que les deux autres nous les classons métissées.
- Beaucoup de contrainte pour une activité humaine normale, dont la plupart de cette dernière est pratiquée dans les premières heures de la matinée ou à la fin de la journée, voire l'incapacité de la faire pendant l'intervalle de 10h00 à 18h00.
- Les surfaces ombragées sont plutôt rares notamment sur le point 3 qui préfigure une orientation s'oriente avec la trajectoire solaire (Est-Ouest), dans lequel cet endroit démontre les valeurs les plus hauts soit l'indice du PMV ou la PET.

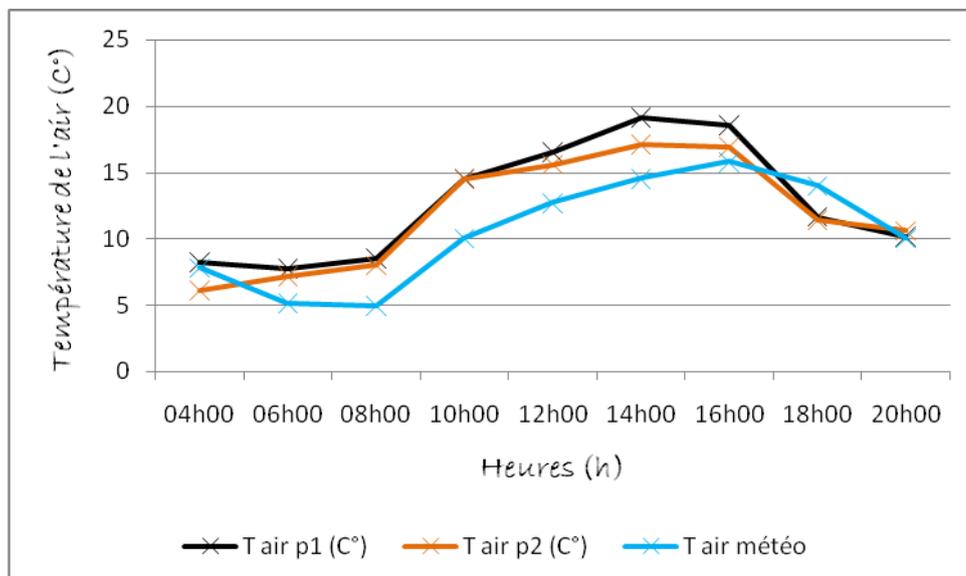
5. Cinquième échantillon : Quartier vieux Tolga (CES=0,60)

5.1. Evolution de la température au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) :

Pour la clôture de notre campagne de mesure, nous avons émit à visiter l'ancien noyau de la ville Tolga comme cinquième échantillon. Le vieux quartier inséré dans le cœur du chapelet des palmeraies enregistre des résultats importants, ceux-ci se manifestent réciproquement via le bâti, la palmeraie, et le climat. Dense, étroit, compact soient des valeurs qui prétendent l'image urbaine du site, dans lequel on obtient un maximum d'espaces ombragés, et un minimum de vents circulés. Il est à affirmer que le vieux Tolga adopte une caractéristique défensive opposante aux vents incidents (voire sa composition intravertie).

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
T _{air p1}	8,2	7,7	8,5	14,5	16,5	19,1	18,5	11,6	10,1
T _{air p2}	6,1	7,2	8,00	14,5	15,6	17,1	16,9	11,4	10,6
T _{météo}	7,8	5,1	4,9	10	12,7	14,5	15,8	14	10

Tableau 9.5.5.1 Données caractérisent les températures de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.

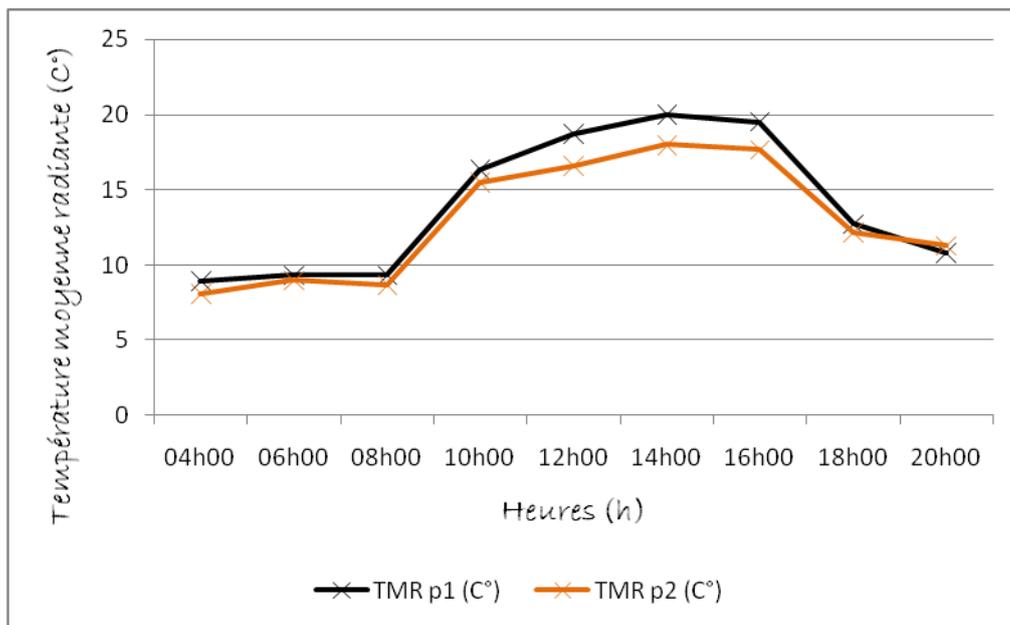


Graph 9.5.5.1 Evolution de la température de l'air au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

La TMR dans le tableau reflète attentivement l'ampleur de l'ombre initié à vieux Tolga.

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
<u>Point 01</u>									
T_g	8,9	9,3	9,3	16,3	18,7	20,0	19,5	12,7	10,8
TMR	9,6	10,9	10,1	18,1	21	20,9	20,5	13,8	11,5
<u>Point 02</u>									
T_g	8,1	9,0	8,7	15,5	16,6	18,0	17,7	12,2	11,3
TMR	10,1	10,8	9,5	16,8	17,6	19	18,5	13	12

Tableau 9.5.5.2 Données caractérisent les températures du rayonnement solaire au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.5.5.2 Evolution de la température moyenne radiante au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.

Les deux graphiques ci-dessus illustrent les valeurs de la température d'air (T_{air}) et la température moyenne radiante (TMR) prises par l'auteur, et celles de la station météorologique. Les températures ont indiqué que le minimum était dans des heures différentes entre les deux points mesurés et la météo, avec T_{air min p1} = 7,7°C à 06h00 T_{air}

min p2= 6,1°C à 04h00, et $T_{\text{air min météo}} = 4,9^{\circ}\text{C}$ à 08h00 ; avec un écart de $\varepsilon = + 2^{\circ}\text{C}$ entre vieux Tolga et météo. Tandis que la TMR était basse avec $\Delta\text{TMR}_{\text{min}} = 9,5^{\circ}\text{C}$.

A 10h00 nous avons enregistré une moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 14,5^{\circ}\text{C}$, avec un écart de $\varepsilon = 4^{\circ}\text{C}$ de celle de la météo, en parallèle la TMR augmente et atteint $\Delta\text{TMR} = 17,4^{\circ}\text{C}$. Les valeurs continuaient à augmenter l'après midi jusqu'à atteindre le maximum à 14h00 avec un $\Delta T_{\text{air max}} = 18,1^{\circ}\text{C}$, comme la TMR elle aussi a atteint un maximum avec $\Delta\text{TMR}_{\text{max}} = 19,9^{\circ}\text{C}$; ces chiffres indiquent une atmosphère clémente au sein du vieux quartier.

A 18h00 les températures ont pris l'échelle de la diminution avec $\Delta T_{\text{air}} = 11,5^{\circ}\text{C}$, dont un écart très clair entre quartier et météo, cette dernière avec un $T_{\text{air météo}} = 14^{\circ}\text{C}$; ce qui nous permet de dire sur cette différence que le microclimat à l'intérieur du quartier est géré par un phénomène extérieur en rapport direct à la palmeraie.

Après le coucher du soleil, et à 20h00 les valeurs enregistrées continuaient à diminuer, afin d'atteindre une moyenne de $\Delta T_{\text{air}} = 10,3^{\circ}\text{C}$ proche à celle de la météo qui a relevé $T_{\text{air}} = 10^{\circ}\text{C}$.

A vrai dire, le vieux Tolga représente une configuration spatiale assez particulière, sous forme d'une masse bâtie dense et compacte, et qui se caractérise par la ramification et l'étroitesse des rues. Cette composition géométrique a généré une atmosphère définie par un équilibre au niveau de la température ambiante et celle de TMR, celui-ci fait référence à la quantité d'énergie emmagasiné au milieu du quartier, et qui était absolument équilibrée. Donc, la typologie ksourienne du vieux Tolga a agi de façon à réduire des courants d'air dont une création d'un équilibre physiologique au sein du quartier.

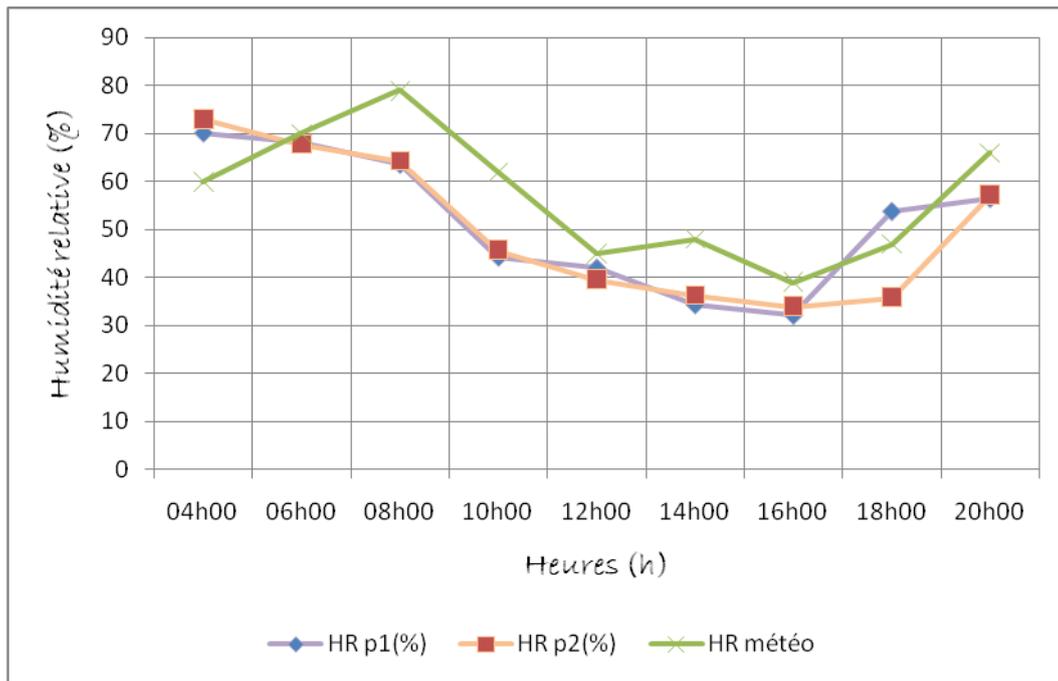
Il est à signaler que la TMR était toujours proche à celle de l'air pendant notre campagne de mesure au site visité, ce qui explique une certaine équivalence entre air ambiant et énergie reproduite et dégagée par les matériaux de construction.

5.2. Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) :

Le tableau ci-dessous collecte les valeurs d'humidité relative requises depuis vieux Tolga.

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
H_R p1	70,1	68,2	63,6	44,3	42,0	34,4	32,2	53,8	56,5
H_R p2	73,1	67,8	64,4	45,7	39,6	36,2	33,9	35,9	57,2
H_R météo	60	70	79	62	45	48	39	47	66

Tableau 9.5.5.3 Données caractérisent l'humidité relative entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.5.5.3 Evolution de l'humidité relative au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga. Source : Auteur, 2014.

Le graphique ci-dessus représente l'évolution journalière de l'humidité relative au sein du quartier Vieux Tolga. Le maximum enregistré pendant la journée était à 04h00 avec un $\Delta H_R_{max} = 71,6\%$ dont HR météo était de 60% dans la même heure. Ce résultat est lié au phénomène nocturne en rapport avec la palmeraie. Rappelons que le maximum relevé par la station météorologique de Biskra était à 08h00 avec $H_{R\text{ météo } max} = 79\%$.

Après le lever du soleil, les valeurs commencent à décliner, pour atteindre une moyenne de $\Delta H_R = 45\%$ à 10h00, tandis que la météo indique $H_{R\text{ météo}} = 62\%$. Nous mentionnons que p2 relève la valeur la plus haute (45,7%).

L'après midi, à 16h00 les valeurs de l'humidité relative enregistrent le pourcentage le plus bas de la journée avec $\Delta H_{R\text{ min}} = 33\%$, avec celle de la météo est $H_R = 39\%$.

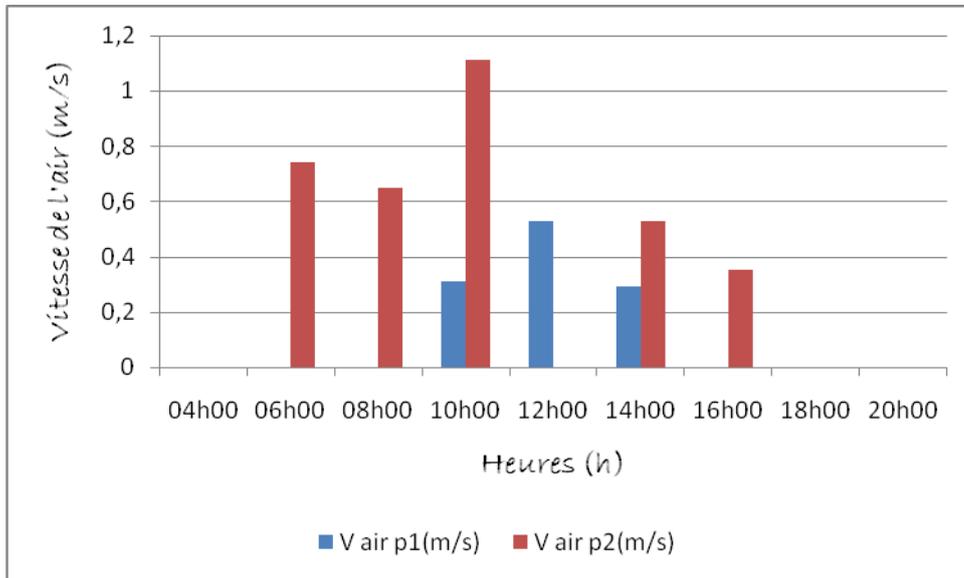
Sous l'impact des surfaces ombragées, et la présence de la palmeraie, la courbe de l'humidité s'accroît pour atteindre un taux de $\Delta H_R = 56,8\%$ à 20h00 quand à celle de la station est $H_{R\text{ météo}} = 66\%$. La valeur de l'influence de la palmeraie était remarquable aux données mesurées au niveau du point p2 caractérisé par une forte protection solaire, et un rapprochement de la végétation qui entoure majoritairement tout l'établissement humain.

5.3. Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) :

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Point	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	21h00

V_{air p1}	0,0	0,68	0,0	0,0	0,0	0,7	0,5	1,00	0,96
V_{air p2}	0,65	1,3	1,6	1,3	0,34	0,6	0,6	0,0	0,0

Tableau 9.5.5.4 Données caractérisent la vitesse de l'air entre quartier et station
Source : Auteur, 2014.



Graphe 9.5.5.4 Evolution de la vitesse de l'air au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga. Source : Auteur, 2014.

