

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



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

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

Option : Ville et architecture au Sahara

**Fabrique de la ville entre les contraintes règlementaires
urbaines et les exigences bioclimatiques ; vers une
réconciliation**

Présenté par :

SLIMANI Mohamed Seghir

Soutenu publiquement le **18/12/2017**

Devant le jury composé de :

Pr. BELAKEHAL Azedine
Pr. MAZOUZ Said
Pr. SASSI Souad
Dr. SRITI Leila

Professeur
Professeur
Professeur
Maitre de Conférences 'A'

Président
Rapporteur
Examineur
Examineur

Université de Biskra
Université de Oum El Bouaghi
Université de Constantine 3
Université de Biskra

بِسْمِ اللَّهِ الرَّحْمَنِ الرَّحِيمِ

الْحَمْدُ لِلَّهِ رَبِّ الْعَالَمِينَ

وَالصَّلَاةَ وَالسَّلَامَ عَلَى سَيِّدِ الْأَوْلِيَيْنِ وَالْآخِرِينَ

Remerciement

La réalisation de ce mémoire a été possible grâce au concours de plusieurs personnes à qui je voudrais témoigner toute ma reconnaissance.

Je voudrais tout d'abord adresser toute ma gratitude au directeur de ce mémoire, Pr **MAZOUZ Saïd** de l'université de Oum El Bouaghi, pour sa modestie, son accueil, sa patience, sa disponibilité et surtout ses judicieux conseils, qui ont contribué à alimenter ma réflexion.

Je tiens à remercier spécialement le Professeur **BELAKEHAL Azeddine** de l'université de Biskra, tous d'abord pour son enseignement dans l'école doctorale et deuxièmement en tant que président de jury, je tiens à remercier aussi le professeur **SASSI Souad** de l'université de Constantine 3 et le Docteur **SRITI Leïla** de l'université de Biskra d'avoir accepté d'examiner et évaluer ce modeste travail.

Je remercie également mon père Mr **SLIMANI Bouziane**, qui m'a aidé énormément par ces conseils très pointus. Mes remerciements à Mr **REZAI Ahmed** Architecte gérant du BET COS pour son énorme aide et son accueil et la disponibilité de son matérielles informatiques afin d'effectuer les simulations. Mes grands remerciements à mon frère **SANEBAOUI Omar** pour son aide durant mon chemin. Ainsi que mes deux amis du chemin de la recherche Mr **LEGHRIB Fouad** et Mr **LAROUI Abdelbasset** pour leurs aides.

Mes remerciements à tous les professeurs de la formation de l'école doctorale architecture à l'université de Biskra promotion 2013-2014.

Je remercie aussi le Pr **Micheal BRUSE** de l'université de Bochum en Allemagne, pour ses orientations, et le Pr **Mark DEKAY** de l'université de Tennessee, USA pour ces conseils.

Dédicace

Je dédie ce modeste travail à
mes parents vénérés

A mon grand père

A mes chers frères

A ma chère sœur

A toute ma grande famille

A tous mes amis proches

Résumé :

La ville se fabrique chaque jour et sur différentes pistes, à savoir la piste social, économique, historique, culturel et urbanistique. La fabrique de la ville peut avoir une acceptation morphologique dont la forme urbaine change d'aspect sous plusieurs contraintes et exigences. D'un côté le règlement urbain domine la scène de cette fabrication le long de plusieurs décennies et malgré l'apparition des textes de manière très rapide mais la ville souffre toujours de ses maux. De l'autre côté le climat qui affecte la fabrique de la ville et en retour aussi modifie par cette morphologie résultante d'un grand nombre de facteurs tel que la réglementation urbaine ou d'autre type de conception voir même vernaculaire.

La présente recherche tente à explorer d'autres alternatives pour coudre cette déchirure entre morphologie de la ville Algérienne et son climat urbain. Il s'agit aussi d'offrir aux professionnels de la ville une conception bioclimatique urbaine qui sert comme un bon outil pour recorriger la genèse de la morphologie urbaine de la ville dans le moment de sa fabrication.

Pour atteindre nos objectifs la méthodologie adoptée a cherché de trouver aux sien des tissus qui fabrique la ville les prémices des alternatives bioclimatiques. Un ensemble de tissu urbain est examiné, quantifié et évalué à l'aide d'un modèle microclimatique en 3D (ENVI-met). Les résultats obtenus montrent que les différents tissus qui fabrique la ville présentent quelques aspects bioclimatiques qui nécessitent vraiment d'être encadrer par une vraie approche bioclimatique, ce qui ouvre le champ pour l'utilisation de la conception bioclimatique urbaine comme une meilleure alternative.

Mots clés : Morphologie urbaine, Conception bioclimatique urbaine, Microclimat urbain, Règlement urbain, Modèle microclimatique.

ملخص:

تصنع المدينة كل يوم وعلى عدة مستويات مختلفة منها اجتماعيا، اقتصاديا، تاريخيا، ثقافيا وعمرانيا. إن مفهوم صناعة المدينة يمكن أن يقبل تعريفا مورفولوجيا، والذي بداخلها يأخذ الشكل العمراني عدة أوجه تحت العديد من العوائق والمتطلبات. من جهة تعتبر قواعد التعمير إحدى الوسائل المهيمنة على صناعة المدينة طيلة عدة عقود، رغم ظهور نصوص التعمير بشكل سريع إلا ان المدينة لا تزال تعاني من أمراضها. من جهة أخرى يؤثر المناخ على صناعة المدينة ويتأثر هو بالمقابل بسبب المورفولوجيا الناتجة عادة عن عدة عوامل والتي من بينها قواعد التعمير أو حتى الانسجة التراثية القديمة.

إن هذا البحث يحاول إيجاد بدائل من أجل حياة التمزق الناتج بين مورفولوجية المدينة الجزائرية ومناخها الحضري، كما يقوم كذلك بمنح المختصين في مجال صناعة المدينة وسيلة للتصميم العمراني البيومناخي والتي تعمل على تصحيح طرق إنتاج مورفولوجية المدينة في أولى مراحل صناعتها. من أجل الوصول إلى أهداف البحث، حاولنا من خلال المنهجية المتبعة إيجاد في الانسجة العمرانية التي تصنع المدينة أولى البدائل البيومناخية.

من أجل هذا تم فحص وتقييم مجموعة من الانسجة العمرانية وذلك باستخدام نموذج ميكرومناخي ثلاثي الأبعاد أوضحت النتائج المتحصل عليها ان مختلف الأنسجة التي تصنع المدينة تقدم فقط وجه أو بعض الأوجه البيومناخية، والتي تحتاج التأطير من طرف مقاربة ومناخية مؤسسة علميا، وهذا ما يفتح المجال للتصميم العمراني البيومناخي ليكون البديل الأمثل.

الكلمات المفتاحية:

مورفولوجيا، التصميم العمراني البيومناخي، قواعد التعمير، المناخ الحضري، النموذج الميكرومناخي.

Abstract:

The city is made every day and on different tracks, namely the social, economic, historical, cultural and urbanistic sides. The fabric of the city can have a morphological acceptance whose urban form changes aspect under several constraints and requirements. On the one hand, the urban regulation dominates the scene of this manufacture over several decades and despite the appearance of the texts very quickly but the city still suffers from its evils. On the other side the climate that affects the city's fabric and in turn also changes by this resulting morphology of a large number of factors such as urban regulation or other type of design or even vernacular.

This research attempts to explore other alternatives to sew this tear between the morphology of the Algerian city and its urban climate. It is also a matter of offering professionals in the city an urban bioclimatic design that serves as a good tool to correct the genesis of the urban morphology of the city at the time of its design.

To achieve our objectives, the methodology adopted sought to find in its tissues that manufactures the city the beginnings of the bioclimatic alternatives. A set of urban fabric is examined, quantified and evaluated using a 3D microclimatic model (ENVI-met). The results show that the different fabrics that make the city present some bioclimatic aspects that really need to be framed by a true bioclimatic approach, which opens the field for the use of urban bioclimatic design as a better alternative.

Keywords: Urban morphology, Urban bioclimatic design, Urban microclimate, Urban regulation, Microclimatic model.

Sommaire

Sommaire	I
Listes des figures :	IX
Listes des graphes :	XVI
Listes des tableaux :	XVII
Introduction générale :	
I.1 Introduction :	2
I.2 Question de recherche :	5
I.3 Hypothèse de recherche :	7
I.4 Objectifs de recherche :	7
I.5 Méthodologie de recherche :	7
I.6 Structure du mémoire :	8
Partie Théorique	11
Chapitre 1 : Fabrique de la ville	12
Introduction :	13
1 Fabrique de la ville :	13
1.1 Étymologie et définition du concept fabrique de la ville :	13
1.2 La fabrique de la ville comme morphologie urbaine :	14
1.2.1 Historique de la morphologie urbaine :	15
1.2.2 Définition de la morphologie urbaine :	16
1.2.3 Approches de la morphologie urbaine :	17
1.2.3.1 La morphologie constructive :	18
1.2.3.2 La morphologie descriptive :	19
1.3 Morphologie urbaine et forme urbaine :	26
1.3.1 Définition de la forme urbaine :	27
1.3.2 Les registres de la forme urbaine :	28
1.3.2.1 La forme urbaine comme forme du paysage :	28
1.3.2.2 La forme urbaine comme forme sociale :	28
1.3.2.3 La forme urbaine comme forme du tissu urbain :	28
1.3.2.4 La forme urbaine comme forme des tracés urbains :	29
1.3.2.5 La forme urbaine comme forme bioclimatique :	29
1.4 Les catégories de base de la morphologie urbaine :	29
1.4.1 Forme et composition :	31
1.4.1.1 Forme :	31
1.4.1.2 Composition :	31
1.4.2 Structure :	32
1.4.3 Motif et tissu :	34
1.4.3.1 Motif :	34
1.4.3.2 Tissu urbain :	34
1.4.4 Relation entre Les catégories de base de la morphologie urbaine :	35

1.4.5	Fabrique du tissu urbain (Structure et règles régissant les catégories de base de la morphologie urbaine) :.....	37
1.4.6	Structure (Configuration) du tissu urbain :.....	39
1.4.6.1	Configuration de la rue :.....	39
1.4.6.2	Configuration du parcellaire :.....	43
1.4.6.3	Configuration du bâti :.....	43
1.4.7	Règles (Constitution) :.....	45
1.4.7.1	Constitution de la rue :.....	45
1.4.7.2	Constitution du parcellaire :.....	48
1.4.7.3	Constitution du bâti :.....	50
	Conclusion :.....	51
	Chapitre 2 : Conception bioclimatique urbaine.....	54
	Introduction :.....	55
2.	Conception bioclimatique urbaine :.....	55
2.1	Approche bioclimatique et bioclimatologique urbaine :.....	55
2.2	Définition du concept :.....	57
2.2.1	Bioclimat et conception bioclimatique :.....	57
2.2.2	Processus de conception bioclimatique :.....	59
2.2.3	Echelle de conception bioclimatique :.....	60
2.2.3.1	Architecture bioclimatique :.....	60
2.2.3.2	Conception bioclimatique urbaine :.....	61
2.2.3.3	Urbanisme bioclimatique :.....	63
2.2.4	Climat :.....	65
2.2.4.1	Climats de l'Algérie :.....	66
2.2.5	Climat urbain :.....	67
2.2.5.1	Définition du climat urbain :.....	67
2.2.5.2	Echelles du climat urbain :.....	68
2.2.6	Microclimat urbain :.....	72
2.3	Composantes du Microclimat urbain :.....	74
2.3.1	Les différents bilans dans la ville :.....	74
2.3.1.1	Le bilan énergétique urbain :.....	75
2.3.1.2	Le bilan hydrique :.....	76
2.3.2	Rayonnement solaire :.....	76
2.3.2.1	Onde courte de rayonnement solaire :.....	78
2.3.2.2	Onde longue de rayonnement solaire :.....	79
2.3.2.3	Rayonnement thermique :.....	80
2.3.3	Vent :.....	80
2.3.3.1	Profil de vitesse du vent :.....	81
2.3.3.2	Vitesse moyenne du vent :.....	82
2.3.3.3	Direction du vent :.....	82
2.3.3.4	Angle d'incidence (angle d'attaque) :.....	83
2.3.4	Humidité :.....	83
2.3.5	Qualité de l'air (Pollution) :.....	84
2.3.5.1	Composants d'un problème de pollution de l'air :.....	84
2.3.5.2	Les sources d'émissions de pollution :.....	84
2.4	Influence de la morphologie urbaine sur le microclimat urbain :.....	85
2.4.1	Influence sur le rayonnement solaire :.....	86
2.4.1.1	Bâtiment :.....	86

2.4.1.2	Rue canyon :	87
2.4.1.3	Tissu urbain :	90
2.4.2	Influence sur le vent :	91
2.4.2.1	Bâtiment :	91
2.4.2.2	Rue canyon :	93
2.4.2.3	Tissu urbain :	96
2.4.3	Influence sur la qualité de l'air :	98
2.4.3.1	Rue canyon :	98
2.4.3.2	Tissu urbain :	99
2.4.4	La végétation :	99
2.5	Méthodes de conception bioclimatique urbaine :	101
2.5.1	Etat de l'art des méthodes de conception bioclimatique urbaine :	102
2.5.1.1	Travaux de Landsberg 1981 :	102
2.5.1.2	Travaux de Bitan en 1988 :	103
2.5.1.3	Travaux de Swaid en 1993 :	105
2.5.1.4	Travaux de Givoni en 1994 :	105
2.5.1.5	Travaux de Nikolopoulou, projet RUROS en 2002 :	106
2.5.1.6	Travaux de Attia et Duchhart en 2011 :	107
2.5.1.7	Travaux de Dekay et Brown en 2014 :	109
2.5.2	Stratégies de conception bioclimatique urbaine :	112
2.5.2.1	Stratégies génériques de Watson :	112
2.5.2.2	Stratégies du rayonnement solaire :	113
2.5.2.3	Stratégies du vent :	116
2.5.2.4	Stratégies de la qualité de l'air :	120
2.5.2.5	Stratégies de la végétation :	121
	Conclusion :	122
	Chapitre 3 : Règlement urbain :	124
	Introduction :	125
3.	Règlement urbain :	125
3.1	Historique des règlements urbains :	125
3.1.1	L'invention du règlement comme rationalisation de l'architecture et de l'urbanisme :	125
3.1.2	L'émergence du règlement urbain moderne comme outil municipal pragmatique :	126
3.1.3	Le règlement urbain comme un outil de planification globale moderne :	127
3.1.4	Le règlement urbain comme un outil pour l'intégration de la planification et la conception urbaine :	128
3.2	Définition du concept :	128
3.2.1	Définition :	128
3.2.2	Caractéristiques des règlements :	130
3.2.3	Classification et analyse des règles urbaines :	131
3.2.3.1	Règle générale et règle alternative :	132
3.2.3.2	Règle objective et règle appréciative :	132
3.2.3.3	Règle permissive et règle impérative :	132
3.2.3.4	Classification selon le domaine d'influence :	133

3.3	Evolution de la politique urbaine en Algérie :.....	133
3.3.1	Période avant la colonisation française (avant 1830) :.....	134
3.3.2	Période de la colonisation française (1830-1962) :.....	134
3.3.2.1	La période de 1830-1919 :.....	134
3.3.2.2	La période de 1919-1948 :.....	135
3.3.3	Période après l'indépendance :.....	136
3.3.3.1	La période de 1962 à 1966 :.....	137
3.3.3.2	La période de 1967 à 1977 :.....	137
3.3.3.3	La période 1978 à 1988 :.....	138
3.3.3.4	La période de 1988 à 1989 :.....	139
3.3.4	La Période actuelle :.....	139
3.3.4.1	La période de 1990 à nos jours :.....	139
3.4	Le règlement urbain dans le contexte Algérien :.....	140
3.4.1	Dispositions législatives et des dispositions règlementaires :.....	140
3.4.1.1	Dispositions législatives (les lois) :.....	140
3.4.1.2	Dispositions règlementaires (décrets exécutifs) :.....	141
3.4.2	Le règlement urbain dans le PDAU et la POS :.....	142
3.4.2.1	Le règlement du PDAU :.....	142
3.4.2.2	Le règlement du POS :.....	144
3.5	Contenu du règlement urbain :.....	146
3.5.1	Le contenu général du règlement urbain :.....	146
3.5.2	Le Règlement et les niveaux d'échelle :.....	149
3.5.3	Extraction des règles urbain depuis la législation algérienne :.....	149
3.5.3.1	Extraction des règles urbain depuis la loi 90-29 :.....	150
3.5.3.2	Extraction des règles urbain depuis le décret exécutif 91-175 :.....	153
3.5.3.3	Extraction des règles urbain depuis le décret exécutif 14-27 :.....	160
3.5.4	Contraintes réglementaires urbaines :.....	169
	Conclusion :.....	170
	Partie pratique :	173
	Chapitre 4 : Positionnement épistémologique	174
	Introduction :.....	175
4.	Positionnement épistémologique :.....	175
4.1	Positionnement du mémoire et choix d'approche :.....	175
4.1.1	Catégories d'indicateurs d'interaction entre forme urbaine et climat urbain :	176
4.1.1.1	Indicateurs de l'interaction du physique et du construit :.....	176
4.1.1.1.1	Morpho-physique : de l'espace construit au paramètre physique	176
4.1.1.1.2	Physico-morphologique : du physique au construit.....	176
4.1.1.2	Indicateurs Morpho-physico-sensibles :.....	177
4.1.1.3	Indicateurs morphologiques graphiques :	177
4.1.2	Travaux Adolphe 2001 :	177
4.1.3	Travaux de Ait-Ameur 2002 :.....	178

4.1.4	Travaux de Ouamer 2007 :	180
4.1.5	Travaux de Colombert 2008 :	181
4.1.6	Travaux de Fund 2012 :	183
4.1.7	Choix des indicateurs :	184
4.2	Définitions des indicateurs de la fabrique de la ville :	185
4.2.1	Micro-échelle :	185
4.2.1.1	Bâtiment :	186
4.2.1.1.1	Hauteur (ou gabarit d'enveloppe) de l'immeuble :	187
4.2.1.1.2	Facteur de forme :	187
4.2.1.1.3	Compacité du Bâti :	187
4.2.1.2	Espaces libres :	188
4.2.1.2.1	Rue :	188
4.2.1.2.2	Place :	196
4.2.1.2.3	Espace vert :	200
4.2.2	Méso-échelle :	205
4.2.2.1	Tissu urbain :	206
4.2.2.1.1	Densité :	206
4.2.2.1.2	Rugosité :	208
4.2.2.1.3	Porosité :	209
4.2.2.1.4	Sinuosité :	210
4.2.2.1.5	Occlusivité :	211
4.2.2.1.6	Compacité :	211
4.2.2.1.7	Contiguïté :	212
4.2.2.1.8	Admittance solaire :	213
4.2.2.1.9	Minéralisation :	213
4.2.3	Macro-échelle :	213
4.2.3.1	Ville :	214
4.2.3.1.1	Tâche urbaine :	215
Conclusion :		216
Chapitre 5 : Méthodologie de recherche		217
Introduction :		218
5.	Approche méthodologique :	218
5.1	Méthodes d'investigation :	218
5.1.1	Le choix du modèle de simulation :	220
5.1.2	Déroulement de la simulation :	221
5.1.3	Corpus et climat d'étude :	223
5.1.3.1	Présentation du contexte général :	223
5.1.3.2	Principales étapes du développement de la ville de Béchar :	224
5.1.3.2.1	Avant 1901 jusqu'à 1903 :	225
5.1.3.2.2	La période « 1903-1936 » :	225
5.1.3.2.3	La période « 1936-1948 » :	226
5.1.3.2.4	La période « 1948-1962 » :	227
5.1.3.2.5	La période (1962-1988) :	227

5.1.3.2.6	La période (1988-2012) :	228
5.1.3.3	Les tissus urbains choisis pour la simulation :	229
5.1.3.3.1	Tissu N° : 1 (Fragment du Ksar Tagda) :	230
5.1.3.3.2	Tissu N° : 2 (Fragment du lotissement URBAT) :	231
5.1.3.3.3	Tissu N° : 3 (457 logements collectifs) :	232
5.1.3.3.4	Tissu N° : 4 (120 logements semi-collectifs RHP) :	233
5.1.3.4	Climat de Béchar :	235
5.1.3.4.1	Lecture climatique de Béchar :	235
5.1.3.4.2	Classification du climat de Béchar :	239
5.1.4	Modélisation du microclimat urbain :	240
5.2	Logiciel de simulation (ENVI-met) :	242
5.2.1	Définition :	242
5.2.2	Précision du modèle ENVI-met :	245
5.2.3	Avantages et limites d'ENVI-met :	245
5.2.4	L'interface du logiciel ENVI-met V 4.0 :	246
5.2.5	Visualisation des résultats d'ENVI-met (LEONARDO) :	247
5.2.6	BioMet pour ENVI-met :	249
5.2.6.1	Définition :	249
5.2.6.2	Calcul des indices du confort thermique extérieur :	250
Conclusion :		252
Chapitre 6 : Résultats, discussions et interprétations		253
Introduction :		254
6.	Paramètres microclimatiques et indices de confort thermique :	254
6.1	Paramètres microclimatiques :	254
6.1.1	Température de l'air :	254
6.1.2	Humidité relative :	254
6.1.3	Vitesse du vent :	254
6.1.4	Température moyenne radiante :	254
6.2	Indice de confort thermique extérieur :	255
6.2.1	Confort thermique extérieur :	255
6.2.2	Température physiologique équivalente (PET) :	256
6.3	Résultats et interprétations :	257
6.3.1	Série N° 1 : de la variation du rapport H/W selon l'orientation NE-SO :	257
6.3.1.1	Comparaison et discussion de la variation de la température de l'air :	258
6.3.1.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :	260
6.3.1.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :	262
6.3.1.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :	264
6.3.1.5	Comparaison de la variation de PET :	266
6.3.2	Série N° 2 de la variation du rapport H/W selon l'orientation NO-SE :	269
6.3.2.1	Comparaison de la variation de la température de l'air :	270
6.3.2.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :	271
6.3.2.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :	272

6.3.2.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :.....	273
6.3.2.5	Comparaison de la variation de PET :	275
6.3.3	Série N° 3 de la variation du rapport H/W selon l'orientation NE-SO :...	277
6.3.3.1	Comparaison de la variation de la température de l'air :.....	278
6.3.3.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :.....	279
6.3.3.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :.....	280
6.3.3.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :	281
6.3.3.5	Comparaison de la variation de PET :.....	284
6.3.4	Série N° 4 de la variation du rapport H/W selon l'orientation NE-SO :	286
6.3.4.1	Comparaison de la variation de la température de l'air :.....	287
6.3.4.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :.....	288
6.3.4.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :.....	289
6.3.4.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :	290
6.3.4.5	Comparaison de la variation de PET :	292
6.3.5	Série N° 5 de la variation de l'orientation :.....	294
6.3.5.1	Comparaison de la variation de la température de l'air :.....	294
6.3.5.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :.....	295
6.3.5.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :.....	296
6.3.5.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :.....	297
6.3.5.5	Comparaison de la variation de PET :.....	300
6.3.6	Série N° 6 de la variation de l'orientation :.....	301
6.3.6.1	Comparaison de la variation de la température de l'air :.....	302
6.3.6.2	Comparaison de la variation de l'humidité relative :.....	303
6.3.6.3	Comparaison de la variation de la vitesse du vent :.....	304
6.3.6.4	Comparaison de la variation de la Tmrt :.....	305
6.3.6.5	Comparaison de la variation de PET :.....	307
Conclusion :		308
Conclusion générale :		313
Bibliographie :		318
Annexes :		332

Listes des figures :

Introduction :

Figure I.1 : L'interaction entre morphologie urbaine, microclimat et confort thermique extérieur (Source : Ouameur, 2007).....	6
Figure I.2 : Schématisation des variables de la problématique (Source : Auteur).	6
Figure I.3 : Structure du mémoire (Source : Auteur).	10

Première partie : théorique

Chapitre 1 : Fabrique de la ville

Figure 1.1 : Deux pistes de la morphologie urbaine (Source : Merlin 1988). Deux déterminants de la forme urbaine (Source : Sharag Eldin 1998).....	17
Figure 1.2 : Le bâtiment archétypal à partir de laquelle les instances dimensionnées sont générées (Source : Steadman, 1998 ; Steadman et Marshall, 1990 ; 2005)....	18
Figure 1.3 : Les dispositions hypothétiques des formes construites pour être présentées comme des modèles morphologiques mesurables (Source : Martin, 1972).....	19
Figure 1.4 : Sortie graphique à partir d'un modèle informatique basé sur un agent d'un système urbain sous régional (Batty, 2008).....	20
Figure 1.5 : Cartographie superposée des espaces convexes et lignes axiales pour une partie du centre de Londres (Hillier, 1996).....	21
Figure 1.6 : Une analyse de l'intégration par Space Syntax (Source: Space Syntax Limited, 2012; Sevtsuk et al, 2011).	22
Figure 1.7 : La matrice typologique des espaces urbains existants dans les villes européennes traditionnelles. (Source : Kier, 1979).....	23
Figure 1.8 : Zones caractéristiques (unités de développement) de tissu urbain désignés comme plan de ville (Source : Conzen, 1960).....	24
Figure 1.9 : Les cinq éléments fondamentaux de forme macro-urbaine définie par K. Lynch comme les aspects constitutionnels de l'image urbaine (Source : Lynch, 1960).....	25
Figure 1.10 : L'analyse visuelle du paysage urbain par Cullen (Source : Cullen, 1961).	26
Figure 1.11 : Contribution de la morphologie urbaine dans la vie collective des villes (source Oliveira, 2016).....	26
Figure 1.12 : Forme & composition d'un quartier de Medina, Tunis (Source : Caliskan, 2013).....	31
Figure 1.13 : La structure de la forme urbaine : Chaque point représente une unité de construction (Source : Caliskan, 2013).....	32
Figure 1.14 : La structure spatiale d'un tracé des rues : la structure syntaxique (configurationnelle) et la structure logique (constitutionnelle) (Source : Caliskan, 2013).....	33
Figure 1.15 : motif et tissu urbain : La cohérence de la forme se révèle à travers la	

relation intégrée entre les couches (Source : Caliskan, 2013).....	35
Figure 1.16 : Cadre conceptuel de la formation en milieu urbain sur la base des relations entre les catégories fondamentales de la morphologie urbaine (Source : Caliskan, 2013).....	36
Figure 1.17 : Trois niveaux d'abstraction proposé par Marshall (Source : Marshall, 2005).....	38
Figure 1.18 : Carte de nœuds de liaison comme base du calcul de la continuité (Source : Caliskan, 2013).....	39
Figure 1.19 : Un réseau hypothétique de voies connectés (Source : Caliskan, 2013).	40
Figure 1.20 : La carte du réseau routier hypothétique montrant les profondeurs relatives de chaque itinéraire (Source : Caliskan, 2013).....	41
Figure 1.21 : Différentes configurations hypothétiques ayant des différentes valeurs de nodalité. (Source : Caliskan, 2013).....	42
Figure 1.22 : Continuité des enveloppes des bâtiments (Source : Caliskan, 2013).....	44
Figure 1.23 : Les chemins les plus courts entre les bâtiments en termes de distances les plus courtes étant donné, (Source : Caliskan,2013).....	44
Figure 1.24 : Contre-positionnement selon l'organisation de accès frontal à l'espace public. (Source : Caliskan,2013).....	45
Figure 1.25 : Les types de tracé de base de parcelle en fonction de leur positionnement dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).....	48
Figure 1.26 : Les types de base de l'organisation de la parcelle dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).....	49
Figure 1.27 : Les types de base de subdivision dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).....	49
Figure 1.28 : Les principaux types d'unités de construction basée sur l'exposition des côtés (Source : Steadman et al, 1999, Caliskan,2013).....	50
Figure 1.29 : Les règles de commande de base en fonction dans les relations entre les unités de construction. (Source : Caliskan,2013).....	51

Chapitre 2 : Conception bioclimatique urbaine

Figure 2.1: Approche bioclimatique, abris ou énergie (Source : Coch, 1998).....	56
Figure 2.2: Conception bioclimatique, relations et perspective (Source : Larasati, 2000).	58
Figure 2.3: Processus de conception bioclimatique : (Source : Evans, 2007).....	60
Figure 2.4: Les éléments du microclimat urbain traité par la conception bioclimatique urbaine (Source : Van Esch, 2015).....	63
Figure 2.5 : Les zones climatiques de l'Algérie (Source : Mokhtari et al, 2008).....	66
Figure 2.6 : La structure verticale de l'atmosphère (Source : Oke, 1987).....	68
Figure 2.7: Développement d'une couche limite urbaine (Source : Dupont, 2001).....	69
Figure 2.8 : Couche de canopée urbaine (Source : Erell, 2011).....	70
Figure 2.9: Les échelles horizontales du climat urbain (Source : Oke, 1987).....	71
Figure 2.10 : Les échelles horizontales du climat urbain (Source : Sarma, 2005).....	71
Figure 2.11: Le développement du microclimat urbain (Source : Bailey, 2005).....	73

Figure 2.12 : Bilan énergétique urbain (Source : Erell, 2011).....	75
Figure 2.13 : Bilan hydrique urbain (Source : Dupont, 2001).....	76
Figure 2.14 : Différents types de rayonnement solaire (Source : Erell, 2011).....	78
Figure 2.15 : Rayons à ondes courtes réfléchis et absorbés (Source : Erell, 2011).....	79
Figure 2.16 : Rayons à ondes longues (Source : Erell, 2011).....	79
Figure 2.17 : Profil moyen de la vitesse horizontale du vent dominant en site urbain (Source : Plate et Kiefer 2001).....	81
Figure 2.18 : Profil verticale de la vitesse moyenne du vent au-dessus d'une zone urbaine (Source : Erell, 2011).....	82
Figure 2.19 : Causes de l'îlot de chaleur urbain (Source : Van Esch, 2015).....	86
Figure 2.20 : Rayonnement solaire sur les bâtiments (Source : Martins, 2013).....	87
Figure 2.21 : Rayonnement direct d'un point donné dans un canyon urbain (Source : Van Esch, 2012).....	87
Figure 2.22 : Rayonnement direct d'une surface du sol dans un canyon urbain (Source : Van Esch, 2012).....	88
Figure 2.23 : L'angle d'obstruction des rayons solaires en fonction du H/W (Source : Hernández, 2013).....	88
Figure 2.24 : Le comportement radiatif du canyon urbain (Source : Van Esch, 2015).	89
Figure 2.25 : Modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment (Source : Erell, 2011).....	92
Figure 2.26 : Coupe sur le modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment (Source :Van Esch, 2015).....	92
Figure 2.27 : Modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment horizontalement (Source :Van Esch, 2015).....	92
Figure 2.28 : Circulation du vent autour d'un bâtiment haut et mince, un bâtiment haut et large et un bâtiment bas et large (Source : Van Esch, 2015).....	93
Figure 2.29 : Modèles d'écoulement dans le canyon urbain, lié à la direction du vent et à la hauteur du toit (Source : Van Esch, 2015).....	94
Figure 2.30 : Régimes d'écoulement associés à différentes géométries urbaines (Source : Oke, 1987).....	95
Figure 2.31 : Lignes de seuil divisant les types de flux dans leurs trois régimes (Source : Yao et Steemers, 2013).....	96
Figure 2.32 : Schéma de circulation de l'écoulement moyen selon différentes directions du vent dans un tissu urbain (Source : Kim et Baik, 2004).....	97
Figure 2.33 : Schéma des concentrations de polluants en cas d'écoulement perpendiculaire (Source : Van Esch, 2015).....	98
Figure 2.34 : L'écoulement du vent dans le voisinage de la végétation avec une faible porosité en haut et une porosité élevée en bas (Source : Van Esch, 2015).....	101
Figure 2.35 : Organigramme de la méthodologie du climatologique appliquée pour la planification et la construction (Source : Bitan, 1988).....	104
Figure 2.36 : Eléments de conception du paysage (Source : Attia et Duchhart, 2011).	107
Figure 2.37 : Illustration du concept de zones bioclimatiques (Source : Attia et Duchhart, 2011).....	108

Figure 2.38 : Organigramme de la charte des décisions de conception (Source : Dekay et Brown, 2014).....	110
Figure 2.39 : Structure du Faisceau (Bundle) à gauche et faisceau de tissu urbain solaire passif à droite (Source: Dekay et Brown, 2014).....	112
Figure 2.40 : Faisceau de quartier solaire à droite faible densité et à gauche haute densité (Source : Dekay et Brown, 2014).....	116
Figure 2.41 : Faisceau de quartier refroidi (Source : Dekay et Brown, 2014).....	118
Figure 2.42 : Variation du faisceau de quartier refroidi pour climat chauds et aride (Source : Dekay et Brown, 2014).....	119

Chapitre 3 : Règlement urbain

Figure 3.1 : Pourcentage de classification des règles de la loi 90-29 par types (Source : Auteur).....	151
Figure 3.2 : Schématisation de la règle 1 (Source : Auteur).....	155
Figure 3.3 : Schématisation de la règle 2 (Source : Auteur).....	155
Figure 3.4 : Schématisation de la règle 3 (Source : Auteur).....	155
Figure 3.5 : Schématisation de la règle 5 (Source : Auteur).....	156
Figure 3.6 : Schématisation de la règle 9 (Source : Auteur).....	157
Figure 3.7 : Schématisation de la règle 10 (Source : Auteur).....	157
Figure 3.8 : Schématisation de la règle 11 (Source : Auteur).....	157
Figure 3.9 : Schématisation de la règle 12 (Source : Auteur).....	158
Figure 3.10 : Pourcentage de classification des règles du décret 91-175 par types (Source : Auteur).....	160
Figure 3.11 : Pourcentage de classification des règles du décret 14-27 par types (Source : Auteur).....	168
Figure 3.12 : Pourcentage des règles urbaines et des règles architecturales du décret 14-27 par types (Source : Auteur).....	169

Deuxième partie : pratique

Chapitre 4 : Positionnement épistémologique

Figure 4. 1 : Le système des espaces libres (Source : Borie,1984).....	188
Figure 4. 2 : Illustration d'une rue selon l'association nationale du transport fonctionnel de la ville (Source : NACTO,2013).....	189
Figure 4. 3 : Rapport d'aspect (H/W) d'une rue canyon urbaine symétrique (Source : Errell et al, 2011).....	191
Figure 4. 4 : L'orientation des faces de bâtiments selon la rue (Source : Caliskan,2013).....	192
Figure 4. 5 : Typologie de tracé des rues (Source : Borie et Denieul,1984).....	193
Figure 4. 6 : Tracé rectiligne, et tracé sinueux (Source : Caliskan, 2013).....	194
Figure 4. 7 : Facteur vue de ciel (SVF) d'une rue canyon urbaine symétrique (Source : Errell et al, 2011).....	194
Figure 4. 8 : Estimation du facteur vue de ciel (SVF) par la photographie Fish-eyes	

(Source : Erell et al, 2011).....	195
Figure 4. 9 : Paramètres géométriques pour le calcul de la SVF à partir d'un point sur le sol dans un espace de type place à une distance donnée d'une paroi continue et au point d'un espace circulaire central (Source : Erell et al, 2011).....	198
Figure 4. 10 : Vue schématique d'un espace de type cour rectangulaire (Source : Erell et al, 2011).....	198
Figure 4. 11 : Exemples d'estimation SVF urbaine en utilisant des modèles urbains 3D avec le système d'information géographique (SIG) logiciel d'analyse (Source : Erell et al, 2011).....	199
Figure 4. 12 : Les paramètres pour le calcul de l'ombrage coefficient (Source : Erell et al, 2011).....	200
Figure 4. 13 : Les types de végétations (Source : Tuli, 2014).....	204
Figure 4. 14 : le COS végétal selon Faucher (Source : Faucher, 1998).....	205
Figure 4. 15 : le CES (Source : Pont, 2009).....	207
Figure 4. 16 : Le COS (Source : Pont, 2009).....	208
Figure 4. 17 : La rugosité relative à une certaine section mis dans un tissu hypothétique. (Source : Caliskan, 2013).....	209
Figure 4. 18 : La porosité dans le tissu urbain en tenant compte les espaces ouverts seulement (Source : Adolphe, 2001).....	210
Figure 4. 19 : (a) La sinuosité dans la rue par rapport au vent, (b) la rose de sinuosité (Source : Adolphe, 2001).....	211
Figure 4. 20 : La surface des murs d'exposition en rouge et le volume de construction font le facteur de compacité (Source : Caliskan, 2013).....	212

Chapitre 5 : Méthodologie de recherche

Figure 5.1 : Schématisation des variables principales de l'hypothèse (Source : Auteur).	220
Figure 5.2 : Schéma de la méthodologie pour la simulation et l'évaluation (Source : Auteur).....	223
Figure 5.3 : Situation géographique de la ville de Bechar (Source : Kabour et al, 2011).	224
Figure 5.4 : Plan de Béchar avant la colonisation 1903 (Source : Ben Djlid, 2013)....	225
Figure 5.5 : Plan de Béchar 1903-1936 (Source : Ben Djlid, 2013).	226
Figure 5.6 : Plan de Béchar 1936-1948 (Source : Ben Djlid, 2013).	226
Figure 5.7 : Plan de Béchar 1948-1962 (Source : Ben Djlide, 2013).....	227
Figure 5.8 : Plan de Béchar avant 1962-1988 (Source : Ben Djlid, 2013).	228
Figure 5.9 : Plan de Béchar 1988-2012 (Source : Ben Djlid, 2013).....	228
Figure 5.10 : Classification des tissus urbains choisis pour la simulation (Source : Auteur).....	229
Figure 5.11 : Plan du tissu N°1 Ksar Tagda (Source : Auteur).....	230
Figure 5.12 : Plan du tissu N°2 lotissement URBAT (Source : Auteur).....	231
Figure 5.13 : Plan du tissu N°3 457 logements collectifs (Source : Auteur).....	232
Figure 5.14 : Plan du tissu N°4 120 logements semi-collectifs (Source : Auteur).....	233

Figure 5.15 : Récapitulation des tissus sélectionnés (Source : Auteur).....	234
Figure 5.16 : Variation de la température de l'air mensuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).....	235
Figure 5.17 : Variation de la température de l'air annuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).....	235
Figure 5.18 : Variation de l'humidité relative pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).....	236
Figure 5.19 : Variation de la vitesse du vent moyenne mensuelle pour la période 2003- 2014 (Source :Auteur).....	237
Figure 5.20 : Rose des vent annuelle de la ville de Béchar (Source : Auteur).....	237
Figure 5.21 : Variation de l'insolation moyenne mensuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).....	238
Figure 5.22 : Variation de la pluviométrie moyenne mensuelle pour la période 2003- 2014 (Source : Auteur).....	238
Figure 5.23 : Variation de la pluviométrie moyenne annuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).....	239
Figure 5.24 : Le diagramme ombrothermique de Bechar (Source : Auteur).....	240
Figure 5.25 : Schéma du modèle de base d'ENVI-met (Source : Huttner, 2012).....	242
Figure 5.26 : La structure de base d'ENVI-met (Source : Bruse, 2003).....	243
Figure 5.27 : Schéma des sous modèles d'ENVI-met (Source : Huttner, 2012).....	244
Figure 5.28 : Interface ENVI-met V 4.0 ((Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015)...	247
Figure 5.29 : Interface de LEONARDO pour ENVI-met (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).....	248
Figure 5.30 : Représentations 2D des résultats dans la fenêtre LEONARDO (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).....	248
Figure 5.31 : Représentations 3D des résultats dans la fenêtre LEONARDO (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).....	249
Figure 5.32 : Interface BioMet V 1.0 pour ENVI-met (Source : Bruse, 2014).....	249
Figure 5.33 : DataFileMap (DFM) pour BioMet (Source : Bruse, 2014).	250
Figure 5.34 : Sélection des heures à évaluer dans le DFM-BioMet (Source : Bruse, 2014).....	251
Figure 5.35 : Choix de l'intervalle verticale de calcul pour les indices du confort (Source : Bruse, 2014).....	251
Figure 5.36 : Paramètre de l'être humain introduites pour le calculer les indices du confort thermique (Source : Bruse, 2014).....	252

Chapitre 6 : Résultats, discussions et interprétations

Figure 6.1 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 1 avec l'ombre portée dans chaque rue (Source : Auteur).....	257
Figure 6.2 : Distribution des vitesses du vent dans les différents tissus à 1,5 m (Source : Auteur).	263
Figure 6.3 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 2 (Source : Auteur).	269
Figure 6.4 : Série N°2 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus	

à l'aide des images FishEye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).....	274
Figure 6.5 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 3 (Source : Auteur)...	277
Figure 6.6 : Masque d'ombre porté sur les surfaces urbaines de la rue dans les quatre tissus série 3 (Source : Auteur).....	282
Figure 6.7 : Série N°3 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).....	283
Figure 6.8 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 4 (Source : Auteur)...	286
Figure 6.9 : Série N°4 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).....	291
Figure 6.10 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 5 (Source : Auteur)..	294
Figure 6.11 : Série N°5 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).....	299
Figure 6.12 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 6 (Source : Auteur).	302
Figure 6.13 : Série N°6 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).....	306

Listes des graphes :

Chapitre 6 : Résultats, discussions et interprétations

Graphe 6.1 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).....	258
Graphe 6.2 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).....	260
Graphe 6.3 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).	262
Graphe 6.4 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).....	264
Graphe 6.5 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur)	267
Graphe 6.6 : Relation linéaire avec une corrélation forte entre la Tmrt et la PET (Source : Auteur).	267
Graphe 6.7 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).	270
Graphe 6.8 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).	271
Graphe 6.9 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).	272
Graphe 6.10 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).....	273
Graphe 6.11 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).....	275
Graphe 6.12 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).....	278
Graphe 6.13 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).....	279
Graphe 6.14 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).....	280
Graphe 6.15 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).....	281
Graphe 6.16 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).	284
Graphe 6.17 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).	287
Graphe 6.18 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).	288
Graphe 6.19 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).	289
Graphe 6.20 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les	

différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).....	290
Graphe 6.21 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).....	292
Graphe 6.22 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).....	295
Graphe 6.23 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).....	296
Graphe 6.24 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).....	297
Graphe 6.25 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).....	298
Graphe 6.26 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).....	300
Graphe 6.27 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).....	302
Graphe 6.28 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).....	303
Graphe 6.29 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).....	304
Graphe 6.30 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).....	305
Graphe 6.31 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).....	307
Graphe 6.32 : Comparaison entre le tissu N°1 (Alternative bioclimatique) et les tissus N°2, 3 et 4 (Règlement urbain) (Source : Auteur).....	311

Listes des tableaux :

Chapitre 1 : Fabrique de la ville

Tableau 1.1 : Les principaux catégories de base de la morphologie urbaine selon Caliskan (Source : Caliskan, 2013).	30
Tableau 1.2 : Le cadre conceptuel et ces indicateurs de Caliskan (Source : Caliskan, 2013).....	39
Tableau 1.3 : L'ordre de la route / hiérarchie de rue (Source : Jong, 2007; Marshall, 2005).....	46
Tableau 1.4 : Types des rues suggérées basés sur le rôle structurel (Source : Marshall, 2005).....	47
Tableau 1.5 : Les types de règles constitutionnelles pour la structure des rues (Source : Marshall, 2005 et Caliskan, 2013).....	48

Chapitre 2 : Conception bioclimatique urbaine

Tableau 2.1 : Stratégies de conception bioclimatique (Source : Watson, 2012).....	113
--	-----

Chapitre 3 : Règlement urbain

Tableau 3.1 : Le contenu général du règlement, en se concentrant sur les composants physiques (Source : Marshall, 2011).	148
Tableau 3.2 : Comparaison entre les éléments morphologiques et les niveaux d'échelle dans la réglementation urbaine (Source : Kropf, 2011).....	149

Chapitre 4 : Positionnement épistémologique

Tableau 4. 1 : Modèle simplifier de la morphologie urbaine (Source : Adolphe, 2001).	178
Tableau 4. 2 : Grille d'indicateurs morphologique (Source : Ait-Ameur, 2002).	180
Tableau 4. 3 : Grille d'indicateurs morphologique déterminants (Source : Ouamer, 2007).	180
Tableau 4. 4 : Domaines, leviers et d'indicateurs en relation avec la climatologie urbaine (Source : Colombert, 2008).....	183
Tableau 4. 5 : Indicateurs morphologiques 3D (Source : Fund, 2012).	184
Tableau 4. 6 : Indicateurs combinés du concept fabrique de la ville (Source : Auteur).	185
Tableau 4. 7 : Une typologie des espaces verts urbains (Source : Swanwick et al, 2003).	203

Chapitre 5 : Méthodologie de recherche

Tableau 5.1 : Conditions générales de simulation (Source : Auteur).....	222
--	-----

Tableau 5.2 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu du Ksar (Source : Auteur).....	231
Tableau 5.3 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu du lotissement URBAT (Source : Auteur).....	232
Tableau 5.4 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu des 457 logs collectifs (Source : Auteur).....	233
Tableau 5.5 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu des 120 logs semi-collectifs (Source : Auteur).....	234
Tableau 5.6 : Variation de la température de l'air période 2003-2014 (Source Auteur).	236

Chapitre 6 : Résultats, discussions et interprétations

Tableau 6.1 : Classes de sensation thermique indiquées par l'indice PET (Source : Kedissa et al, 2010).	256
Tableau 6.2 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 1 (Source : Auteur).....	257
Tableau 6.3 : Propriétés thermiques des matériaux dans les rues de chaque tissu (Source : Auteur).	264
Tableau 6.4 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 2(Source : Auteur).....	269
Tableau 6.5 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 3 orientation NE-SO (Source : Auteur).	277
Tableau 6.6 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 4 orientation NE-SO (Source : Auteur).	286
Tableau 6.7 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 5 (Source : Auteur).....	294
Tableau 6.8 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 6 (Source : Auteur).....	301

INTRODUCTION GENERALE

- I.1 Introduction :
 - I.2 Question de recherche :
 - I.3 Hypothèse de recherche :
 - I.4 Objectifs de recherche :
 - I.5 Méthodologie de recherche :
 - I.6 Structure du mémoire :
-

« De l'antiquité à nos jours, de la polis grecque à la ville contemporaine, en passant par la ville médiévale, la ville de la Renaissance, la ville baroque et la ville industrielle, fordiste ou keynésienne, on retrouve le jeu d'une série de principes ou processus qu'il convient d'énoncer et d'identifier » (Matthey, 2007)

I.1 Introduction :

La plupart des chercheurs en urbanisme algérien ont établi un diagnostic sévère de la ville algérienne (urbanisme et de planification). Ce dernier énonce les causes d'un état de fait peu reluisant, lance un regard critique sur les outils de conceptualisation urbaine et fait le bilan des modèles de développement urbain durant les trois dernières décennies en relevant l'absence de dimension environnementale et écologique tout en proposant une nouvelle approche (Addad et al, 2013). Le Professeur MAZOUZ Said dit que : *« Il est un constat, aujourd'hui largement partagé, que la ville algérienne est malade. Les maux qui la rongent sont nombreux : congestion, étalement urbain, exclusion et ségrégation socio-spatiale, insécurité, vandalisme et incivilités, hiatus fonctionnel entre centre et périphérie et incapacité avérée des outils et instruments d'urbanisme à pallier à ces déficiences. Les instruments d'urbanisme souffrent de leur inadaptation chronique doublée d'une rapide obsolescence, conséquence d'un volontarisme débridé »*. Il témoin d'un grand déphasage dans le processus de fabrication de la ville algérienne, le cas de la ville nouvelle de Ali Mendjeli à Constantine illustre l'échec dans ce processus par la rupture entre la phase des intentions urbanistiques et la conception architecturale, là où la phase transitoire qui est le design urbain entre les deux n'a pas été faite (Mazouz, 2013)

La politique urbaine en Algérie est passée par plusieurs périodes, liées à la situation urbaine héritée des étapes concernant la colonisation et les civilisations précédente. La période coloniale a esquissé les premières lignes des modes de fabrique de la ville algérienne. Les expériences et les modèles français ont dominé la scène de production urbaine algérienne. Les soucis majeurs après l'indépendance se sont focalisés sur le relancement de l'économie du pays, et de trouver une politique, avec l'absence d'un cadre légale et réglementaire pour structurer la planification de la ville algérienne. La période qui suit a représenté le champ de différentes expériences en matière de planification et de législation urbaine afin d'appliquer les outils et les instruments d'urbanisme. La volonté

politique de requalification urbaine et d'aménagement de la ville, était le sol fertile pour nourrir le règlement urbain (apparus en 1990), dans une vision globale les pouvoirs publics s'interrogeaient sur la satisfaction des besoins de la population et l'élaboration de projets urbains dans la ville. Avec l'apparition des lois d'urbanisme, et leurs applications à travers les textes réglementaires, la ville a eu ces instruments d'urbanisme pour envisager ces maux, bien que ces derniers aient connu des incohérences et des insuffisances. La politique algérienne pour fabriquer la ville et créer des lieux conviviaux est basée sur les instruments de planification, d'aménagement et d'urbanisme, ces derniers sont avérés inadaptés à la dynamique de la ville. Les différents plans tels que SNAT, SRAT, PDAU, POS etc. n'ont jamais été approuvés d'une façon définitive. Des opérations de construction s'effectuent alors que les études ne sont pas encore achevées (Addad et al, 2013). Le constat négatif en ce qui concerne le règlement urbain ne se limite pas à ce niveau, un grand en jeu celui de la durabilité et l'intégration des exigences bioclimatiques n'est pas encore pris en considération par le cadre légale et réglementaire en Algérie. La déchirure entre ville et climat est remarquable, le règlement qui participe d'une grande partie dans la fabrique de la ville algérienne ne prend le climat urbain que rarement dans la planification et la réalisation des fragments urbain, par quelques recommandations.

Le règlement urbain guide principalement le développement de la ville dans chaque période, il se présente comme des instructions qui crée la ville en terme de constructions, de bâtiments, d'espaces urbains, de parcs, de rues, etc. En outre, la forme urbaine est fortement influencée par les règlements urbains, cette dernière affecte directement le microclimat urbain à l'intérieur du tissu urbain. Cette vision rend obligatoirement d'étudier la ville en tant que microclimat spécifique : chaleur supplémentaire dégagée (bâtiments et transports), couche de pollution, vents dominants canalisés, etc. Ces microclimats locaux ont une influence prépondérante sur les usages des espaces et sur le comportement des gens : les activités extérieures possibles (dans un jardin public, une rue commerçante, une entrée d'immeuble) dépendent de la vitesse du vent à cet endroit, des heures d'ombrage, de la chaleur dégagée par le revêtement de sol, etc.

La prise de conscience de l'importance du climat urbain dans le processus de fabrique de la ville dans le monde occidental est récente, les concepteurs de la ville ont rarement considéré le climat parmi les contraintes de conception urbaine. La fabrique des villes a presque toujours été dictée, ou presque accidentellement créé, par une série de processus essentiellement politiques, sociaux et économiques décisionnels (Chandler, 1976). Austen en 2013 confirme que la science du contrôle de climat urbain est encore à

ses débuts et jusqu'à récemment que des efforts limités avaient été faits pour comprendre les détails du climat de la ville (Austen, 2013).

Les premières tentatives d'intégrer considération les spécificités climatiques dans la planification de la ville ont été limitées à des généralisations grossières sur les conditions météorologiques régionales et des vents dominants (Hilberseimer, 1944; Egli, 1951; Taylor, 1950). Bien qu'en 1927 Geiger publie un ouvrage sur les microclimats en incluant la climatologie urbaine. Dix ans après Kratzer ont établi la relation entre la forme bâtie et la couche limite urbaine, présenté un peu comme sa véritable complexité (Kratzer, 1937). Réédité et revue en 1956. Ainsi Kratzer a souligné avant tout le caractère artificiel du climat urbain.

L'application des connaissances concernant le climat urbain rompe dans le terrain d'atténuation ou d'élimination des modifications climatiques indésirables induites par l'urbanisation (Landsberg, 1981). La tâche est d'un niveau complexe vue le nombre de disciplines et de professionnels chargées de fabriquer la ville, ces diverses compétences ne fonctionnent pas sur la même longueur d'onde et sont souvent en conflit les uns avec les autres. Le travail du planificateur apparaît herculéen car il s'agit de coordonner entre ces derniers, à fin d'arrivé à une conception optimale, et de concilier les désirs contradictoires (Landsberg, 1981). Selon Landsberg Le manque de communication entre les météorologues et les autres professions était la lacune dominante. Comme Tim Oke en 1976 a souligné : « Jusqu'à très récemment les ingénieurs, les architectes et les urbanistes n'étaient pas conscients des implications atmosphériques de leurs activités. Certains membres de ces professions sont maintenant éveillés à ces possibilités et ils posent des questions pratiques sur la façon de prédire ou de minimiser ces effets, dont certains constituent des boucles de rétroaction ».

L'utilisation des connaissances climatiques dans la planification urbaine était faite par Ingegård Eliasson qui confirme que : « le climat urbain est souvent ignoré par le processus de la planification urbaine (Eliasson, 2000). Eliasson a démontré auprès des professionnels de la planification et du design urbain et les climatologues que l'intégration des connaissances acquis sur le climat urbain est possible mais il y'a 10 contraintes qui rendent cette intégration difficile, cette étude a manqué l'implication des usagers pour voir leurs avis sur le climat et le confort urbain. Cette étude à manqué l'avis du public envers le climat et le confort urbain. Évaluation et génération des différentes configurations dans la fabrique urbaine par la biais d'un modèle qui permet le calcul du volume solaire maximum (Capeluto, 2001). L'utilisation systématique de l'enveloppe

solaire dans la phase des intentions des architectes et des planificateurs permet l'application d'une méthodologie intégrée à la planification urbaine (Pereira, 2001). La configuration de la fabrique urbaine pour permettre la pénétration de l'éclairage naturel et la ventilation passive et éviter la haute température (DeKay, 2004). M.J. Alcoforado en 2005 a diffusé des réflexions sur l'application de la climatologie urbaine à l'aménagement. Application du climat urbain dans la conception de la ville (Erell, 2008). Une insuffisance dans les connaissances pour démontrer la valeur du climat urbain dans la conception et la planification urbaine (Mills, 2008). L'influence du règlement de la planification urbaine sur le microclimat urbain dans un climat chaud et aride (Yahia & Johansson, 2013). La climatologie urbaine appliquée dans la planification urbaine (Hebbert, 2014).

I.2 Question de recherche :

La majorité des recherches effectuées sur la relation de la ville et le climat urbain traitent de l'influence de la transformation morphologique sur les variations microclimatiques soit de manière isolée ou en relation avec le confort thermique extérieur et la consommation d'énergie. On cite les travaux de : (Boussoulim, 2002): l'interaction des paramètres climatiques et morphologiques les plus significatifs pour la caractérisation microclimatique d'un espace public ; (Benzerzour, 2004): l'évaluation des effets des transformations urbaines sur le microclimat urbain ; (Ali Toudert, 2005) : la relation entre les connaissances sur le microclimat urbain et le processus de conception pour une meilleure compréhension de la sensation thermique dans les espaces urbains ouverts ; (Bozonnet, 2005): l'interaction du microclimat urbain avec le bâti et sa demande énergétique de climatisation dans le cas typique d'une rue canyon ; (Athamena, 2008): la proposition des indicateurs pour lier la forme urbaine et les variations microclimatiques et terme de rayonnement solaire ; (Tsoka, 2011) : l'étude des caractéristiques morphologiques du milieu urbain en relation avec le microclimat et le confort thermique des piétons aux espaces extérieurs ; (El Hozayen, 2013): la compréhension de la relation entre le microclimat et le paysage dans les espaces urbains de la ville chaude et sèche). Les finalités des recherches en microclimat urbain en étroite relation avec la morphologie urbaine et le confort thermique donnent naissance à l'adoption de l'approche bioclimatique dans l'urbain. De manière générale les variables manipulées par ces travaux peuvent être résumées par la schématisation suivante décrite par (Ouameur, 2007):

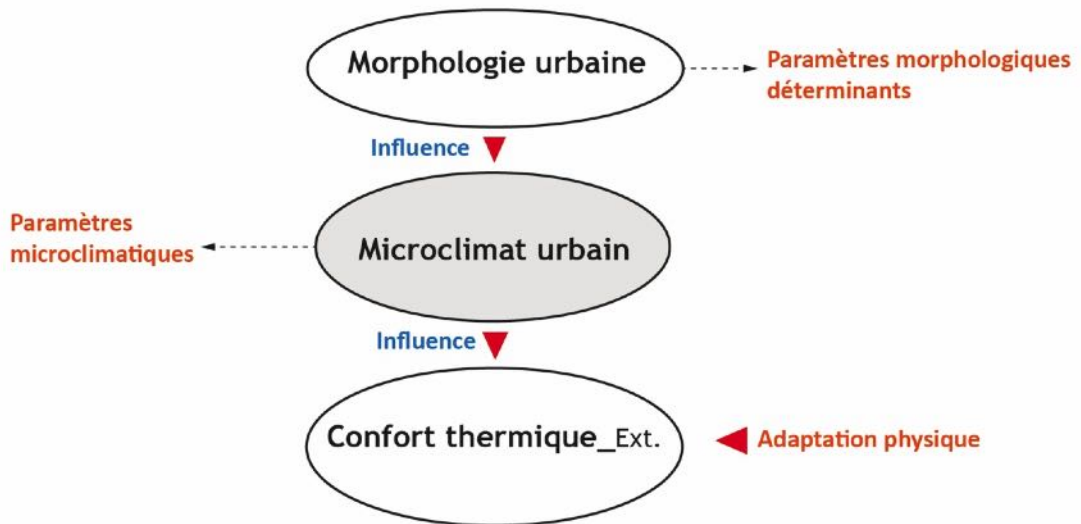


Figure I. 1 : L'interaction entre morphologie urbaine, microclimat et confort thermique extérieur (Source : Ouameur, 2007).

En partant de ce contexte, dans notre problématique, on s'intéresse non seulement à la morphologie urbaine en relation avec les variations microclimatiques mais aussi des règles urbaines qui modifient la morphologie et en conséquences le microclimat urbain. La question qui précise notre problème de recherche se situe entre la fabrication de la ville, le microclimat urbain qui est le support de la conception bioclimatique urbaine et le règlement urbain. Ce positionnement entre ces concepts nous a conduit à poser la question suivante :

- **La conception bioclimatique urbaine peut-elle nous aider à fabriquer la ville ?**

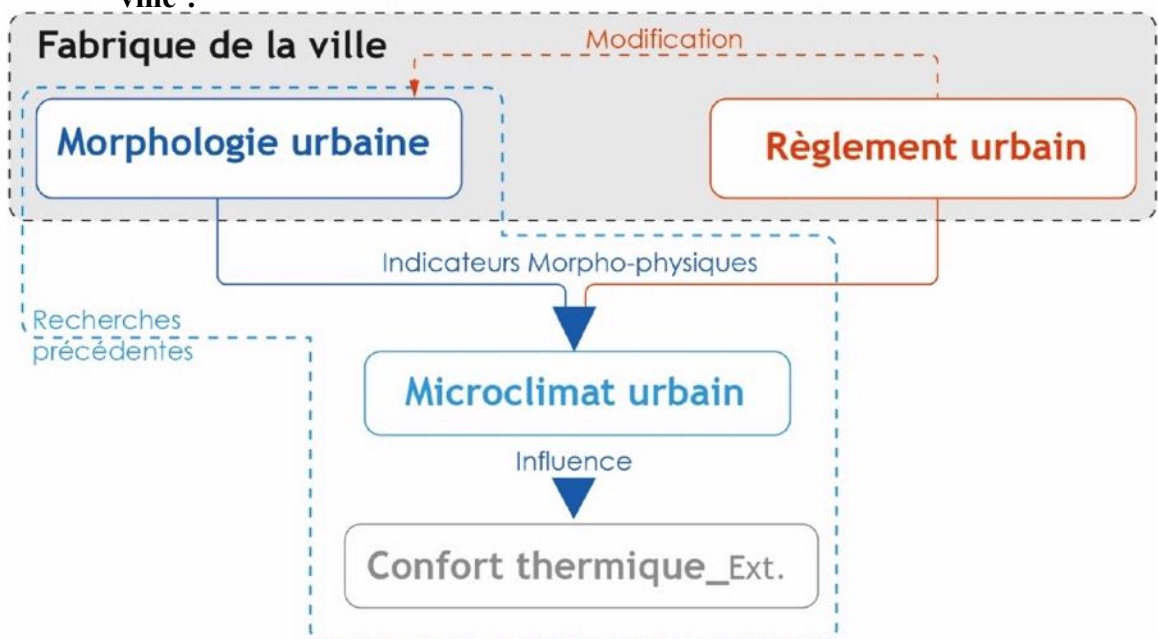


Figure I. 2 : Schématisation des variables de la problématique (Source : Auteur).

I.3 Hypothèse de recherche :

Afin de répondre à notre question de recherche on suppose l'hypothèse suivante :

- **La fabrication de la ville ne peut pas être obtenue par un simple lifting du règlement urbain actuel mais par une conception bioclimatique urbaine qui va réconcilier le climat et la ville.**

I.4 Objectifs de recherche :

Les objectifs de cette recherche ciblent l'ensemble des concepts de notre problématique à savoir :

- Proposer des règles alternatives pour améliorer le règlement urbain Algérien en intégrant les tissus urbains dans leurs microclimats pour des fins de confort thermique.
- Enrichir le répertoire de la conception bioclimatique urbaine, par l'exploration de nouvelles configurations urbaines et leurs influences sur le confort thermique extérieurs.
- Relier les connaissances théoriques sur le microclimat urbain et le processus de conception urbaine de la ville dans le contexte d'un climat chaud et aride.
- Explorer les variations microclimatiques engendrées par le règlement urbain et les situer par rapport aux autres résultats existants sur l'interaction morphologie et microclimat urbain.

I.5 Méthodologie de recherche :

La synergie entre la morphologie urbaine et le microclimat est très complexe, dans ce sens la méthode qui facilite la compréhension de cette dernière sera une méthode quantitative qui permet la mesure des variations microclimatiques, elle est aussi synchronique car les variations observées sont au cours d'un cycle journalier et pluridisciplinaire on se sert à d'autres disciplines pour comprendre l'ensemble des variations. Pour réduire cet état de complexité la modélisation est la solution la plus appropriée pour vérifier notre hypothèse et atteindre nos objectifs.

Notre recherche est divisée en deux étapes, l'une est théorique fondée sur une recherche bibliographique approfondie afin de mettre en relief les concepts clés énoncés dans l'hypothèse. Chaque concept est pris dans ces larges définitions puis on le précise dans les limites du cadre de notre recherche. La deuxième étape est pratique, dont la quel

notre méthode s'appuie sur le protocole expérimental basé sur une simulation à l'aide d'un modèle de simulation microclimatique (ENVI-met, développé par (Bruse, 1998) pour quantifier tous les variations. Notre investigation s'agit de faire une comparaison entre différents tissus urbains choisis dans la ville de Béchar, dans un climat chaud et aride. Chaque tissu représente des caractéristiques distinctes et une morphologie urbaine différentes par rapport aux autres. Une fois les simulations effectuées, on procède à l'évaluation du confort thermique à l'aide de l'application BIO-met-ENVI-met qui évalue le confort thermique extérieur par différents indices (PMV/PPD, PET et UTCI). L'évaluation des tissus urbains sera faite par la comparaison du degré de confort thermique extérieur assuré par chaque tissu.