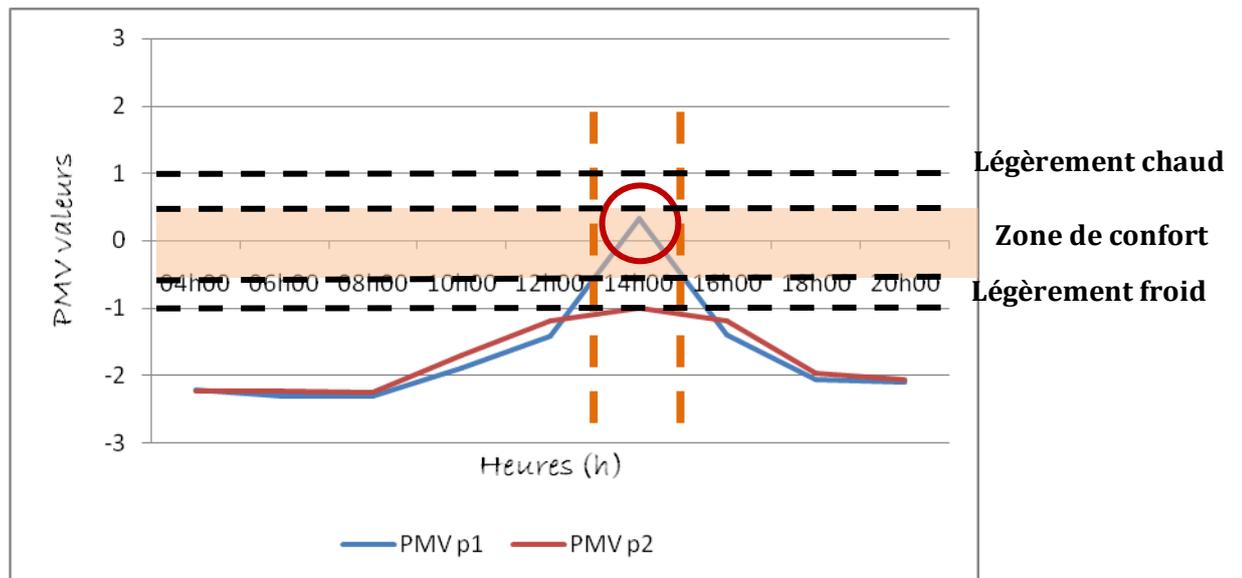
L'évolution de la vitesse de l'air pendant la journée d'hiver au quartier vieux Tolga indique de légers courants d'air. Un maximum était relevé à 10h00 en point p2 avec $V_{\text{air p2}} = 1,11$ (m/s), tandis que la journée était globalement calme. Les faibles vitesses d'air relevées sont relatives à la baisse de pénétrations des vents au sein du quartier ce qui explique le rôle défensif de la masse bâtie existante. Le vieux Tolga comme exemple des anciens établissements aux régions arides, constitue une masse dense et bénéfice aussi de l'intervention de palmeraies sur le microclimat du quartier ; la diminution des circulations de vents met en cause l'équilibre pendant toute la journée hivernale au bilan thermique dont les températures relevées ont été plus ou moins agréables.

Malgré l'étroitesse de la rue où trouvait le point p2, on note une évolution assez apparente à celle du point p1 qui se positionne dans un espace dégagé (ouvert). Cela indique l'effet de l'orientation de la rue, qui agit bel et bien avec le sens des courants d'air.

Il faut ajouter que la palmeraie qui cerne notre échantillon, participe elle aussi à la suspension des vents incidents par le biais de la densité végétale.

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PMV p1	-2,21	-2,3	-2,31	-1,9	-1,41	0,33	-1,4	-2,06	-2,1
PMV p2	-2,24	-2,24	-2,25	-1,7	-1,18	-1,00	-1,19	-1,97	-2,07

Tableau 9.5.5.5 Evaluations de l'indice du PMV à Vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.5.5.5 Valeurs du PMV au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga. Source : Auteur, 2014.

La simulation avec envi-met, nous a guidé à la lecture suivante :

Le vieux Tolga a enregistré un PMV minimum pendant la journée à 08h00 avec $\Delta PMV_{\min} = -2,28$, qui se rencontre avec la température minimale de la météo ($T_{\text{air}} = 4,9^{\circ}\text{C}$). Par contre le maximum relevé était à 14h00 avec $\Delta PMV_{\max} = -0,33$, ce qui est représentatif d'une zone de confort, notamment le point p1 qui montre la valeur neutre (0,33). A vrai dire le quartier a eut un $PMV_{\text{moy}} = -1,3$ qui explique un stress thermique d'un froid léger pendant une belle période de la journée.

L'évolution des valeurs de PMV était relative au degré d'ensoleillement et la durée d'exposition au flux solaire, en affirmant que la période étalée entre 12h00 et 16h00 représente la période légèrement froide au cours de la journée, y compris la durée de la satisfaction thermique (zone de confort). Nous pouvons rajouter que les heures nocturnes indiquaient toujours une valeur de froid, ce qui explique une rapidité de l'intervention des surfaces ombragées.

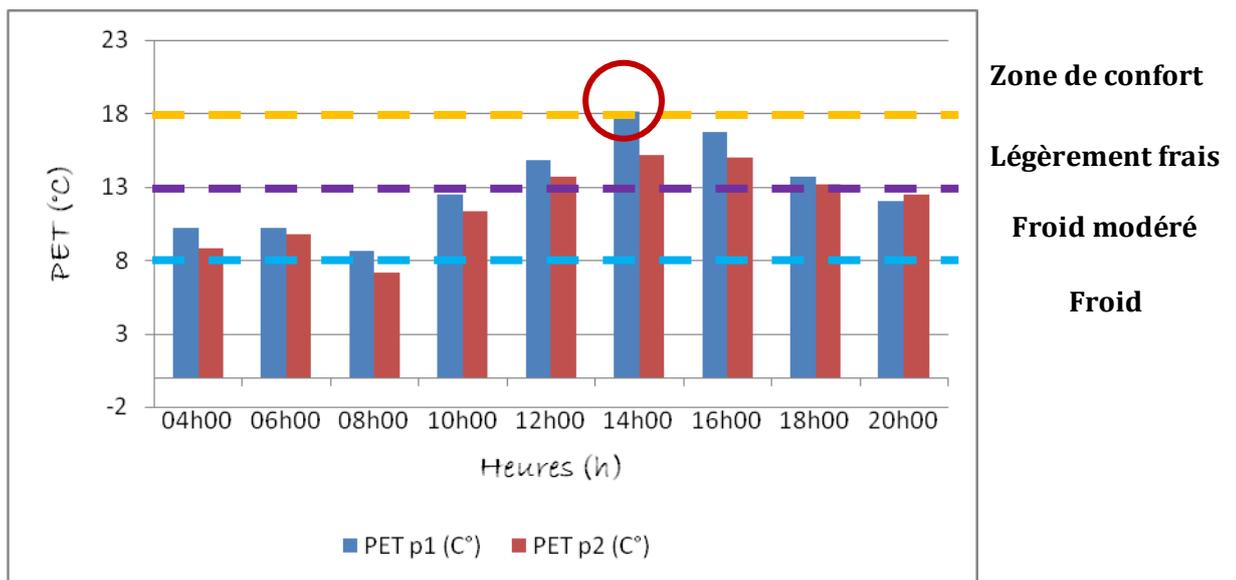
La palmeraie qui cerne notre périmètre d'investigation influe progressivement sur le confort thermique au sein du quartier en créant des vagues de fraîcheurs, et notamment avant et après le lever du soleil (période nocturne) ; ce qui explique une autre intervention

concrétisée par les effets des végétaux (humidification) de l'atmosphère au cours de cette période.

Ce qui est à signaler, le vieux Tolga comme tous anciens tissus de la région aride représente une figure de protection contre les vents incidents qui coulent et spécifiquement l'après midi. Le quartier n'a pas été soumis aux effets du vent ; ces derniers ont été remarquables au quartier 150 logements. Le résultat de la protection face aux effets aérodynamiques engendre la création de zones dites confortables vis-à-vis les paramètres climatiques journaliers enregistrés.

Quartier: Vieux Tolga 21/01/2014									
Heure	04h00	06h00	08h00	10h00	12h00	14h00	16h00	18h00	20h00
PET p1 (°C)	10,2	10,2	8,6	12,5	14,8	18,1	16,7	13,7	12
PET p2 (°C)	8,8	9,8	7,2	11,3	13,7	15,2	15	13,2	12,5

Tableau 9.5.5.6 Evaluations de l'indice de PET à Vieux Tolga
Source : Auteur, 2014.



Graph 9.5.5.6 Valeurs de PET au cours d'une journée d'hiver (21/01/2014) au vieux Tolga. Source : Auteur, 2014.

Le calcul de la température physiologique équivalente enregistre un minimum de PET à 08h00 avec $\Delta\text{PET}_{\min} = 7,9^{\circ}\text{C}$, et un maximum à 14h00 avec $\Delta\text{PET}_{\max} = 16,6^{\circ}\text{C}$. Le point p2 a relevé les valeurs les plus basses pendant la journée dont une moyenne de $\text{PET}_{\text{moy p2}} = 11,2^{\circ}\text{C}$. Une zone de confort a été enregistrée à 14h00 au niveau du point p1 avec $\text{PET} = 18,1^{\circ}\text{C}$, et qui est relatif à la durée d'exposition au soleil.

A vrai dire une sensation de froid léger pendant presque toute la journée avec une moyenne $\Delta\text{PET}_{\text{moy}} = 12,2^\circ\text{C}$. Le point p1 qui représente un espace peu ouvert relève des valeurs plus au moins élevées par rapport au p2 qui préfigure une ruelle ($< 3\text{m}$) et qui était ombragée pendant un bon temps de la journée.

La configuration spatiale organique du vieux Tolga a participé positivement comme frein des courants d'air froids, ce qui a créé un microclimat plus ou moins confortable.

Pendant cette période hivernale, nous avons enregistré un impact faible de la part des matériaux de construction au sein du quartier, suite à l'obtention des valeurs basses de la PET malgré une bonne exposition au soleil (notamment p1) ; Nous rejoignons ce résultat à la bonne protection et la forte densité du site, qui a suspendu notablement l'exposition au soleil à l'intérieur des ruelles.

Il est à signaler que la palmeraie elle aussi est considérée comme facteur de protection contre les vents, et de la régularisation thermique du quartier par le phénomène de l'humidification de l'atmosphère. Vieux Tolga est considéré parmi les quartiers les plus froids malgré l'absence de courants d'air froids, ce qui indique le rôle qu'a joué la structure bâtie dans la diminution d'énergie solaire absorbée et restituée. Les surfaces ombragées étaient un point important qui caractérise notre site investigué, ces points participent énormément à la réduction des températures ambiantes.

Le rapport entre TMR et PET était très significatif dans lequel la baisse des valeurs de la PET fait de la baisse de celles de la TMR. Cependant nous tenons à valoriser les aspects morphologiques et leur corrélation avec les données microclimatiques obtenues comme suivant :

- Une grande relation entre prospect (H/W) et confort thermique celui qui a été évalué par le biais de la TMR et la PET (notamment sur la deuxième station).
- La participation des matériaux de construction n'avait pas une grande importance sur le bilan thermique du quartier, ce qui explique la valeur de l'influence des ombres sur le niveau du réchauffement des matériaux de constructions.
- L'impact lié à la palmeraie encerclée face à la réduction des passages des vents incidents (froids), certes le vieux Tolga ne connaît pas beaucoup de pénétration aéraulique. Cela favorise le taux de réchauffement des ruelles en cette période d'année c'est-à-dire que le quartier se refroidit d'une grande partie par le biais de l'ombre et l'humidification générée de la palmeraie et les ruisseaux d'eau.

5.4. Conclusion :

Quartier	Prospect (H/W)	Orientation	T _{air max} (°C)	V _{air} (m/s)	TMR _{max} (°C)	PET _{max} (°C)	PMV _{max}
Hai El Moudjahidine (CES= 0.41)	0.6	S-E	17.8	0.29-4.3	23.7	19.8	0.56
	1.2	E-O	17.9	0.29-1.54	20.4	15.9	-0.93
	1.3	N-S	18.5	0.29-1.23	21.3	16.3	-0.92
Sidi Rouag (CES=0.58)	0.3	E-O	18.1	0.37-1.58	21.8	13.7	-1.29
	0.2	S-E	17.1	0.31-3.5	21.9	15.1	-1.52
	0.7	S-E	18.2	0.31-0.85	20.7	14.8	-1.52
150 logts CNEP (CES=0.18)	0.3	E-O	16.2	0.43-2.48	19.8	12.4	-1.52
	0.8	N-S	16.4	0.67-4.7	20.9	13.5	-1.27
	/	N-S	15.8	0.60-1.2	22.1	13.5	-1.44
Rassouta Ouest (CES=0.68)	1	N-S	17.3	0.57-3.9	20.7	18.2	0.58
	0.5	N-S	16.5	0.51-4.3	20.6	19.9	0.92
	0.4	E-O	16.1	1.32-4.8	19.2	18	0.75
Vieux Tolga (CES=0.60)	1.3	N-O	19.1	0.50-1.00	20.9	18.1	0.33
	2.4	N-O	17.1	0.60-1.60	19	15.2	-1.00

Tableau 9.7 Tableau récapitulatif des données morphologiques et climatiques des différents quartiers
Source : Auteur, 2014.

Dans cette partie d'hiver, nous venons d'établir une évaluation thermique des différents quartiers choisis. Il est à affirmer que l'aspect thermique aux espaces extérieurs ne constitue pas une grande contrainte pour l'homme et leurs préoccupations, dans laquelle on a défini quelques zones de confort (suffisance thermique) notamment pendant la période de l'après midi. Ainsi, vu la corrélation entre la TMR et la PET nous assurons que les espaces les plus exposés font les points les plus confortables (voire une accumulation d'énergie au sein de ces endroits), ceci a permis d'un réchauffement temporaire d'un nombre d'endroits dans les quartiers. Les vents ou les courants d'airs frais circulants durant cette période confèrent un facteur primordial dans la détermination de la qualité thermique (agréable ou froide).

Pour l'activité humaine, l'hiver ne représente pas un handicap pour les gens, c'est-à-dire que tout se déroule dans le cycle quotidien ordinaire et malgré la fraîcheur de la matinée (même si c'est à la proximité de la palmeraie), ce qui explique que la canopée urbaine ne fragilise pas le caractère dynamique de la vie quotidienne à Tolga.

Une comparaison entre lieux visités traduit fidèlement la différence de sensation thermique extérieure, dans laquelle le rapport d'aspect se conjugue inversement avec les données climatiques récoltées durant notre campagne de mesure.

Conclusion générale :

Conclusion :

Monde urbain !! On est tous confrontés à cette dynamique de vie rapide, développée, mais autant agressive. Nos villes actuelles croissent brutalement comme s'elles ne connaissent guère des limites, répondant aux besoins infinis des exigences exclusives. La thématique présente a tenté d'aborder une corrélation fondée entre espace urbain et confort thermique extérieur depuis les premiers temps, dans laquelle ce rapport s'est effondré sous le poids de l'agressivité des politiques urbaines et architecturales qui tentent d'améliorer le cadre vital. L'interaction ville-climat, elle est devenue vraiment une réalité délicate qui dicte des enjeux mondiaux dans sa majorité pour résoudre ce déséquilibre résolu au niveau de la qualité thermique et environnementale des villes. Plusieurs recherches récentes à l'échelle internationale, visent à développer l'espace extérieur urbain en ayant soin de créer le confort et le bien être visé, par la prise en considération des paramètres microclimatiques qui jouent un rôle primordial dans la détermination de la qualité de ces espaces, et dont plusieurs critères tels que la géométrie urbaine, la présence ou l'absence de la végétation, les plans d'eau, la nature des matériaux de construction notamment du point de vue réflectivité (albédo) et beaucoup d'autres facteurs interviennent pour élaborer et caractériser la nature de ces espaces. A la lumière de cette problématique, notre recherche est initiée sur la relation qui connaît le tissu urbain, et confort thermique extérieur en s'appuyant sur la détermination véridique de la forme spatiale en opposition à son bilan thermique et comment avoir une formule, dans laquelle le but crucial est d'avoir une logique d'usage de la part de l'homme dans son milieu immédiat.

Le processus du travail a nécessité une répartition des entités prélevées pour le diagnostic, celles qui ont des rapports directs avec l'environnement urbain où on puisse accéder à la qualification du tissu, de la morphologie, de la densité, et la géométrie spatiale, ainsi qu'une deuxième catégorie de critères qui est relative au climat local (microclimat) appartenant à une ville faisait partie de la zone aride, désertique caractérisée par les périodes chaudes et sèches, en l'occurrence la ville de Tolga, capitale du périmètre oasien du Zab Gharbi de la région des Ziban (Biskra). Nous essayons donc à revaloriser le lien entre l'homme et espace extérieur, ce qui représente un divorce dû forcément à la mauvaise qualité urbaine des villes récentes; cette démarche est établie via une collecte de données sur terrain (voire les quartiers évoqués) puis on développe l'ensemble sur la base d'une simulation numérique ayant pour objectif d'évaluer l'état thermique réel au niveau de ces sites.