I.6 Structure du mémoire :

Le présent travail est structuré en deux grandes parties. Une partie théorique qui englobe trois chapitres illustrant les concepts de bases de notre recherche cette partie regroupe le soubassement scientifique, à savoir les définitions, l'éclaircissement sémantiques et les théories de bases sur chaque concept.

Le premier chapitre : dans ce chapitre nous avons abordé le concept fabrique de la ville, ce dernier qui accepte plusieurs significations dans la littérature. La fabrique de la ville a eu dans notre recherche une acceptation morphologique, elle représente la partie fixe entre les différences sémantiques du concept. Une fois cette acceptation établie, ce chapitre a exposé l'essentiel des connaissances théoriques sur la morphologie entre écoles et classifications jusqu'à l'adoption d'une école morphologique qui coïncide avec les objectifs de notre recherche.

Le deuxième chapitre : le second chapitre a réservé ces textes pour rendre explicite la conception bioclimatique urbaine. Partant de l'approche bioclimatique en générale jusqu'à l'énumération des méthodes de conception bioclimatique urbaine, entre ces deux derniers on a introduit les connaissances liées à la climatologie urbaine et précisément le microclimat urbain qui est la clé de voute de l'approche bioclimatique dans la ville.

Le troisième chapitre : au chapitre 3, nous nous intéressons à la présentation du règlement urbain algérien. Passant par les étymologies des mots et les définitions des spécialistes on a pu cerner ce concept. Dans le contexte algérien ce chapitre retrace la politique urbaine algérienne et l'évolution du règlement et expose les règles urbaines extraites depuis les textes législatifs et réglementaires de base dans la réglementation algérienne.

La seconde partie est pratique, elle expose notre investigation scientifique afin de démontrer l'hypothèse du présent mémoire. Cette partie met l'accent sur les approches, les méthodes, les outils et les modèles qui nous aide dans notre vérification de la réponse préalable de notre question de recherche.

Le quatrième chapitre : ce chapitre est consacré au positionnement épistémologique de notre recherche par rapport aux travaux et modèles déjà étudiés. Plusieurs catégories d'indicateurs qui relient la morphologie urbaine et le microclimat urbain sont citées, l'état de l'art des travaux similaires est déjà fait, ce qui nous a permis de construire notre grille d'indicateurs morpho-physiques mesurables entre morphologie urbaine et microclimat.

Le cinquième chapitre : la méthodologie de recherche, le corpus d'étude et le modèle de simulation font l'objet de ce chapitre. En terme de méthodologie le protocole expérimental est choisi. Notre corpus d'étude est composé d'un contexte climatique chauds et aride et d'un ensemble de tissus urbains qui fabriquent la ville de Béchar du Sud-Ouest Algérien. Le Modèle microclimatique ENVI-met et son application Bio-met pour l'évaluation du confort thermique sont choisis vue leurs pertinences dans l'évaluation des corpus choisis.

Le sixième chapitre : ce dernier chapitre expose les résultats des simulations et leurs représentations graphiques et statistiques, suivi par les discussions et les explications des phénomènes étudiés.

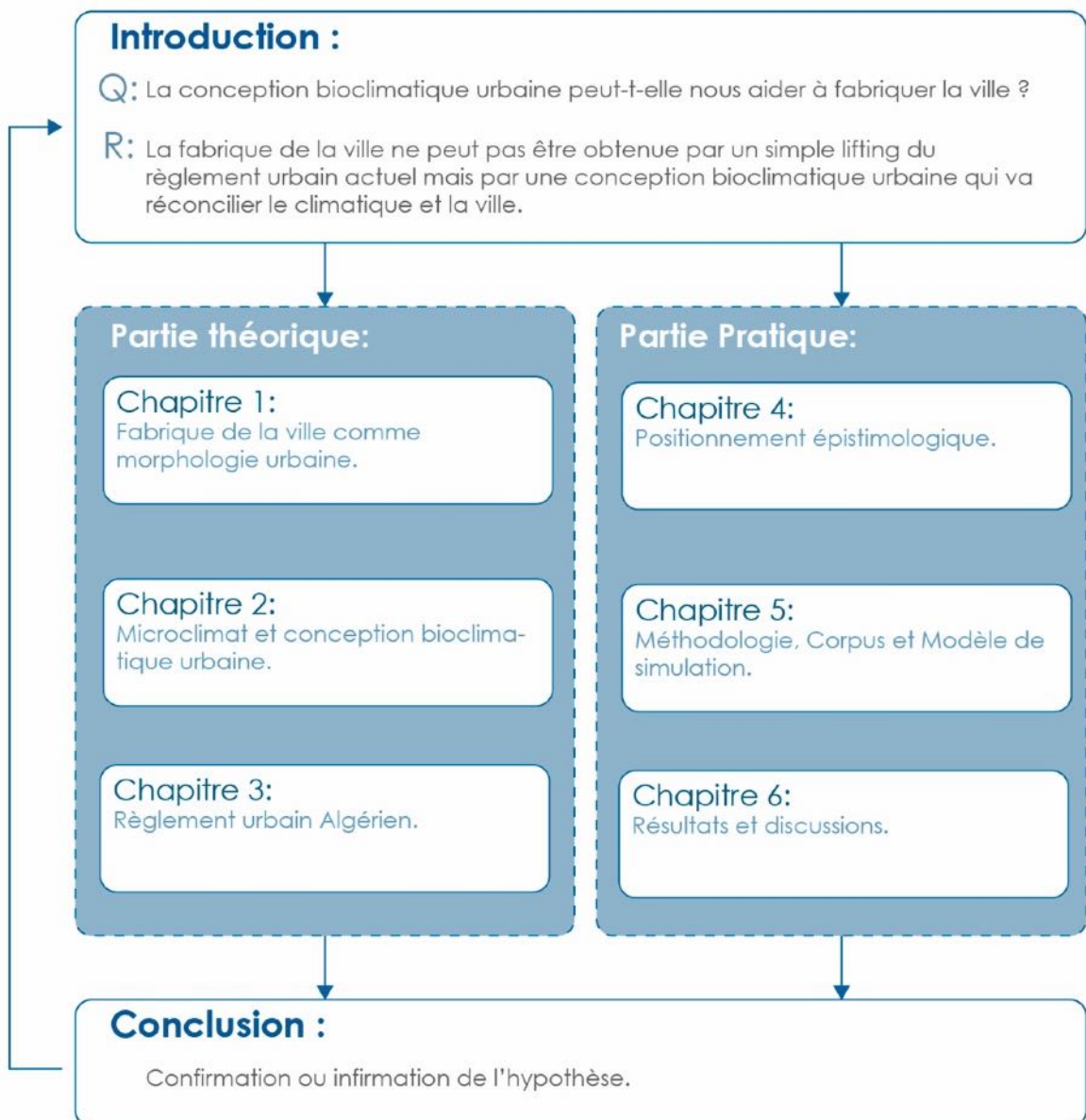


Figure I. 3 : Structure du mémoire (Source : Auteur).

Partie

Théorique

Chapitre 1 : Fabrique de la ville

Chapitre 2 : Conception bioclimatique urbaine

Chapitre 3 : Règlement urbain

Chapitre 1

Fabrique de la ville

Introduction

1 Fabrique de la ville

1.1 Étymologie et définition du concept fabrique de la ville

1.2 La fabrique de la ville comme morphologie urbaine

1.3 Morphologie urbaine et forme urbaine

1.4 Les catégories de base de la morphologie urbaine

Conclusion

Introduction :

Dans ce premier chapitre l'essentiel du texte est réservé à la définition et l'éclaircissement du concept clé « **Fabrique de la ville** ». Pour mieux cerner la fabrique de la ville l'étymologie des mots a initié d'esquisser les premiers éclaircissements, puis les définitions des spécialistes du domaine ont eu leurs parts. La fabrique de la ville est prise dans son côté physique et morphologique, les sections qui suivent développent l'historique de la morphologie urbaine et sa genèse comme branche dans la compréhension de la forme urbaine, ainsi que les approches regroupant les différentes écoles de la morphologie urbaine. La forme urbaine est introduite afin d'éliminer quelques confusions entre la morphologie urbaine et la forme urbaine qui son objet d'étude. La fin du chapitre dévoile notre choix d'école basé sur les travaux de Marshall en 2005 et récemment Caliskan en 2013 en adoptant la morphologie selon l'école de Conzen.

1 Fabrique de la ville :

1.1 Étymologie et définition du concept fabrique de la ville :

Du latin *FABRICA*, étymologiquement le mot « **fabrique** » correspond au travail du forgeron (De Machaut, 1364), pas loin de cette définition et en 1386, il signifie conseil chargé d'administrer des fonds et des revenus affectés à la construction, à l'entretien d'une église. Au début du 16^e siècle, le mot fabrique renvoie à la manière dont une chose est fabriquée, fabrication (Jean D'auton, 1503). Selon le dictionnaire Larousse le mot fabrique désigne un établissement industriel ayant pour objet de transformer les matières premières en produits manufacturés susceptibles d'être livrés au commerce.

Le mot « **fabrique** » est entendu par un degré d'interférence sémantique car il est utilisé par les historiens avec deux significations distinctes. La première désigne le conseil de paroisse, qui gère les biens mobiliers d'une église : la seconde se réfère à l'activité de construction de bâtiments dans une ville (Noizet, 2009). Cette distinction entre pouvoir de gestion et l'acte de bâtir nous renvoie aux phases de création des villes ; de la planification à la réalisation.

Chez les architectes le mot **Fabrique** désigne : Construction dont la principale décoration consiste dans l'arrangement et l'appareil des matériaux. Ainsi selon Françoise Choay le terme fabrique, un peu désuet, est synonyme d'usine. Les sociologues utilisent

le terme pour désigner l'étude des représentations de la ville et les acteurs qui ont fait de la ville.

L'expression de **fabrique de la ville** a été utilisée par Patrick Boucheron en 2004 pour désigner la structure spatiale de la ville. Chez Noizet, 2014 « *la notion de « fabrique » en sciences sociales (fabrique de l'histoire, de l'école, des archives...), émerge, dans la recherche centrée sur l'objet « ville », l'expression de « fabrique urbaine », ou encore « fabrication de la ville »*. Cette expression de **fabrique de la ville** désigne un processus diachronique, constitué d'une multitude d'interactions, chronologiquement situées, entre des configurations sociales et **la matérialité morphologique d'un espace urbain** (Noizet, 2014). Selon Bernard Gauthiez la Fabrique de la ville est un processus **morphologiques** et sociaux à l'œuvre dans la formation et la transformation du **tissu urbain des agglomérations** (Gauthiez, 2004).

La fabrique de la ville comme notion a vu le jour dans le monde anglo-saxon sous la notion d'**urban fabric** à partir des années 1970, principalement par des géographes et des architectes. Il recouvre alors essentiellement **la dimension physique de la ville** (De Rogalski, 2014), qui est aujourd'hui courante dans la bibliographie de l'histoire urbaine britannique (Noizet, 2004). Elle désigne la **structure physique et matérielle de la ville** qui résulte de plusieurs siècles de modifications de l'espace urbain.

Galinié à partir de la notion de « **Urban fabric** », courante dans l'archéologie britannique expose une définition francophone, qui pose la question de la construction de l'urbain dans la longue durée, avec une triple dimension **spatiale, sociale et temporelle**.

Le concept **fabrique de la ville** a donc deux acceptations la première est issue du monde anglo-saxon qui s'intéresse à la **dimension physique de la ville**, et la deuxième est francophone qui est une interaction, chronologiquement situées, entre des configurations sociales et la **matérialité morphologique** d'un espace urbain (Noizet, 2008). Dans notre recherche c'est cette partie commune entre les deux acceptations qui nous apparaît pertinente, celle de la **partie physique et morphologique de la ville**, car elle coïncide avec notre hypothèse et nos objectifs de recherche.

1.2 La fabrique de la ville comme morphologie urbaine :

Morphologie, forme, structure ou géométrie sont quelques mots utilisés pour la définition **physique des villes** (Villadiego, 2014). Afin de mesurer notre concept une grille d'indicateurs doit être mise en place, la **partie physique et morphologique de la ville** nous renvoie à la notion de la **morphologie urbaine**. La notion de la morphologie

urbaine est très complexe car sont objet d'étude la forme urbaine est déjà compliqué. Dans cette rubrique on va explorer des grands axes dans la morphologie urbaine, le premier axe traite le côté de la conception des tissus urbains basé sur des recherches de la morphologie urbaine, les travaux de **Marshall en 2005** et de **Caliskan en 2013** apparaît pertinent dans ce sens.

1.2.1 Historique de la morphologie urbaine :

Le domaine de la morphologie urbaine se trouve à l'intersection de plusieurs disciplines telle que l'architecture, l'urbanisme, la géographie et l'histoire. Chacune de ces disciplines est influencée à son tour, par une variété de traditions, des programmes de recherche, des appareils d'analyse, et en particulier, par des problèmes de recherche spécifiques et des objectifs de recherche (Gauthier, et al., 2006).

Le terme de morphologie a été proposé par Johann Wolfgang Goethe (1749-1832) qui désigne pour lui la science qui traite de l'essence de la forme (Oliveira, 2016). La morphologie urbaine à commencer en 19^{ème} siècle. Les cartes topographiques et les plans sont des sources importantes pour l'histoire de la ville. En 1832 Antoine Q. De Quincy a souligné que l'histoire de la ville tire d'importante d'information d'après les plans des villes (Gauthiez, 2004). Entre les deux guerres chez les géographes notamment les français et les allemands ces derniers n'ont pas continué à s'y intéresser, puis le concept a été importé par les historiens tel que P. Lavedan, A. Chastel, F. Boudon. La notion de la morphologie urbaine est transférée au géographes par les architectes et les urbanistes pour en fin désigner une science qui étudie la forme physique et spatiale de la ville, afin de répertorier les formes urbaines dans des classes pour une grande compréhension et maîtrise de la ville et l'espace urbain.

Trois courant sont apparu de la morphologie urbaine a près la seconde guerre mondiale on distingue les travaux de :

- Conzen suivie par j. Whitehand ont débuté une approche d'analyse des plans de la ville par le baie de l'étude des modèles de parcelles de terrain.
- En Italie s. Muratori a développé une approche sur l'histoire opérationnelle des villes en analysant les types de bâtiments au fil du temps.
- En France p. Panerai, Castex et Depaule développent une approche basée sur la relation dialectique entre la forme urbaine et le comportement sociale (Duan, et al., 2008).

Ces trois théorie d'écoles sont devenu un sol fertile pour d'autre travaux sur la morphologie urbaine tel que : Burgess en 1925 de l'école de Chicago, a introduit une

approche écologique basé sur la relation entre les organismes et leur environnement. C. Alexander et N. Salingaros ont fondée une école de la morphologie urbaine sur la morphogenèse et l'émergence des réseaux. Ils ont expliqué le processus urbain par le processus de croissance des cellules dans un organisme et que le paysage urbain et ses typologies sont le résultat de ce processus (Alexander, 2004). K. Lynch a travaillé sur des modèles standards de la forme urbaine en évaluant des indicateurs de performance tels que la vitalité, la sensation, l'accessibilité, le contrôle...etc (Lynch, 1981).

1.2.2 Définition de la morphologie urbaine

La définition de la morphologie urbaine selon Bentley et Butina est une approche d'étudier et de concevoir la **forme urbaine** qui considère à la fois les composantes physiques et spatiales de la **structure urbaine** des terrains, des blocs, des rues des bâtiments et des espaces ouverts, qui sont tous considérés comme faisant partie du processus d'évolution de l'histoire du développement de la ville (Bentley, et al., 1990). Golany en 1996, définit la morphologie comme la répartition spatiale des bâtiments, leur élévation, la forme et l'orientation du réseau de rues (Golany, 1996).

Selon **Lynch 1999** la morphologie urbaine est l'étude des **formes urbaines**, dont la forme urbaine est définie comme une partie du territoire urbain, identifiée globalement, correspondant à une zone homogène du point de vue morphologique. Selon **Gauthiez 2004**, la morphologie urbaine est l'étude de la **forme physique** de l'espace urbain, de son évolution en relation avec les changements sociaux, économiques et démographique, les acteurs et les processus à l'œuvre dans cette évolution (Gauthiez, 2004).

La morphologie urbaine pour R. Allain est l'étude de la **forme physique** de la **ville**, de la construction progressive de son **tissu urbain** et des rapports réciproques des éléments de ce tissu qui définissent des combinaisons particulières, des figures urbaines (Allain, 2004). Selon les chercheurs du centre Martin de Cambridge la morphologie urbaine est **l'association de la forme** tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments, de son étalement et de la volumétrie des espaces extérieurs qu'ils créent (Nikolopoulou, 2004). Steemers, 2004 la morphologie urbaine est la **forme tridimensionnelle** d'un groupe de bâtiments ainsi que les espaces qu'ils créent autour d'eux.

L'étude morphologique est la clé de compréhension des paysages urbains (Allain, 2004). Elle a comme objectif primaire de permettre une lecture de la ville donc une sorte de technique analytique pour lire et comprendre la ville en observant l'évolution de la forme urbaine qui est en fonction des conditions sociales, démographiques et

économiques. Le second objectif est la proposition d'une approche normative (Merlin, 1988). Aussi l'une des occupations primordiales de la morphologie urbaine est la structure de la forme urbaine (Kropt, 2005), Whitehand observe qu'une partie importante de la conception urbaine est la création de la forme urbaine, il a conclu que la discipline qui étudie la forme urbaine doit contribuer dans l'élaboration de la théorie et la pratique de la conception de la forme urbaine (Whitehand, 2001).

Temporellement la morphologie urbaine roule sur deux pistes de recherche une synchronique et l'autre diachronique. L'approche synchronique, ou connaissance de l'objet « forme urbaine », de sa structure, à un moment donné (T1), appelée « période morphologique » (Whitehand, 2001) par certains auteurs (la périodisation morphologique correspond à une périodisation historique) (Lévy, 2005), donc la méthode synchronique fait une description de la morphologie urbaine par le baie de formes urbaines concrètes, c'est une construction de sorte de catalogue et un répertoire de modèles reproductibles.

En revanche l'approche diachronique, ou connaissance des règles de transformation de cette forme, de sa structure, et des différents états morphologiques qu'elle peut prendre (T1/T2/T3...), à travers des processus à identifier (morphogenèse, métamorphose, anamorphose...) (Lévy, 2005). Elle est liée aussi à la théorie morphogénétique de l'occupation de l'espace qui traite les formes urbaines historiques, elle précise le processus de formation, déformation, et transformation des configurations urbaines (Merlin, 1988).

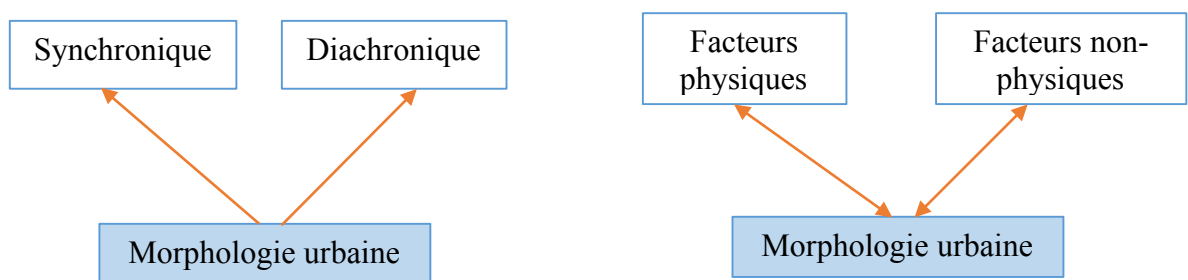


Figure 1.1 : Deux pistes de la morphologie urbaine (Source : Merlin 1988). Deux déterminants de la forme urbaine (Source : Sharag Eldin 1998).

1.2.3 Approches de la morphologie urbaine :

La lecture de la morphologie urbaine peut être classé en deux grand axes d'analyse, qui vise à penser et à représenter cette morphologie. L'une est la morphologie constructive (exploratoire) et l'autre est la morphologie descriptive (réflexion). Le but principal de l'analyse de la morphologie urbaine est de fournir une compréhension théorique d'un côté et de l'autre côté une compréhension empirique et expérimentale des

phénomènes physiques, (Caliskan, 2013).

1.2.3.1 La morphologie constructive :

La morphologie est définie comme une analyse des formes urbaines qui n'existent pas réellement, mais conceptuellement générés dans un ensemble déterminé. C'est l'étude basique des formes urbaines possibles.

Pour appliquer cette analyse, la forme urbaine ou le tissu urbain à analyser doit être inventé. Sa construction est faite selon un certain nombre de règles de configuration. Donc il s'agit d'exploiter les limites et les variations de formes et tissus urbains. Il semble avoir une contradiction entre la méthode constructive et la définition de la morphologie urbaine qui traite les formes existantes. Les prémices de la morphologie constructive sont vues déjà dans la définition de Steadman en 1979 de la morphologie : « la morphologie n'est pas purement descriptive, mais exploratoire par l'étude des formes possibles ou les conditions existantes basée sur le système des transformations ».

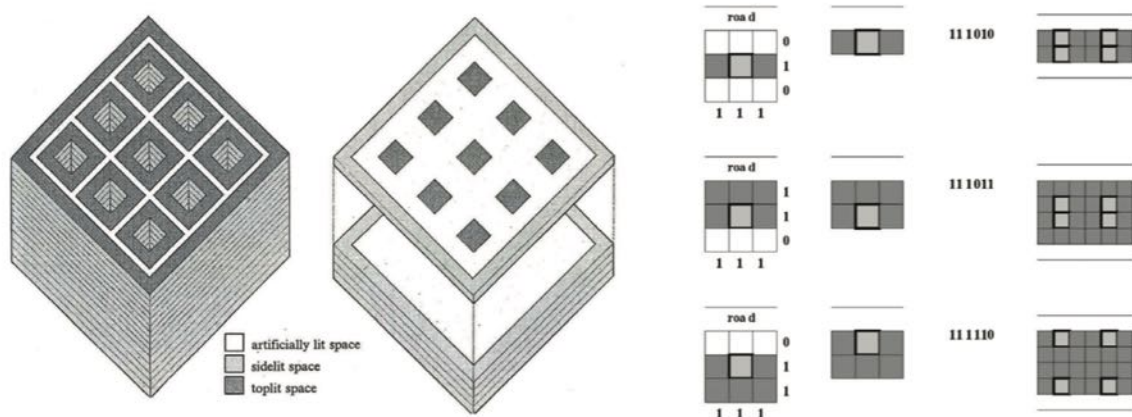


Figure 1.2 : Le bâtiment archétypal à partir de laquelle les instances dimensionnées sont générées (Source : Steadman, 1998 ; Steadman et Marshall, 1990 ; 2005).

Après l'initiation de Steadman dans la morphologie constructive, vient le rôle de Martin et Mars dans les années 1970 comme des pionniers de cette méthode en introduisant le calcul dans la modélisation des formes urbaines constructives. Martin et al. en 1972 ont démontré le lien critique entre la forme du bâtiment et de l'utilisation des terres en combinant géométrie analytique avec la modélisation mathématique (Martin, et al., 1972). Batty a apporté l'approche constructive à la morphologie dans un autre niveau en appliquant des modèles de simulation pour révéler les motifs de la forme urbaine de croissance en général. En 2008 Batty suggère une conception sans échelle de la

morphologie urbaine (Batty, 2008).

Comme un exemple récent à la morphologie constructive, on cite le travail de Marshall en 2005 dans les rues et les modèles, en ce sens, il suggère une base appropriée à la fois sur la conception et de la morphologie urbaine. L'application de ses analyses structurelles sur divers modèles et typologies de rue hypothétiques, Marshall 2005 prouve vraiment la possibilité d'une coexistence opérationnelle du concret, de l'abstrait et l'idéal mode de la pensée dans la morphologie urbaine (Marshall, 2005).

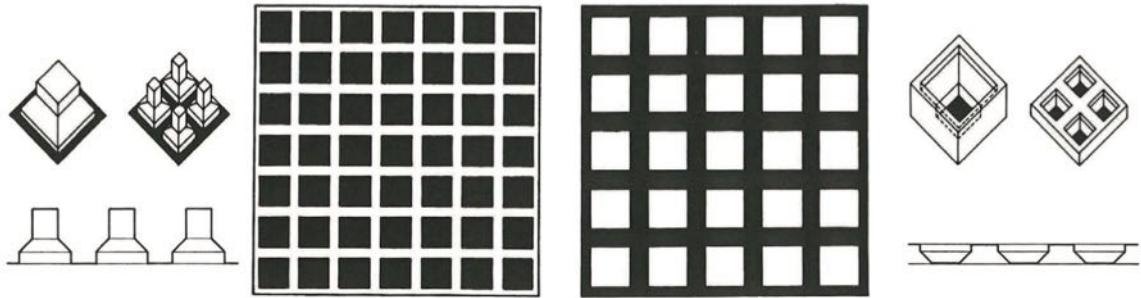


Figure 1.3 : Les dispositions hypothétiques des formes construites pour être présentées comme des modèles morphologiques mesurables (Source : Martin, 1972).

1.2.3.2 La morphologie descriptive :

La morphologie descriptive a dominé la recherche dans la morphologie urbaine par rapport à la morphologie constructive. Elle implique les recherches empiriques, les concepts sont dérivés à partir des enquêtes sur les formes et les tissus urbains existants. Cette méthode n'est pas ouverte aux interprétations spéculatives de compositions alternatives. La caractéristique la plus cruciale est que l'objet de l'analyse ne se construit pas abstraitement mais il existe dans le contexte réel (Caliskan, 2013). La méthode consiste à faire une sélection d'une instance de forme ou de tissu urbain et chercher son abstraction. Le but de la méthode est de comprendre les relations intrinsèques entre les éléments de la forme urbaine, les règles socioculturelles ou législatives et les principes qui sous-tendent la structure de la forme, et les relations mutuelles entre la forme spatiale et les gens en termes de perception, de mouvement et d'utilisation.

Vue les différents degrés d'abstraction dans la représentation de la forme urbaine dans la morphologie descriptive, plusieurs approches et écoles d'analyse ont vu le jour tel que : l'analyse spatiale, la morphologie structurelle (syntaxe spatiale), la typomorphologie, l'historico-géographie, la morphologie perceptuelle :

1.2.3.2.1 L'approche de l'analyse spatiale

L'approche de l'analyse spatiale est initiée dans les travaux de Batty et le centre de l'analyse spatiale avancée à l'UCL (University College of London). Batty utilise des méthodes et des modèles tel que les SIG, les automates cellulaires, les modèles à base d'agents et les fractales, pour comprendre la structure spatiale et la dynamique des villes aussi complexes, des phénomènes émergents, dans lesquels la structure globale se développe à partir des processus locaux (Kropf, 2009).

Les modèles ne sont pas destinés à fournir des descriptions précises ou prédictives, mais à dépouiller les processus de croissance de la ville à leur strict nécessaire, et donc de découvrir les mécanismes fondamentaux (Batty, 2008). Les modèles peuvent être calibrés pour compléter de façon plus précise les autres formes de description.

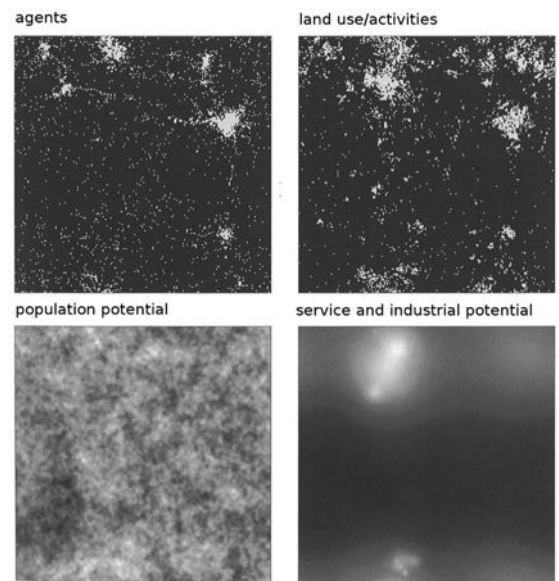


Figure 1.4 : Sortie graphique à partir d'un modèle informatique basé sur un agent d'un système urbain sous régional (Batty, 2008).

1.2.3.2.2 L'approche de morphologie structurelle (configurationnelle)

L'approche de morphologie structurelle ou configurationnelle (selon Kropf, 2009) de la morphologie urbaine est présentée par la syntaxe spatiale qui étudie la structure spatiale à travers une gamme de méthodes analytiques, la base théorique de la syntaxe spatiale est la relation entre la structure spatiale et la fonction générique du mouvement. Une corrélation fondamentale entre la configuration spatiale et le mouvement, le mouvement dicte en grande partie la configuration de l'espace dans la ville, et le mouvement est largement déterminée par la configuration spatiale (Hillier, 1996).

Aussi la morphologie structurelle est un domaine de la recherche spatiale identifiant les relations intrinsèques entre les éléments de forme en référence aux caractéristiques structurelles de base telles que la connectivité, la hiérarchie, la stabilité et la croissance (Pultar, 1977).

La notion de forme dans la syntaxe spatiale prend une vue distincte en raison de l'accent mis sur l'espace et la configuration spatiale (Hillier, et al., 1984). Les concepts et les méthodes d'analyse se concentrent sur les vides d'une structure principalement la rue et les vides entre les bâtiments.

La forme spatiale pour Hillier est l'agencement des espaces, en référence explicite à la position d'un espace donné dans la structure de la configuration. Cette formulation implique nécessairement le solide qui définit l'espace ou le vide.

La syntaxe spatiale comprend donc la relation entre les humains et la forme physique, l'utilisation, occupation, le mouvement et la perception (Kropf, 2009).

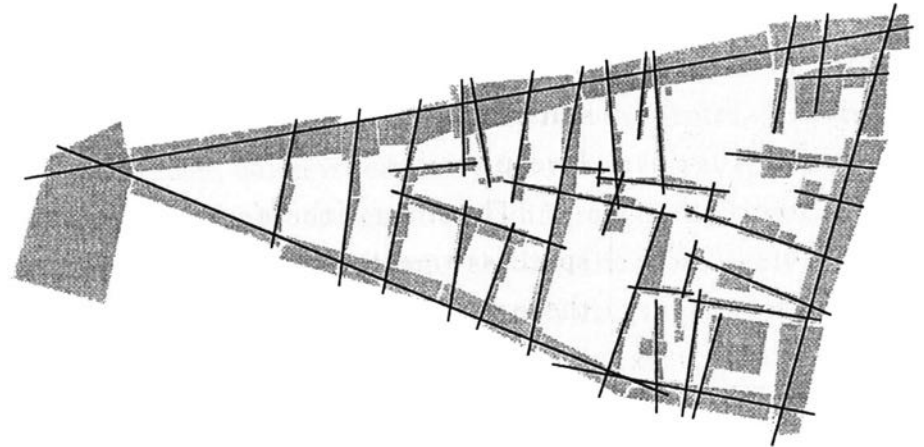


Figure 1.5 : Cartographie superposée des espaces convexes et lignes axiales pour une partie du centre de Londres (Hillier, 1996).

Hillier et Hanson en 1984 mettent les principaux objectifs de « un modèle de syntaxe » ci-dessous peut être considéré comme l'ordre du jour de la recherche fondamentale de la morphologie structurelle en général :

- Pour définir les objets de base et les relations (structure élémentaire) des systèmes spatiaux humains,
- Pour représenter les structures élémentaires dans un certain type de conceptions comme une alternative aux récits verbaux maladroits,
- Pour afficher les conditions de cohérence spatiale définie par les structures élémentaires,
- Pour montrer comment la possibilité de nouvelles combinaisons pour former des structures plus complexes (Hillier, et al., 1984).

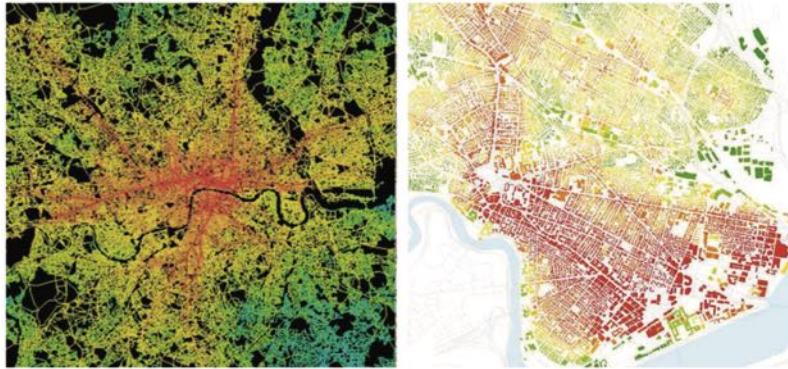


Figure 1.6 : Une analyse de l'intégration par Space Syntax (Source: Space Syntax Limited, 2012; Sevtsuk et al, 2011).

1.2.3.2.3 L'approche typomorphologique

Le père de l'approche typo-morphologique est sans doute Saverio Muratori, mais son disciple Gianfranco Caniggia a bien présenté la typomorphologie dans ces travaux. L'approche typo-morphologique est l'étude de la forme urbaine basée sur l'identification des propriétés de composition de formes urbaines au moyen de typologies architecturales et spatiales. Le « Type » en typomorphologie est enracinée dans la typologie architecturale que l'idée sous-jacente des formes et des espaces classiques. Comme un outil descriptif, il est réutilisé dans la morphologie urbaine à comprendre la ville physique (Hwang, 1994).

Elle est une compréhension de l'environnement bâti en examinant sa structure détaillée et le processus historique de sa formation (Kropf, 2009). Ainsi la typomorphologie urbaine est l'analyse des formes urbaines à travers la voirie, le parcellaire, les volumes et l'implantation des bâtiments. Elle aborde donc la question du cadre de vie des habitants, mais aussi celle des potentiels d'évolution du territoire. La typomorphologie présente l'anti thèse de la vision fonctionnaliste, elle cherche à reconstruire les codes traditionnels de la ville pour de conceptions futures (Francescato, 1994).

La typomorphologie se concentre sur l'environnement urbain dans sa dimension physique, sa matérialité. Elle traite de la forme et de la configuration physique des environnements urbains (Convercité, 2006).

Les objectifs de l'approche typomorphologique en architecture et en urbanisme se résument en :

1. Faire comprendre la structure physique et spatiale de la ville, en analysant la forme et l'évolution du bâti dont la finalité souligne des lois issues de cette analyse.
2. Reconstruire l'histoire de la forme urbaine pas l'établissement de rapport entre

les producteurs et les habitants de cette forme.

3. Une sorte de soubassement à la conception architecturale

L'approche typomorphologique représente actuellement l'approche majeure dans la morphologie urbaine. Par rapport aux autres approches la typomorphologie reste la seule qui tisse le lien entre tous les éléments de la forme urbaine (Bâti, parcelle, rue...) dans le même cadre urbain multi-échelle.

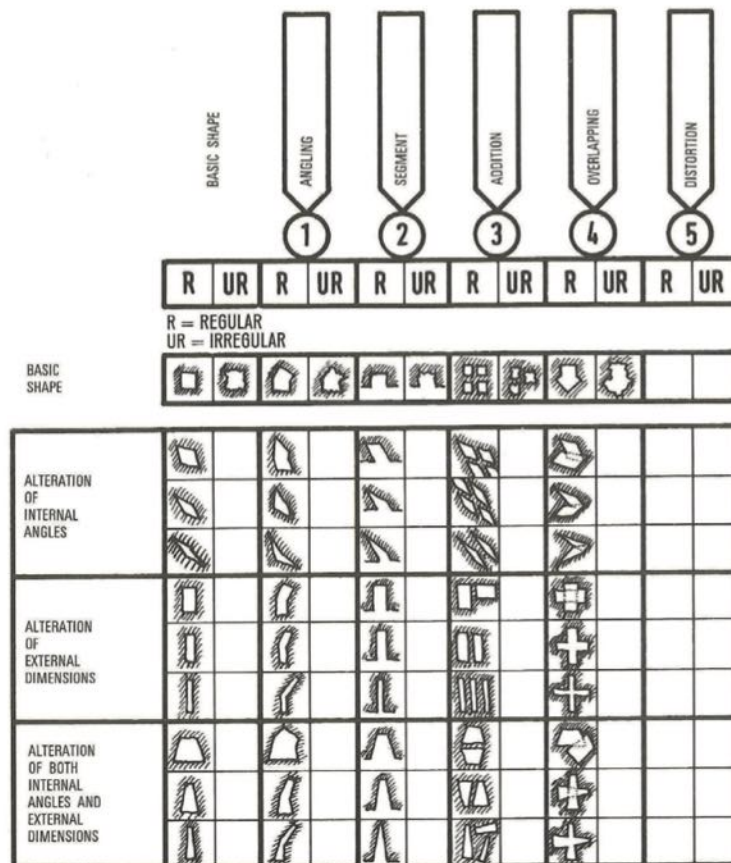


Figure 1.7 : La matrice typologique des espaces urbains existants dans les villes européennes traditionnelles. (Source : Kier, 1979).

1.2.3.2.4 L'approche historico-géographique

L'approche historico-géographique de la morphologie urbaine est enracinée dans et bien résumée par le travail du géographe M.R.G. Conzen. La morphologie Historico-géographique est une branche de la recherche urbaine comprenant les techniques et la terminologie de la géographie urbaine et de l'histoire. Elle étudie la forme urbaine par rapport aux forces socio-économiques opérant dans un certain contexte historique. La morphologie historico-géographique tend à définir les « régions morphologiques » dans le tissu urbain en référence à leurs caractéristiques globales (homogènes) dans le plan de

la ville reconnu avec la répétition perçue des bâtiments standardisés et un système de rue (Witthead, 2001).

La contribution la plus originale de Conzen en 1960 sur le terrain est sa conceptualisation de la forme urbaine fondée sur la distinction entre le plan de la ville (plan de masse), le tissu et la construction de la terre (bâtiment). Le plan de la ville, à son tour, est divisé en trois éléments morphologiques de base : les rues, les terrains et les bâtiments.

L'objectif de l'analyse du plan de la ville par Conzen est d'expliquer la structure géographique et le caractère des villes grâce à une analyse systématique de leurs éléments constitutifs et le développement à travers le temps (Kropf, 2009). La principale innovation de cette étude est l'utilisation du plan de la ville et de la cartographie en tant que principale source d'information pour l'histoire urbaine. L'une des conclusions finales de l'étude est la proposition d'une classification des villes en fonction du type de plan (Oliveira, 2016).

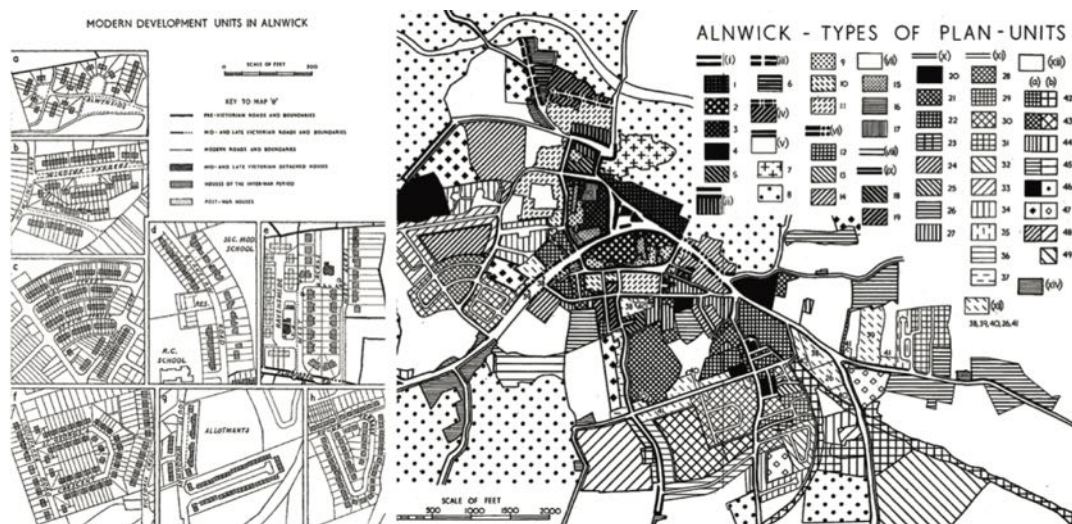


Figure 1.8 : Zones caractéristiques (unités de développement) de tissu urbain désignées comme plan de ville (Source : Conzen, 1960).

1. Site
2. Contexte social et économique, la fonction, l'utilisation des terres
3. Townscape
4. Développement.

L'autre aspect du contrôle est impliquée par Conzen dans l'identification de la parcelle comme un élément. Ceci est renforcé par l'inclusion explicite de contrôle comme un aspect par d'autres au sein d'approches connexes (Kropf, 2009).

1.2.3.2.5 L'approche de la morphologie perceptuelle :

L'approche de la morphologie urbaine perceptuelle concerne l'environnement bâti avec une référence directe à l'expérience sensationnelle de l'homme dans l'espace (Carmona, et al., 2010). Trouver sa base théorique dans les travaux de Porteous en 1977, la morphologie perceptuelle est la représentation d'image sous la domination de la perception visuelle. Elle traite la capacité cognitive de l'esprit humain, qui relie et structuralise les stimulus environnementaux reçus de l'environnement bâti. La lisibilité, la variété, la perméabilité et l'identité sont les concepts clés principaux de cette approche.

Les travaux les plus représentatifs de cette approche sont de Kevin Lynch, qui a reconnaît cinq éléments de la forme urbaine (les nœuds, les voies, les éléments de repère, les limites et les quartiers), il a mené des recherches sur le terrain, y compris une série d'entretiens avec les citoyens et les observateurs. Au moyen de la technique de cartographie cognitive, appelée « analyse d'image », les types d'éléments hypothétiques ont été confirmées et conceptualisées par lui.

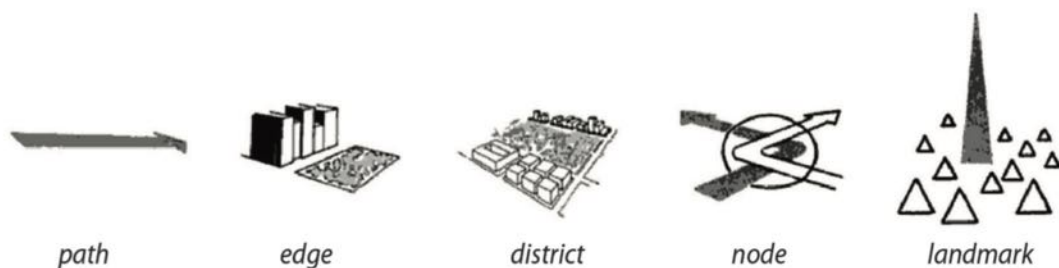


Figure 1.9 : Les cinq éléments fondamentaux de forme macro-urbaine définie par K. Lynch comme les aspects constitutionnels de l'image urbaine (Source : Lynch, 1960).

Gordon Cullen, 1961 une autre figure emblématique de cette approche, a étudié l'impact visuel du tissu urbain sous la thématique du paysage urbain. Cullen en 1961 a exploré les relations temporelles entre les éléments du tissu de la ville (Cullen, 1961). Avec l'analyse de la « vision de série » il soutient une sorte de réflexion de l'analyse de la forme urbaine dans le tissu urbain grâce à des observations directes. Ensuite la synthèse originale des deux approches méthodologiques de la morphologie perceptive illustrée par Lynch en 1960 et Cullen en 1961 peut être vu dans le travail classique d'Appleyard et al. en 1964, qui a analysé le tissu de la ville en se référant aux éléments de perception de la forme urbaine à travers une série de vues panoramiques prises par les déplacements en véhicule sur la route.

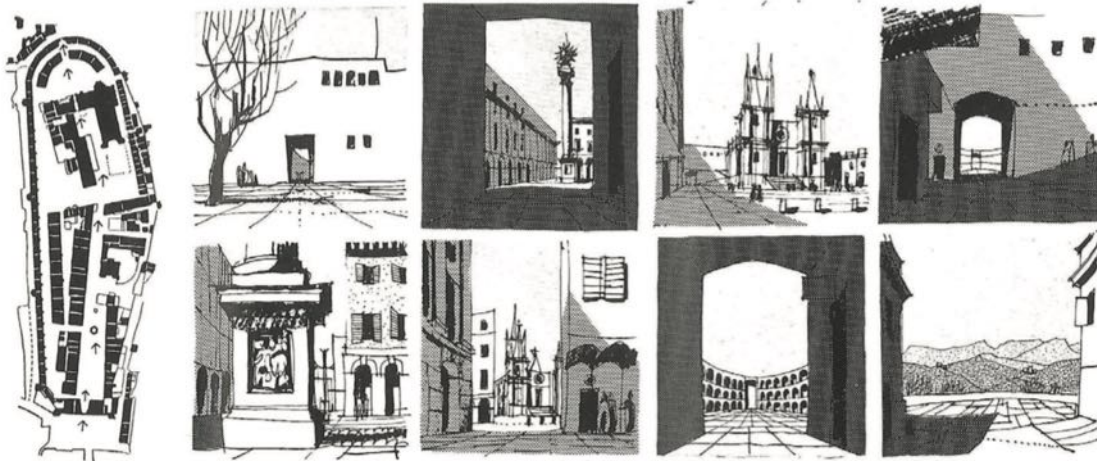


Figure 1.10 : L'analyse visuelle du paysage urbain par Cullen (Source : Cullen, 1961).

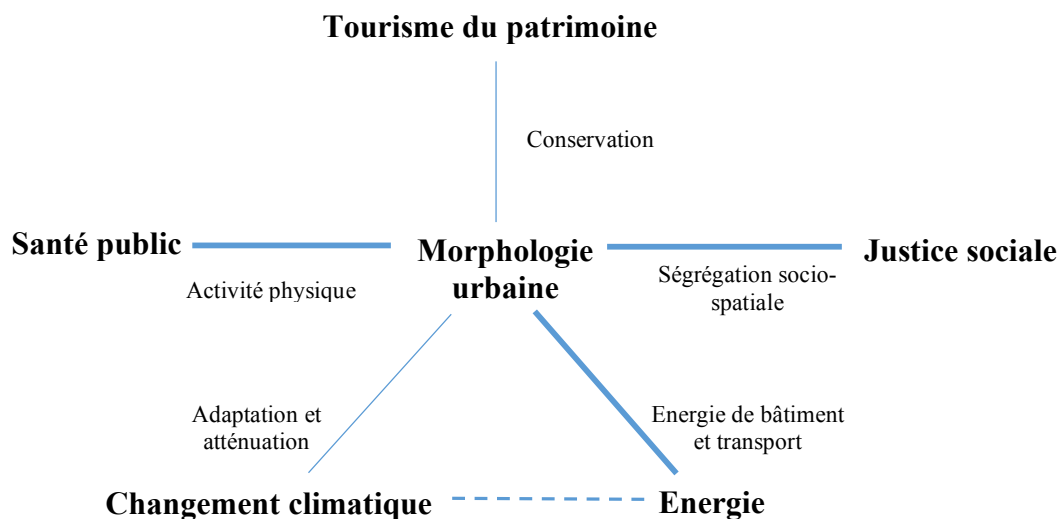


Figure 1.11 : Contribution de la morphologie urbaine dans la vie collective des villes (source Oliveira, 2016).

1.3 Morphologie urbaine et forme urbaine :

Il y'a un grand rapprochement entre la notion de morphologie urbaine et la notion de la forme urbaine qui mène par fois à une confusion entre les deux notions. Par définition de Carlo Aymonino la morphologie urbaine est l'étude des causes qui contribuent à la formation et la modification de la structure physique de la ville (Panerai, et al., 2001)

D'après Lévy en 2005 l'objet principale de la morphologie urbaine est l'analyse de la dynamique des formes urbaines et leurs formation et transformation ainsi que leurs mode d'évolution. Lévy distingue aussi la morphologie urbaine comme approche

structurale de la forme urbaine. Donc la morphologie urbaine et la forme urbaine ne peuvent pas être utilisées comme synonymes, la forme urbaine est l'objet d'étude de la morphologie et cela efface toute sorte de confusion.

Une meilleure connaissance de l'objet urbain, de l'objet « forme urbaine », objectif final du projet urbanistique, est aussi indispensable. S'il est nécessaire de s'interroger sur le système de production de l'objet « ville », il n'en est pas moins utile, pour saisir l'impact des facteurs de changement sur cet objet, de se demander ce qu'il est, sa nature et sa structure, on comprendra alors mieux son mode de production, et surtout le sens et les modalités de ses transformations (Lévy, 2005).

Une réflexion sur l'objet « forme urbaine », sur son anatomie, s'impose donc pour une meilleure connaissance de sa structure, qui devrait pouvoir aider l'action urbaine et l'urbanisme. Pour cela, la morphologie urbaine, comme étude de la forme urbaine, ne doit pas être réduite à une « morphographie » urbaine.

1.3.1 Définition de la forme urbaine :

« Forme urbaine » terme utilisé pour décrire les caractéristiques physiques d'une ville. Au large de la ville ou à l'échelle régionale. Plusieurs auteurs ont esquissé la définition de la forme urbaine. Selon Anderson et al., 1996 la forme urbaine est définie comme l'espace de configuration des éléments fixes. La forme urbaine est une construction progressive, complexe de tracés, de rues, de façades, de monuments, un tissu vivant (Allain, 2004). La forme urbaine est un terme utilisé pour décrire les éléments physiques au sein d'une ville. Elle se réfère à l'agencement, la fonction et les qualités esthétiques de la conception des bâtiments et des rues, qui recouvrent le système d'utilisation des terres et le transport (Mead, et al., 2006). Elle est l'ensemble des caractéristiques physiques qui constituent les zones urbaines, y compris la forme, la taille, la densité et la configuration des colonies (Williams, 2000).

La forme urbaine est étroitement liée à l'échelle et a été décrite comme les « attributs morphologiques d'une zone urbaine à toutes les échelles » (Williams, 2000). Les échelles auxquelles la forme urbaine peut être considérée ou mesurées comprennent la construction individuelle, rue, îlot urbain, le quartier et la ville. Ces niveaux de désagrégation spatiale influencent comment la forme urbaine est mesurée, analysée et finalement comprise (Jenks, et al., 2010). La forme urbaine englobe généralement un certain nombre de caractéristiques physiques et les caractéristiques non physiques y compris la taille, la forme, l'échelle, la densité, l'utilisation des terres, les types de

bâtiments, mise en page de bloc urbain et la distribution de l'espace vert (Porta, et al., 2010).

La forme urbaine n'est jamais une donnée a priori, elle est toujours construite, un objet d'étude construit à partir d'une hypothèse de définition, d'une représentation, d'un point de vue sur la forme : la forme urbaine comme forme du tissu (développée dans les trois écoles de morphologie, italienne, française, et anglaise), la forme urbaine comme forme des tracés (développée par les géographes allemands de l'entre-deux guerres 6 ; Lavedan, 1936). Ces deux acceptations ont dominé les études morphologiques réalisées surtout dans les écoles d'architecture (Italie, France), sauf pour les travaux anglais principalement issus de certains départements de géographie (Newcastle, Birmingham). (Lévy, 2005)

1.3.2 Les registres de la forme urbaine :

Les formes urbaines ne peuvent être saisi que par une démarche transversale, pluridisciplinaire (Roncayolo, 2002). Il y a plusieurs façons de la regarder. Pour Lévy en 2005 la forme urbaine est définie par sa complexité et les registres qui se créent à partir de différents points de vue listés comme suit :

1.3.2.1 La forme urbaine comme forme du paysage :

La forme urbaine peut être définie comme forme du paysage urbain, dont ont saisi l'espace urbain dans tridimensionnalités et sa matérialités plastique (texture, couleur, matériaux, styles, volumes, gabarits du bâti et de l'espace public). Cette approche est bien palpable dans les travaux de G. Cullen (1961), E. Bacon (1965), C. Sitte (1889), K. Lynch (1960)

1.3.2.2 La forme urbaine comme forme sociale :

La forme urbaine défini comme forme sociale étudie l'espace urbain dans son occupation par les groupes sociaux, démographiques, ethniques, les types de familles, ou la distribution des activités et des fonctions dans la ville. Les travaux de E. Durkheim (1960), M. Halbwachs et l'école de morphologie sociale française (1928), l'École de Chicago (Y. Grafmeyer ; I. Joseph, 1984), R. Ledrut (1968), M. Roncayolo (1996) illustre cette approche.

1.3.2.3 La forme urbaine comme forme du tissu urbain :

La forme urbaine comme forme du tissu urbain (Panerai, et al., 2001) consiste en l'étude des interrelations entre les éléments composants : parcellaire, viaire, espace libre, espace bâti, constitutifs de tout tissu, en rapport avec le site. Dans cette étude il s'agit de vérifier les relations dialectiques entre typologie des bâtiments et forme urbaine

(Aymonino, 1977).

1.3.2.4 La forme urbaine comme forme des tracés urbains :

La forme urbaine comme forme des tracés urbains représente la forme géométrique du plan de la ville (plan organique, plan géométrique, plan orthogonal, plan radioconcentrique), elle renvoie aussi à la notion de composition urbaine (Pinon, 1994 ; Lévy, 1996).

Donc La forme urbaine, forme complexe constituée d'une diversité de registres de forme, et de sens, est donc polymorphique et polysémique. Elle présente, en outre, un caractère systémique, les registres de forme, interdépendants entre eux, s'articulent pour produire la forme unitaire globale.

1.3.2.5 La forme urbaine comme forme bioclimatique :

L'approche bioclimatique de la morphologie urbaine est d'étudier la forme urbaine dans sa dimension environnementale, la considéré comme un microclimat urbain, elle tien en compte le niveau de la ville et même sa diversité liée aux types de tissu, ainsi l'orientation (héliothermique) et le site. D'autre axes sont traité par cette approche tel que la climatologie urbaine dans les travaux d'Escourrou en 1991, l'écologie urbaine et aussi dans un stade plus avancé l'espace sensible des ambiances urbaines en rapport avec la perception sensorielles (Hall, 1971).

Cette approche est en étroite relation avec l'enjeu du développement durable, des questions tel que le transport urbain, la consommation énergétique au milieu urbain, et le climat sont pris en compte. Elle renvoie aussi, d'une façon plus globale, à l'attitude d'une culture vis-à-vis de la nature, de son milieu et de ses ressources (Lévy, 2005).

1.4 Les catégories de base de la morphologie urbaine :

Selon une recherche menée par Olgu Caliskan en 2013, la **forme**, la **structure** et le **motif** sont les principales catégories de la morphologie urbaine. Comme ils comprennent différents ensembles d'aspects, leur utilisation dans l'analyse ou la conception implique potentiellement des hypothèses distinctes. La terminologie adoptée par Caliskan est celle de l'école de Conzen (la même terminologie est adoptée par Alain Rémy, 2004 dans son ouvrage la morphologie urbaine : **élément, structure, moyens**). Caliskan a exposé que chaque catégorie est délimitée en référence à leurs propriétés intrinsèques, des indicateurs de qualité, les performances requises, des outils de génération et d'actions.

Le tableau suivant synthétise son travail :

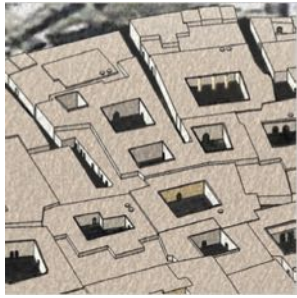

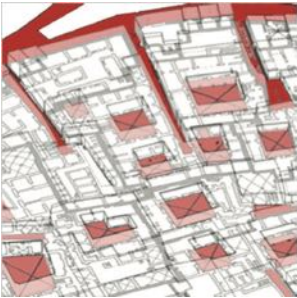
Les principaux catégories de base de la morphologie urbaine			
	Forme & composition	Structure	Tissu & motif
			
Objets	Les lignes, plans et volumes	réseau	Grain et texture
Propriétés de base	Forme Taille Couleur et texture Position et orientation Proportion Couverture (densité) Contraste (figure contre terre, ou solide vide) Enceinte Porosité Profondeur (visuel)	Typologie Hiérarchie Données Profondeur (topologique) Symétrie (topologique) Distribution Connexion	Régularité Variation Succession Périodicité Fréquence (locale) symétrie Rythme Proximité granularité
Qualités fondamentales	Harmonie Balance Unité Variété Perméabilité Contiguïté Porosité Continuation (bonne - contour)	De) centralité Continuité Intégrité Intelligibilité Ségrégation La diffusion	Proximité Lisibilité Cohérence La cohérence Auto-similitude La diversité
Opération générative	Articulation (volumétrie et mise en page)	Organisation (commande et structuration)	Propagation
Acte de création	Combinaison Subdivision Assemblage Couplage Montage Alliance Chevauchement Soustraction Fusion	Connexion Séparation Distanciation Lien	Itération Traduction Réflexion Entrelacement Multiplication Tricot Superposition Gradation
Outils de production	Lignes axiales Grille générique Zones Systèmes de dosage	Types et les règles d'assemblage Unitaires	Codes et algorithme

Tableau 1.1 : Les principaux catégories de base de la morphologie urbaine selon Caliskan (Source : Caliskan, 2013).

1.4.1 Forme et composition :

1.4.1.1 Forme :

La principale propriété de la forme est la silhouette qui caractérise son objet (Ball, 2009), comme l'a soutenu Arnheim en 1974 la forme est la silhouette visible du contenu. En tant que propriété visuelle, la forme est le résultat de la configuration spécifique des surfaces et des bords de la silhouette (Ching, 1979). L'organisation de l'espace urbain dépend encore de l'exposition des éléments physiques (masses et plans) définissant le vide. La forme urbaine est morphologiquement combinatoire (Lozano, 1991), La forme est la somme de tous les éléments fonctionnels dont les caractéristiques externes sont exprimées dans une unité perçue (Caliskan, 2013). Selon Manty en 1985, il y aurait deux autres types de représentation de forme, qui sont la « forme de base » représentant les grandes lignes de la volumétrie et la mise en page, et la « forme adaptée » qui est acquis en adaptant la forme de base à un contexte donné.

1.4.1.2 Composition :

La composition se révèle être une entité combinatoire, qui est visuellement perçue comme une unité physique surtout comme le produit d'un volontaire et un acte de construction contrôlé. Adapté de la peinture de la Renaissance, le terme de la composition a été présenté comme une notion de conception en architecture dans le milieu du 19 e siècle. Sa définition actuelle, "une combinaison artistique d'éléments dans un ensemble concevable" (Steenbergen et al, 2002). La composition implique la combinaison des composants pour former un tout complexe (Leupen et al., 1997).

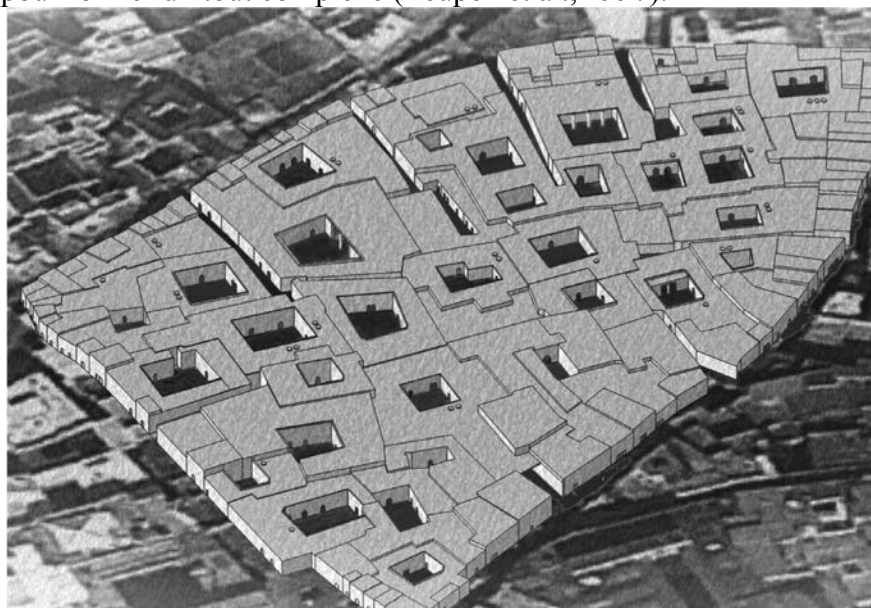


Figure 1.12 : Forme & composition d'un quartier de Medina, Tunis (Source : Caliskan, 2013).

1.4.2 Structure :

De manière générale une « **structure** » est défini comme une organisation logique des éléments constitutifs liés par des règles qui organisent le réseau de connexions spatiales et de séparations dans un système. Linguistiquement une structure est un système abstrait dans le quel les éléments sont mutuellement organisés (Gauthier, et al., 2006). Chez les sociologues il se réfère aux réseaux de relation humaine.

En architecture le terme accepte d'être défini par le squelette structurel qui est la configuration des forces visuelles qui retiennent les éléments d'une composition graphique ensemble (Arnheim, 1974). Par contre en urbanisme la structure est le système abstrait de l'organisation spatiale tenant les éléments morphologiques ensemble dans un contexte donné (Caliskan, 2013) donc la relation entre les éléments est le principal aspect de la définition de la structure (Sturrock, 1986).



Figure 1.13 : La structure de la forme urbaine : Chaque point représente une unité de construction (Source : Caliskan, 2013).

Par structure urbaine on entend le réseau de rue, malgré le rôle structurel du réseau routier mais il n'est pas vraiment la structure dans sa propre définition. Dans les lotissements, le réseau routier est l'un des éléments de la structure urbaine sur laquelle les formes urbaines sont composées. Selon Fuller en 1965 la structure n'est pas une « chose », elle est un « solide », elle présente l'abstraction de l'organisation spatiale.

La structure peut être classé en deux catégorie, l'une syntaxique (configurationnelle) et l'autre logique (constitutionnelle).

D'une part, les structures syntaxiques sont la configuration spatiale d'un ensemble d'éléments interconnectés (segments à-dire de la rue, bâtiments). Comme il réduit les rues dans les lignes ou les unités élémentaires dans les points, la structure syntaxique est une sorte de représentation adimensionnelle de la forme et de l'espace.

Par conséquent, Les structures logiques, d'autre part, sont le graphique des unités constitutives dans une composition. Chaque unité est représentée dans un ensemble relationnel indépendamment de leur taille et la forme. Les nœuds et les bords (liens) sont les éléments de base de toute structure logique.