A vrai dire la recherche est répartie en deux volets, en commençant par la partie théorique ou nous avons émit une étude bibliographique profonde articulée autour d'une gamme de concepts précis, dans laquelle cette phase est subdivisée en trois thèmes primordiaux qui se diffèrent selon l'axe de recherche sous formes de chapitres indépendants. En premier lieu notre étude se fait converger vers l'évocation des tissus urbains en termes de système, d'éléments constitutifs, de formes, et d'évolutivité ceux qui définissent les caractéristiques cruciaux des mondes urbains, en se référant aux idéologies et les approches proclamées par les spécialistes du domaine de chaque pays et chaque temps. Il est impératif de donner des critères ayant pour but de la catégorisation des tissus urbains afin de les classer raisonnablement, parmi ces critères nous avons énuméré la densité urbaine, la géométrie

spatiale celle-ci est propre à la rue, compacité bâtie et matériaux de construction, tout en englobant une méthode de classification.

Pour le deuxième axe, on a accédé à la partie réservée au climat, microclimat, et confort thermique extérieur celui qui fait notre thématique de recherche ; Cependant il était nécessaire de mettre l'accent sur le mécanisme climatique mondial, les zones climatiques, puis en passant de macro au micro pour définir la notion du microclimat et phénomènes générés en interaction avec la masse bâtie, tels que l'îlot de chaleur urbain, effets aérodynamiques...etc. A la clôture de cette série, on a abordé tant de point du confort thermique précisément extérieur, ou subissent plusieurs facteurs (rayonnement solaire, température d'air, humidité, et vitesse d'air) qui font l'objet des paramètres environnementaux ; en revanche l'activité, l'habillement, et la physiologie ceux qui représentent les critères personnels propres à l'individu, en se basant sur ces différents indices dans lesquels nous appuyons pour notre étude.

L'accès à la relation entre tout ce qui est urbain et tout ce qui est climatique est bien mis sous la formule de l'influence des bâtiments sur la qualité thermique extérieure. Dans ce propos, l'impact de la ville sur le climat a été envisagé à une échelle que nous avons qualifiée de microclimatique, en nous plaçant au niveau de la rue, du quartier, et tout espace urbain, les interactions entre l'environnement bâti et le paysage urbain sont immédiates et peuvent induire des phénomènes qu'il est nécessaire de bien comprendre de manière à pouvoir faire des propositions constructives pour diminuer, voire supprimer les conséquences néfastes d'un aménagement non réfléchi. Ainsi, nous avons dû passer en revue les différents phénomènes physiques de transfert de chaleur en milieu urbain. Cette connaissance théorique, a permis de définir certaines notions et a mis en exergue la complexité des échanges présents en ville. En analysant les principaux résultats d'études menées dans le domaine de la micro-climatologie urbaine, nous avons pu mettre en évidence le comportement thermo-aéraulique de certaines rues, et relever certaines spécificités du microclimat comme l'îlot de chaleur urbain. Des tentatives de caractérisation de ce phénomène visent à le relier soit à la géométrie des rues soit à la population. Ces indicateurs n'apportent qu'une vision statistique d'événements critiques et ne permettent pas d'analyser le microclimat urbain dans son ensemble. Les différentes recherches dans ce domaine s'appuient généralement soit sur des campagnes de mesure, soit sur des essais en soufflerie ou soit sur des simulations numériques. Cette dernière technique nous semble la plus intéressante et avant de présenter notre contribution à ce domaine dans la deuxième partie de ce document, nous avons cherché à recenser les outils de simulation les plus adaptés vis-à-vis de nos préoccupations. Les niveaux de complexité différents et des logiciels semblent déjà prêts à passer au stade d'analyse de projet même si de nombreuses hypothèses simplificatrices n'apportent qu'un éclairage partiel de la réalité.

Le microclimat étant alors appréhendé dans son intégralité par les relations entre le climat, le bâti et la végétation, il était alors possible d'envisager l'interaction entre ce point et l'homme. Ainsi, l'analyse des échanges thermiques entre l'individu et son environnement a permis d'aborder le confort thermique en espace extérieur. Après une présentation des différents paramètres intervenant dans les transferts de chaleur et au niveau de mécanismes

de thermorégulation de l'être humain, nous avons rappelé certains indices de confort ou de stress thermique en espace intérieur, et surtout nous avons essayé de présenter des extensions ou des pistes à suivre permettant de caractériser cette notion complexe en extérieur. L'intégration des échanges radiatifs dans la température radiante moyenne est une des possibilités sur laquelle nous avons insisté. Les différents indicateurs proposés pour la caractérisation des situations de confort en extérieur ne doivent pas être considérés comme des éléments validés qui apportent une valeur précise, mais ils doivent servir à des analyses comparatives et paramétriques permettant de mettre en correspondance plusieurs aménagements, afin de retenir celui qui est le plus intéressant.

Le deuxième volet qui se concentre sur la partie analytique de la ville de Tolga prend en soin la représentation du cas d'étude comme entité globale, puis en évoquant les échantillons focalisés pour la campagne de mesure. Tout d'abord l'oasis de Tolga a été abordée dans sa totalité, voire sa position géographique, ses limites, ses potentialités naturelles (hydriques, agricoles, climatiques), aussi bien démographiques. Dans ce qui concerne l'aspect climatique, on s'est mis à collecter toutes les données possibles afin d'envisager la qualité climatique de la région notamment sur la table de la détermination des zones climatiques (sous-chauffe et surchauffe) qui ont été choisies dans le but de l'expérience ; pour cette raison nous avons fait référence à la station météorologique de l'aéroport de Biskra. Puis l'étude nous amène à découvrir la genèse de la ville de Tolga, celle qui faisait partie de la civilisation numide puis elle connu son essor à l'aube de plusieurs dynasties (romaine, byzantine, et musulmane) à travers lesquelles l'oasis fut développée, changée et reformée. En outre, la colonisation française a eut une grande part sur la stratégie urbanistique de Tolga en créant la nouvelle ville dotée de la voie ferrée et fondée autour du noyau de Rassouta dont le plan est un damier, tout en finissant par la ville actuelle, sa dimension urbaine, ses formes, et ses enjeux tels que la qualité, la faisabilité, le foncier, et aussi la bioclimatique de la cité. Dans ce contexte, on a essayé de conférer un ensemble d'échantillons (tissus urbains classés) choisis en termes historiques, la densité urbaine (prise via la détermination du coefficient d'emprise au sol CES), et la géométrie spatiale (prospect H/W, orientation...), ce qui a fait naître cinq tissus ; ancien noyau (vieux Tolga), quartier colonial (Rassouta Ouest), auto-construit planifié (Hai El moudjahidine), le non planifié (Sidi Rouag), et enfin le collectif (150 logements C.N.E.P), dans lesquels on a mené nos campagnes de mesures dans les deux périodes. Cependant ces relevés sont acquis par le biais d'un matériel portatif dont l'acquisition est instantanée.

Il est impératif de rappeler que la question annoncée sur la langue de la problématique était de vérifier et d'approuver l'impact microclimatique dû à la morphologie urbaine ; ceci n'était pas aussi direct mais il était à travers un croisement de données qu'elles soient urbaines ou climatiques pour déclarer le résultat.

Les campagnes de mesure ont permis d'obtenir une qualification ou une évaluation logique des paramètres microclimatiques au sein des quartiers investigués, en délimitant les différents seuils de températures d'air, températures globe, humidités relatives, et vitesses d'air eux qui font les variables nécessaires pour une évaluation de confort thermique aux espaces extérieurs. A vrai dire les valeurs prises ont bien ordonné la qualité urbaine de

chaque quartier, dans lesquelles on a substitué des effets produits selon la dimension morphologique (prospect, densité, orientation, et la physique matérielle) ceux qu'on peut réordonner comme suivant (en se basant sur la période estivale) :

- Une baisse légère de la température ambiante au niveau du vieux Tolga qui est une conséquence de l'étroitesse et la sinuosité des rues, et la densification du tissu, c'est-à-dire que le site a largement profité des espaces ombragés par le biais des critères cités.
- La palmeraie joue le rôle de protection des flux solaires, et les vents incidents notamment ceux qui viennent du sud-est. En outre, l'humidification confère un autre facteur de rafraichissement d'atmosphère (taux élevé pris en hiver en rapport des autres).
- Un piégeage énergétique puissant relevé au niveau du Hai El moudjahidine (troisième point), ce qui reflète qu'une rue canyon ($H/W= 1.3$) a accumulé une quantité assez importante d'énergie due au rayonnement (voire l'emménagement des rayons).
- La faible densité urbaine du quartier des 150 logements C.N.E.P a entraîné des seuils très élevés soit de la température d'air ou la moyenne radiante, ce qui explique le stress thermique porté à cet endroit (en plus de détail dans ce qui convient).
- Effet de refroidissement et de sur-échauffement rapide au sein des quartiers Sidi Rouag et Rassouta ce qui font un résultat absolu de l'orientation des rues, dans lesquelles on a obtenu des valeurs changeantes pour le moindre changement météorologique (cas de la première rue à Sidi Rouag $H/W= 0.3$ et la troisième de Rassouta $H/W= 0.4$) orientées vers la direction Est-Ouest. Cet effet est relatif à un double impact, ceci qui est contribué des courants d'air, autant que la valeur du rayonnement solaire qui accède à l'intérieur de la rue.
- Thermiquement, les matériaux de construction participent notablement à la hausse des températures, donc il est impératif qu'ils soient responsables par leurs interventions thermiques (réflectivité et restitution) connu sous la notion de l'albédo.
- Le phénomène de l'îlot de chaleur urbain est bien présent pour tous les quartiers, sur lequel on a constaté des reports clairs entre données in situ et données de la station météorologique (aéroport de Biskra).

Pour la période de sous-chauffe (première campagne de mesure) celle-ci ne constitue guère la même rigueur que celle de l'été ou nous avons prélevé des zones de confort au niveau des quartiers, malgré les baisses de températures prises, ce qui affirme que le tissu lui-même améliore la qualité thermique y compris le stress thermique, via l'accumulation favorable des rayonnements et la minimisation des effets aérauliques.

La démarche expérimentale ne s'arrête pas seulement sur le niveau des paramètres climatiques, mais elle s'étale ainsi spécifiquement sur l'identification de la qualité du confort thermique extérieur. Le travail a eu une nécessité d'une simulation numérique par le biais du programme tridimensionnel « Envi-met 3.1 », ce qui a permis l'obtention des indices de confort thermique tels que le PMV (vote moyen prévisible) et la PET (température physiologique équivalente) aussi bien que la température moyenne radiante (TMR), et de revérifier les résultats de la campagne de mesure. Cependant il était impératif de certifier que la qualité thermique au niveau des quartiers était bien différente ; dans lesquels les valeurs soit du PMV ou la PET ont été variables d'un point à l'autre. Ce qui était remarquable c'est la forte corrélation de la PET et la TMR notamment pendant l'été dans l'objectif essentiel est d'avoir une lecture claire des perturbations existantes depuis les points mesurés en rapport direct avec la morphologie de l'espace.

Durant la période estivale qui correspond à la zone de surchauffe, l'étude n'a pas abouti à une zone de confort (voire une suffisance thermique) sur les cinq sites évoqués. Animé par les valeurs du PMV et la PET le confort thermique estival est classé non-concrétisé : PMV moyen des quartiers est de $3.07 < PMV_{max} < 6.1$ ce qui fait un état de chaleur extrême. Il est à déclarer que le vieux Tolga est le moins chaud relativement des autres malgré son état chaud (Précédemment confortable). Tandis que la PET elle aussi prédit des périodes extrêmement chaudes en corrélation forte avec le prospect H/W et la TMR ($45.3^{\circ}C < PET_{max} < 61^{\circ}C$) dans lesquelles la minima est prise au vieux Tolga et la maxima est retenue aux 150 logements, en approuvant notre hypothèse qui dicte l'intervention positive de la forte densité, un rapport d'aspect H/W élevé. L'objectif primordial de la simulation est d'affirmer notre hypothèse qui annonce que la configuration spatiale du quartier véhicule la qualité thermique extérieure d'une manière changeable d'un endroit à l'autre, en se référant aux valeurs thermiques et morphologiques dépendantes l'une de l'autre.

- La rue dégagée, la rue dièdre, et la rue canyon, chacune d'elles identifie son état thermique, plus l'ouverture au soleil était basse plus on requit un taux minimum du rayonnement solaire, ce qui est bénéfique pour l'existence d'une zone de confort, ce raisonnement était clairement préfiguré entre vieux Tolga et 150 logements en termes de densité et physiologie.
- Notre protocole expérimental confirme qu'une configuration spatiale spécifique a une influence principale sur le bilan thermique ce qui a été démontré dans la partie pratique de la recherche ; un rapport d'aspect élevé (H/W= 2.4) rassure cette hypothèse dans lequel les valeurs du PMV et la PET sont les plus basses.
- Une orientation quelconque est un paramètre nécessaire à la régularisation du confort thermique extérieur, pour cela les résultats se varient temporellement d'un point à l'autre.

- La zone de sous-chauffe, représente une période considérée comme confortable (voire les zones de confort qu'on a obtenu), ce qui fait une manifestation positive entre la masse physique du tissu et la quantité du rayonnement propagée. Cependant l'activité humaine se déroule ordinairement durant une période suffisante de la journée, sauf les points qui risquent d'être froids via la valeur d'ombrage portée à ce niveau du quartier.
- Aussi bien, les matériaux de construction qui font la couverture agissent significativement sur l'aspect thermique, ou le stress thermique était à son sommet au cours de l'été en raison de l'exposition au soleil comme degré de réflectivité et restitution.

Recommandations :

Même si notre premier objectif est d'analyser, et diagnostiquer les tissus oasiens dans leur qualité thermique qui semble être contractée du symptôme de l'agressivité spatiale, il est impératif d'envisager un ensemble de recommandations dans le but d'améliorer cette nécessité, sur la base des résultats obtenus par le biais de l'étude, ceci encouragera un acte pour une meilleure gestion urbaine et architecturale au niveau de la ville de Tolga. Pour cette opération ambitieuse on a tenté de recommander les points qui conviennent :

- Il est primordial que la politique algérienne sur le plan urbanistique et architectural prenne en rigueur la dimension climatique au cours de l'étude des projets (voire la phase avant projet) ; cette pièce manquante a posé tant d'enjeux sur la qualité de nos villes notamment du sud, soit sur la forme spatiale ou thermique.
- Le retour à l'image passéiste des anciens établissements humains du grand sud, fera un bon itinéraire pour la concrétisation de projets adéquats qui seront adaptables aux régions désertiques. La densification, la compacité, et l'étroitesse font les ingrédients essentiels à cette procédure urbaine, dans laquelle l'objectif est la protection solaire comme aussi la préservation calorifique au sein des rues (ruelles). Il est à signaler de ne pas confondre, que les propositions dictées s'acclimatent aux besoins de la vie actuelle tenant compte de la différence socio-économique entre tranches sociales anciennes et présentes. Dans ce cadre, nous citons que cette démarche ne doit pas rester sur le plan utopique, en témoigne la ville « **Masdar city** » de N. Foster à Dubaï, **la cité agricole** de R. Bofill à Bechar, comme ainsi l'expérience du **ksar de Tafilelt** à Ghardaïa, en adoptant une des sources universelle celle de l'architecture des pauvres de H. Fathi en Egypte.
- Un travail qui consiste une planification urbaine ne s'arrêtant pas sur le plan théorique, c'est-à-dire qu'il faudrait employer tout facteur tel que le rapport d'aspect (H/W),

coefficient d'emprise du sol (CES), coefficient de forme, afin de rationaliser les droits de bâtir.

- Il est impératif de revaloriser l'avantage de l'existence des palmeraies aux villes oasiennes, en affirmant que le bénéfice sera avec un double impact ; en premier lieu pour une ceinture protectrice à nos tissus dans lesquels le palmier soit un élément de rafraîchissement et d'ombrage. En deuxième lieu sera un atout économique ce qui permettra un essor de la production des produits agricoles dans toutes ces diversités.
- Un usage rationnel des matériaux sains, moins réfléchissants dotés de couleurs claires (d'un haut-albédo) ce qui minimisent la quantité énergétique restituée à l'atmosphère. En limitant les effets des surfaces au sol pavées et foncées à faible albédo peuvent être réalisés en fournissant l'ombre par l'utilisation de la végétation. Le rapport végétation/espace bâti de 60/40 devait améliorer l'aspect thermique vis-à-vis du comportement des matériaux utilisés.