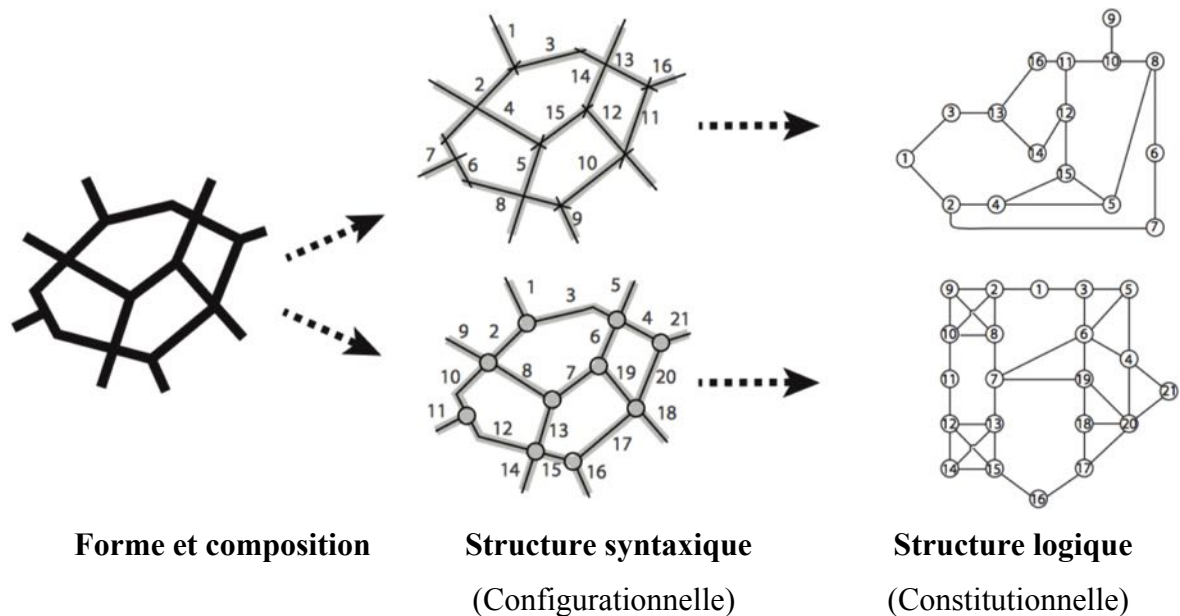


Figure 1.14 : La structure spatiale d'un tracé des rues : la structure syntaxique (configurationnelle) et la structure logique (constitutionnelle) (Source : Caliskan, 2013).

La différence entre les types de structure est non seulement pertinente pour l'analyse de la forme urbaine, mais aussi pour la conception. Tel que discuté par Kotnik en 2011, la sélection des types de structure dans la conception caractérise essentiellement l'approche de conception de base.

Dans la conception les structures forment les cadres spatiaux qui maintiennent le réglage de tous l'ensemble (Kasptisin, 2011). Par exemple, le réseau de routes peut être considéré comme la structure syntaxique sur laquelle les unités de construction sont à la fois connectés avec les liens et séparés avec les bords.

Cependant la structure possède des propriétés intrinsèques, mathématiques et quantifiables de l'entité spatiale contrairement à la forme, qui est associée à des qualités extrinsèques comme la forme et la surface (Nes, 2002). A cet égard, la structure est conçue que par abstraction des caractéristiques intrinsèques d'un ordre spatial révéler.

1.4.3 Motif et tissu :

1.4.3.1 Motif :

Le « **Motif** » est la configuration répétitive des entités physiques dans l'espace ou des événements dans le temps (Christen, 2009). Les répétitions et la régularité interne reconnue basée sur un cadre structurel est la condition fondamentale d'un motif. Bien que ne pas être identiques, les éléments répétitifs d'un motif sont généralement de même type et de la même forme.

L'organisation répétitive doit être reconnaissable pour appeler un complexe formé par les routes, les espaces et les bâtiments, donc le motif comme une entité physique implique tous les éléments de la composition dans sa structure répétitive (Caliskan, 2013). Les interactions entre réseaux de circulation, les systèmes des espaces libres et les constructions, compose toute modèle urbain. L'ensemble de ces interactions et relations dans le modèle urbain génère le tissu urbain (Caliskan, 2013).

1.4.3.2 Tissu urbain :

Le tissu urbain se réfère largement à l'expression physique des motifs complexes appropriation, de contrôle et de régulation des sociétés sur l'espace urbain. En dépit d'être l'unité de base de l'analyse de la morphologie urbaine, tissu urbain a des diverses définitions dans la littérature :

Le tissu urbain est la marque réelle en trois dimensions des structures physiques sur la parcelle de la propriété foncière (Kostof, 1991). Il est aussi le projet conceptuel correspondant au système agrégatif de plusieurs types de bâtiments dans un domaine historique homogène (Caniggia, 1979). Selon Panerai le tissu urbain est la superposition de plusieurs structures agissant à différentes échelles, mais qui apparaît comme un système avec des liens dans chaque partie de la ville (Panerai, et al., 2001). Alain Rémy le définit comme le résultat émergent et complexe d'une série d'actes individuels (Allain, 2004). L'arrangement des lots, des blocs et des rues, ou la délimitation de l'espace en propriété exclusive de la ville (Scheer, 2010).

Le tissu urbain ne peut pas être un résultat arbitraire mais plutôt une combinaison particulière des objets dans l'espace. Le tissu peut aussi résulter d'une composition urbaine volontaire (Allain, 2004).

La diversité dans les définitions reflète aussi la difficulté d'identifier les tissus urbains en termes de leurs propriétés de base (à savoir la fréquence, le rythme, la proximité), qui sont à peine reconnaissables par simple observation visuelle. Le tissu

urbain se distingue par sa dimension volumétrique. Contrairement à la forme et la composition, qui est un produit délibéré de conception ou de décision individuelle, le tissu urbain prend une longue période de temps à travers les agrégations et transformations ponctuelles des formes et des compositions (Alexander, 1979).



Figure 1.15 : motif et tissu urbain : La cohérence de la forme se révèle à travers la relation intégrée entre les couches (Source : Caliskan, 2013).

1.4.4 Relation entre Les catégories de base de la morphologie urbaine :

Les relations entre les principales catégories de la morphologie urbaine, la forme sont fortement associée à des éléments physiques et leurs compositions. La structure, d'autre part est tout au sujet de l'ordre conçu, un état particulier de la réglementation, l'arrangement et la disposition des éléments dans une composition. Enfin, la réflexion sur le motif est de discerner les répétitions et les relations qui régissent les mouvements et les interactions dans l'espace, la reconnaissance successive de la forme comme élément récurrent et les répétitions spatiales se retrouve avec une image reconnaissable de l'ensemble du tissu.

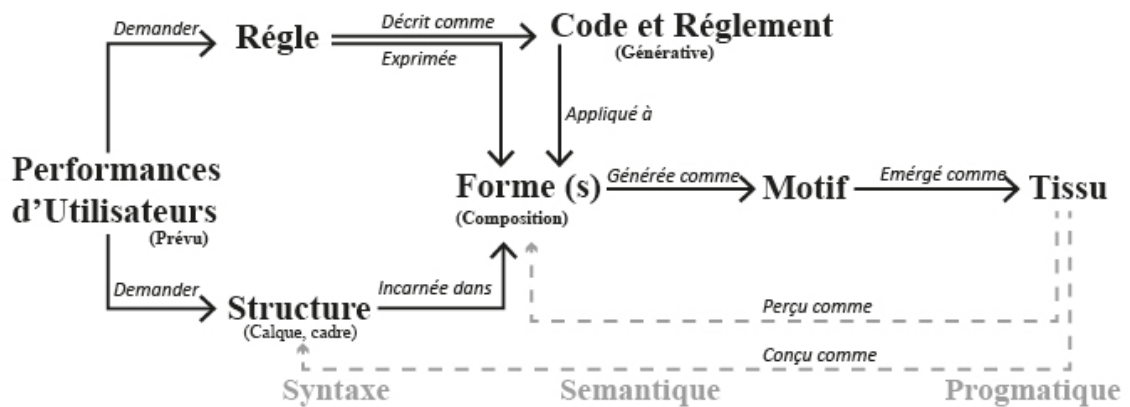


Figure 1.16 : Cadre conceptuel de la formation en milieu urbain sur la base des relations entre les catégories fondamentales de la morphologie urbaine (Source : Caliskan, 2013).

Les mêmes composantes de la morphologie urbaine se trouvent aussi dans les domaines de la linguistique, à savoir la syntaxe, la sémantique et la pragmatique. Si on accepte que la forme est l'expression sémantique d'un objet à travers les signes et les symboles véhiculés par la langue. La structure appartient au domaine de la syntaxe, qui traite les connexions des objets.

La forme urbaine est un objet qui invite les performances et le comportement des personnes (Habraken, 1985). Être orientée par un comportement souhaité, la conception d'une forme spatiale est un acte délibéré. La forme présente pour la structure les éléments de base qui devront être connectés par cette structure, c'est une instance articulée par la structure ou réalisée conformément à un certain ensemble de règles. Comme il est également discuté par Lefebvre en 1974, si la forme est l'expérience spatiale directe et de la sensation, alors la structure est concevable que par la représentation mentale.

La règle et la structure opèrent dans le domaine de l'ordre, la logique de la construction (Ball, 2009). Dans ce contexte, la forme peut être considérée comme l'incarnation spatiale d'un système de commande en fonction des règles abstraites (Hillier, et al., 1984) au sein d'une structure syntaxique. En d'autres termes, la forme est l'expression matérielle de la règle et de la structure dans un contexte spécifique.

Bien qu'une forme urbaine peut être conçue en fonction d'un ordre géométrique dans un certain délai, le motif spatial est généré sur le long terme via les codes, les règles explicites partagées de bâtiment. Les codes génératifs sont utilisés pour reproduire la forme urbaine singulière au sein du système répétitif et intelligible d'un motif. Ce que nous appelons « tissu urbain », dans ce contexte, est pas plus que l'expression physique émergeant d'un motif urbain.

1.4.5 Fabrique du tissu urbain (Structure et règles régissant les catégories de base de la morphologie urbaine) :

En terme de formation de tissu urbain en utilisant la morphologie urbaine qui, est la clé de voute de notre recherche, un modèle pertinent élaborer par Caliskan en 2013 de l'UC Londres. Caliskan, 2013 a élaboré un cadre conceptuel qui réunit les pertinents aspects de la morphologie urbaine.

Le cadre conceptuel proposé par Caliskan couvre les trois composantes du tissu urbain à savoir la trame viaire, la trame parcellaire, et le bâti. Cette décomposition du tissu appartient à l'école de morphologie Conzenienne. Chaque composante du tissu urbain est présentée selon différents niveaux d'abstraction, à savoir la forme, la structure et les règles. Ces niveaux d'abstraction sont à l'origine de la formation du tissu urbain. La forme, la structure et la règle ici sont réintroduits pour représenter un modèle urbain à travers ensemble différent d'indicateurs morphologiques dans l'analyse. Chaque niveau d'abstraction est censé comprendre les différentes qualités intrinsèques du tissu urbain.

Dans ce modèle conceptuel, les qualités formelles d'un modèle urbain peuvent être perçus de manière explicite, À cet égard, la raison d'être du modèle urbain est défini par la structure et la règle au niveau typologique plus profond. Bien que la structure informe des relations topologiques intrinsèques (connexions et séparation) entre les unités de la forme, la règle détermine les types des unités et leurs conditions de commande.

Les niveaux d'abstraction de proposé par Caliskan sont basé sur les travaux de Marshall 2005, qui suggéré une représentation systémique et progressive des trois niveaux d'abstraction : composition, configuration et constitution.

Par composition Marshall 2005 désigne les aspects géométriques de la forme : la taille, figure, orientation, dimensions...etc. la configuration comme second niveau d'abstraction s'occupes des caractéristiques topologiques de la forme urbaine. Par la constitution il révèle les types et la hiérarchie des éléments et les règles relationnelles entre eux. Dans le modèle de Caliskan ces trois concepts correspondent aux catégories de la forme, la structure et la règle.

Composition	Configuration	Constitution

Figure 1.17 : Trois niveaux d'abstraction proposé par Marshall (Source : Marshall, 2005).

Le tableau suivant résume le cadre conceptuel de Caliskan et ces indicateurs :

		Niveaux morphologique		
		Rue	Parcelle	Bâtiment
Niveaux typologiques	Forme (Composition)	Rectitude Densité du réseau Rectilinéarité La diversité angulaire Sinuosité Fermeture Propriétés cellulaires	Couverture Taille moyenne des parcelles Variété Granularité	Densité Contiguïté Compacité Fermeture Intermédiation Porosité Verticalité Rugosité Frontalité Réciprocité Orientation
	Structure (Configuration)	Continuité Connectivité de route Connectivité de bloc L'intégration Cellularité Nodalité Perméabilité	Fréquence Rythme	Continuité Intermédiation Co-Position

	Règles (Constitution)	Types de rue Types de règles d'assemblage	Types de parcelle Types d'organisation du parcellaire Type de subdivision du parcellaire	Types d'unités Règles de Commande
--	----------------------------------	---	--	---

Tableau 1.2 : Le cadre conceptuel et ces indicateurs de Caliskan (Source : Caliskan, 2013).

1.4.6 Structure (Configuration) du tissu urbain :

Selon Marshall 2005 la configuration (Structure) du tissu urbain peut être considérée comme une représentation dimensionnelle. La carte configurationnelle dans l'analyse actuelle est sur la base d'une représentation primaire. Au lieu de représenter le réseau comme un graphe de dimension topologique, la configuration est réduite en règle sous forme de ligne centrale entre les nœuds de la route. La carte est définie par les polygones continus et les deux nœuds finals. Dans ce contexte, les bords de la carte de configuration (structure) suivent la véritable empreinte des rues tout au long de leurs lignes médianes.

1.4.6.1 Configuration de la rue :

La Configuration du motif de la rue est caractérisée par les notions de **Continuité, la Connectivité, l'Intégration, la Cellularité, Nodalité et Perméabilité.**

1.4.6.1.1 Continuité :

La continuité est propriété basique des structures des réseaux. Selon Marshall 2005, La continuité est considérée comme le nombre de liaisons qui compose le même itinéraire, autrement dit elle est la longueur d'un parcours mesuré par le nombre des liaisons. Elle reflète un itinéraire qui est continu à travers les jonctions. Le nombre total de segments sur une route donne la valeur de la continuité de la route.

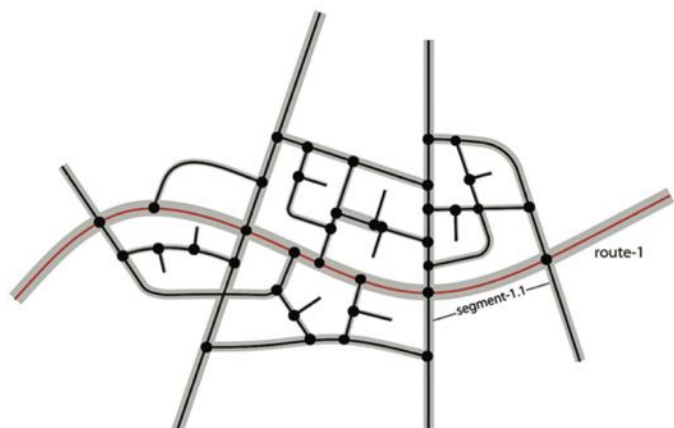


Figure 1.18 : Carte de nœuds de liaison comme base du calcul de la continuité (Source : Caliskan, 2013).

La continuité est essentiellement exprimée par :

$$\text{Continuité} = \frac{Ns}{Nr}$$

Ns / Nr, où Ns est le nombre de segments sur les routes et Nr est le nombre total des routes du réseau (Marshall, 2005).

1.4.6.1.2 Connectivité :

La connectivité est une caractéristique qui qualifie la voie dans son réseau, Marshall 2005 l'a défini comme le nombre de voies ou d'itinéraires connecté directement à cette voie. On distingue une connectivité interne et une autre externe.

La connectivité interne d'un réseau est simplement le rapport entre les quantités totales des routes connectées sur chaque route au nombre total de lignes dans le réseau. Par contre la connectivité externe marque la relation du réseau lui-même avec son environnement, c'est une connexion globale dans le tissu, pour la mesurer, les points d'accès au bord du tissu peuvent être pris comme indicateur de la connectivité externe (Southworth, 1993).

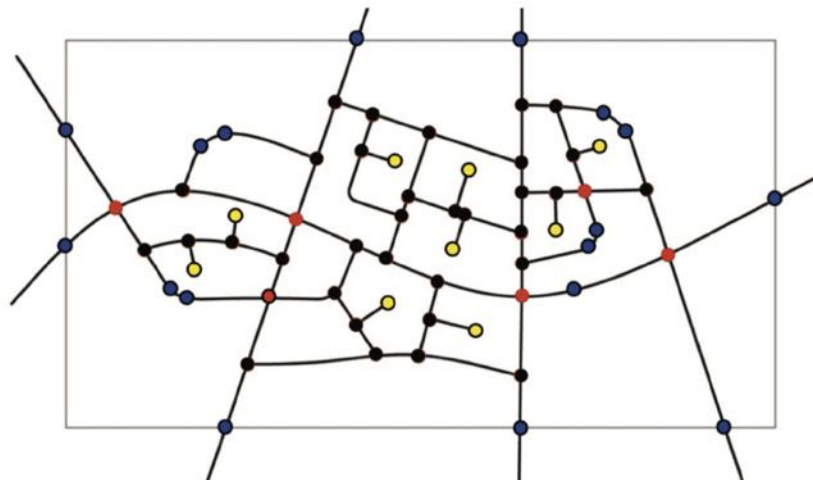


Figure 1.19 : Un réseau hypothétique de voies connectés (Source : Caliskan, 2013).

1.4.6.1.3 L'intégration :

La notion d'intégration à une relation directe avec la profondeur de la voie. En terme de topologie Hillier et al en 1984 défini la profondeur par le nombre de mesures prises à partir d'un point de référence dans le réseau. Tel que défini par Marshall en 2005 pour l'analyse de réseau, la profondeur d'une voie est le nombre de tours au niveau des nœuds de la route principale, donnée au point ultime du mouvement.

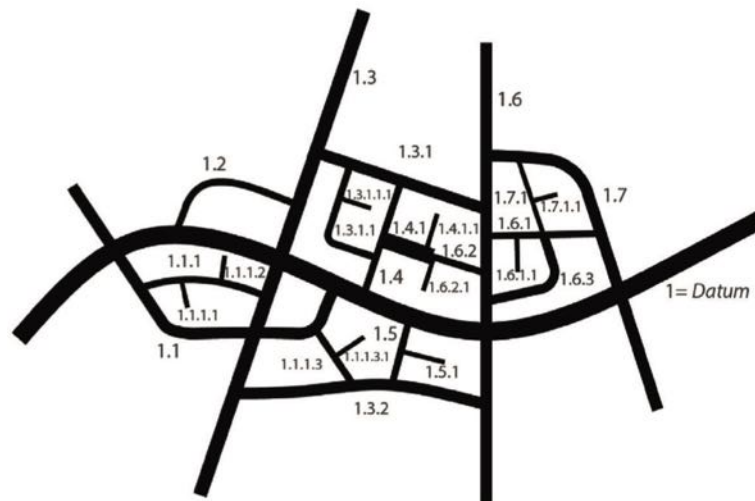


Figure 1.20 : La carte du réseau routier hypothétique montrant les profondeurs relatives de chaque itinéraire (Source : Caliskan, 2013).

La valeur de la profondeur totale est calculée par la somme des valeurs de profondeur individuelles attribuées à chaque route dans le réseau. La profondeur moyenne est égale à la profondeur totale divisée par le nombre de segments dans le réseau.

L'intégration est la facilité d'atteindre un espace depuis n'importe quel autre espace de configuration spatial global. Elle est le degré d'accessibilité d'un point à partir du réseau global. La profondeur moyenne permet de calculer l'intégration. Elle est définie aussi comme le moindre changement sur les liens entre tous les nœuds d'un réseau, l'intégration est un indice fondamental de configuration urbaine. En ce sens, il est également fait valoir que l'intégration du réseau basée sur la distance topologique fait valoir que le facteur fondamental de la psychologie de l'environnement et de la cognition spatiale (Hillier, et al., 2005).

1.4.6.1.4 Cellularité :

La cellularité est une qualité du réseau viaire, basée sur l'hypothèse selon laquelle représente un réseau en tant que configuration des liaisons (arêtes) et des intersections (nœuds) ou des polygones fermés (cellules) (Marshall, 2005). La cellule peut être considérée comme l'unité de base du réseau viaire. Quand on représente la composition cellulaire d'un réseau avec un diagramme dimensionnel, il est possible de reconnaître les relations spatiales de base intrinsèques à l'intérieur du tissu urbain.

Caliskan en 2013 le définit comme le nombre maximum de cellules (définissant potentiellement différentes relations spatiales) à créer avec la quantité minimum de segments. Son expression est : N_{cell} / N_s

Où N_{cell} est le nombre total des blocs dans le motif de la rue et N_s est le nombre total des segments du réseau.

1.4.6.1.5 Nodalité : (Nœuds)

Est l'un des cinq éléments de base de la forme urbaine défini par Lynch en 1960. Le nœud est une sorte de foyers stratégique et le point de transition sur lesquels les observateurs concentrent leur attention et prendre des décisions à propos du déménagement plus loin. Les nœuds sont généralement sous la forme de jonctions que les points de rupture de transport accompagnés des lieux perceptuelle importants et les éléments voisins (Lynch, 1981).

Chaque jonction sur le réseau viaire a un potentiel en tant que nœud perceptuelle. Dans leur étude typologique du tissu urbain, Caniggia et Maffei en 1979 suggèrent la nodalité comme l'une des qualités de base d'une structure du réseau viaire. La valeur de nodalité peut-être mesurée par le nombre de liens dans le système avec une expression comme suit : $\sum Sint_i / Njnc$

Où $Sint_i$ est la quantité de segments de rues se coupant à la jonction et $Njnc$ est le nombre total des jonctions.

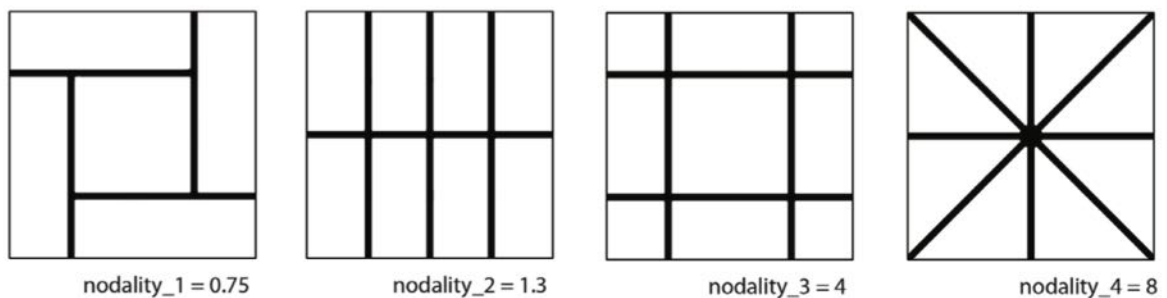


Figure 1.21 : Différentes configurations hypothétiques ayant des différentes valeurs de nodalité. (Source : Caliskan, 2013).

1.4.6.1.6 Perméabilité :

En milieu urbain la perméabilité renvoie à la capacité d'un tissu urbain à faire pénétrer de l'extérieur vers l'intérieur profond à travers les espaces publics continues tel que les rue et les places. La surface perméable au voisinage de la rue est le tampon virtuel de chaque côté de la rue qui permis de calculer la zone adjacente à la portée visuelle et physique. En tant que facteur morphologique, perméabilité est un indicateur de la bonne forme urbaine en termes de l'interaction riche entre les espaces privés et publics (Bentley,

et al., 1985).

1.4.6.2 Configuration du parcellaire :

La configuration d'un schéma de tracé se caractérise par la notion de fréquence ainsi que la distribution séquentielle des parcelles conçues comme des unités rythmiques simples.

1.4.6.2.1 La fréquence et le rythme :

La fréquence est fondamentalement un concept temporel. Conversion de la longueur réelle des chemins en intervalles de temps, nous pouvons appliquer le concept dans l'espace. La vitesse moyenne de marche de l'homme (1,4 m/s) fournit une référence pertinente pour une telle conversion en ce qui concerne le mouvement réel de l'homme dans l'espace.

Dans la configuration des parcelles. Si le changement dans les parcelles le long du côté d'un des blocs est exposé dans des répétitions régulières ou par des alternances ordonnées, les personnes qui se déplacent dans la rue dans un sens peuvent percevoir le rythme spécifique dans la rue façade, même implicitement. Comme la présence du rythme donne la prévisibilité dans une composition picturale (Jirousek, 1995), l'application cumulative du rythme dans les présentations de tracé sur la plus grande échelle déclenche potentiellement la lisibilité spatiale au sein du tissu urbain. Considérant cette façon, nous pouvons discuter de la fréquence des mises en page de la parcelle et leur rythme interne comme l'un des principaux facteurs de l'image des villes.

1.4.6.3 Configuration du bâti :

A fin de configurer le bâti trois caractéristique sont proposé par Caliskan, 2013 à savoir la continuité, l'intermédiarité et la contre position.

1.4.6.3.1 Continuité :

La continuité appliqué dans la configuration du bâti est similaire à la continuité dans le réseau viaire. La continuité du bâtiment peut être définie par la quantité d'unités adjacentes les unes aux autres dans la construction d'une enveloppe donnée (Caliskan, 2013). La valeur globale du rapport entre la quantité totale des unités de construction et celui des enveloppes donne la mesure de la continuité. Elle est exprimée en tant que :

$$Bu/Be$$

Où Bu est le nombre total des unités de construction, et Be est le nombre total de l'enveloppe du bâtiment dans la zone d'étude.

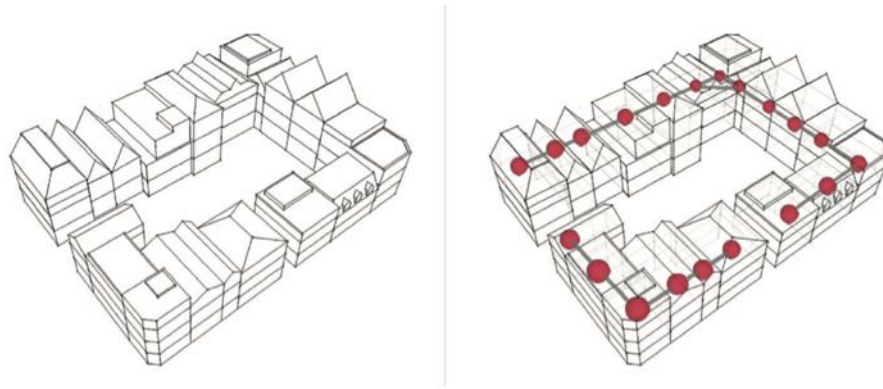


Figure 1.22 : Continuité des enveloppes des bâtiments (Source : Caliskan, 2013).

1.4.6.3.2 Intermédiarité :

L'intermédiarité est utilisée par Porta et al en 2009 dans l'analyse des réseaux viaires, en suite elle réutilisé par Sevtsuk et al en 2011 pour décrire la structure des bâtiments dans un réseau urbain. Selon Sevtsuk l'intermédiarité est le nombre de chemins les plus courts passant par un bâtiment qui localise entre les autres paires des bâtiments dans un tissu urbain. L'intermédiarité est un facteur global qui mesure la centralité de tous les bâtiments dans le réseau, elle est exprimée comme suit :

$$\sum_{j,k,d(j,k)<r} \frac{N_{jk}(i)}{N_{jk}}$$

Où $N_{jk}(i)$ est la quantité de chemins les plus courts passant sur le segment de rue sur lequel le bâtiment i est localisé et N_{jk} est le nombre total de chemins les plus courts dans le réseau.

L'intermédiarité calcule aussi l'accessibilité des bâtiments en ce qui concerne le nombre de chemins les plus courts entre les autres bâtiments en tissu.



Figure 1.23 : Les chemins les plus courts entre les bâtiments en termes de distances les plus courtes étant donné, (Source : Caliskan,2013).

1.4.6.3.3 Contre position :

La contre position fait référence à l'état de configuration du bâtiment organisé sur une rue sous forme des bâtiments uniformément positionnés sur les deux côtés de la rue par le biais de face à face. Hillier et Hanson en 1984 définie que l'état de l'accessibilité de l'espace public des bâtiments (espace privé) via les entrées directes. La contre position est ensuite élaboré par Nes et al en 2007 avec le concept d'intervisibilité introduit pour révéler le positionnement relatif des configurations des bâtiments de la route en se référant à une autre. La contre position est le rapport entre le nombre d'entrées des bâtiments visibles de toute autre entrée du bâtiment situé de l'autre côté de la rue, et le nombre total de bâtiments dans la rue. Elle est calculée par la formule suivante :

$$\frac{\sum_i Ns1_i \cdot Ns2_i \cdot L_i}{\sum_i L_i}$$

Où $Ns1(i)$ est le nombre des entrées des bâtiments sur le premier côté du segment i , $Nsni$ est le nombre des entrées de bâtiment sur le deuxième côté du côté du segment i , Li est la longueur du segment i .

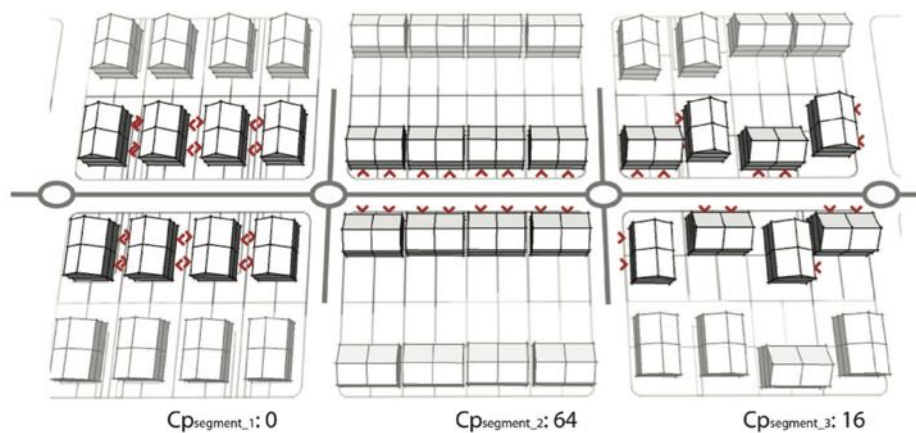


Figure 1.24 : Contre-positionnement selon l'organisation de accès frontal à l'espace public. (Source : Caliskan,2013).

1.4.7 Règles (Constitution) :

1.4.7.1 Constitution de la rue :

Les règles qui participent dans la formation du motif des rues sont caractérisés par les types de rue et les variations des types des rues, qui sont les deux paramètres de base d'une organisation en réseau.

1.4.7.1.1 Type de rue :

1.4.7.1.1.1 Les types de rue selon la hiérarchie d'accès :






Le premier type de classification des rues dans un réseau est basé sur le critère de la hiérarchie d'accès (Marshall, 2005), Marshall a classé les rues selon leurs capacités de distribuer le flux selon un critère hiérarchique d'accès le tableau suivant résume leurs classements :

Type de rue et voie	Maille nominale / intervalle de sortie (km)	Largeur nominale (m)
Distributeur local (artère principale route de district)	1	40
Rue Collecteur (rue principale)	0.3	30
Rue d'accès (rue résidentielle)	0.1	20
Voie d'accès (chemin)	0.03	10

Tableau 1.3 : L'ordre de la route / hiérarchie de rue (Source : Jong, 2007; Marshall, 2005).

1.4.7.1.1.2 Types de rue dans la structure :

La classification selon la structure se fait par le baie de de la typologie interne de la structure. Les classes proposées par Marshall en 2005 fournissent une base pertinente pour la typification structurelle d'un motif de rue dans une structure. Selon les relations configurationnelles avec les autres rues connectées, chacune des liaisons peut être caractérisée comme un type spécifique.

Type de rue	Schéma
Tige	
Colonne vertébrale	
Couloir	
Cantilever	
Collectionneur	



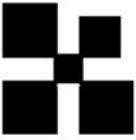
Connecteur	
Connecteur transversal	

Tableau 1.4 : Types des rues suggérées basés sur le rôle structurel (Source : Marshall, 2005).

Étant donné que chaque type des rues suggère un modèle spécifique de continuité et de la connectivité en eux-mêmes. L'application cumulative des types des rues spécifiques dans un réseau se termine potentiellement avec une macro morphologie du réseau distingué et émergé (Marshall, 2005).