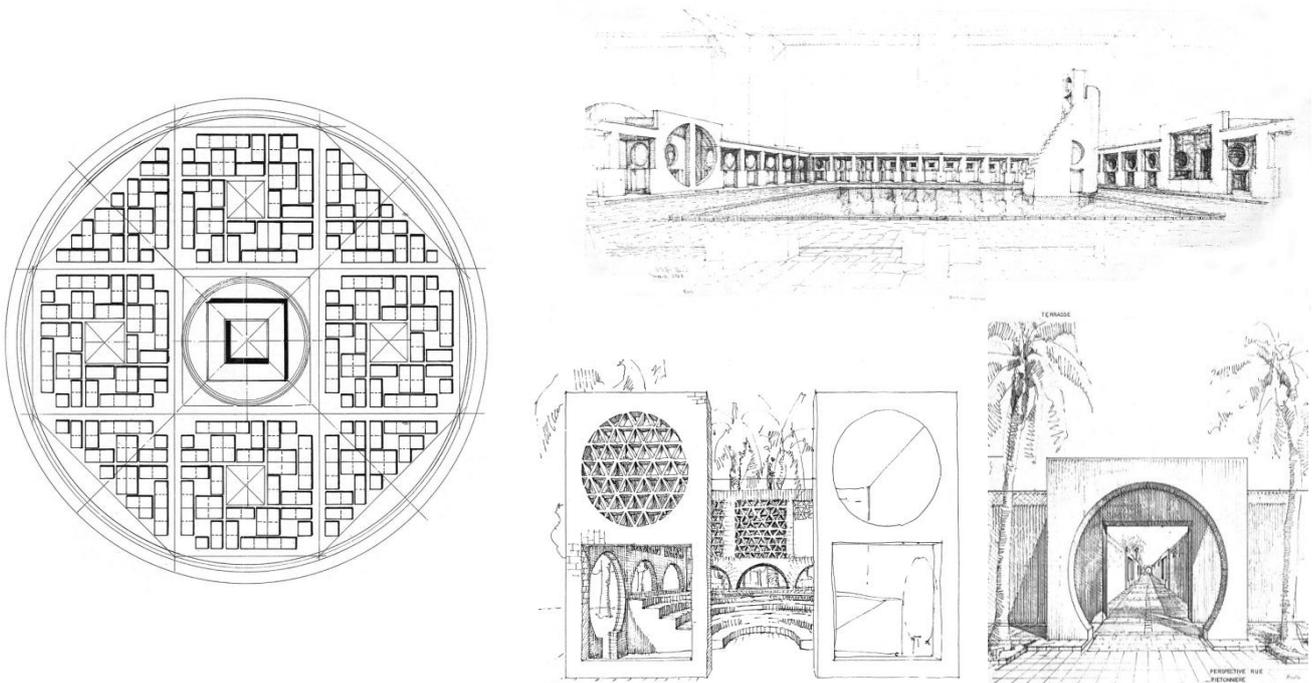


Figure 9.10 Plan et perspectives illustrent le village agricole de la ville d'Abadla à Béchar (Algérie)
Source : Ricardo Bofill, Taller de Arquitectura 1980.

☞ Le petit village agricole conçu par le célèbre architecte Catalan Ricardo Bofill, celui qui a donné naissance à une nouvelle génération des villes-oasis émergées au cœur du Sahara algérien. Il est principalement fondé sur la base de la combinaison d'habitations intraverties en créant une surface intime entre demeures et jalonnées de galeries, celles qui s'expriment sous la dimension des rues couvertes. Le site

s'ouvre sur son noyau central qui est constitué d'une place publique, abrite tout ce qui est commerce, rencontre, et culte. Bofill a essayé de s'inspirer depuis la Médinas maghrébine jadis en insérant des logiques urbaines et architecturales locales, celles qui se marient largement avec le besoin socioculturel de cette tranche de société musulmane méditerranéenne.



**Figure 9.11 Images préfigurent la structure urbaine du nouveau ksar de Tafilelt à Ghardaïa (entre habitation, rue et passage).
Source : Auteur, 01/2012.**

- ☞ Ksar de Tafilelt, une expérience urbanistique enrichissante, soulignée par la doctrine Ibadite, et conçue par le génie Mozabite. Sur les buttes de la ville de Ghardaïa, la nouvelle cité surplombe une hauteur qui se réfère à celle des cinq anciens ksours. Le projet de Tafilelt s'appuie sur une série de lois principalement liées à la société Mozabite, telles que :
 - La contribution des institutions sociales traditionnelles. la proposition d'un environnement rationnel de l'habitat.
 - L'implication de l'homme – surtout dans sa dimension culturelle – dans la mise en œuvre de son foyer.
 - L'interprétation consciente de l'héritage architectural ancien.
 - L'implantation impérative dans un milieu rocheux pour préserver l'écosystème des oasis qui est très fragile.

Limites de recherche :

Il est temps de dire qu'une recherche scientifique quelconque restreinte, finira toujours de poser de nouvelles interrogations. Dans ce propos, notre étude de magistère préfigure des limites qui sont relatives à plusieurs causalités, nous les énumérons comme suit :

Pour l'étude récente, il était impératif d'avoir des données climatiques comme référence majeure, requises depuis une station météorologique ce qui était le cas pour celle de l'aéroport de Biskra. Néanmoins, la préférence c'est d'avoir ces résultats depuis la ville de Tolga pour des raisons de fidélité des résultats, ce qui était impossible à obtenir à cause de l'indisponibilité d'une station de météo pareille à notre champ d'étude.

Au niveau des campagnes de mesures, les opérations n'ont pas pu s'étaler sur une grande période durant les mois travaillés (janvier et juillet), pour permettre une évaluation fidèle des reports de confort thermique (intervalle suffisant). Les causes se concentrent sur le nombre d'échantillons (cinq quartiers), le nombre d'heures mesurées (neufs prises), et aussi la durée légitime pour le prêt des instruments ceux qui nécessitent une grande période pour une meilleure stratégie voire des résultats assez précis.

La mesure des températures surfaciques (sols, murs, toitures...etc.) n'a pas été atteinte, car elle était proposée comme point essentiel pour l'étude, après avoir retenu les autres valeurs des paramètres climatiques (température de l'air, température globe, humidité relative et vitesse d'air).

La simulation numérique reste toujours limitée dans le cadre de la recherche illustrée, dans laquelle il était préférable avoir une démarche d'intervention tridimensionnelle faite par l'auteur via une modification conceptuelle sur le plan existant dans le but d'obtenir une réflexion profonde pour une intervention morphologique positive.

Futurs axes de recherches :

Dans le propos du sujet passionnant qu'on a attribué, nombreux sont les objectifs futurs qui nous ambitionnent à traiter, car puis on apprend plus on découvre tant de choses ambiguës qui restent à éclairer :

- Il est nécessaire d'un approfondissement de la connaissance du confort thermique au niveau des espaces extérieurs, dans laquelle nous voulons accéder à un rajout des indices (OUT_SET, OT...) pour une évaluation précise et rationnelle.
- On sera obligé de mettre les comportements associés aux matériaux de construction à la futur recherche, afin d'englober la problématique dans toute ses figures, en plus une connaissance des aspects thermiques de la masse bâtie nous permettra à reformuler nos équations qui sont basées seulement sur le prospect et la densité urbaine.

- Notre objectif sera pour la recherche des facteurs que nous les surnommons facteurs morpho-climatiques, fondés sur la base de la détermination des rapports morphologiques en les imbriquant avec ceux du climat.
- La prochaine étude vise une dimension conceptuelle qui cherche à être fondée sur l'état réel par une rationalisation ou une législation d'un ensemble de préconisations qui facilitent aux intervenants ou les spécialistes d'avoir la démarche favorable pour un objectif pareil.
- Un besoin d'expérience qui prend la conception urbaine parmi ses priorités primordiales nécessite attentivement une étude profonde tout d'abord sur le compartiment de tel tissu, en se concentrant sur la forme basique des habitations au sein des régions arides et qu'elle soit une philosophie conceptuelle qui dépend du climat, des traditions, de l'aspect socioculturel, et de l'aspect économique. Cependant, il est indispensable d'évoquer la problématique par le biais des travaux de relevés sur terrain, des questionnaires et de développement numérique ou matériel (maquettes).

Bibliographie

Abdulac S. & Pinnon P. (1984), "Maisons en pays islamiques chaudes". Architecture d'aujourd'hui (A.A), n°167, <http://www.ifporient.org>.

Adolphe L., Maïzia M., Izard J.L., Lehtihet K., Boussoualim A., Aït-Ameur K., Châtelet A. (2002 a), "Le bâtiment et la ville". In : " SAGACités : Vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines. Rapport final". Laboratoire : GRECO. M.E.N.R.T.- Direction de la Technologie N° 99 V0532. France.

Aït-Ameur K. (2002), "Vers une méthode de caractérisation du microclimat dans les espaces publics urbains : Validation d'un système d'indicateurs « morpho-climatique » et d'un indicateur de confort". Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'université de Nantes, France.

Ali-Toudert F. (2005), "Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate". Berichte des Meteorologischen Institutes der Universität Freiburg. Nr 15. Freiburg.

Alkama D. (1995), "Analyses typologiques de l'habitat, cas de Biskra". Mémoire de magister, Université de Biskra.

Angers M. (1997), "Initiation pratique à la méthodologie des sciences humaines". Ed. casbah université, Alger.

ASHRAE 55 (1992), "Thermal environmental conditions for human occupancy". ASHRAE Standard, ashrae.org, 55-1992.

Athemna K. (2008), "Indicateurs pour l'analyse de la contribution d'un projet urbain à l'îlot de chaleur". Mémoire du master STEU, Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des Mines de Nantes, école supérieure d'architecture de Nantes.

Athemna K. (2012), "Modélisation et simulation des microclimats urbains : Etude de l'impact de la morphologie urbaine sur le confort dans les espaces extérieurs. Cas des éco-quartiers". Thèse de doctorat, Ecole centrale de Nantes.

Bagot J-D. (1999), "Information, sensation et perception". Ed. Armand Colin, Paris.

Baumuller J., Hoffmann U, & Reuter U., (1993), " Stadtbauliche klimafibel, Heinweize fur dieplanung, folge 2". Wirtschaftsministerium baden, Wurttemberg. Cités par Tabet Aoul K. (2000 b).

Becker S., Potchter O., Yaakov Y (2003), "Calculated and observed human thermal sensation in an extremely hot and dry climate". In : Energy and buildings. Vol. 35.

Beaufils B. (2003), "Statistiques appliquées à la psychologie, Statistiques inférentielles", Tome 2. 3^e édition. Ed. Bréal, Paris.

Belchun B. (1993), "Caractérisation polydisciplinaire d'une ambiance extérieure, Aspects méthodologiques". Mémoire de D.E.A. Université de Nantes (I.S.I.T.E.M.), Ecoles d'architectures de Nantes et de Grenoble, France.

Bennadji A., Izard J.L. & Côte M. (1998), "Adaptation microclimatique dans les zones arides". In : EPIC'98. 2e conférence européenne performance énergétique et qualité des ambiances dans le bâtiment et 3e conférence internationale sur la qualité de l'air intérieur, ventilation et économie d'énergie dans les bâtiments". Actes du colloque, Lyon 19, 21 novembre 1998.

Bennadji A. (1999), "Adaptation climatique ou culturelle en zones arides ". Thèse de doctorat, Université d'Aix-Marseille I, Université de Provence, U.F.R. des sciences géographiques et de l'aménagement, France.

Berger X. (1998), "Human thermal comfort at Nimes in summer heat". In : EPIC 98. 2e conférence européenne performance énergétique et qualité des ambiances dans le bâtiment et 3e conférence internationale sur la qualité de l'air intérieur, ventilation et économie d'énergie dans les bâtiments". Actes du colloque, Lyon 19, 21 novembre 1998.

Bethea D. & Parsons K. (2002), "The development of a practical heat stress assessment methodology for use in UK industry. Research Report 008". Loughborough University for the Health and Safety Executive, Leicestershire.

Borie A. & Danieul F. (1980), "Méthode d'analyse morphologique des tissus urbains traditionnels". Etudes et documents sur le patrimoine culturel, UNESCO.

Boukhabla M. (2010), "Impact de la géométrie des rues sur les fluctuations thermiques extérieurs, cas du lotissement El-houria Biskra". Mémoire de magister, Université de Biskra, département d'architecture de Biskra, Algérie.

Boussoualim A. (2002), " Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur -Etude de cas à Blagnac -". Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'université de Nantes, France.

Boutabba S.D. (2007), "Confort thermique urbain entre mesure et perception, étude de cas à Sidi-Okba". Mémoire de magister, Université de Biskra, département d'architecture de Biskra, Algérie.

Brüel & Kjaer (2003), "Thermal Comfort". INNOVA, Air Tech Instruments A/S. Denmark. In : " <http://www.innova.dk>".

Bureau of meteorology (2006), "About the WBGT and Apparent Temperature Indices". Australian Government. In : "www.bom.gov.au/".

Cabanat T. (2001), "La peau". Laboratoire du Dr. Thérèse Cabanat, Département des sciences biologiques, Université de Montréal. Canada. In : "Mapageweb.umontreal.ca/cabanat/".

Candas V. (2003), " L'homme dans son environnement climatique : facteurs d'influence, thermorégulation, sensibilité et confort thermiques". In : "Habitat, confort et énergie". Actes de la 13^e Journée du CUEPE, 22 mai 2003, Colloque du cycle de formation du Cuepe 2002-2003". Edités par Pierre Hollmuller, Bernard Lachal, Franco Romerio, Willi Weber. Centre universitaire d'étude des problèmes de l'énergie (CUEPE), Genève.

Capderou M. (1985), "Atlas solaire de l'Algérie. Tome 2". Office des Publications Universitaires, Alger.

Capderou M. (1986), "Atlas solaire de l'Algérie. Tome 3". Office des Publications Universitaires, Alger.

Charles K.E. (2003), "Fanger's Thermal Comfort and Draught Models". Institute for Research in Construction, National Research Council Canada. In : "<http://irc.nrc-cnrc.gc.ca/ircpubs/>".

Châtelet A. (1998), "Ambiance et écologie : La filiation historique dans la recherche architecturale française" In : "Ambiances architecturales et urbaines". Les cahiers de la recherche architecturale 42/43, 3^e trimestre 98. Ed. Parenthèses. Marseille.

Cheurfi A. (2011), "Dictionnaire des localités algériennes". Casbah Editions, Alger.

Colloque international Oran 1-3 décembre. (1987), "Les tissus urbains". Ed. ENAG, Alger.

Corroyer D. & Wolff M. (2003), "L'analyse statistique des données en psychologie, Concepts et méthodes de base". Ed. Armand Colin, Paris.

Côte M & al. (2005), "La ville et le désert. Le Bas-Sahara algérien". Ed. KARTHALA et IREMAM.

Courtot X. (1997), "Les disparités régionales en Algérie en 1987", mémoire de maîtrise, Université de Franche-Comté.

CSTB (1996), Cours de DEA "Ambiances Architecturales et Urbaines". École d'Architecture de Nantes. In : Boussoulim A. (2002), " Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur -Etude de cas à Blagnac -". Thèse de doctorat, Université de Nantes, Ecole polytechnique de l'université de Nantes, France.

Daas N. (2012), "Etude morphologique des agglomérations vernaculaires auressiennes". Mémoire de magister, Université de Batna, département d'architecture.

Darley A., Gwnaëlle Z., Lominé E. (2010), "Evolutivité des tissus urbains". Etude, Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile de France, Paris.

De Brouwer C. (1999), "Les ambiances thermiques". In : "www.ulb.ac.be/esp/lsttm/coursedb/chaleur.html".

de Dear R., Brager G. & Cooper D. (1997), "Developing an Adaptive Model of Thermal Comfort and Preference". Final Report, ASHRAE RP- 884. "Results of Cooperative Research between the American Society of Heating, Refrigerating and Air Conditioning Engineers, Inc., and Macquarie Research, Ltd."

Delaunay D. (1986), "Microclimat d'une rue". In "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique". Actes du colloque, Nante 24, 25 avril 1986.