1.4.7.1.2 Types de règles d'assemblage :

Les règles de relations morphologiques entre les rues représentent un autre aspect constitutionnel des modèles urbains. La détermination des règles constitutionnelles au sein des modèles existant peut-être proposé comme une alternative pour caractériser les différents modèles urbains. Dans ce cas, les règles constitutionnelles fondamentales définies par Marshall en 2005 pour la formation de réseau de rue sont exposés dans le tableau suggéré par Marshall dans son livre « Streets & Patterns » :

Type	Icone	Condition structurelle	Exemple
Dendritique		Artère avec contrainte d'accès	Formes Urbaines Distributaires Modernes
Conjoint		Artère sans contrainte d'accès	Etablissements Traditionnels
Mosaïque		Ni artère ni contrainte d'accès	Tissus Non-Hiérarchiques Design Urbain Contemporain


En série		Non artère avec contrainte d'accès	Systèmes Incomplètement Mis En Œuvre
----------	---	------------------------------------	--------------------------------------

Tableau 1.5 : Les types de règles constitutionnelles pour la structure des rues (Source : Marshall, 2005 et Caliskan, 2013).

1.4.7.2 Constitution du parcellaire :

Cette section est composée par la distinction de trois catégorie de types de règles qui gèrent la production du système parcellaire, à savoir le type de parcelle, le type de règle d'organisation du parcellaire et le type règle de subdivision du parcellaire :

1.4.7.2.1 Type de parcelle :

Une première typologie faite par Kropf en 1996 pour classer les types de parcelle est en fonction du positionnement de la parcelle par rapport aux autres parcelles adjacentes dans le même block parcellaire. Caliskan a combiné entre la classification de Kropf 1996 et Mayer en 2008 qui suggère une classification selon nombre et la position des côtés accessibles du polygone fermé de la parcelle. Les types proposés par Caliskan 2013 sont résumés dans la figure suivante :

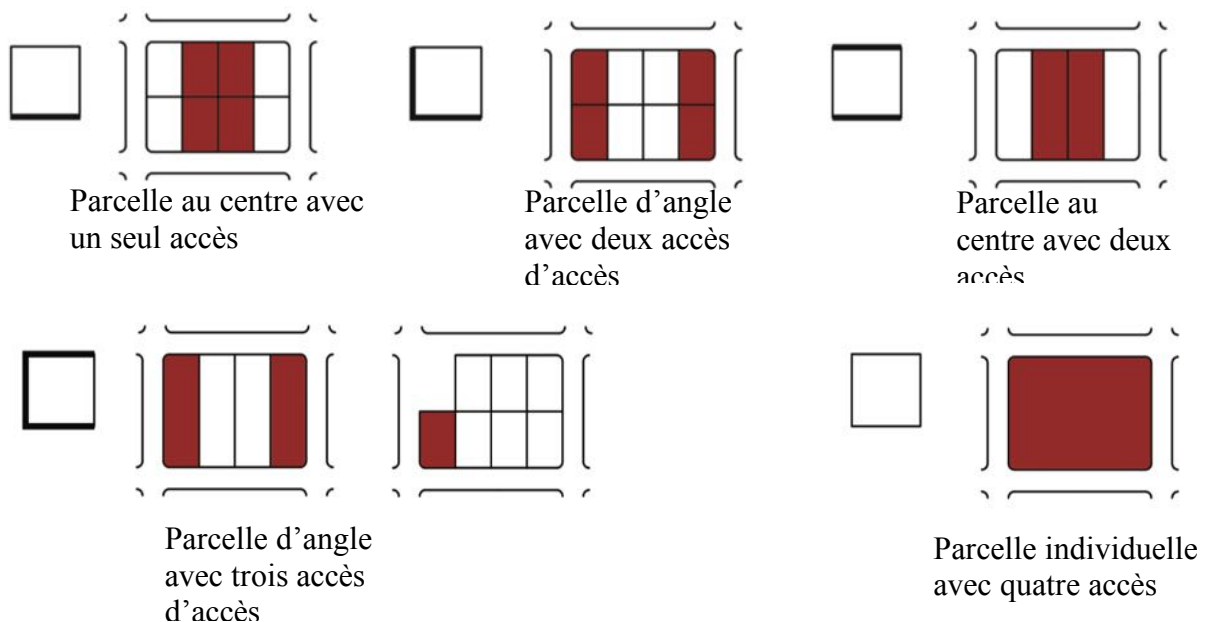


Figure 1.25 : Les types de tracé de base de parcelle en fonction de leur positionnement dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).

1.4.7.2 Type de règle d'organisation du parcellaire :

La parcelle est le résultat d'une subdivision des terres destinés à l'urbanisation, dans ce sens l'unité de base de l'organisation, peut être aussi un critère de classement typologique. Caliskan, 2013 suggère une autre typologie basée sur l'organisation du bloc parcellaire. Six formes de parcelle sont déterminées comme le type de base de l'organisation du bloc parcellaire.

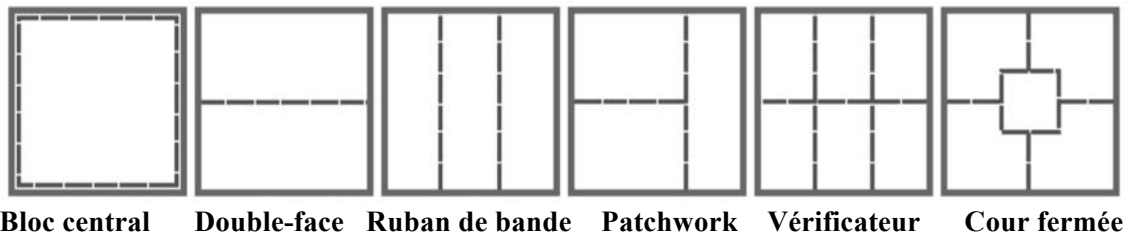


Figure 1.26 : Les types de base de l'organisation de la parcelle dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).

1.4.7.2.3 Type règle de subdivision du parcellaire :

Le développement et la transformation de chaque bloc parcellaire suivent certaines règles de de subdivision. Les cinq opérations de base peuvent être proposés comme les types de base de subdivisions créant des parcelles individuelles sur le terrain.

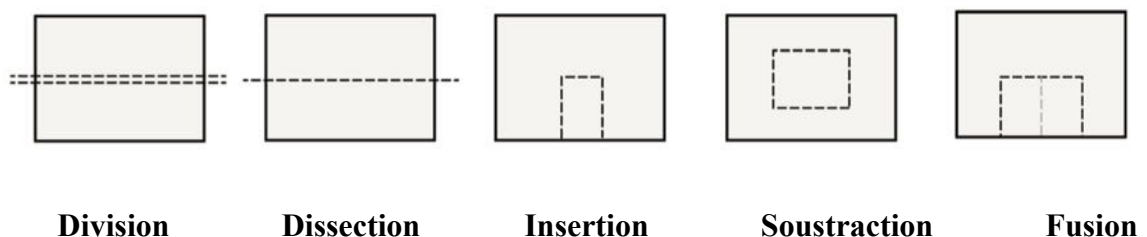


Figure 1.27 : Les types de base de subdivision dans le bloc parcellaire (Source : Caliskan,2013).

Respectivement, la division est la règle, qui divise l'ensemble de l'unité dans un minimum de deux parties distinctes. L'opération de division crée une allée ou un arrière accès piétons au milieu, l'opération de dissection divise l'unité de parcellaire en deux (horizontalement ou verticalement) par une frontière sans créer d'accès interne dans le bloc parcellaire. L'opération d'insertion désigne un nouveau tracé dans le plus grand (espace dans l'espace), tandis que l'opération de soustraction définit un espace interne discret dans l'unité divisée. Finalement par l'opération de fusion qui implique l'unification des deux ou plusieurs parcelles adjacentes à l'intérieur d'une nouvelle parcelle (Caliskan,

2013)

1.4.7.3 Constitution du bâti :

La constitution du bâti est caractérisée par la typologie des unités du bâti et leurs ordres de formation.

1.4.7.3.1 Les types d'unités :

La classification morphologique des types de construction réalisés par Steadman et Coll en 1991 fournit une base pertinente pour la caractérisation des tissus urbains à travers la typologie des unités de construction.

Pour le classement, le principal critère est le nombre et l'emplacement des murs exposés comportant soit des fenêtres ou des entrées. En dépit d'être principalement appliquée aux problèmes fonctionnels de l'accès, l'éclairage, les perspectives et la circulation (Steadman, et al., 1991), la typologie suggère aussi une connotation directe aux possibilités configurationnelles de l'unité de construction au sein d'une forme urbaine collective.

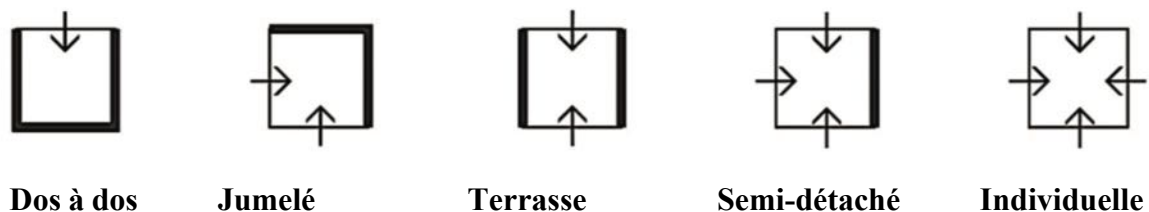


Figure 1.28 : Les principaux types d'unités de construction basée sur l'exposition des côtés (Source : Steadman et al, 1991 ; Caliskan,2013).

Dans ce cadre, la représentation typologique suggérée par Steadman et al 1991 aide à comprendre la nature constitutionnelle de tout type de bâtiment composant le tissu urbain.

1.4.7.3.2 Types de règles de commande :

Les règles de commande de formation urbaine sont le principal facteur constitutionnel de la morphologie urbaine. Bien qu'il existe plusieurs façons de définir les principes de commande d'un cadre de construction, la relation bâtiment-à-bâtiment est le facteur primaire qui commande les règles de tout tissu urbain.

Selon Caliskan 2013, quatre règles de commande de base sont déterminées pour caractériser la constitution d'un cadre de construction. Bien que l'alignement et l'attachement représentent le positionnement relatif des bâtiments par rapport aux unités voisines, la liaison et le verrouillage implique les unités supplémentaires, qui relient les différents bâtiments. Les applications répétitives des certaines règles de formation de motif caractérisent fondamentalement le niveau de continuité de la forme urbaine.

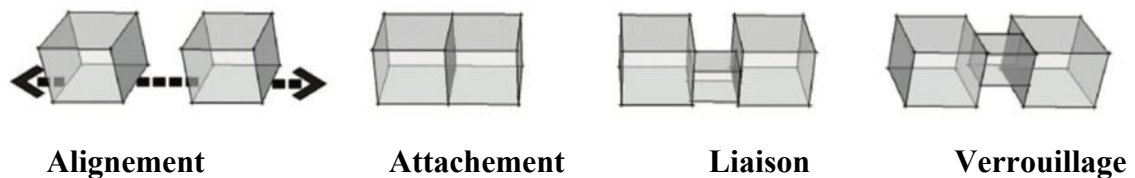


Figure 1.29 : Les règles de commande de base en fonction dans les relations entre les unités de construction. (Source : Caliskan,2013).

Conclusion :

Le long de ce chapitre on a essayé de construire un cadre conceptuel qui mis en évidence le concept fabrique de la ville. La fabrique de la ville comme un nouveau concept dans les recherches urbanistiques a été importé des autres disciplines tel que la sociologie et l'histoire. L'importation de ce concept n'est pas la première difficulté mais la diversité de sa définition s'ajoute aussi, cette diversité compte au moins une partie fixe dont l'ensemble des chercheurs sont déjà d'accord. Dans notre investigation cette partie fixe du concept était adoptée, la fabrique de la ville a eu une acceptation physique et morphologique. Il s'agit de fabriquer la ville dans un premier temps morphologiquement. La morphologie urbaine cette notion qui a connu une confusion avec la forme urbaine, était abordé dans le présent mémoire d'une manière à éliminer toute sorte de flou et de confusion. En retraçant l'histoire de la morphologie urbaine cette dernière a vu le jour dans le 19 siècle. L'histoire a cherché de trouver des réponses à travers la morphologie de la ville. La géographie a bénéficié de la morphologie avec l'arrivé des architectes et urbanistes. Après la second guerre les courants en morphologie urbaine sont déjà présents, dont chaque courant s'occupe d'une piste complémentaire en morphologie urbaine.

Donnée une définition à la morphologie urbaine est une tache un peu délicate, la majorité des spécialistes s'accordent qu'elle est l'étude de la forme urbaine dont le but est de comprendre la genèse des formes urbaines, d'autres ajoutés que la morphologie est en plus d'une approche d'étude mais un outil de conception qui génère la forme urbaine

(Bently, et al., 1990). L'utilisation de la morphologie urbaine comme un outil double de compréhension et de conception a ouvert les portes à deux grandes catégories, dont on distingue la morphologie constructive et la morphologie descriptive.

La morphologie constructive est l'ouverture de la morphologie urbaine sur des formes inventées afin d'exploiter leurs limites et variations. En revanche la morphologie descriptive cherche une représentation abstraite de la forme urbaine dont le but est de comprendre les relations entre les éléments de la forme urbaine. La majorité des progrès en morphologie étaient faite dans la piste de la morphologie descriptive. Beaucoup d'approches sont apparus vue les différents degrés d'abstraction dans la représentation de la forme urbaine.

Les approches de la morphologie urbaine témoignent sur le degré de sa complexité, chaque approche a essayé de d'offrir un niveau d'abstraction qui converge vers ses finalités. De l'approche de l'analyse spatiale initiée dans les travaux de Batty, basée sur les SIG et les modèles fractales. Passant par l'approche structurelle illustrée dans les travaux de Hillier, dont la morphologie urbaine est étudiée par la théorie de la syntaxe spatiale en fonction de la structure spatiale et la fonction générique du mouvement. La typomorphologie est une autre approche qui essaye de comprendre l'urbain en analysant la forme urbaine par l'identification des compositions urbaines au moyen de la typologies architecturales et spatiales. Par contre l'approche historico-géographique explique la structure géographique et le caractère des villes par une analyse systématique des éléments constitutifs et leurs développements à travers le temps. En fin l'approche perceptuelle de la morphologie urbaine concerne l'environnement bâti avec une référence directe à l'expérience sensationnelle de l'homme dans l'espace.

Une grande confusion entre la notion de morphologie urbaine et la notion de forme urbaine est dû au grand rapprochement entre les deux notions. La forme urbaine entant qu'objet d'étude pour la morphologie urbaine efface toute cette confusion entre ces deux notions en perpétuelle relation. La forme urbaine possède la même complexité de la morphologie urbaine, pour cette raison il existe plusieurs registres pour l'aborder. La forme urbaine peut être une forme du paysage étudié dans sa matérialité et son côté tridimensionnel, les pionniers de ce registre tel que Golden Cullen, Lynch et Bacon. Elle peut être aussi une forme sociale dont les groupes sociaux occupent le vide (Grafmeyer, Roncayolo). La forme urbaine en tant que tissu urbain s'agit d'étudier les relations entre les composantes élémentaires de cette dernière, ce registre est bien exprimé dans les travaux de Panerai. Elle peut être considéré comme forme de tracé urbain forgé sur la

géométrie du plan de la ville (Pinon et Lévy). Comme dernier registre la forme urbaine s'inscrit sous le volé de l'approche bioclimatique, c'est le registre clé de cette recherche. La forme urbaine dans ce cas est considérée dans sa dimension environnementale et écologique sous forme d'un microclimat urbain.

La morphologie urbaine comme terme générique est composée d'une forme, structure et un motif. Ces derniers sont en étroite relation et interaction. Le cadre conceptuel proposé par Caliskan couvre les trois composantes du tissu urbain à savoir la trame viaire, la trame parcellaire, et le bâti. On a vu aussi que cette décomposition du tissu appartient à l'école de morphologie Conzenienne. Chaque composante du tissu urbain est présentée selon différents niveaux d'abstraction, à savoir la forme, la structure et les règles. Ces niveaux d'abstraction qui sont à l'origine de la formation du tissu urbain ont été largement discutés dans ce chapitre.

Chapitre 2

Conception bioclimatique urbaine

Introduction

2. Conception bioclimatique urbaine

2.1 Approche bioclimatique et bioclimatologique urbaine

2.2 Définition du concept

2.3 Composantes du Microclimat urbain

2.4 Influence de la morphologie urbaine sur le microclimat
urbain

2.5 Méthodes de conception bioclimatique urbaine

Conclusion

Introduction

Le deuxième chapitre est consacré à construire le soubassement théorique autour le concept de « **Conception bioclimatique urbaine** », pour cela les connaissances sur le climat en générale et sur le climat urbain spécialement sont très pertinentes à explorer. Un autre volet qui sert comme support de base pour mettre en évidence ce concept est l'influence de la morphologie urbaine sur son climat urbain, les variations des paramètres du climat urbain dû à la morphologie urbaine sont par la suite des connaissances basiques pour concrétiser une conception bioclimatique au niveau de la ville.

2. Conception bioclimatique urbaine :

2.1 Approche bioclimatique et bioclimatologique urbaine :

Chez les biologistes, la **Bioclimatologie** ou **Biométéorologie**, est une science ancienne qui étudie la relation entre les organismes vivants et les climats. Selon les documents historiques, la Chine était le premier pays à effectuer l'observation bioclimatiques il y a environ 3000 ans. Bioclimatologie est appelé « **Wuhou** ». La bioclimatologie occidentale a été créé en 1753 par Linnaeus, un botaniste suédois (Chiou., et al., 2015).

Chez les météorologues, la **Bioclimatologie** ou **Biométéorologie** est l'étude des relations entre le climat et les organismes vivants. Le domaine est vaste et rassemble des scientifiques de nombreux disciplines. Bioclimatologie est souvent divisée en humaine, végétale (agricole et forestière), et bioclimatologie animale. D'autres sous-divisions comprennent aérobiologie (le comportement du matériau vivant dans l'air), la phénologie, bioclimatologie urbain, la pollution de l'air (Maarouf, et al., 2004).

Ce qui intéresse les architectes et les urbanistes c'est la **bioclimatologie humaine**, qui étudie les variables atmosphériques affectant les humains, comprennent la chaleur, le froid, le vent, l'humidité, le rayonnement solaire, la pollution de l'air, la pression, les ions négatifs, électromagnétisme et biorythmes (Maarouf, et al., 2004).

En Architecture, l'abri est l'instrument principale pour atténuer les effets climatiques sur le corps humain. Il y a plus de 2400 ans en dit Socrate « *Eh bien, dans les maisons qui cherchent à midi le soleil se glisse dans l'hiver entre les arcades plutôt qu'été dans lequel, en passant par le haut de nos têtes et plafonds fournit de l'ombre. Donc, en*

supposant que cela est bon, il faudra construire des pièces plus élevées qui donnent à midi, de sorte que le soleil d'hiver ne trouvez pas gravement, et abaisser le rendement à Septentrion ne pas donner contre elle les vents froids ». Il est probablement une bonne description de ce qui peut être compris par un bâtiment bioclimatique. La maison que Socrate a décrit comme « bioclimatiques » il y a près de vingt cinq siècles devrait nous faire réfléchir sur ce que nous appellent neuf ou ancien. Vitruve, 1 siècle avant JC, décrit les modalités de création des villes en fonction du choix du site, le lever du soleil et les autres risques climatiques.



Figure 2.1: Approche bioclimatique, abris ou énergie (Source : Coch, 1998).

L'approche bioclimatique développée par **Victor Olgyay** dans son ouvrage « *Design with climate : Bioclimatic approach to architectural regionalism* » vient de souligner la relation de la santé de l'être humain et l'énergie avec l'environnement, qui dépend d'une grande partie des effets directs de ce dernier (Olgyay, 1962). Le climat est l'une des composantes fondamentales de l'environnement, les mesures des effets climatiques on étai étudiier selon plusieurs aspects, un aspect négatif qui décrit les effets négatifs du climat sur l'homme tel que le stress, les maladies, la peur, et un autre aspect positif qui rend l'homme plus productif, tel que la santé mental et physique, et l'efficacité énergétique. L'environnement physique consiste plusieurs éléments en interaction complexe. Ces éléments de l'environnement physique tel que le climat, l'espace, la lumière, le son et l'animation influence directement le corps humain, qui essaye soit d'absorber leurs effets ou de de leurs contrarier. Dans ce sens la réaction physique et psychologique de l'homme résulter de cette lutte pour l'équilibre biologique. Olgyay a établi le lien entre les éléments de la physiologie humaine, de la climatologie et de physique du bâtiment, en définissant la zone de confort et la chart Bioclimatique (Szokolay, 2008).

Donc, l'approche bioclimatique prend en compte la complexité des systèmes biologiques et les réalités d'un climat particulier (O'Connell, 1996). Avec la crise

pétrolière de 1970, l'approche bioclimatique est devenue un champ de recherche et d'investigation scientifique, qui a mené par la suite à ce que nous appelons aujourd'hui la durabilité.

Lors de l'apparition de l'approche bioclimatique en 1950, elle a été concernée par l'application en architecture, d'où on entend le terme « **Architecture bioclimatique** » largement partagé par les architectes, en même temps cette approche était intimement utilisée en milieu urbain, en parallèle une autre approche voisine a vu le jour celle de la **bioclimatologie urbaine**.

La bioclimatologie urbaine traite dans les villes des aspects du climat urbain et sa relation avec le confort, l'inconfort et la santé humaine. Les effets urbains sur les composantes du climat telles que la température, l'humidité, le rayonnement et le vent ont été documentés dans le monde entier dans les travaux d'Oke en 1968, Chandler en 1976 et Landsberg en 1976, (Jauregui, 1993). Les travaux de bioclimatologie sont au début basés sur la recherche en **biométéorologie humaine**, qui est un domaine d'études pertinent dans l'évaluation du stress thermique dans des conditions extérieures et intérieures dans les différents microclimats qui caractérisent l'environnement urbain (Jauregui, 1993). Initié par les géographes, la biométéorologie est définie la science interdisciplinaire qui tient en compte des interactions entre les processus atmosphériques et organismes vivants (Gosling, et al., 2014). La biométéorologie était faite dans le passé sur les villes à l'échelle mondiale, continentales, régionales et locales. Diverses approches ont été utilisées. Un grand nombre d'indices bioclimatiques ont été développés depuis les années 1920 dans une tentative pour mesurer la sensation thermique. Les recherches en biométéorologie ont fini par l'établissement des cartes bioclimatiques globales, régionales et locales (Jauregui, 1993).

En générale l'approche bioclimatique implique l'application d'une séquence logique d'analyse, de détection des stratégies appropriées et du contrôle de l'environnement conscient en réponse aux impacts externes et l'utilisation rationnelle des ressources (Evans, 2007).

2.2 Définition du concept :

2.2.1 Bioclimat et conception bioclimatique :

Le mot « **Bioclimat** » est composé de deux termes le « **bio** » et le « **climat** ». Le **Bio** se dérive de « **la biologie** » une science qui étudie la vie sous toutes ses formes selon Larousse. La partie de la biologie, qui étudie les fonctions et les propriétés des

organes et des tissus des êtres vivants est la « Physiologie », c'est cette partie qui est influencé par le deuxième terme. **Le climat** est le motif régulier des conditions climatiques d'un lieu particulier (Hornby, 2000). Le climat influence, et en même temps il est influencé par des organismes biologiques. Selon le dictionnaire d'Oxford le terme « **bioclimat** » signifie l'interrelation du climat et les activités et la distribution des organismes vivants.

Le terme « **bioclimatique** » a été inventé par Victor Olgyay au début des années 1950 (Szokolay, 1995), dans une série de publications professionnelles et populaires et bien expliquées dans son livre de « **Concevoir avec le climat** » ou « **Design with climate** » en 1963. Selon Olgyay en 1963, il y a trois considérations interdépendantes qui peuvent façonner l'équilibre entre le climat et l'environnement bâti au cours du processus de conception, y compris l'examen du climat, l'évaluation des besoins biologiques, solution technologique et de l'application architecturale.

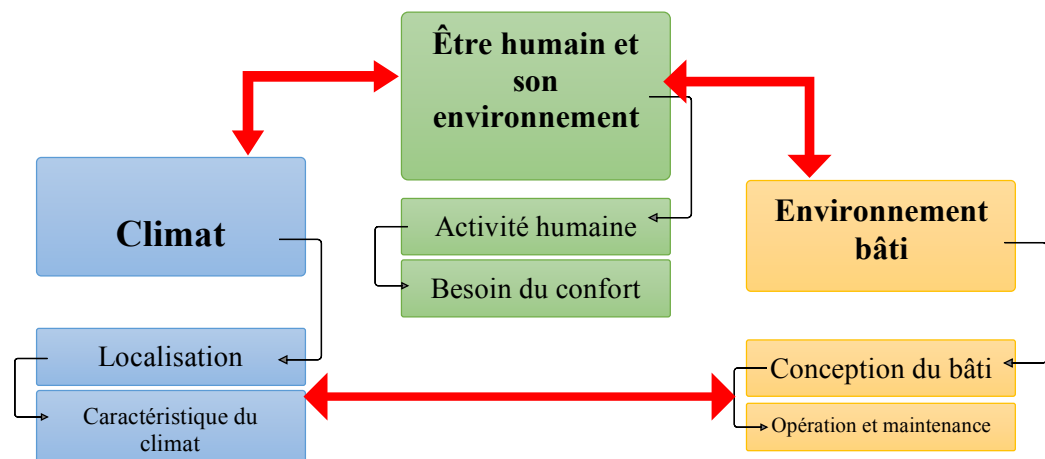


Figure 2.2: Conception bioclimatique, relations et perspective (Source : Larasati, 2000).

Souvent le terme **bioclimat** est associé au terme **conception** dans une expression de la « **Conception Bioclimatique** » ou en anglais « **Bioclimatic Design** ». Selon Szokolay en 1995, l'objectif de la conception bioclimatique dans l'architecture est d'assurer le développement et le bien-être des organismes biologiques dans des conditions climatiques particulières. Evans la définit comme la mise en place d'une série de mécanismes qui modifient, contrôlent et conservent les variables environnementales qui affectent la sensation de confort thermique grâce à la sélection des stratégies spécifiques et des options de conception pour tous les aspects et les échelles du projet, du détail architectural jusqu'à l'urbain (Evans, 2007).

Selon Watson en 2012 la **conception bioclimatique** est liée à la nécessité physiologique et psychologique pour la santé et le confort. Il s'agit de créer les conditions de confort dans les bâtiments par comprendre le microclimat et résultant de stratégies de conception qui incluent la ventilation naturelle, l'éclairage naturel, le chauffage et le refroidissement passifs. La prémisses de la conception bioclimatique est que les bâtiments utilisent le chauffage naturel, de climatisation, éclairage naturel et en conformité avec les conditions climatiques locales (Watson, 2012). La conception bioclimatique est une démarche rationnelle, elle utilise les sources d'énergie renouvelables pour éliminer la pollution de l'air, et pour améliorer la qualité de l'environnement, l'équilibre des écosystèmes et les économies d'énergie (Giannopoulou, 2012). Les avantages de la conception bioclimatique peuvent être environnemental, énergétique, économique et social.

2.2.2 Processus de conception bioclimatique :

La conception bioclimatique a un processus fondamentalement différent, qui suit les étapes indiquées ci-dessous (Evans, 2007):

1. le concepteur avant toute opération de conception est invité à analyser les conditions environnementales du site, en particulier les données climatiques du lieu.
2. Définir les conditions de confort pour les activités réalisées dans le bâtiment.
- 3 Une comparaison entre les conditions existantes définies à l'étape 1 et les conditions requises sélectionnées à l'étape 2, montre les exigences de conception pour la protection contre les impacts défavorables et la conservation des aspects favorables en chaque heure de la journée et la saison de l'année.
4. Les besoins en matière de protection et de conservation, ainsi que l'analyse des conditions et des besoins existants indiquent les ressources de conception bioclimatiques.
5. Les ressources de conception sont évaluées et intégrées dans le développement du projet dès les premières étapes.
6. Les concepteurs et les consultants afin de déterminer le degré de conditionnement physique évaluent ensuite le projet et le confort possible qui est obtenue avec le conditionnement physique, des éléments de conception bioclimatique intégrée dans l'architecture incorporant.

7. Seulement lorsque les mesures de conditionnement physique passives ont été mises en œuvre, l'évaluation de la nécessité d'un conditionnement artificiel est entreprise et la capacité résiduelle du système de conditionnement artificiel calculé.

Il faut que les cinq premières étapes du processus de conception bioclimatique sont entreprises avant que les décisions initiales de conception sont faites. Cette procédure met l'accent sur le souci d'une bonne compréhension de la situation, tant du point de vue environnement et de l'utilisateur, afin de veiller à ce que les ressources de conception appropriées sont intégrées dès le début du processus de conception et de développement de projet (Evans, 2007).

2.2.3 Echelle de conception bioclimatique :

La conception bioclimatique peut être considéré comme un concept générique qui peut être appliqué aux multiples échelles de la ville. Dans ce contexte une distinction très claire est faite entre l'**architecture bioclimatique**, la **conception bioclimatique urbaine** et l'**urbanisme bioclimatique**, chaque expression correspond à une échelle de la ville.



Figure 2.3: Processus de conception bioclimatique : (Source : Evans, 2007).

2.2.3.1 Architecture bioclimatique :

Avec l'invention du terme bioclimatique par Olgyay en 1953, le terme est associé en premier lieu à l'architecture. L'architecture bioclimatique chez Olgyay désigne

l'architecture qui répond à son environnement climatique et réalise le confort des occupants grâce à des décisions de conception appropriées. Selon Proharam l'architecture bioclimatique optimise les interactions entre le bâtiment et son environnement, en réduisant les besoins de chauffage et de refroidissement et en améliorant le confort des habitants (Proharam, 2008). L'architecture bioclimatique combine les intérêts de la durabilité, la conscience environnementale, naturel, et les approches biologiques pour élaborer une solution de conception selon les exigences et les caractéristiques du site, du contexte de voisinage, et du microclimat local (Almusaed, 2004). Elle est définie par Martinez comme l'architecture d'un lieu, en tenant compte des conditions climatiques particulières de l'endroit, en utilisant des ressources gratuites pour réduire les impacts environnementaux et la consommation d'énergie (Martinez, 2012). Les bâtiments sont donc censés être en phase avec le climat local de la région où ils sont construits, et en intégrant l'environnement en elle (Folaranmi, et al., 2013).

L'objectif essentiel de l'architecture bioclimatique est de décrire les attributs climatiques et les mettre dans un cadre sensible, un format clair et organisé de telle sorte que les développeurs, les concepteurs, les planificateurs et les architectes peuvent en apprendre davantage sur l'importance d'une connexion à l'environnement naturel dans tous leurs projets de construction.

On remarque dans ces définitions que l'architecture bioclimatique se focalise sur le bâtiment, le climat et le confort, le bâtiment peut être vue comme un micro-échelle par rapport à la ville, donc **l'architecture bioclimatique** peut être considéré comme une **conception bioclimatique à l'échelle micro** de la ville celui du bâtiment et son intérieur.

2.2.3.2 Conception bioclimatique urbaine :

Bien que l'approche bioclimatique à l'échelle architecturale est à l'heure actuelle bien développé, les méthodes et techniques pour l'étude de la performance et de simulation à l'échelle urbaine doivent encore être consolidés afin de faciliter une conception urbaine sensible au climat (Assis, et al., 1999). La conception bioclimatique traite les interactions entre le climat et le bâti, mais aussi avec l'environnement urbain extérieur. Les prémices de la conception bioclimatique urbaine ont vue le jour avec le développement des recherches dans la climatologie urbaine.

La première étude scientifique du climat urbain en tant que telle a été menée par Luke Howard, qui a identifié un îlot de chaleur urbain (ICU) à Londres (Howard, 1818). Suivie par les travaux de de Tony Chandler dans le climat de Londres en 1965.