Destobbeleire G. & Izard J.L. (1998), "Rôle de la végétation dans le microclimat urbain : Utilisation de la thermographie". In : EPIC'98. 2^e conférence européenne performance énergétique et qualité des ambiances dans le bâtiment et 3^e conférence internationale sur la qualité de l'air intérieur, ventilation et économie d'énergie dans les bâtiments". Actes du colloque, Lyon 19, 21 novembre 1998.

Dumaurier E. (1992), "Psychologie expérimentale de la perception". Ed. P.U.F. le psychologue, Paris.

Durand-Dastès F. (2000 a), "Climatologie", In : Encyclopédia Universalis 6 France S.A, CD Rom.

Durand-Dastès F. (2000 b), "Domaine aride", In : Encyclopédia Universalis 6 France S.A, CD Rom.

Durand-Dastès F. (2000 c), "Microclimats", In : Encyclopédia Universalis 6 France S.A, CD Rom.

- Raven P.H. Berg L.R. Hassenzahl D.M. (2008)**, "Environnement". Wiley, USA.
- Escourrou G. (1981)**, "Climat et environnement, les facteurs locaux du climat". Ed. Masson, Paris, New York, Barcelone, Milan.
- Escourrou G. (1991)**, "Le climat et la ville ". Ed. Nathan, Géographie d'aujourd'hui. Paris.
- Escourrou G. (1996)**, "Climat et microclimat urbains pollution atmosphérique et nuisances météorologiques localises". Institut d'aménagement et d'urbanisme, La région d'Île-de-France.
- Fischer N-G. (1997 a)**, " L'évaluation des environnements de travail : approche théorique et méthodes", In : Psychologie Française, Tome 42-2, pp. 139-147. Ed. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.
- Fluckiger M. et Klaue K. (1991)**, "Textes de base en psychologie, La perception de l'environnement". Ed. Delachaux et Niestle, Neuchâtel.
- Fouchier V. (1997)**, "Les densités urbaines et le développement durable. Cas de l'Île de France et des nouvelles villes. Ed. Secrétariat des villes nouvelles, Paris.
- Gandemer J. (1986)**, "Du diagnostique à l'expérimentation en soufflerie : Contribution à la conception des espaces urbains". In : "Conception des formes urbaines et contrôle énergétique". Actes du colloque, Nante 24, 25 avril 1986.
- Gandemer J. & Guyot A. (1976)**, "Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti". Ministère de l'Équipement, Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme. Paris.
- Gandemer J. & Guyot A. (1981)**, La protection contre le vent, Aérodynamique des brises-vent et conseils pratiques. CSTB. Nantes.
- Gilles R. (2004)**, "Physiologie animale". Laboratoire de physiologie animale, Faculté des sciences, Université de Liège In : "<http://www.ulg.ac.be/physioan/>".
- Givoni B. (1978)**, "L'homme, l'architecture et le climat". Ed. Le Moniteur, Paris.
- Google Earth (2013)**, "Logiciel de recherche géographique".
- Groupe ABC (1997)**, "Morphologie, végétal et microclimat urbains : cas d'Aix-en-Provence et Nîmes, Tome 2 : Les Mesures". École d'Architecture de Marseille - Luminy.
- Grundström K. Johansson E. Mraissi M. Ouahrani D. (2003)**, "Climat et urbanisme : La relation entre confort thermique et la forme du cadre bâti". Housing development & management, Lund University, Suède.

Guillou M. et Moingeon M. (1997), "Dictionnaire universel francophone". Ed. Agence francophone pour l'enseignement supérieur et la recherche & Hachette/Edicef. Paris.

Guyot G. (1997), "Climatologie de l'environnement : De la plante aux écosystèmes". Ed. Masson, Paris.

Hall E.T. (1971), "La dimension cachée" Ed. Du Seuil, Paris.

Hamel K. (2005), "La ville compacte : une forme urbaine d'une ville durable en régions arides". Mémoire de magister, Université de Biskra, département d'architecture.

Havenith G., Holmer I., Den Hartog E.A., Parsons K.C. (1999), "Clothing Evaporative Heat Resistance-Proposal for Improved Representation in Standards and Models". In : Ann. occup. Hyg., Vol. 43, No. 5, 1999. British Occupational Hygiene Society. Published by Elsevier Science Ltd.

Humphreys M.A. & Nicol J.F. (1998), "Understanding the adaptive approach to thermal comfort". Document ASRAE, SF 98-7-1.

Hui Sam C. M., (2001), "Building Design for Cold Climates". Department of Architecture, University of Hong Kong. In : "www.arch.hku.hk/~cmhui/teach/coldclim.ppt.

Ibn Khaldun, "Histoire des berbères et des dynasties musulmanes de l'Afrique septentrionale". Traduction de M.G. de Slane. nouv. Ed. P. Geuthner. Paris, 1982.

Izard J.L. & Lehtihet K., (2002), "La végétation urbaine". In : "SAGACités : Vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines. Rapport final". Laboratoire : GRECO. M.E.N.R.T.- Direction de la Technologie N° 99 V0532. France.

Judge J. (2003), "Psychrometric calculator : PsyCalc 98 version 3.0.5 ". Linric Company. Desiccant System Engineering and Technical Support Services. Technical Software Development and Programming. In : "www.Linric.com/webpsysi.htm"

Kaddache M. (1974), "L'émir Abdelkader". In : "Collection art et culture". Ed. Société Nationale d'Édition et de Diffusion (S.N.E.D.), Alger.

Kedissa C. (2010), "Impact de la géométrie des espaces extérieurs sur le microclimat urbain, cas des places". Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, département d'architecture et d'urbanisme Constantine.

Kouzmine Y. (2003), "L'espace saharien Algérien, Dynamiques démographiques et migratoires" Mémoire de maîtrise en géographie, Université de Franche-Comté, U.F.R Sciences du Langage, de l'Homme et de la Société, Institut de Géographie.

Laborde P. (1992), " Les espaces urbains dans le monde ".Ed. Nathan, Paris.

Lamberto C. (2005), "Thermorégulation". Documents pédagogiques U.F.R. Léonard de Vinci Santé – Médecine - Biologie humaine. Université de Paris 13. In : "[http:// www-smbh.univ-paris13.fr/](http://www-smbh.univ-paris13.fr/)".

Lavigne P., Brejon P., Fernandez P. (1994), "Architecture climatique, une contribution au développement durable, Tome 1". Ed. EDISUD.

Lehtihet K., (2002), "Traitement des images thermographiques". In : " SAGACités : Vers un système d'aide à la gestion des ambiances urbaines. Rapport final". Laboratoire : GRECO. M.E.N.R.T.- Direction de la Technologie N° 99 V0532. France.

Le Goff O. (1994), "L'invention du confort : naissance d'une forme sociale". Ed. Presses Universitaires de Lyon, Lyon.

Lotens W. A. (2007), "L'échange thermique à travers les vêtements". In : Encyclopédie de sécurité et de santé au travail". Quatrième édition française. Volume 2. Centre international d'information, de sécurité et de santé au travail (CIS). Organisation Internationale du Travail (OIT).

Lévy-Leboyer C. (1980), "Psychologie de l'environnement". Ed. Presses Universitaires de France (P.U.F.), Paris.

Liébard A. & De Herde A. (2005), "Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques". Ed. Le Moniteur, Paris.

Lynch K. (1991), "Images collectives de la cite". In "Textes de base en psychologie : La perception de l'environnement". Sous la direction de Fluckiger M. et Klaue K. Ed. Delachaux et Niestle, Neuchâtel.

Lynch K. (1999), "L'image de la cite". Ed. Dunod, Paris.

Malchaire J. (1998), "Ambiances thermiques de travail : Stratégie d'évaluation et de prévention / amélioration des risques liés aux ambiances thermiques de travail" Ministère Fédéral de l'Emploi et du Travail. Bruxelles.

Malchaire J., Kampmann B., Mehnert P., Gebhardt H., Piette A., Havenith G., Holmer I., Parsons K., Alfano G. & Griefahn B. (2002), "Assessment of the risk of heat disorders encountered during work in hot conditions". In : Int Arch Occup Environ Health (2002) 75. Springer-Verlag.

Malchaire J., Piette A., Kampmann B., Mehnert P., Gebhardt H., Havenith G., Den Hartog E., Holmer I., Parsons K., Alfano G. & Griefahn B. (2001), "Development and

Validation of the Predicted Heat Strain Model". In : Ann. occup. Hyg., Vol. 45, No. 2, 2001. British Occupational Hygiene Society. Published by Elsevier Science Ltd.

Mangin D., Panerai P. (1999). "Projet urbain". Ed. Parenthèses, Marseille.

Mansouri O. (2008), "L'influence de la réflectivité des matériaux (Albédo) sur la modification du microclimat et le confort thermique extérieur dans un canyon urbain, cas du Coudiat de Constantine". Mémoire de magister, Université Mentouri Constantine, département d'architecture et d'urbanisme de Constantine.

Maramotti I. (1997), " De la perception à l'évaluation du bruit et des vibrations", In : "Psychologie Française", Tome 42-2, pp. 169-174. Ed. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.

Mariaux P. & Malchaire J. (1990), "Le travail en ambiance chaude" Ed. Masson, Paris.

Martinet C. & Meyer J.P. (1999), "Travail à la chaleur et confort thermique" NS 184, Note scientifique & technique. Institut National de Recherche et de Sécurité (I.N.R.S.). In : "www.inrs.fr".

Markus T.A & Morris E.N. (1980), "Buildings, Climate and Energy" Ed. Pitman, London.

Matzarakis A. Rutz F. Mayer H. (2006), "Modelling the thermal bioclimate in urban areas with the Rayman model". The 23rd conference on passive and low energy architecture, Genève, Suisse.

Mazouz S. (2012), "Aspects énergétiques et bioclimatiques de l'architecture". Cours de première post-graduation en architecture. Département d'architecture, université de Biskra.

McPherson E.G., Rowntree R.A, Wagar J.A. (1994), "Energy efficient landscapes. Urban Forest Landscapes: integrating multidisciplinary perspectives". University of Washington Press. Seattle.

Merlin P. & Choay F. (1988), "Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement". Presses universitaires de France, Paris.

Merlin P. (1988), "Morphologie urbaine et parcellaire". Ed. Presses universitaires de Vincennes, Saint-Denis, Paris.

Millanoye M. (2002), "L'ambiance thermique". Ergonomie - Cours B1- CNAM ed. Paris. In : "www.cnam.fr".

Miller-Chagas P. & Paul P. (1980), "Configurations urbaines : apports énergétiques et microclimats, Etude des espaces extérieurs de trois ensembles à Strasbourg". Contrat de Recherche n° 78 61 015, Plan de Construction – ARIAS. CSTB, Nantes.

Ministère de l'habitat (1994), "Recommandations architecturales". Ed. ENAG / édition, Alger.

Moch A. & Moser G. (1997), " Psychologie environnementale : perspectives actuelles", In : Psychologie Française, Tome 42-2, pp. 103-106. Ed. Presses Universitaires de Grenoble, Grenoble.

Moles A. & Rohmer E. (1978), "Psychologie de l'espace". Coll. Casterman, Tournai.

Moran D.S., Pandolf K.B., Shapiro Y., Laor A., Heled Y. & Gonzalez R.R. (2003), "Evaluation of the environmental stress index for physiological variables". In : Journal of thermal biology. Vol. 28.

Morval J. (1981), "Introduction à la psychologie de l'environnement". Ed. Pierre Mardaga, Bruxelles.

Moser G. & Weiss K. (2003), "Espace de vie, Aspect de la relation homme-environnement". Ed. Armand Colin, Paris.

Mudri L. (2002), "Ambiances lumineuses". Ecole d'architecture de Paris-Belleville, Paris.

Nilsson H. (2004), "Comfort Climate Evaluation with Thermal Manikin Methods and Computer Simulation Models". Department of Civil and Architectural Engineering Royal Institute of Technology, Sweden, Department of Technology and Built Environment University of Gavle, Sweden. Ed. National Institute for Working Life, Stockholm, Sweden.

Noilhan J. (1980), "Contribution à l'étude du microclimat au voisinage d'un bâtiment". CSTB, Nantes.

Oke T.R. (1988 a), "Street design and urban canopy layer climate". Energy and building. Vol. 11.

Oke T.R. (1988 b), "The urban energy balance". Progress in Physical geography, vol. 12.

O.N.M. Ministère du transport. "Atlas climatologique national, partie 1 : recueil de donnée. Station de Biskra".

Panerai P., Castex J., Depaule J.C. (1997), "Formes urbaines, de l'îlot à la barre". Ed. Parenthèses, Marseille.

Panerai P., Castex J., Demorgon M. (1999), "Analyse urbaine". Ed. Parenthèses, Marseille.

Parsons K. C. (2007), "L'évaluation de la contrainte thermique et les indices de contrainte thermique". In : Encyclopédie de sécurité et de santé au travail". Quatrième édition française. Volume 2. Centre international d'information, de sécurité et de santé au travail (CIS). Organisation Internationale du Travail (OIT).

Parsons K. (2006), "Heat Stress Standard ISO 7243 and its Global Application". In : Industrial Health 2006, 44.

Parsons K.C., Havenith G., Holmer I., Nilsson H. & Malchaire J. (1999), " The Effects of Wind and Human Movement on the Heat and Vapour Transfer Properties of Clothing". In : Ann. occup. Hyg., Vol. 43, No. 5, 1999. British Occupational Hygiene Society. Published by Elsevier Science Ltd.

P.D.A.U. (1992), "Plan Directeur d'Aménagement et d'Urbanisme de la commune de Tolga". URBA Batna, unité de Biskra.

Pinnon P. (1991), "Lire et composer l'espace public". Ed. S.T.P, Paris.

Porcher G. (1975), "Cours de climatisation, bases de calcul des installations de climatisation", 6^e édition. Ed. Editions parisiennes (C.F.P), Paris.

Prenant A. (2000), " De la Méditerranée au Sahara", In : Encyclopédia Universalis 6 France S.A, CD Rom.

Rémy A. (2004), "Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville". Ed. Armand Colin, Paris.

R.G.P.H. (1998), recensement général de la population et de l'habitat, D.P.A.T. Biskra.

Rouanet H., Le Roux B. et Bert M.C. (1992), " Statistiques en sciences humaines : procédures naturelles". Ed. Dunod, Paris.

Sacré C. (1983), "Le confort dans les espaces extérieurs, Analyse microclimatique". C.S.T.B. Nantes.

Schroeder G. (2004), "Educational Program: Energy In, energy out, not So Fast!". In: "International Builders Show". "4180_energyinenergyout_gary.pdf".

Seltzer P. (1946), "Le climat de l'Algérie". Université d'Alger. Imprimé par : La Typo-litho & Jules Carbonel, Alger.

SEMCO incorporated (2002), "Applying Desiccant Based Systems to Satisfy ASHRAE Standard 62 and 90.1 Requirements". In : "www.ornl.gov/sci/desiccantvan/publications/AGLPreso111502.prn3.pdf".

Szczot F. (1971), "Eléments analytiques de l'espace urbain, Essai de définition du paysage de la ville à l'échelle de l'homme". Ed. D.Vincent, Paris.

Szocolay S.V. (2004), "Introduction to architectural science". Ed. Routledge, U.K.

Tabet Aoul K. (2000 a), "Architecture, énergie et environnement : Eléments de conception dans les milieux arides". Cours de première post-graduation en architecture. Département d'architecture, université de Biskra.

Tabet Aoul K. (2000 b), "Climat, urbanisme et environnement". Cours de première post-graduation en architecture. Département d'architecture, université de Biskra.

Tran V. B. (1996), "Acoustique architecturale". Office des Publications Universitaire (O.P.U.), Alger.

Tsoka S. (2011), "Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons. Application au cas des éco-quartiers". Thèse de master STEU, Ecole nationale supérieure des techniques industrielles et des Mines de Nantes, école supérieure d'architecture de Nantes.

Valette E., Cordeau E. (2010) "Les îlots de chaleur urbains". Institut d'aménagement et d'urbanisme Ile de France, Paris.

Van dar Meerschen M. (1987), "Les Médinas maghrébines". Etudes et documents sur le patrimoine culturel, UNESCO.

Viaro A.M. & Ziegler A. (1983), "Habitat traditionnel dans le monde. Eléments pour une approche". Établissement humains et environnement socio-culturel, UNESCO.

Vinet J. (2000), "Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs". Thèse de doctorat, Ecole polytechnique de l'Université de Nantes, école d'architecture de Nantes.