Landsberg en 1970 a érigé un ouvrage spécialisé sur le climat urbain dont il a cité dans le **chapitre 11** l'intégration de la climatologie urbaine dans la conception de l'urbain. Suivie par une autre étude de Chandler intitulé « *Urban climatology and its relevance to urban design* » en 1976 qui mis l'accent sur l'intégration des données du climat urbain dans le processus de design urbain, il a donné aussi des recommandations de conception pour chaque élément du climat urbain (Chandler, 1976).

Les recherches dans ce domaine sont accélérées La microclimatologie urbaine comme une branche de la climatologie urbaine a trouvé une application conceptuelle ainsi que des applications instrumentales dans le domaine urbain, cette application conceptuelle de la microclimatologie urbaine permet de comprendre les flux de chaleur dans un espace afin de réfléchir à sa conception, et donc de l'appliquer d'une manière qui ne comporte pas nécessairement tous les calculs (Erell, et al., 2011). Dans cet axe beaucoup de chercheurs ont contribué au développement de la conception bioclimatique urbaine, ils ont sensibilisé les concepteur sur l'importance des données microclimatiques dans la conception urbaine (Oke, 1976), d'autres insistent sur la pertinence de l'application de climatologie urbaine dans la planification et le design urbain et proposent des méthodes d'intégration et de conception (Bitan, 1982 et 1984 ; Brundl, 1988 ; Givoni, 1989 ; Evans et al, 1990 ; Potchter, 1990 et 1991 ; Bitan, 1992 ; Givoni, 1992 ; Bitan et Potchter, 1995 ; Evans & Schiller, 1996 ; Krishan, 1996 ; Scherer et al, 1999 ; Eliasson, 1999 ; Mazouz et Zerouala, 1998 et 1999 ; Capeluto, 2001 ; Pereira et al, 2001 ; DeKay, 2004 ; Alcoforado 2005 ; Erell, 2008 ; Mills, 2008 ; Yahia, 2013). D'autre aussi se sont focalisé sur la modélisations des microclimats et leurs interactions avec l'environnement bâti (; Dincer, 2000 ; Senay et Elliott, 2000 ; Bradley et al, 2001 ; Grimmonda et al, 2001 ; Souza et al 2003 ; Ratti et Richens 2004 ; Li et al. 2006 ; Matzarakis et al, 2007).

Nikolopoulou dans une publication du projet RUROS (*Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*) en 2002 défini l'approche bioclimatique dans l'urbain comme une méthodologie élaborée visant l'étude des espaces publics urbains, en combinant l'environnement physique (microclimat, confort thermique, visuel et acoustique, morphologie urbaine, etc.) avec les desiderata des usagers ainsi que leur degré de satisfaction (Nikolopoulou, 2002). De ce qui précède, et en adoptant la définition de base de la conception bioclimatique, on peut dire que la conception bioclimatique urbaine est l'ensembles des stratégies et méthodes bioclimatiques qui combinent entre les donnés

du climat urbain et les composantes des systèmes urbains dans un processus de conception.

Selon Giannopoulou en 2012, La méthodologie, qui est habituellement suivie dans le processus de conception et la planification bioclimatique comprend :

1. L'analyse du caractère et de la structure de la zone plus large
2. La collecte et l'utilisation des données climatiques locales à base quotidienne et saisonnière
3. L'analyse des attributs de la région environnante.
4. L'utilisation d'outils appropriés pour surveiller et quantifier les conditions de confort (indices bioclimatiques, des modèles de simulation).
5. La détermination des interventions et choix des appropriés indices des matériaux.
6. Les indices bioclimatiques indiquent le sens moyen du confort thermique des espaces ouverts en fonction des paramètres sélectionnés météorologiques (température, humidité, vitesse du vent), la capacité thermique des utilisateurs de vêtements, les utilisateurs du taux métabolique et les activités humaines actuelles.

La conception bioclimatique des espaces urbains est un développement important pour atteindre les objectifs de développement durable, car elle contribue à des économies d'énergie et protection de l'environnement et de santé public (Giannopoulou, 2012).

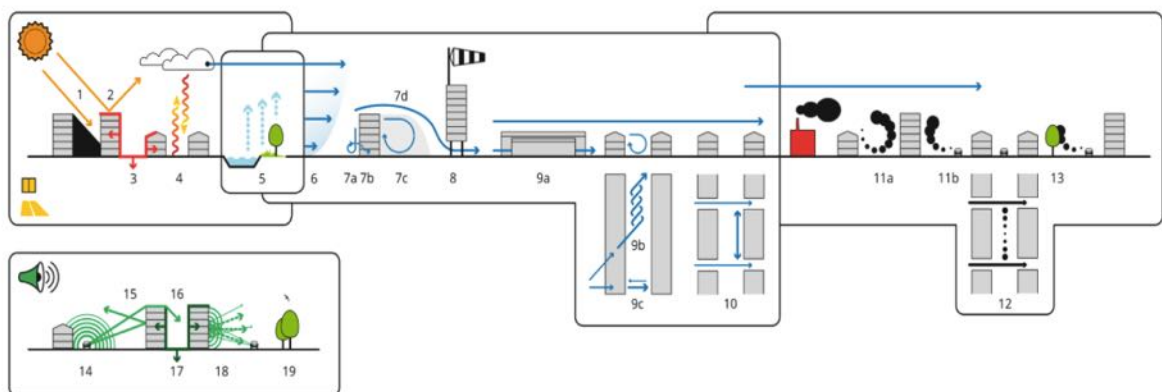


Figure 2.4: Les éléments du microclimat urbain traité par la conception bioclimatique urbaine (Source : Van Esch, 2015).

2.2.3.3 Urbanisme bioclimatique :

Au cours des dernières années, l'importance de la climatologie appliquée dans la planification et la construction a augmenté. Un plus grand nombre d'urbanistes, les

architectes et les climatologues maintenant essayer d'intégrer différents paramètres climatologiques dans tous les niveaux de planification avec une attention particulière à la conception de bâtiment (Bitan, 1988). L'idée de base dans le développement de la méthodologie dans la climatologie appliquée pour la planification et la construction est l'hypothèse que, afin de recevoir les meilleurs résultats et les effets, il est nécessaire de traiter ce sujet à partir d'un très large point de vue, et à traiter avec tous les aspects possibles de la climatologie, à tous les niveaux de planification et de construction (Bitan, 1988).

Les spécialistes utilisent l'expression urbanisme bioclimatique ou planification bioclimatique, en introduisant et intégrant les connaissances climatiques dans les premières phases de la planification des villes. La différence entre l'urbanisme bioclimatique et la conception urbaine bioclimatique ressemble à la même différence entre l'urbanisme et le design urbain. Le principe bioclimatique reste le même, mais l'échelle et les stratégies changent de portée. Par l'urbanisme bioclimatique on entend une planification intégrale, des espaces et des bâtiments publics, dans le but général est d'essayer de fermer les cycles écologiques de la matière et de l'énergie, de réduire l'empreinte écologique des colonies, de minimiser les impacts négatifs sur l'air, l'eau et le sol, ainsi que l'utilisation efficace de l'énergie disponible (Borges, 2014).

L'urbanisme bioclimatique doit adapter et attirer sur les conditions uniques du climat et du territoire, étant entendu que chaque emplacement géographique devrait générer un urbanisme caractérisé et différencié par rapport aux autres régions (Borges, 2014).

Selon Borges en 2014, Les principes de la planification bioclimatiques peuvent être résumés comme suit :

- Un réseau routier structurant qui répond aux critères d'ensoleillement et vent local.
- Adapté les rues à la topographie, avec la recherche de l'orientation optimale du vent local et l'exposition au soleil.
- Espèces végétales adaptées aux besoins et à la surface de l'environnement de l'évaporation de l'humidité et aux espaces verts appropriés.
- Parcellaire qui génère des bâtiments avec des façades et terrasses bien orientées.
- Adapter les places aux diverses conditions de soleil et de vent.

2.2.4 Climat :

L'interaction ville et environnement est permanente. Le climat comme partie intégrante de l'environnement, était depuis le passé un critère à satisfaire dans la conception des bâtiments et des villes (Givoni, 1978). Les villes qui sont construites selon des principes climatiques, influent elles-mêmes sur celui-ci. Les modifications sur le climat sont à plusieurs échelles, ils sont constatés par rapport aux zones rurales voisines, ou par comparaison avec leur propre situation dans le passé (Landsberg, 1979). La connaissance du climat est obligatoire pour le contrôle de cette influence permanente, donc c'est quoi la définition du climat ?

Étymologiquement le mot « **climat** » est dérivé du Latin « *Clima* », qui signifie la région ou la pente de la terre. Selon le dictionnaire d'Oxford le climat est les conditions météorologiques dans une région en général ou sur une longue période.

Beaucoup de disciplines et de chercheurs ont essayé de définir le climat. Pour un géologue ou géomorphologue, le « climat » est un agent externe qui oblige de nombreux phénomènes d'intérêt. Pour un archéologue, le « climat » d'une époque antérieure aurait pu être un élément crucial qui influence sur le peuple à l'étude, un agronome voit probablement le « climat » comme l'arrière-plan sur laquelle la météo année en année et au jour le jour est imposé (McGuffie, et al., 2005).

D'après Max Sorre, le climat est l'ambiance atmosphérique constituée par la série des états de l'atmosphère au-dessus d'un lieu dans leur succession habituelle (Fondements de la Géographie humaine, 1943). Lamb, le climat est la somme du temps vécu à un endroit dans le cadre de l'année et au fil des ans (Lamb, 1972). Le climat représente un composite des conditions météorologiques au jour le jour, et des éléments atmosphériques, dans une zone spécifique sur une longue période de temps (Trewartha, et al., 1980). Selon Monin, le climat est un ensemble statistique des états du système atmosphère-océan-terre pendant une période de temps de plusieurs décennies (Monin, 1986). Durst un météorologue, définit le climat comme la synthèse du temps, selon Huschke le climat d'une zone est représenté par les statistiques des conditions météorologiques au cours d'un intervalle de temps spécifique (généralement plusieurs décennies) (Bryson, 2004).

Les définitions sont multiples mais on peut les synthétiser comme suit : le climat est l'ensemble des conditions météorologiques décrits de manière statistique dans un intervalle du temps ou le long d'une période donnée dans une zone précise.

2.2.4.1 Climats de l'Algérie :

En 1962 le CSTB a fait la première classification du climat en Algérie, les zones climatiques établies facilitent l'accès au calcul du dimensionnement de chauffage et de climatisation. Une deuxième classification a eu lieu entre 1974 et 1984, dont le but est d'établir avec précision les zones climatiques en Algérie, la classification a fini par divisé l'Algérie en trois zone :

1. Climat tempéré humide de type méditerranéen (Tell).
2. Climat de type continental (Hautes plaines).
3. Climat aride et sec (Sahara).

Une autre classification plus large du climat Algérien cité par Mokhtari et al, 2008, elle compte cinq zones climatiques fondamentales (Mokhtari, et al., 2008) :

ZONE E1 : Climat Littoral.

ZONE E2 : Climat Haut plateaux.

ZONE E3 : Climat Présaharien et Tassili.

ZONE E4 : Climat Sahara.

ZONE E5 : Climat Tanezrouft.

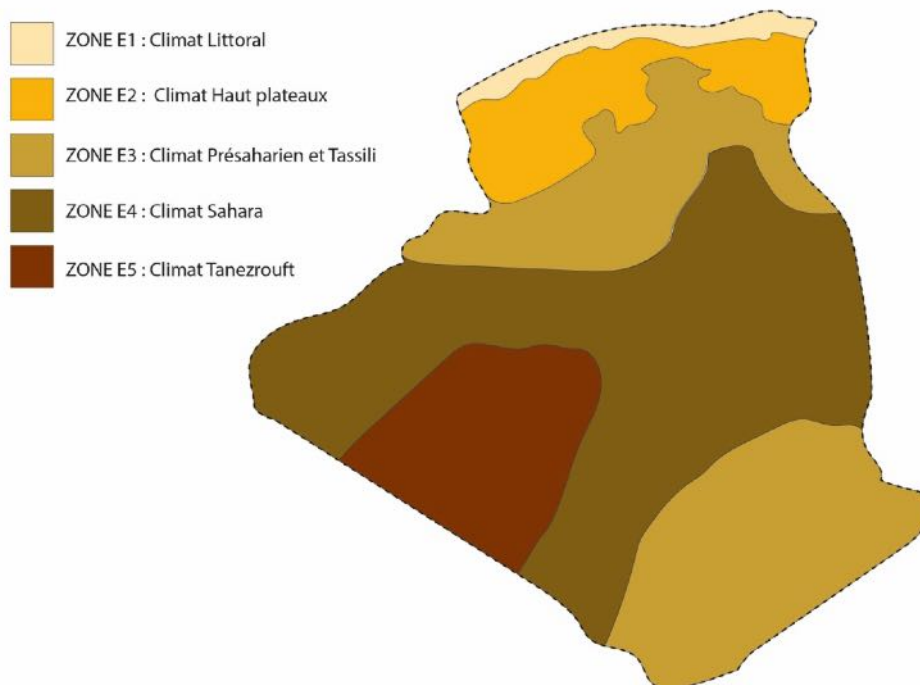


Figure 2.5 : Les zones climatiques de l'Algérie (Source : Mokhtari et al, 2008).

2.2.5 Climat urbain :

Le climat d'une région englobe les zones rurales et les zones urbaines. Si la climatologie s'intéresse au climat en général, la climatologie urbaine étudie le climat modifié par la ville et ses composantes urbaines. Le processus d'urbanisation est un processus auto-engendré dans la ville, l'urbanisation ne cesse pas d'agrandir ou de créer la ville, ces retombés sur la surface naturelle et les conditions atmosphériques sont significatives. Landsberg en 1981 souligne que l'expansion rapide des villes a produit des modifications simultanées dans l'environnement climatique urbain.

2.2.5.1 Définition du climat urbain :

Le terme climat urbain est composé de deux mots du climat et de l'urbain, l'association des deux mots climat et urbain, nous vient de l'influence de l'urbanisation sur les éléments climatiques (Landsberg, 1981). Selon Landsberg le climat urbain ne peut être considéré isolément, mais il est une partie intégrante du système climatique global, il le définit comme le composite statistique des nombreux événements météorologiques quotidiennes d'une région (Landsberg, 1981). Brazel et al considèrent le climat urbain comme l'ensemble des modifications qui se développent principalement par les effets des changements d'utilisation des terres et des évaluations dans l'énergie, l'humidité et les systèmes de mouvement de l'air local (Brazel, et al., 2004). Pour Kuttler en 2008 le climat urbain est la somme des différences entre le climat d'une ville et le climat de ses environs. Le climat urbain est un phénomène météorologique positif qui se développe par temps calme et ciel clair (Kuttler, 2008).

Le climat urbain tant que modification des conditions météorologiques par l'urbanisation a des caractéristiques qui le distinguent, comme les températures de surface et le mouvement de l'air plus élevées, l'évolution des soldes de rayonnement, l'humidité plus faible, et l'échange atmosphérique restreint qui provoque l'accumulation de polluants à partir d'une variété de sources (Kuttler, 2008). Selon Landsberg, l'îlot de chaleur urbain, comme la manifestation la plus évidente du climat urbain, on peut observer dans toutes les villes (Katzschner, 2011). Le climat urbain présente le climat créé par les zones urbaines (Mills, 2010).

Selon Kuttler il y'a quatre causes principales du climat urbain, qui résultent de différentes utilisations des zones bâties, sont les suivants :

1. Remplacement du sol naturel par des surfaces scellées, principalement artificielle et ayant une forte structure 3D.

2. Réduction de la surface couverte par la végétation.
3. Réduction des émissions à ondes longues de la surface par les canyons urbains.
4. Rejet de polluants atmosphériques gazeux, solides et liquides, et la chaleur résiduelle.

2.2.5.2 Echelles du climat urbain :

Le climat urbain en tant que phénomène qui naît avec la rencontre entre les conditions météorologiques et la ville peut compter différentes échelles temporellement et spatialement. Le climat urbain a des échelles dans les dimensions horizontales et verticales (Landsberg, 1981 ; Oke, 2004). Pour comprendre l'influence de la ville sur l'ensemble de l'atmosphère il faut comprendre le fonctionnement des échelles verticales du climat urbain. Verticalement la partie de l'atmosphère la plus proche de la terre s'appelle la troposphère elle mesure entre 100 et 3 000 m au dessus du sol, riche en vapeur d'eau avec une température décroissante régulièrement. Toutes interactions entre l'atmosphère et la surface terrestre s'effectue dans la troposphère. Dans cette couche Oke énumère trois couche : la couche limite atmosphérique ou planétaire, la couche limite urbaine et la couche de canopée urbaine (Oke, 1987).

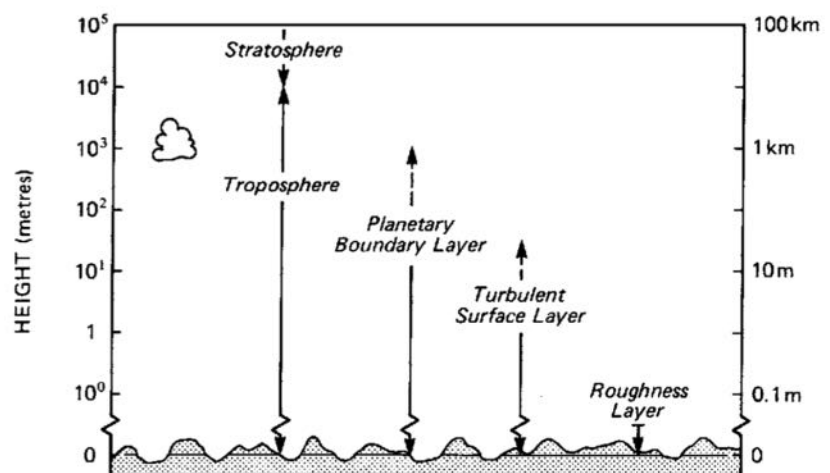


Figure 2.6 : La structure verticale de l'atmosphère (Source : Oke, 1987).

2.2.5.2.1 Les échelles verticales :

2.2.5.2.1.1 Couche limite urbaine :

Quand la couche limite rencontre une zone urbanisée elle devient une couche limite urbaine (*Urban Boundary Layer UBL*), elle est définie comme l'ensemble du volume d'air au-dessus de la ville qui est influencée par les caractéristiques de surface et par l'activité en son sein. A partir du bord amont de la ville, la couche limite urbaine

pousse en hauteur que l'air passe sur le terrain intégré. Elle s'étend généralement vers le haut à environ dix fois la hauteur des bâtiments dans la zone urbaine, et aussi au-delà de la zone urbaine dans la direction du vent. La **UBL** peut être divisé en un certain nombre de sous-couches à savoir la sous couche initiale et la sous couche rugueuse, et la distinction entre les deux est fondamentale pour le climat urbain (Erell, et al., 2011). Cette couche se distingue de la couche limite par sa complexité, elle s'étendant à partir du niveau du toit jusqu'à la hauteur où l'influence de l'urbain est absente. La couche limite urbaine se caractérise par les variations climatiques suivantes :

1. Chaleur anthropogénique des toits et des piles
2. Entrainement d'air dégraissés de chaud canopée
3. Entrainement de chaleur de l'air sus-jacente stable par le processus de convection pénétrative
4. Ondes radiatif courtes et flux de convergence au sein de l'air pollué (Brazel, et al., 2004).

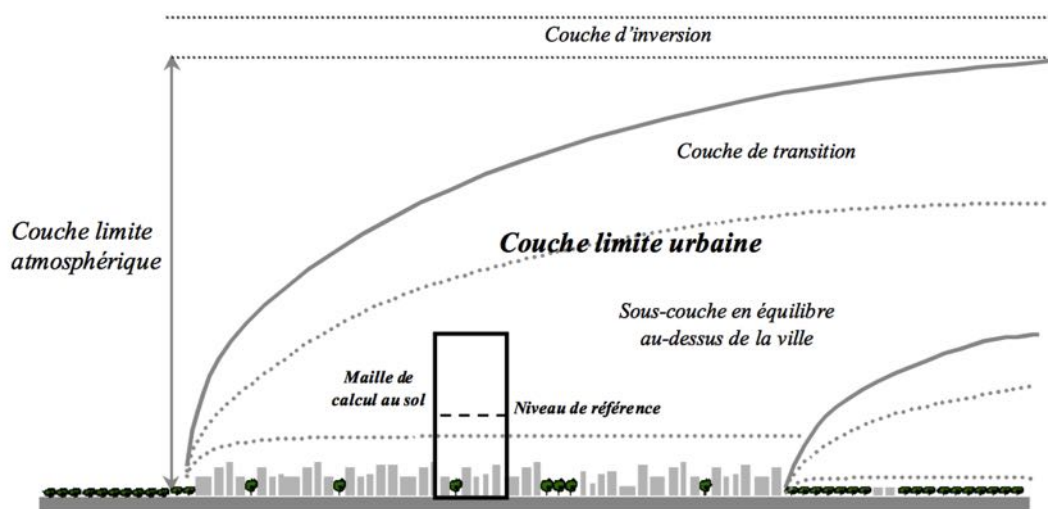


Figure 2.7: Développement d'une couche limite urbaine (Source : Dupont, 2001).

2.2.5.2.1.2 Couche de canopée urbaine :

La couche canopée urbaine (*Urban Canopy Layer* : **UCL**) est la couche la plus basse de l'atmosphère, elle s'étend du niveau du sol jusqu'à la hauteur du bâtiment des arbres et objets. L'**UCL** est caractérisée par un niveau élevé d'hétérogénéité, car les conditions varient considérablement d'un point à l'autre à l'intérieur du volume de la canopée (Erell, et al., 2011).

A l'intérieur de la canopée urbaine les conditions climatiques sont très complexes et difficiles à évaluer à cause des configurations urbaines aléatoires, la présence

de sources de mouvement de chaleur et humidité, la variété des matériaux composants les différentes surfaces.

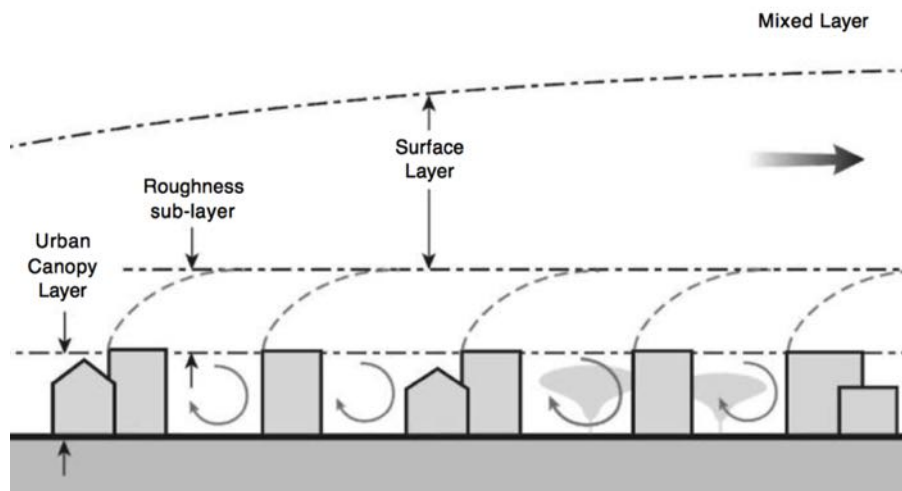


Figure 2.8 : Couche de canopée urbaine (Source : Erell, 2011).

Selon Oke en 1979, la couche canopée urbaine se caractérise par :

1. Chaleur anthropogénique des côtés du bâtiment.
2. Une plus grande absorption des ondes courtes en raison de la géométrie du canyon.
3. Diminution de la perte des ondes longues due à la réduction du facteur de vue du ciel par la géométrie du canyon.
4. Grand stockage diurne de chaleur (et la libération nocturne) en raison des propriétés thermiques des matériaux de construction.
5. Grand flux de chaleur sensible due à une diminution de l'évaporation résultant de l'élimination de la végétation et la surface d'étanchéité.
6. Convergence de la chaleur sensible due à la réduction de la vitesse du vent dans la canopée (Oke, 1979).

2.2.5.2.2 Les échelles horizontales :

Les échelles horizontales sont classées en fonction de distance horizontale (Oke, 1987), la formation des échelles horizontales est souvent le résultat des phénomènes engendrés par les échelles verticales. Oke en 1987 catalogue quatre types d'échelle de climat urbain, chaque échelle correspond à une échelle spatiale dans le système urbain :

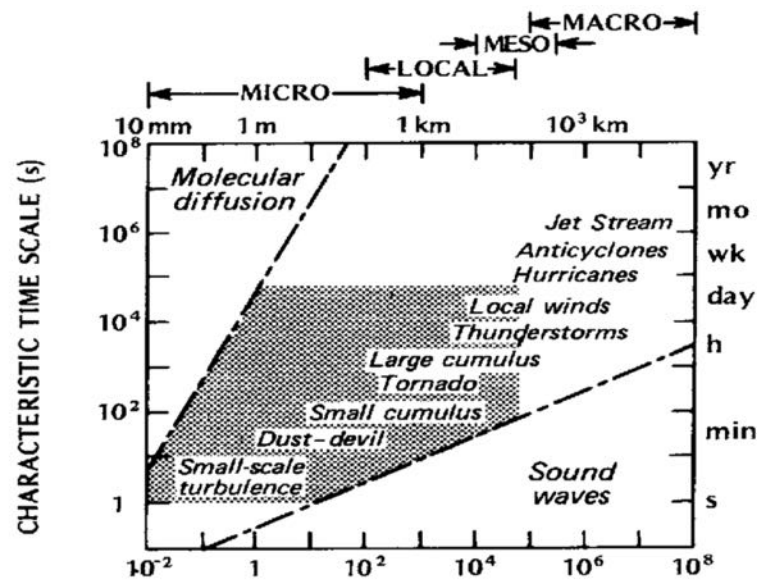


Figure 2.9: Les échelles horizontales du climat urbain (Source : Oke, 1987).

2.2.5.2.2.1 Le macro-échelle :

Le macro-échelle du climat urbain couvre une ville et ses régions environnantes il s'étend de 10^5 jusqu'à 10^8 m (Oke, 1987), il décrit les masse d'air et les systèmes de pression liés au temps, ainsi que les principales variations climatiques. Dans cette échelle les caractéristiques détaillées des villes ne sont pas résolut (Erell, et al., 2011).

2.2.5.2.2.2 Le méso-échelle :

Dans le méso-échelle l'analyse du comportement climatique de la ville est faite, il s'étend de 10^4 jusqu'à 2×10^5 m qui représente une agglomération (Oke, 1987). Une seule station météorologique ne suffi pas. A cette échelle les effets climatiques et leurs zones urbaines sont clairement identifiables (Erell, et al., 2011). En ce qui concerne les variations climatiques dans cette échelle on constate des hétérogénéités aérodynamiques de surface dû au relief et aux éléments de rugosité du sol, accompagné

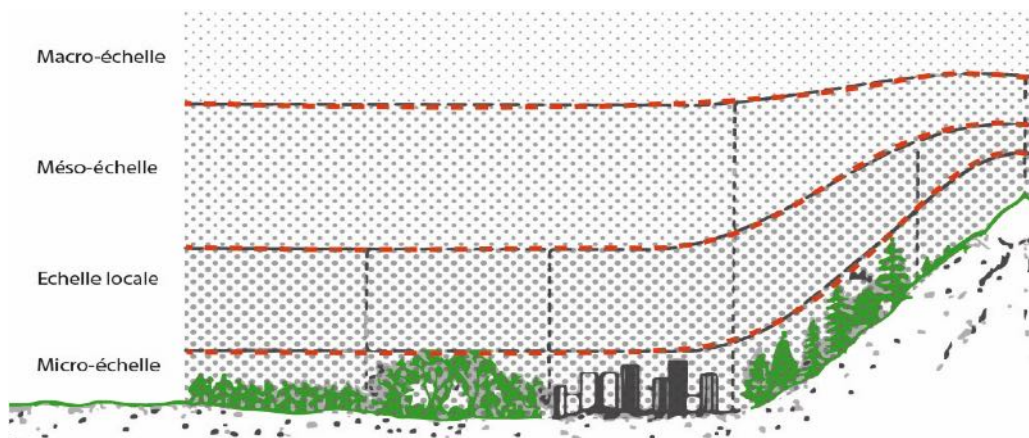


Figure 2.10 : Les échelles horizontales du climat urbain (Source : Sarma, 2005).

des hétérogénéités thermiques et hydriques liées aux grands modes d'occupation du sol et aux variations spatiales des conditions météorologiques (Dupont, 2001).

2.2.5.2.2.3 L'échelle locale :

L'échelle locale est une échelle critique pour les interventions urbaines (elle reflète clairement les objets fabriqués par l'homme tels que les bâtiments) et d'un intérêt primordial dans l'étude de la climatologie urbaine (Erell, et al., 2011). Elle s'étend de 10^2 jusqu'à 5×10^4 m (Oke, 1987). Spatialement elle couvre un ou plusieurs quartiers. En terme de variations climatiques cet échelle correspond aux modification modifications du régime général des vents, des brises thermiques, des dorsales pluviométriques et effets thermiques diurnes (Vinet, 2000). Les stations météorologiques sont conçues pour cette échelle.

2.2.5.2.2.4 Le micro-échelle :

Le micro-échelle est considéré comme l'échelle humaine ou d'intervention de l'homme qui impacte les conditions climatiques qui ont pour but l'atténuation des conséquences climatiques (Vinet, 2000). Il s'étend de 10^{-2} to 10^3 m, il couvre toute la hauteur des éléments urbains tels que les bâtiments, les rues, les jardins, les arbres, les routes, les cours, horizontalement, verticalement il s'étend sur toute la couche de canopée urbaine. Le micro-échelle correspond à petit royaume, où les structures et les arbres individuels projettent des ombres et détournent le flux de vent, et où les éléments bâtis aussi fins que les balcons texturés avec des revêtements muraux modifient la réflexion de la lumière du soleil et les températures de rayonnement à laquelle les gens sont les plus directement exposés. (Erell, et al., 2011). Des différences de températures de quelques degrés et des perturbations de flux d'air par le moindre objet sont perçus dans cette échelle.

2.2.6 Microclimat urbain :

Le microclimat en tant qu'une échelle du climat globale est étudié principalement par la microclimatologie une branche de la climatologie (Bailey, 2004). Les chercheurs en microclimatologie font distinction entre le microclimat des milieux végétaux et animaux (Bonan, 2000) et le microclimat urbain qui se concentre sur l'habitation humaine et examine les villes, les structures et matériaux de construction (Brown, et al., 2001).

Un microclimat urbain est défini par l'interaction entre les éléments de la ville tels que les bâtiments, les routes, les espaces verts, etc., et les paramètres climatiques

(Oke, 2007). Un microclimat urbain est le climat d'une petite zone dans une zone plus grande. Un microclimat urbain, peut donc être considéré comme une zone qui est occupée par quelques bâtiments, un village ou une petite ville. Sans surprise, les microclimats urbains peuvent varier considérablement au sein d'une seule ville et la variation peut être vécue de l'intérieur à quelques mètres. Les variations sont causées par l'interaction de la forme urbaine (la construction de formes, de tailles, les chemins, les routes, et la végétation) avec le climat local et les activités humaines (Yao, et al., 2013).