Younes K. (2011), "De la Numidie à l'Algérie, grandeurs et ruptures". Casbah Editions, Alger.

Autres références sur Internet :

Encyclopédie Berbère : <http://encyclopedieberbere.revues.org>.

Notre-planète : <http://www.notre-planete.info>.

Le figaro : www.lefigaro.fr

Energie + : <http://www.energieplus-lesite.be>

Kimo instruments : www.Kimo.fr

www.aliexpress.com

Annexes :



Annexe 01 :

Catégorie	Type de tissu	Quartier composant	Situation	Observation
Dense	traditionnel	Vieux Tolga Zaouiat Abderrahmane Sabkha Farfar	Au sud-ouest de la ville actuelle, englobant tout le vieux Tolga « Tolga Taht » Au sud-est de Tolga actuelle	<u>Echantillon retenu:</u> Vieux Tolga
	Colonial	Rassouta Est et Ouest	Dans la partie sud inséré dans la zone intermédiaire entre le nouveau et le vieux Tolga, en dehors de la palmeraie	<u>Echantillon retenu:</u> Rassouta Ouest
Densité moyenne	Auto-construit Planifié et non planifié	1. Nouveau Farfar 2. Hai El moudjahidine Quartier 24 février 3. Quartier Nassr Quartier 11 décembre Quartier Sidi Rouag 4. Quartier Al- Bousstane (Labdaa) 5. Quartier Saada, et lotissement des 80 logts Quartier Nakhil Quartier Ouahat Quartier du village agricole	1. Propagé dans deux axes, l'un sur la voie entre Tolga et Zaatcha, et l'autre au bord de la voie vers Ourael 2. Dans la partie Est de Tolga 3. Implanté dans la partie Nord-est de la ville 4. Dans la partie sud 5. Partie Nord-ouest de Tolga, délimité de la zone d'activité, cette dernière est considérée comme frontière urbaine avec la Daïra de Foughala	<u>Echantillon retenu:</u> Quartier Sidi Rouag et lotissement Hai El moudjahidine
Lâche	Habitat collectif	400 logements 184 logements participatifs 18 logements des enseignants 48 logements de la sureté 10/45 logements tribunal 150/1000 logements (17 octobre 1961) 20 logements R.H.P 5 logements (Secteur sanitaire) 30/750 logts 90/1750 logts 30/400 logts 70/1000 logts 30/500 logts 40/500 logts programme 2002 40/500 programme 2003 100 logements sociaux	Z.H.U.N	<u>Echantillon retenu:</u> 150 logements (17/10/1961) C.N.E.P

Tableau. Densités et Formes urbaines à Tolga
Source : Auteur, 2013.

Annexe 02 :

	1^{er} échantillon: Hai El moudjahidine	2^e échantillon: Sidi Rouag	3^e échantillon: 150 logts C.N.E.P	4^e échantillon: Rassouta Ouest	5^e échantillon: Vieux Tolga
Surface totale de la zone étudiée (m²)	182 624,96	881 657,33	35 690,96	284 653,03	75 777,06
Surface totale bâtie (m²)	74 920,88	452 872,16	6 722,91	195 181,22	44 859,15
Surface totale non-bâtie (m²)	107 704,08	428 785,17	28 968,05	89 467,81	30 917,91
Coefficient d'emprise au sol	0.41	0.51	0.18	0.68	0.60

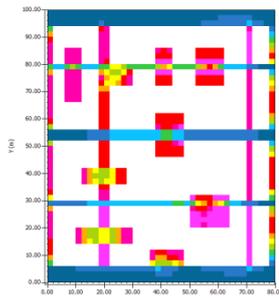
Tableau. Calcul des valeurs du coefficient d'emprise au sol au sein des quartiers investigués
Source : Auteur, 2013.

Annexe 03 :

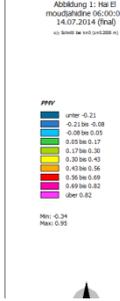
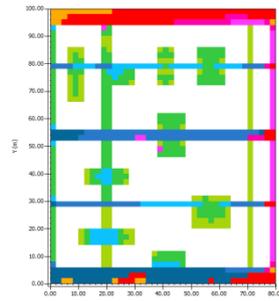
	Jan.	Fév.	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept.	Oct.	Nov.	Déc.
T_{air} moy (C°)	11,8	12,8	17,2	21,3	26,1	31,6	35,1	34,2	28,8	23,8	16,2	12,3
T_{air} moy Max (C°)	17,5	18,4	23,0	26,8	32,2	37,8	41,5	40,5	34,6	29,5	22,2	17,6
T_{air} moy Min (C°)	6,9	7,5	11,4	15,3	19,7	24,7	28,2	27,8	23,1	18,4	11,9	7,9
Insol moy (Heure)	232	226	262	279	323	336	362	336	258	254	231	209
H_R moy (%)	57	50	45	41	34	29	26	29	41	48	54	60
Précip moy (mm)	20,2	7,7	19,5	19,3	14,9	4,6	0,8	2,0	16,5	22,0	13,9	12,0
V_{air} (m/s)	3,9	4,3	4,5	5,1	4,7	3,9	3,4	3,3	3,5	3,3	3,5	3,9

Tableau. Moyennes climatiques de la décennie (2003-2013)
Source : Office national de la météorologie de Biskra, 2014.

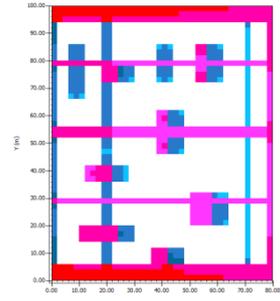
Annexe 04 :



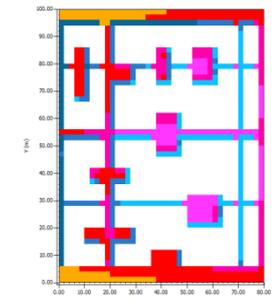
04h00



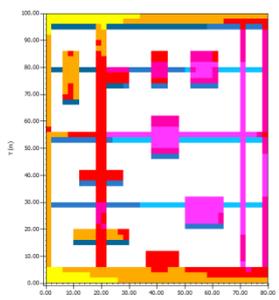
06h00



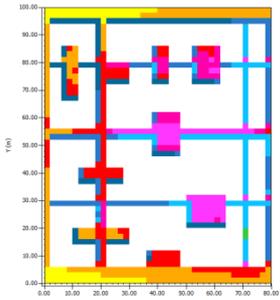
08h00



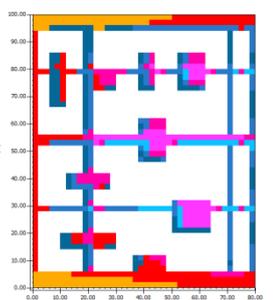
10h00



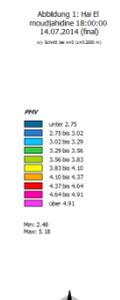
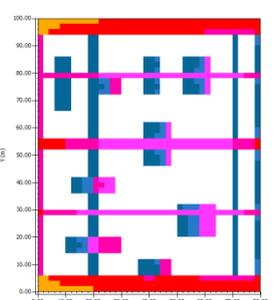
12h00



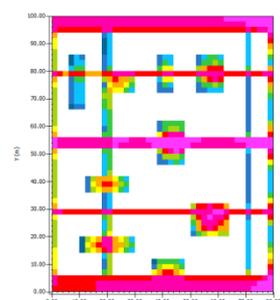
14h00



16h00

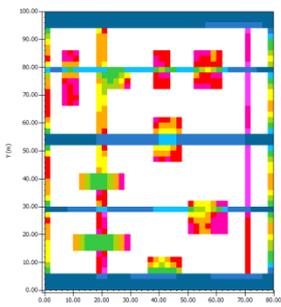


18h00

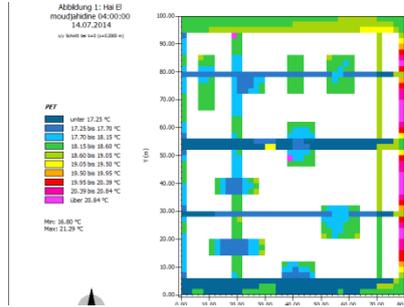


21h00

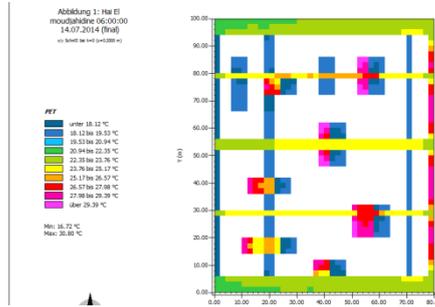
Simulation du quartier Hai El Moudjahidine pour l'obtention de l'indice PMV
 Source : Auteur, 2014.



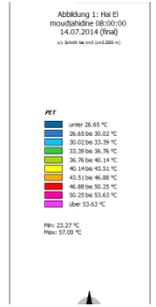
04h00



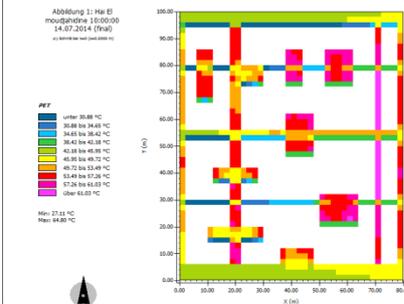
06h00



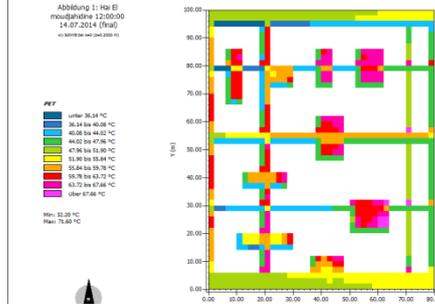
08h00



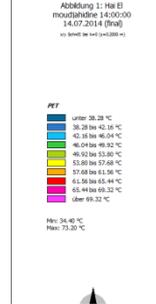
10h00



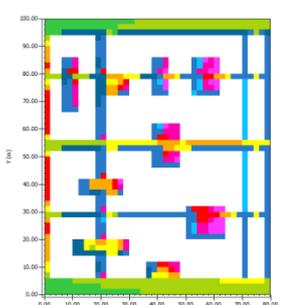
12h00



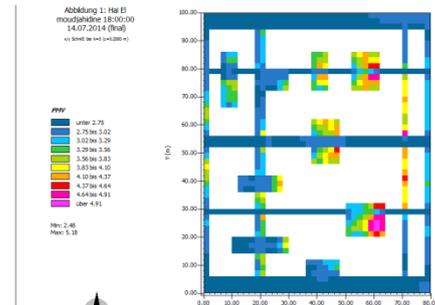
14h00



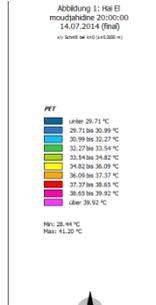
16h00



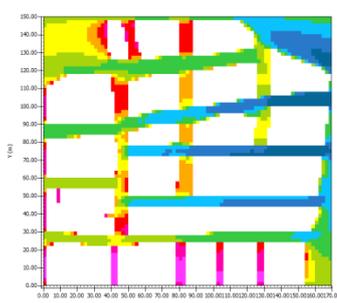
18h00



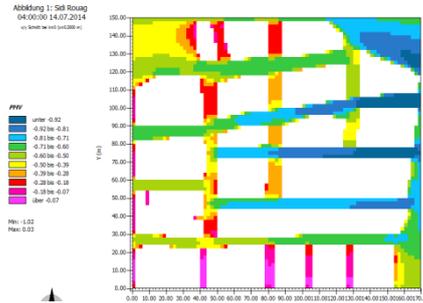
21h00



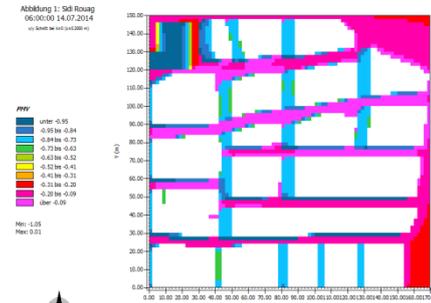
Simulation du quartier Hai El Moudjahidine pour l'obtention de l'indice PET
 Source : Auteur, 2014.



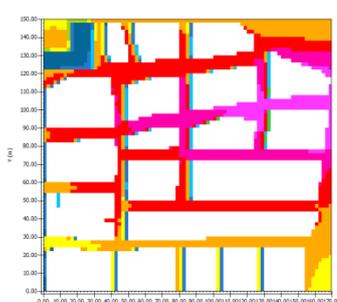
04h00



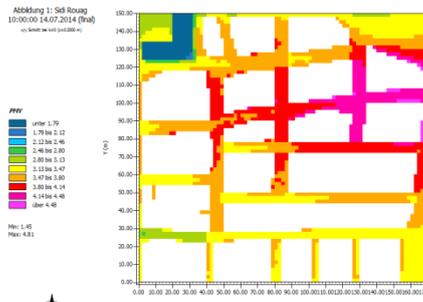
06h00



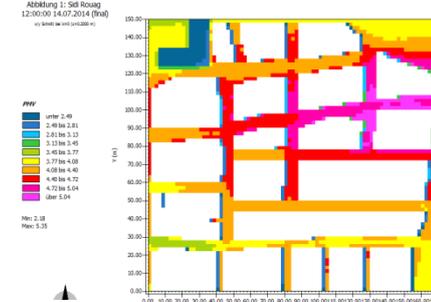
08h00



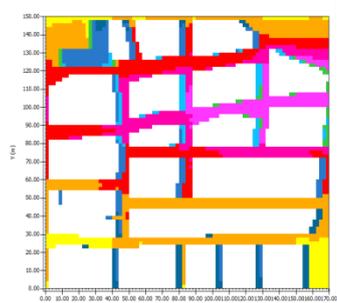
10h00



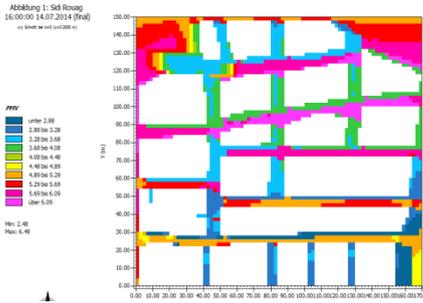
12h00



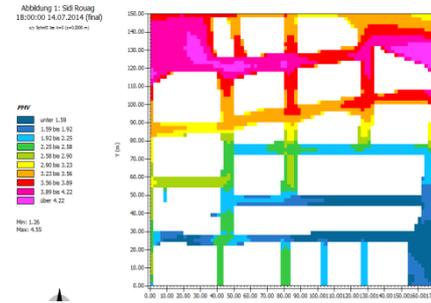
14h00



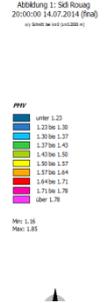
16h00



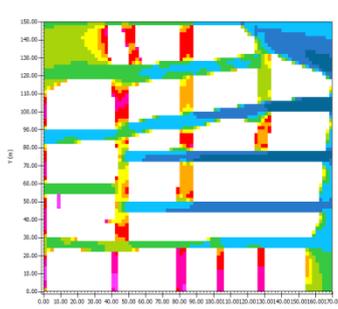
18h00



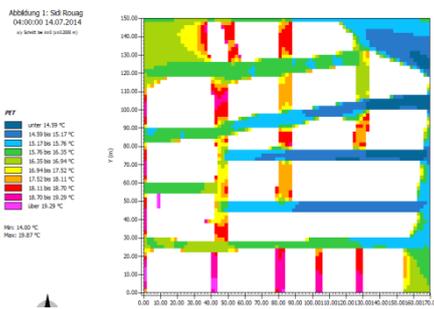
21h00



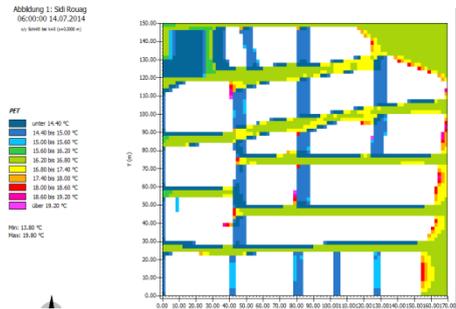
Simulation du quartier Sidi Rouag pour l'obtention de l'indice PMV
Source : Auteur, 2014.



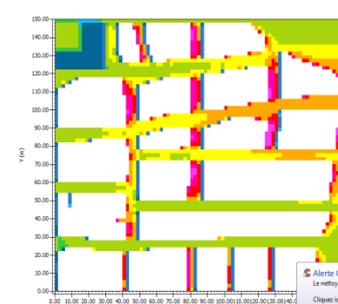
04h00



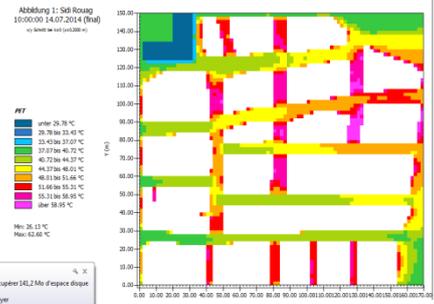
06h00



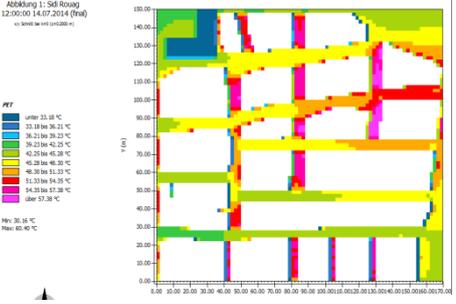
08h00



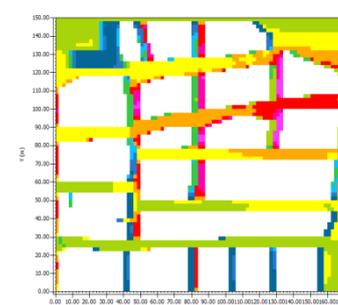
10h00



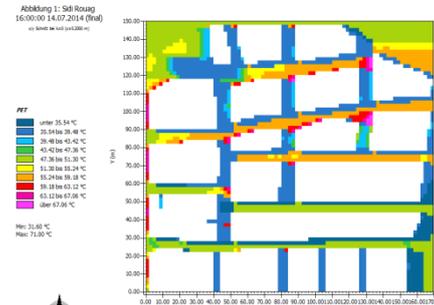
12h00



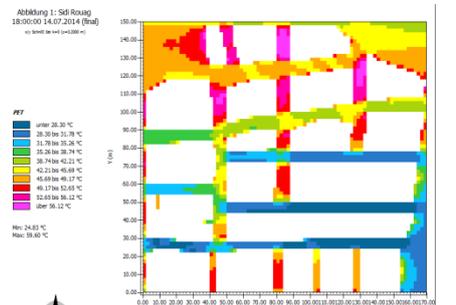
14h00



16h00



18h00



21h00



Simulation du quartier Sidi Rouag pour l'obtention de l'indice PET
Source : Auteur, 2014.

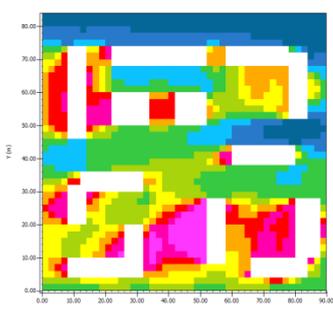


Abbildung 1: CNEP Toga
04:00:00 15.07.2014
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 0,42
- 0,42 bis 0,35
- 0,35 bis 0,28
- 0,28 bis 0,21
- 0,21 bis 0,14
- 0,14 bis 0,07
- 0,07 bis 0,00
- 0,00 bis 0,07
- 0,07 bis 0,14
- über 0,14

Min: 0,49
Max: 0,21

04h00

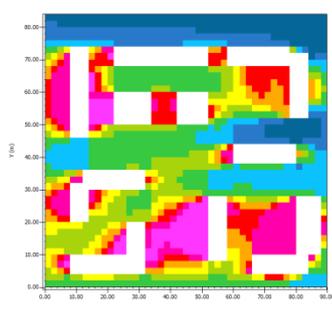


Abbildung 1: CNEP Toga
06:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 0,57
- 0,57 bis 0,51
- 0,51 bis 0,44
- 0,44 bis 0,38
- 0,38 bis 0,31
- 0,31 bis 0,25
- 0,25 bis 0,19
- 0,19 bis 0,12
- 0,12 bis 0,05
- über 0,05

Min: 0,64
Max: 0,02

06h00

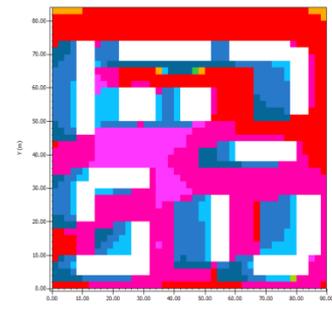


Abbildung 1: CNEP Toga
08:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 0,23
- 0,23 bis 0,47
- 0,47 bis 0,71
- 0,71 bis 0,96
- 0,96 bis 1,20
- 1,20 bis 1,45
- 1,45 bis 1,69
- 1,69 bis 1,93
- 1,93 bis 2,18
- über 2,18

Min: 0,02
Max: 2,42

08h00

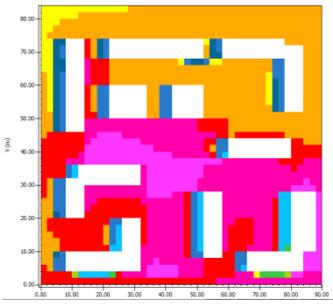


Abbildung 1: CNEP Toga
10:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 1,02
- 1,02 bis 2,15
- 2,15 bis 3,27
- 3,27 bis 4,40
- 4,40 bis 5,53
- 5,53 bis 6,65
- 6,65 bis 7,78
- 7,78 bis 8,91
- 8,91 bis 10,04
- über 10,04

Min: 1,49
Max: 6,76

10h00

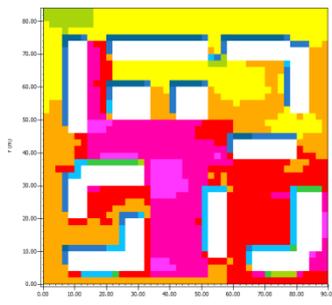


Abbildung 1: CNEP Toga
12:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 2,28
- 2,28 bis 2,61
- 2,61 bis 2,95
- 2,95 bis 3,28
- 3,28 bis 3,61
- 3,61 bis 3,95
- 3,95 bis 4,28
- 4,28 bis 4,62
- 4,62 bis 4,95
- über 4,95

Min: 1,24
Max: 5,28

12h00

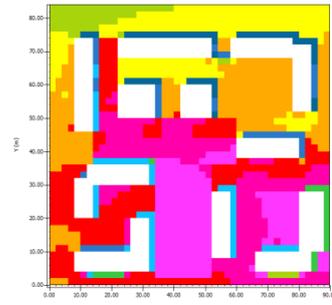


Abbildung 1: CNEP Toga
14:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 3,01
- 3,01 bis 3,34
- 3,34 bis 3,68
- 3,68 bis 4,01
- 4,01 bis 4,34
- 4,34 bis 4,68
- 4,68 bis 5,01
- 5,01 bis 5,34
- 5,34 bis 5,68
- über 5,68

Min: 3,47
Max: 6,01

14h00

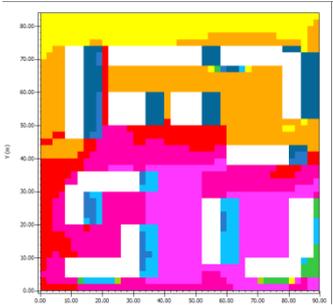


Abbildung 1: CNEP Toga
16:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 3,11
- 3,11 bis 3,68
- 3,68 bis 4,01
- 4,01 bis 4,42
- 4,42 bis 4,79
- 4,79 bis 5,15
- 5,15 bis 5,53
- 5,53 bis 5,90
- 5,90 bis 6,27
- über 6,27

Min: 2,94
Max: 6,44

16h00

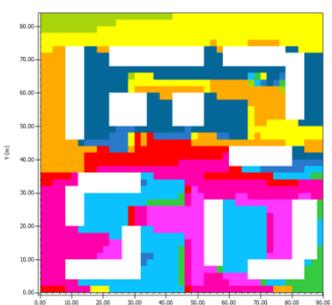


Abbildung 1: CNEP Toga
18:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

PMV

- unter 2,29
- 2,29 bis 2,60
- 2,60 bis 2,91
- 2,91 bis 3,22
- 3,22 bis 3,53
- 3,53 bis 3,84
- 3,84 bis 4,15
- 4,15 bis 4,46
- 4,46 bis 4,77
- über 4,77

Min: 1,98
Max: 5,08

18h00

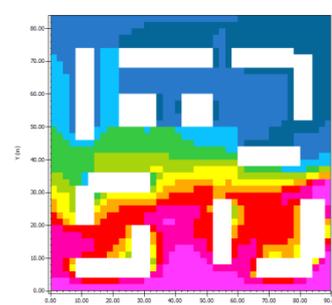


Abbildung 1: CNEP Toga
20:00:00 15.07.2014 (Final)
(vs. Simult. bei 14°C (±0.200°C))

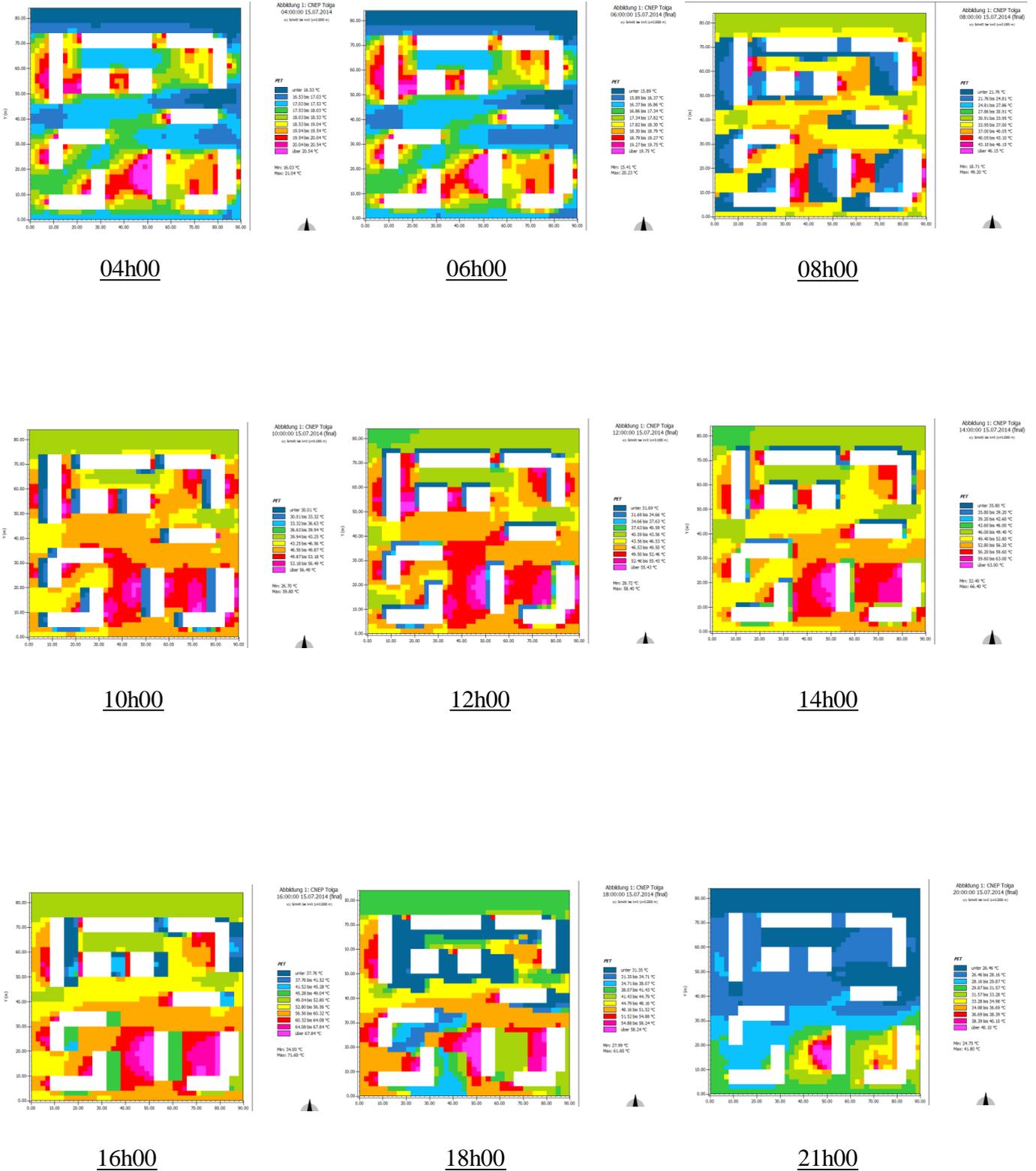
PMV

- unter 1,51
- 1,51 bis 1,63
- 1,63 bis 1,75
- 1,75 bis 1,87
- 1,87 bis 1,98
- 1,98 bis 2,10
- 2,10 bis 2,22
- 2,22 bis 2,33
- 2,33 bis 2,45
- über 2,45

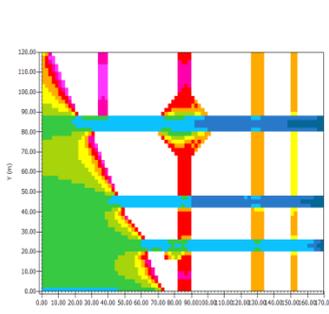
Min: 1,40
Max: 2,57

21h00

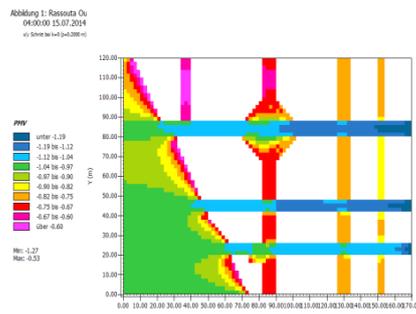
Simulation du quartier 150 logements CNEP pour l'obtention de l'indice PMV
Source : Auteur, 2014.



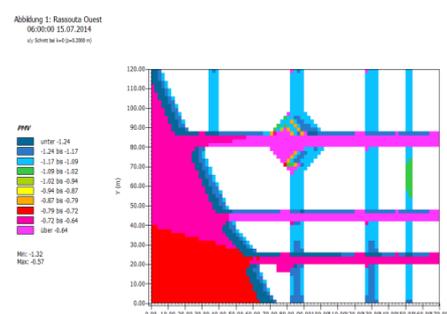
Simulation du quartier 150 logements CNEP pour l'obtention de l'indice PET
Source : Auteur, 2014.



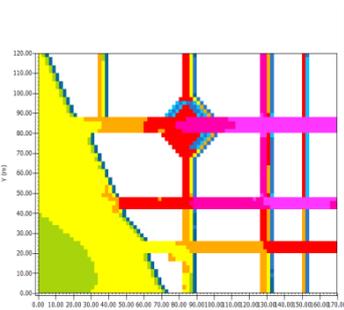
04h00



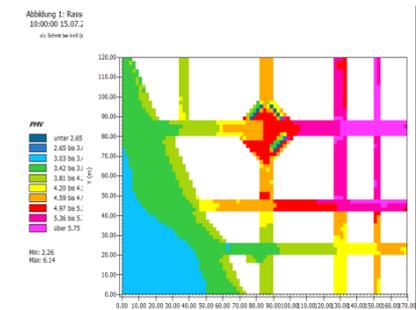
06h00



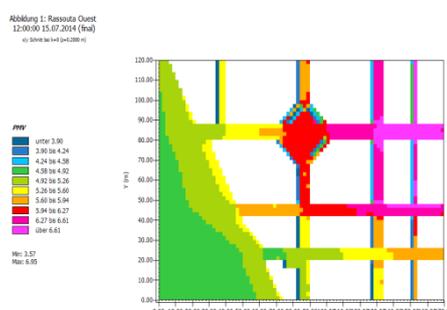
08h00



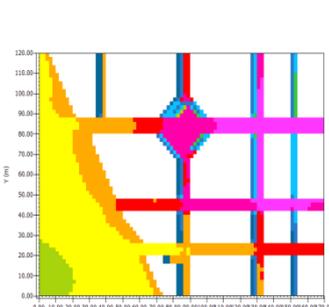
10h00



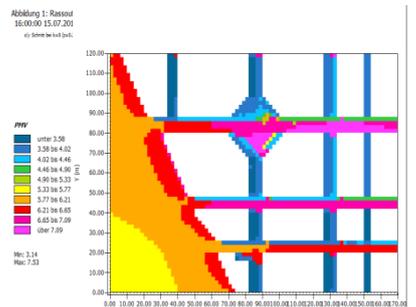
12h00



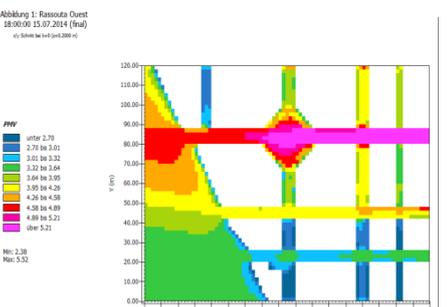
14h00



16h00

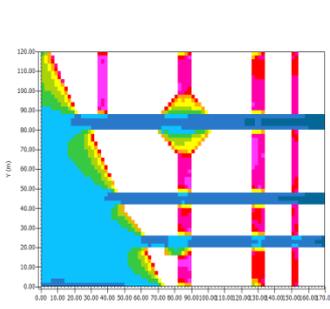


18h00

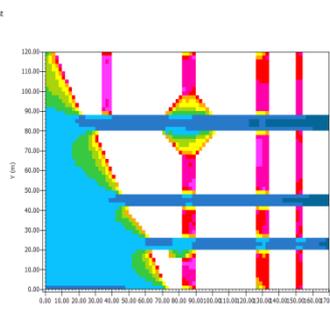


21h00

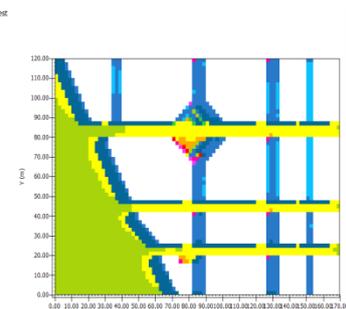
Simulation du quartier Rassouta Ouest pour l'obtention de l'indice PMV
Source : Auteur, 2014.



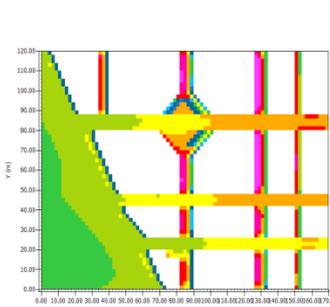
04h00



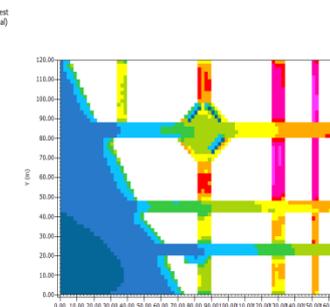
06h00



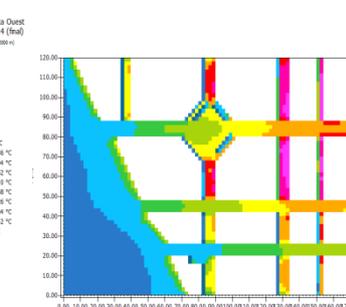
08h00



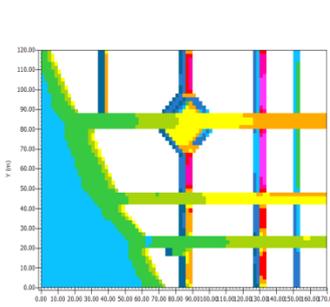
10h00



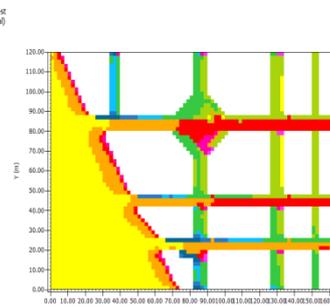
12h00



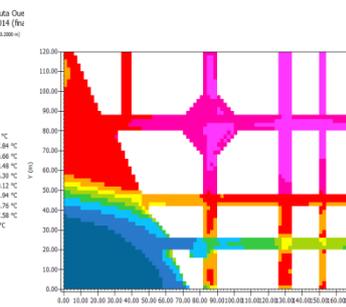
14h00



16h00

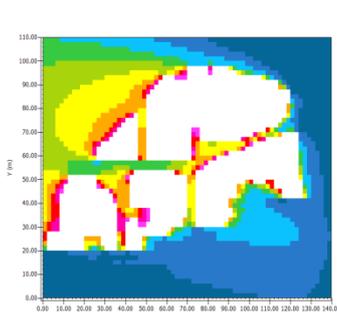


18h00



21h00

Simulation du quartier Rassouta Ouest pour l'obtention de l'indice PET
Source : Auteur, 2014.



04h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
04:00:00 17.07.2014 (Fra)

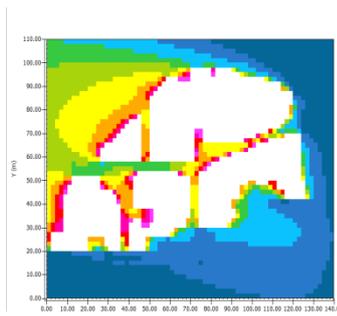
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur -0,83
- 0,83 bis -0,76
- 0,76 bis -0,68
- 0,68 bis -0,61
- 0,61 bis -0,54
- 0,54 bis -0,46
- 0,46 bis -0,39
- 0,39 bis -0,32
- 0,32 bis -0,24
- supérieur -0,24

Min: -0,91

Max: -0,18



06h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
06:00:00 17.07.2014 (Fra)

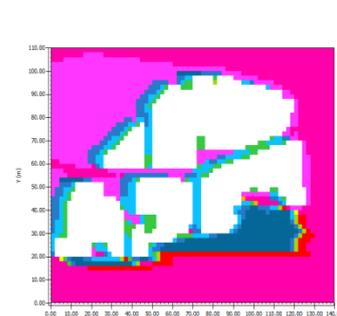
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur -0,85
- 0,85 bis -0,78
- 0,78 bis -0,70
- 0,70 bis -0,63
- 0,63 bis -0,55
- 0,55 bis -0,48
- 0,48 bis -0,40
- 0,40 bis -0,33
- 0,33 bis -0,25
- supérieur -0,25

Min: -0,92

Max: -0,18



08h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
08:00:00 17.07.2014 (Fra)

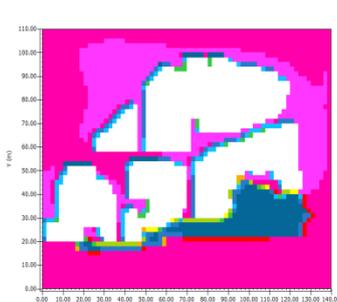
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur -0,30
- 0,30 bis -0,27
- 0,27 bis -0,23
- 0,23 bis -0,17
- 0,17 bis -0,10
- 0,10 bis -0,02
- 0,02 bis 1,04
- 1,04 bis 1,27
- 1,27 bis 1,49
- supérieur 1,49

Min: -0,52

Max: 1,72



10h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
10:00:00 17.07.2014 (Fra)

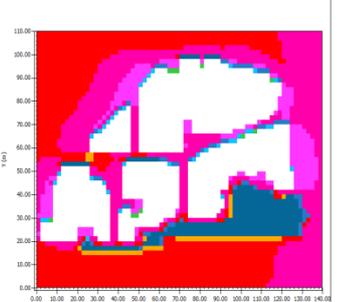
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur 1,06
- 1,06 bis 1,38
- 1,38 bis 1,54
- 1,54 bis 1,77
- 1,77 bis 2,02
- 2,02 bis 2,24
- 2,24 bis 2,48
- 2,48 bis 2,72
- 2,72 bis 2,95
- supérieur 2,95

Min: 1,83

Max: 3,19



12h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
12:00:00 17.07.2014 (Fra)

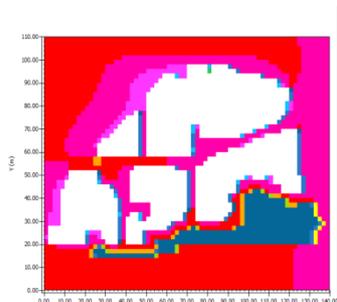
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur 1,88
- 1,88 bis 2,07
- 2,07 bis 2,28
- 2,28 bis 2,50
- 2,50 bis 2,71
- 2,71 bis 2,92
- 2,92 bis 3,13
- 3,13 bis 3,34
- 3,34 bis 3,56
- supérieur 3,56

Min: 1,53

Max: 3,77



14h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
14:00:00 17.07.2014 (Fra)

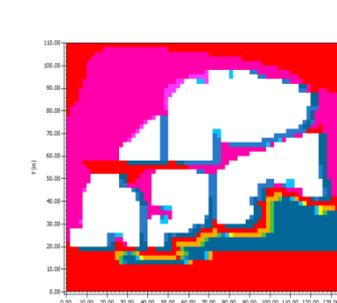
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur 2,37
- 2,37 bis 2,61
- 2,61 bis 2,85
- 2,85 bis 3,09
- 3,09 bis 3,33
- 3,33 bis 3,56
- 3,56 bis 3,80
- 3,80 bis 4,04
- 4,04 bis 4,28
- supérieur 4,28

Min: 2,13

Max: 4,52



16h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
16:00:00 17.07.2014 (Fra)

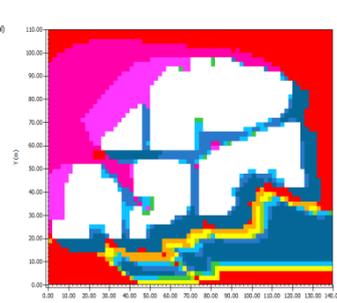
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur 2,11
- 2,11 bis 2,41
- 2,41 bis 2,71
- 2,71 bis 3,00
- 3,00 bis 3,30
- 3,30 bis 3,60
- 3,60 bis 3,90
- 3,90 bis 4,20
- 4,20 bis 4,49
- supérieur 4,49

Min: 1,83

Max: 4,79



18h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
18:00:00 17.07.2014 (Fra)

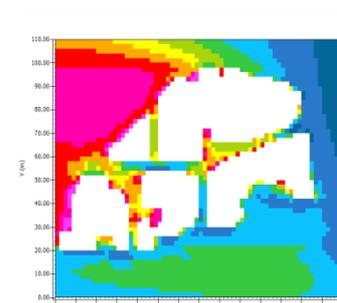
vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

PMV

- inférieur 0,96
- 0,96 bis 1,22
- 1,22 bis 1,47
- 1,47 bis 1,73
- 1,73 bis 1,99
- 1,99 bis 2,25
- 2,25 bis 2,50
- 2,50 bis 2,76
- 2,76 bis 3,02
- supérieur 3,02

Min: 0,70

Max: 3,28



21h00

Abbildung 1: Vieux Tolga
20:00:00 17.07.2014 (Fra)

vs. Schicht bei t=0 (t=0:00:00)

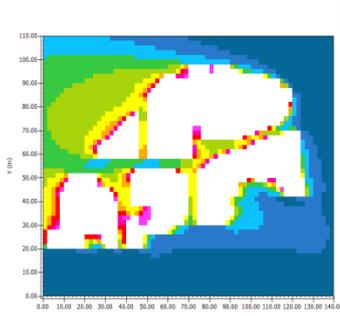
PMV

- inférieur 0,49
- 0,49 bis 0,53
- 0,53 bis 0,56
- 0,56 bis 0,60
- 0,60 bis 0,64
- 0,64 bis 0,68
- 0,68 bis 0,72
- 0,72 bis 0,75
- 0,75 bis 0,79
- supérieur 0,79

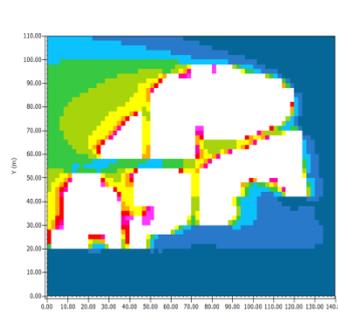
Min: 0,43

Max: 0,83

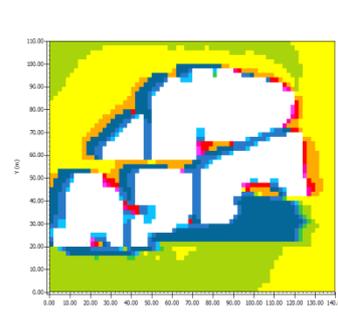
Simulation du quartier Vieux Tolga pour l'obtention de l'indice PMV
Source : Auteur, 2014.



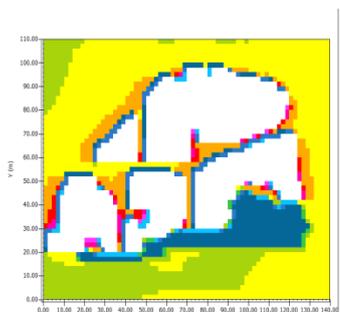
04h00



06h00



08h00



Résumé :

Il est à dire que le confort thermique constitue un facteur bilatéral entre forme urbaine et architecturale et exprime une grande problématique pour la progression des villes actuelles. Jadis, les anciens établissements humains des régions arides traduisaient une harmonie fascinante dans laquelle la corrélation entre homme et environnement était très forte, celle-ci se voit notamment au cours de la période estivale. Nombreux sont les aspects de ces tissus urbains en particulier on cite alors : l'introversion (demeures), la densité de la masse bâtie, la symbiose entre habitat et palmeraie, ainsi que l'usage judicieux des matériaux de constructions extraits de la nature immédiate ; ces valeurs faisaient la bonne qualité du confort extérieur qui était un point impératif. Le présent travail évoque une étude qui couvre la ville de Tolga, une des fameuses oasis du bas-Sahara algérien dans laquelle on cherche à requalifier le niveau de la morphologie urbaine traditionnelle et récente, en mettant notre expérience conformément à la réalité urbaine face à l'agressivité microclimatique, pour une compréhension claire des comportements des individus dans leur entourage. Autrefois existée une harmonie ! La bonne ventilation, une humidité suffisante, des températures clémentes et le bon contrôle des espaces ombragés (notamment durant l'été) sont les facteurs à fouiller au cours de notre recherche, dans laquelle on est toujours supposé : quels sont les véritables impacts des formes de tissus urbains dans les milieux arides sur la valeur du confort thermique extérieur, et pour quel type de remède cherchent les villes oasiennes afin de s'en sortir de cette « calamité » ?

Mots clés :

Tissu urbain, morphologie urbaine, densité urbaine, confort thermique extérieur.

ملخص :

يجب الوقوف على أن الرفاهية الحرارية تلعب دورا رئيسا على المستويين العمراني و المعماري و التي بدورها تشكل إحدى التساؤلات العميقة على وتيرة تطور المدن. شكلت المؤسسات البشرية سابقا في المناطق الجافة و الهشة تجانسا منقطع النظير تمثل ذلك جليا في العلاقة القوية التي جمعت الفرد ببيئته المحيطة، في حين برزت هذه الأخيرة أثناء فصل الصيف. كثيرة هي مميزات الأنسجة العمرانية الصحراوية نأتي بجانب منها: انفتاح المساكن نحو الداخل، الكثافة العمرانية الكبيرة، التعايش بين الوسط المبني و واحات النخيل، أيضا الاستعمال العقلاني لمواد بناء محلية مستنبطة من المحيط المجاور، إذ يدفعنا القول أن هذه الخصائص قد ساعدت في الحفاظ على قيمة الراحة الحرارية الخارجية. بحثنا و الذي خص مدينة طولقة التي هي واحدة من أهم واحات الجنوب الجزائري، يرتني إلى تحليل مستوى المورفولوجيا العمرانية من خلال الوقوف على طبيعة الأنسجة السائدة قديمة كانت أم حديثة، هذا بغية إفضاء العمل تحت ضوء الحقيقة العمرانية في خضم التقلبات المناخية، مما يساعد على معرفة سلوكيات الأفراد وفق ما تمليه المدينة. تهوية جيدة، رطوبة كافية، درجات حرارة معتدلة و تحكم عقلا في المساحات المضللة (خاصة فصل الصيف) هي عوامل نسعى لتحديدها في بحثنا، خلال التساؤل دائما حول ما هو حجم انعكاسات أوجه الأنسجة الصحراوية الحديثة على الرفاهية الحرارية في المجالات الخارجية، وما هو السبيل الأفضل للتعامل مع ذا الوضع ؟

الكلمات المفتاحية:

النسيج العمراني، المورفولوجيا العمرانية، الكثافة العمرانية، الرفاهية الحرارية الخارجية.