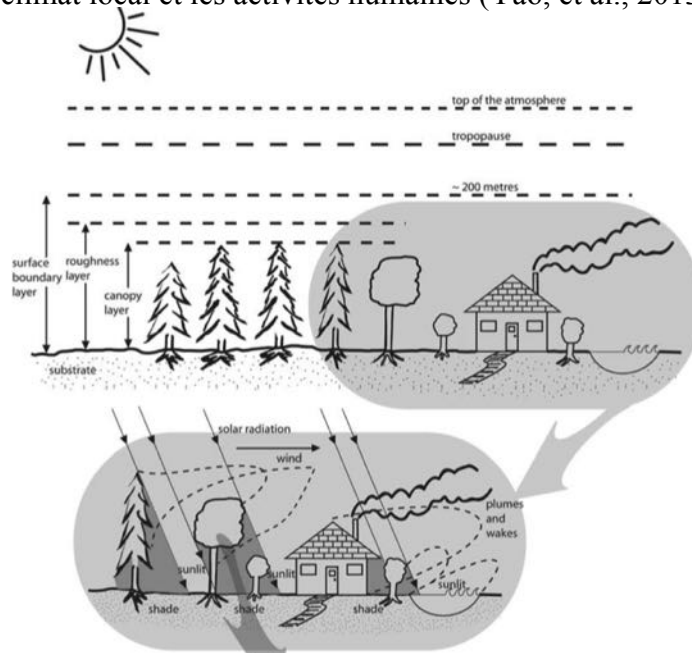


Figure 2.11: Le développement du microclimat urbain (Source : Bailey, 2005).

Le microclimat urbain est à la fois complexe et dynamique. Il tient beaucoup de profondes implications pour la planification urbaine réussie et la conception du bâtiment. Les premières recherches par Chandler en 1965, Miess en 1979, Landsberg en 1981, et Oke en 1987 a généré des découvertes perspicaces qui témoigne comment le développement urbain affecte le climat urbain (Yao, et al., 2013). L'intervalle spatiale du microclimat urbain est de 1km tandis que l'intervalle temporel est d'une journée, le confort thermique de l'être humain est bien contrôlé dans cette échelle microclimatique (Gosling, et al., 2014).

Le microclimat urbain réside dans la sous-couche de rugosité et petite couche de canopée urbaine (UCL), dans lequel les processus microclimatiques se produisent. Parmi les phénomènes recherchés à l'intérieur du microclimat urbain Oke cite le cloisonnement des flux de chaleur, l'humidité et les échanges de gaz à partir du sol, la

végétation, l'eau, et les surfaces au sol et du bâtiment, faisant ainsi varier considérablement dans le même climat local (Oke, 1987).

2.3 Composantes du Microclimat urbain :

Au niveau du microclimat urbain chaque espace ou objet urbain peut créer sa zone microclimatique avec laquelle il interagit. Les variations du rayonnement solaire, des températures, d'humidité sont constatées dans les différents points au sein du même espace public ou même autour les bâtiments. Ces variations sont le résultat d'interaction entre les propriétés géométriques des volumes, les propriétés thermiques des matériaux, l'orientation de surfaces environnantes et la proportion et le type de végétation existante (Noilhan, 1980 ; Delaunay, 1986 ; Groleau et Marenne, 1995 ; Miller et al, 1980 ; Okeil, 1993). Selon Oke en 1997, les attributs important dans la création de microclimats sont :

1. Rayonnement (Irradiation) : albédo de surface, émissivité de surface, température de surface, le positionnement géométrique de la surface et de l'environnement qui sera influencé, la réception d'énergie de rayonnement et de la perte.

2. Aérodynamique : Surface longueur de rugosité, plan zéro déplacement, présence d'éléments au vent qui obstruent ou canal le flux de vent.

3. Thermique : conductivité thermique, la capacité thermique, diffusivité thermique, l'admission thermique.

4. Humidité : Le caractère de surface (végétation, sol, etc.) ainsi que la transpiration des plantes et l'évaporation de surface, impactent l'état d'humidité du substrat et de sa disponibilité pour l'évaporation et la transpiration.

En plus que les quatre attributs cités par Oke, s'ajoutent le son, la qualité de l'air et l'éclairage naturelle car le microclimat urbain influence toutes ces derniers.

Avant d'entamer les composantes du microclimat urbain, les bilans énergétiques et hydriques dans l'urbain sont la base de toute création du microclimat.

2.3.1 Les différents bilans dans la ville :

La climatologie classique a été totalement consacrée à la mesure des principaux paramètres climatologiques, tel que la température, l'humidité, vitesse du vent, ce qui nous donne des informations utiles sur l'état de l'atmosphère dans une zone précise. La température et l'humidité sont des jauges d'énergie qui sont liés aux énergies et aux cycles fondamentaux du système Terre-Atmosphère. L'étude de ces cycles, impliquant les processus par lesquels l'énergie et la masse sont transférés, convertis et stockés, constitue la base de la climatologie physique moderne (Oke, 1987). L'analyse

des bilans énergétiques est la base de toute tentative de comprendre les différences microclimatiques de l'environnement urbain (Erell, et al., 2011).

2.3.1.1 Le bilan énergétique urbain :

A fin de comprendre les variations météorologiques de la couche limite, la connaissance du bilan énergétique est très essentielle (Oke, 1988). Le concept d'un bilan énergétique est dérivée de la première loi de la thermodynamique, qui stipule que l'énergie ne peut être ni créée ni détruite, seulement convertie d'une forme à une autre (Oke, 1987; Erell, et al., 2011). En appliquant cette loi cela signifie que l'énergie entrée doit être égale à l'énergie sortie :

$$\text{Energie entrée} = \text{Energie sortie}$$

Le bilan énergétique de la surface urbaine est le processus physique qui accouple la surface urbaine et la couche limite (Harman, et al., 2004). Selon Erell, le bilan énergétique de la surface urbaine est considéré comme un phénomène à l'échelle local ou à méso-échelle, avec une zone bâtie représentée comme une surface texturée qui peut être caractérisée par ses propriétés moyennes. Le transfert d'énergie entre cette surface et l'atmosphère est quantifiée par la mesure ou modélisation des flux au-dessus de la voûte urbain, à une hauteur qui est suffisante pour faire en sorte que ces flux soient représentatifs du terrain urbain dans son ensemble (Erell, et al., 2011). La forme générale du bilan énergétique de la surface d'une zone urbaine peut être exprimée comme suit :

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S + \Delta Q_A$$

Où :

Q^* : le rayonnement solaire toute-onde nette,

Q_F : le flux de chaleur anthropique,

Q_H : le flux de chaleur sensible convective (ou turbulent),

Q_E : le flux de chaleur latente,

ΔQ_S : le flux de chaleur de stockage net.

ΔQ_A : l'advection de chaleur horizontal net.

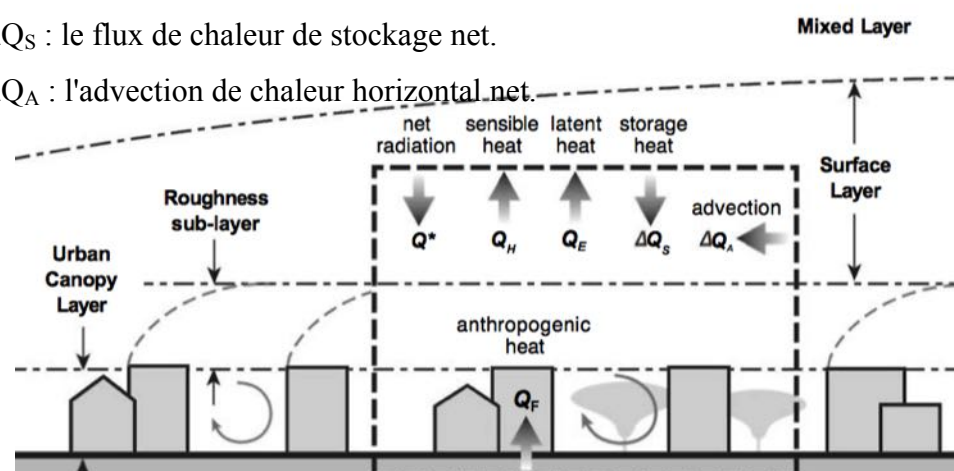


Figure 2.12 : Bilan énergétique urbain (Source : Erell, 2011).

2.3.1.2 Le bilan hydrique :

Un bilan hydrique est le résultat chiffré de la comparaison du total des précipitations tombées dans une région et l'évapotranspiration potentielle évaluée en laboratoire. Le bilan hydrique prend toute sa signification pour des périodes correspondant aux grands cycles fondamentaux de la climatologie, cycle diurne de 24 h et cycle annuel de 365 jours. Mais, par commodité, on le calcule aussi pour des périodes intermédiaires, parmi lesquelles le mois jouit d'une grande popularité. Il est établi aussi sur le principe d'équilibre entre les apports et les pertes en eau. Le bilan hydrique des zones urbaines peut se résumer comme suit (Chandler, 1976) :

$$P + D + A + W = E + R_s + S$$

Où

P : Précipitation, à savoir les précipitations, les chutes de neige, la grêle.

D : Rosée et givre.

A : Eau libérée par des sources anthropiques, plus particulièrement la combustion.

W : Canalisation, eaux superficielles et souterraines amena dans la ville.

E : Evaporation (y compris la transpiration).

R_s : Surface naturel et l'écoulement souterrain de la ville.

S : Variation de stockage d'eau dans le tissu de la ville.

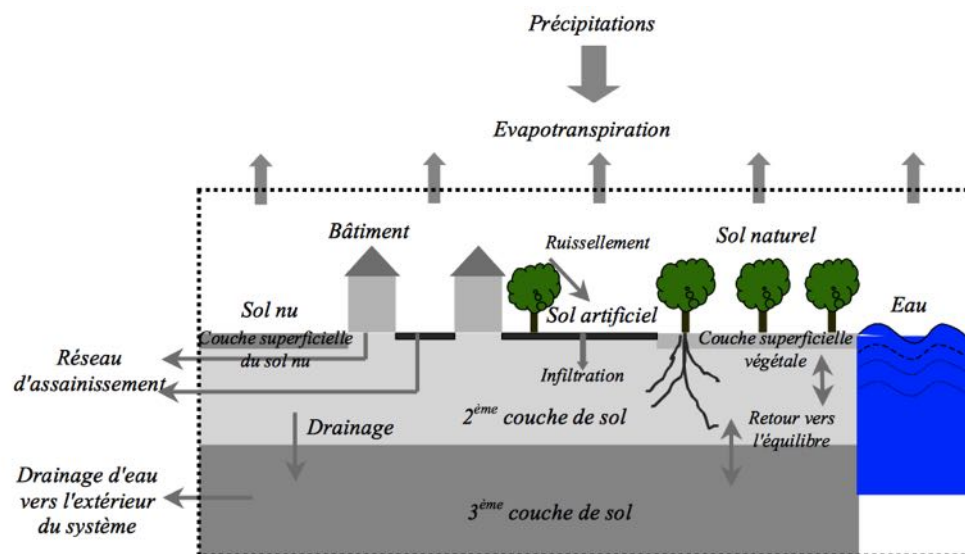


Figure 2.13: Bilan hydrique urbain (Source : Dupont, 2001).

2.3.2 Rayonnement solaire :

Le soleil est la source de toutes types de rayonnements dans l'environnement urbain, chaque rayonnement a une longueur d'onde différente des autres. Du rayon

ultraviolet (UV) au rayonnement infrarouge (chaleur) le soleil émet tous le spectre de la lumière du jour.

Dans les espaces urbains le rayonnement solaire reste la variable dominante qui cause les mécanismes d'échange de chaleur. Le rayonnement solaire est le terme commun pour le rayonnement électromagnétique émis par le soleil (McArthur, 2004), il est une onde électromagnétique exprimé en W/m^2 , il représente le flux solaire qui atteint directement une surface quand celle-ci est exposée au soleil.

Le rayonnement solaire est le terme commun pour le rayonnement électromagnétique émis par le soleil. La quasi-totalité de l'énergie rayonnante reçue par la Terre émane du soleil que le rayonnement solaire. Sans cet apport d'énergie rayonnante de la Terre serait un froid, sombre, planète sans vie. En combinaison avec la rotation de la Terre, les systèmes de circulation océaniques et atmosphériques sont entraînés par le rayonnement solaire absorbé par la surface et, dans une moindre mesure, l'atmosphère qui l'entoure. Grâce à la photosynthèse, l'énergie dérivée du spectre de rayonnement solaire est utilisée par les plantes pour convertir l'eau et le dioxyde de carbone en hydrates de carbone. En effet, la lumière du ciel est dispersé le rayonnement solaire.

Le rayonnement solaire est divisé en deux types, les ondes courtes (venant directement du soleil, incident ou réfléchi sur les surfaces de l'espace urbain) et les ondes longues (émis par les organismes) (Hernández, 2013). L'urbanisation affecte l'absorption et la réflexion du rayonnement solaire entrant, ainsi que l'absorption et l'émission de grandes longueurs d'onde (infrarouge lointain), le rayonnement provenant de la surface. Cela est dû aux effets combinés de la géométrie urbaine (qui se traduit par des interférences avec la transmission de l'énergie rayonnante), les différences dans les propriétés de surface des matériaux synthétiques et de la pollution de l'air (Erell, et al., 2011).

Les échanges radiatifs qui se produisent sur toute la surface extérieure peut être décrit par l'équation d'équilibre suivante (Erell, et al., 2011):

$$Q^* = (K_{dir} + K_{dif}) (1 - \alpha) + L \downarrow - L \uparrow$$

Où Q^* : le bilan radiatif net.

K_{dir} : ondes courtes du rayonnement directe

K_{dif} : ondes courtes du rayonnement diffus

α : albédo de la surface

$L \downarrow$ et $L \uparrow$: rayonnement d'onde longue émis par la surface, et reçue par celle-ci du ciel, respectivement.

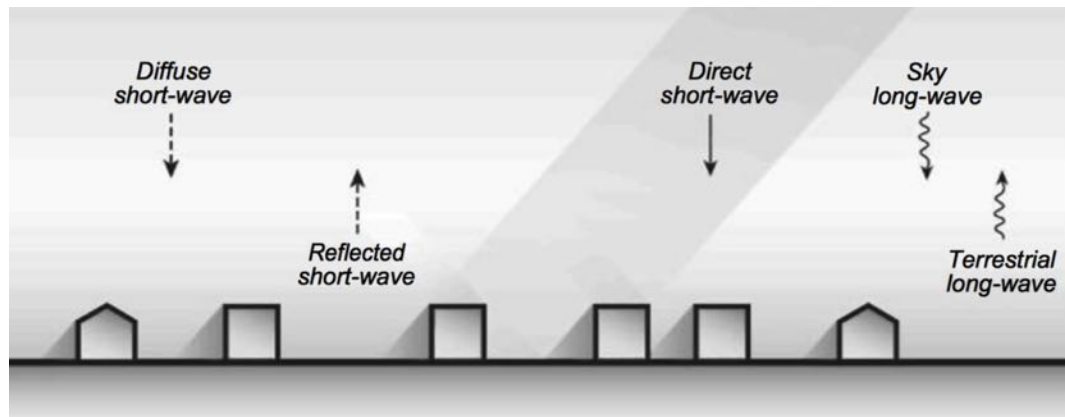


Figure 2.14: Différents types de rayonnement solaire (Source : Erell, 2011).

2.3.2.1 Onde courte de rayonnement solaire :

Le rayonnement des ondes courtes se compose d'un rayonnement solaire direct, diffus et réfléchi par les surfaces environnantes. Il transporte la grande quantité d'énergie solaire et influence largement sur la contrainte thermique, il est déterminé par la géométrie de (Hernández, 2013) :

- L'espace urbain.
- La position relative du soleil.
- La forme et la position du corps.

Le rayonnement solaire direct : est la composante qui vient directement du soleil, il dépend de plusieurs facteurs tel que la hauteur du soleil, l'angle d'exposition de la surface au soleil durant une période.

Le rayonnement solaire diffus : est le flux venant du ciel c'est le résultat de diffusion des ondes courtes par les particules de l'atmosphère, il peut être décomposé en rayons diffus par ciel couvert « isotrope » et rayons diffus par ciel clair « anisotrope » (CSTB, 1996).

Le rayonnement solaire réfléchi : est le flux de rayons solaires réfléchi par l'environnement qui atteint une surface, il dépend d'une grande partie de l'albédo de la surface et son inclinaison.

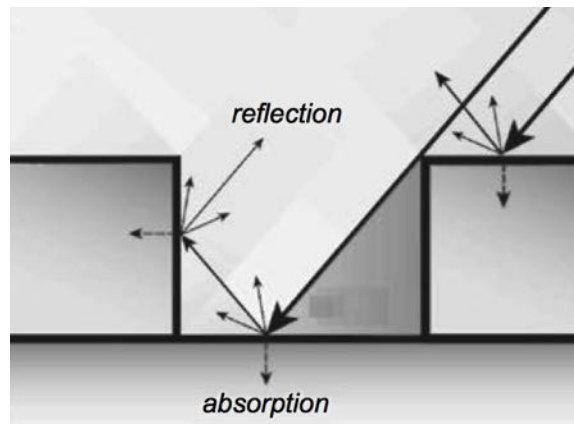


Figure 2.15: Rayons à ondes courtes réfléchis et absorbés (Source : Erell, 2011).

2.3.2.2 Onde longue de rayonnement solaire :

La source principale du rayonnement solaire à onde longue est la troposphère. Le rayonnement à ondes longues joue un rôle important dans les processus atmosphériques, car il est le moyen par le quel la terre échange de la chaleur à l'atmosphère. Les diverses formes de rayonnement à ondes longues sont distinguées en fonction de leurs sources et de leurs directions (Budyko, et al., 1974).

Le rayonnement intrinsèque : de la surface de la terre c'est le rayonnement intrinsèque de l'atmosphère qui est dirigée vers la surface de la terre.

Le rayonnement sortant : le radiatif de la Terre comme une planète en même temps que l'atmosphère dans l'espace.

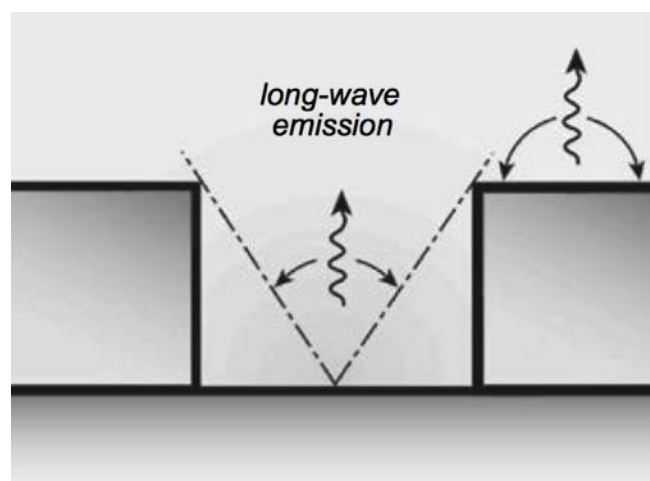


Figure 2.16 : Rayons à ondes longues (Source : Erell, 2011).

Le rayonnement efficace : est la différence entre le rayonnement de la terre et la contre radiation de l'atmosphère.

La quantité de rayonnement à ondes longues varie considérablement dans le temps et l'espace avec des changements dans les facteurs qui contrôlent une ou l'autre forme. Les surfaces à ondes longues perdent de rayonnement dans les zones urbaines plus que dans les zones rurales en raison des températures plus élevées et les différences dans les émissivités de surface (Chandler, 1976).

2.3.2.3 Rayonnement thermique :

Le rayonnement thermique est toute rayonnement solaire absorbé par le sol ou par l'atmosphère est émis de façon thermique sous forme d'onde infrarouge. Le rayonnement thermique est de type diffus, sachant toute émission ou absorption du rayonnement thermique est accompagner par un gain d'énergie qui est un réchauffement ou une perte d'énergie qui est un refroidissement. Le rayonnement thermique obéi aux lois de Stefan-Boltzmann que tout corps émet un rayonnement électromagnétique dont l'intensité par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de sa température absolue. Et la loi de l'équilibre thermique de Kirchoff que deux corps ayant la même température et implique qu'un corps ne peut absorber que les rayonnements qu'il est capable d'émettre. En conséquence le coefficient d'absorption d'un corps est égal à son émissivité.

Le bilan radiatif s'écrit ainsi : $R_N = R_S + (L_a - L_s)$

R_N : le bilan radiatif net du sol.

R_S : le rayonnement solaire incident (direct et réfléchi).

L_S : le rayonnement thermique du sol vers l'atmosphère.

L_a : le rayonnement thermique atmosphérique émis vers le sol.

Le phénomène de l'îlot de chaleur présente une grande manifestation du du microclimat urbain par l'augmentation du rayonnement thermique dans la ville (Escourrou, 1991).

2.3.3 Vent :

Le vent est un paramètre principal du microclimat urbain, il est tout simplement le mouvement de l'air causé par une différence de pression (Balling, et al., 2004), dont les origines à l'échelle planétaire sont les anticyclones et les dépressions. Les vents dans l'atmosphère agissent comme un mécanisme d'équilibre thermique primaire qui compense le déséquilibre énergétique. La nature du mouvement de l'air dans les

espaces urbains revêt une importance clé pour le confort des piétons, ainsi que pour la construction de la ventilation, la qualité de l'air et la consommation d'énergie (Erell, 2011). Selon Oke en 1987 les effets et les études aérauliques se déroulent niveau niveau de la canopée urbaine et la couche limite urbaine (Oke, 1987).

Dans le tissu urbain, le mouvement d'aire est perturbé à cause des bâtiments qui forment des obstacles. Le vent circule horizontalement avec une certaine mesure de turbulence ou l'écart dans sa vitesse et sa direction horizontale et verticale par rapport à la moyenne de ces propriétés d'écoulement sur une période de temps donnée. La source de l'écoulement horizontal peut être des vents régionaux générés par les différences de pression (Erell, et al., 2011).

Du point de vue de l'aérodynamique, le champ de vent d'une zone urbaine est un écoulement de couche limite le long d'une surface rugueuse, comme le montre la figure 2.17. Il a été largement étudié à la fois sur le terrain et dans les tunnels des vents (Cermak, et al., 1995; Oke, 1987). Par conséquent, le champ de vent est entraîné par les mouvements atmosphériques à grande échelle générées par l'interaction de rotation de la terre et le chauffage de la surface inégale de la terre par le soleil. Le mécanisme d'entraînement se reflète dans la direction et l'amplitude du vent en formant la condition de limite supérieure de la couche limite (Cermak, et al., 1995).

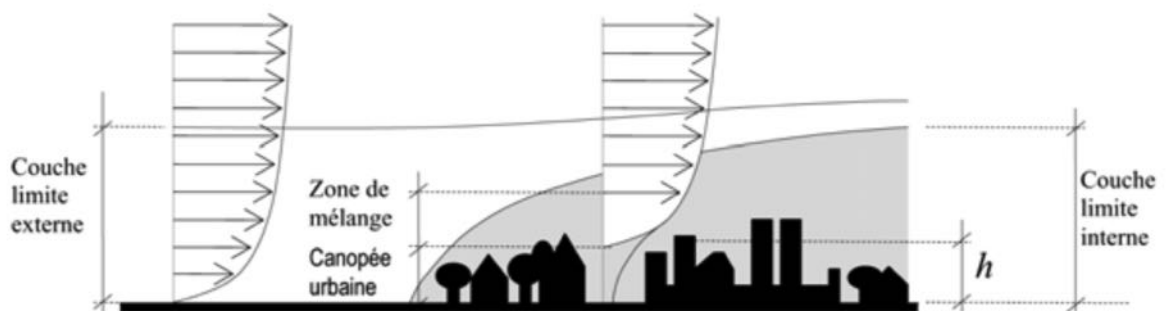


Figure 2.17 : Profil moyen de la vitesse horizontale du vent dominant en site urbain (Source : Plate et Kiefer 2001).

2.3.3.1 Profil de vitesse du vent :

Le profil de vitesse du vent de la couche limite atmosphérique est généralement logarithmique dans la nature et il est la meilleure approximation en utilisant le profil d'équation logarithmique du vent qui rend compte de la rugosité de la surface et la stabilité atmosphérique. L'accélération du vent depuis le zéro jusqu'à le vent géostrophique présente la couche limite atmosphérique (Cermak, et al., 1995), le concept du profil de vitesse du vent est souvent applicable uniquement au-dessus du niveau du

toit généralement, nécessitant ainsi l'utilisation d'une technique de déplacement du plan zéro (Chandler, 1976), avec des élévations, mesurée à partir d'une hauteur correspondant approximativement à la hauteur des bâtiments ou d'autres rugosités générales. Sous ces hauteurs, les vitesses et les directions du vent sont extrêmement variables avec des zones de calme au fond des cours, mais avec des vents forts canalisés le long des rues orientées à peu près dans la direction du vent et des tourbillons à travers les rues en cours d'exécution à angle droit par rapport au vent (Chandler, 1976).

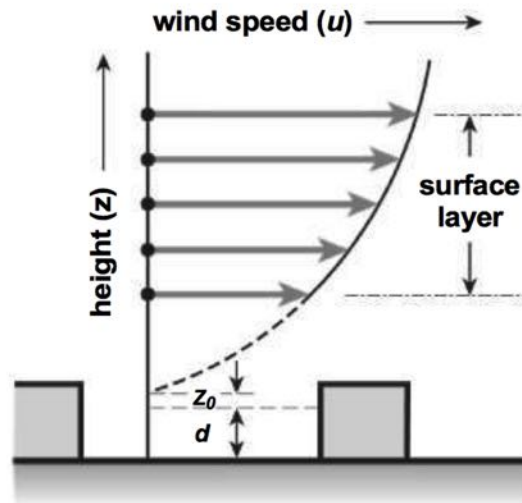


Figure 2.18 : Profil verticale de la vitesse moyenne du vent au-dessus d'une zone urbaine (Source : Erell, 2011).

2.3.3.2 Vitesse moyenne du vent :

Dans les zones urbaines la vitesse moyenne du vent est plus faible par rapport aux zones rurales (Landsberg, 1981), selon Chandler en 1965 et Bornstein en 1972, lorsque les vents sont légers, les vitesses sont souvent plus grandes dans la zone bâtie qu'à l'extérieur, alors que la relation inverse existe lorsque les vents sont forts. Les mécanismes responsables des accélérations urbaines sont probablement une combinaison des brises associés à la circulation de chaleur, et au quantité de flux de mouvement à la surface et par la suite l'augmentation de la turbulence thermique et mécanique (Chandler, 1976).

2.3.3.3 Direction du vent :

La direction du vent est étroitement contrôlée par la forme des bâtiments, et le motif des rues et des espaces ouverts, ainsi que, bien sûr, par la topographie sur laquelle la ville est construite. La direction du vent une tendance à tourner anticyclonique sur la zone urbaine centrale, suivie d'une courbure cyclonique aux trajectoires dans les banlieues

sous le vent et jusqu'à 30 à 60 km dans le vent de la ville. Ce type d'effet est particulièrement fort par jour, quand elle existe, est limité à moins de 300 m.

2.3.3.4 Angle d'incidence (angle d'attaque) :

C'est l'angle compris entre l'axe de la rue et la direction dominante du vent, l'importance réside dans sa corrélation directe avec l'atténuation de la vitesse du vent. L'atténuation du vent est caractérisée par un facteur de diminution et varie largement en fonction du rapport d'aspect H/W et de l'orientation du canyon. La vitesse du vent est plus fortement atténuée à l'angle d'attaque maximal (écoulement transversal du canyon) et moins à des angles d'attaque inférieurs (Evans, 2007).

2.3.4 Humidité :

L'humidité est un concept de base dans la microclimatologie, l'humidité est très essentielle pour le confort thermique, l'habitabilité d'une région et le potentiel agricole. Par définition l'humidité se rapporte à la teneur en vapeur d'eau de l'air (Oliver, 2004). Plusieurs façons d'exprimer l'humidité sont :

L'humidité absolue : est le rapport entre la masse de vapeur d'eau et le volume de d'air qui le contient, elle est exprimée en grammes de vapeur d'eau par mètre cube. Pour les météorologistes l'humidité absolue n'est pas très utile car elle néglige les questions de pression (Oliver, 2004).

L'humidité spécifique : est le rapport de la masse de vapeur d'eau à la masse d'air, exprimée en grammes de vapeur par kg d'air. Pour la météorologie, il est une expression beaucoup plus utile que l'humidité absolue (Oliver, 2004).

L'humidité relative : communément elle est entendue par « l'humidité ». Elle est le rapport sans dimension de la vapeur qu'une quantité donnée d'air peut contenir à une température donnée, exprimée en pourcentage. Parfaitement l'air sec a une humidité relative de 0% et l'air totalement saturé à une valeur de 100% (Oliver, 2004).

Dans le tissu urbain, les précipitations sont les grandes sources de l'humidité et de l'eau. L'influence de l'humidité sur le vent est très réduite que par l'intermédiaire d'autres phénomènes tel que l'échauffement de l'air dû à l'absorption de rayonnement par la vapeur d'eau. Mais par contre la température de l'air est très influencée par l'humidité, les études ont montré que les jardins, les parcs et les espaces verts restent plus frais en été a cause du phénomène de l'évapotranspiration qui rafraichi l'air.

2.3.5 Qualité de l'air (Pollution) :

L'homme a toujours traité l'atmosphère comme un égout à ciel ouvert librement disponible, communément chargé au-delà de ses capacités d'auto-nettoyage naturel. Les polluants atmosphériques sont des substances qui, lorsqu'ils sont présents dans l'atmosphère, sous certaines conditions, peuvent devenir nuisibles pour la santé humaine, animale et végétale (Oke, 1976). Selon Seinfeld, elle est définie comme une condition atmosphérique dans laquelle des substances sont présentes à des concentrations supérieures à leurs niveaux ambiants normaux pour produire des effets négatifs mesurables sur les humains, les animaux, la végétation, ou les matériaux (Oliver, 2004).

Tim Oke en 1976, distingue deux catégories de facteurs qui déterminent la quantité de pollution d'air sur un site urbain, premièrement la nature des émissions concernées et deuxièmement l'état de l'atmosphère.

2.3.5.1 Composants d'un problème de pollution de l'air :

Les problèmes de pollution de l'air ont généralement trois composantes : l'émission de substances polluantes dans l'air, le potentiel de pollution de l'atmosphère caractérisée par sa capacité à transporter, diffuser, transformer chimiquement et éliminer les polluants et la réponse des récepteurs (par exemple les personnes, les animaux, la végétation) à la concentration exposée (Peyman, et al., 2004).

2.3.5.2 Les sources d'émissions de pollution :

- **Source urbaine et industrielle** : elles comprennent la puissance de génération de plantes qui utilisent des combustibles fossiles, l'exploitation minière, de la fabrication, de fusion, de pâtes et papiers, les usines et les industries chimiques. Les principaux polluants gazeux émis sont le monoxyde de carbone (CO), du dioxyde de carbone (CO₂), du dioxyde de soufre (SO₂) et des composés organiques volatils.

- **Source agricole et rural** : Les zones agricoles peuvent être des sources de contamination de l'air en raison de la décomposition des déchets provenant d'animaux et de plantes qui peuvent libérer l'ammoniac, le méthane (CH₄, un gaz à effet de serre puissant) et d'autres gaz nocifs. En outre, le vent souffle la poussière due au labour, la récolte, et de la fumée et de la brume en raison de réduire la combustion peut conduire à une grave dégradation de la qualité de l'air.

- **Source naturel** : en plus des sources anthropiques, de nombreuses sources naturelles peuvent contribuer à la pollution de l'air, comme les éruptions volcaniques qui libèrent de grandes quantités de matières particulaires, CO, SO₂ et d'autres gaz dans

l'atmosphère. Les émissions provenant des forêts comme les hydrocarbures, le méthane et l'ammoniac et les processus microbiens du sol qui contribuent le NO, CH₄ et H₂S (Peyman, et al., 2004).

Généralement, les polluants les plus préoccupants dans les zones urbaines sont celles qui sont libérés comme des déchets provenant des procédés de combustion d'une sorte ou d'une autre. Parmi ceux qui ont attiré la plus grande attention des chercheurs sont les suivants les divers métaux, l'oxydes de soufre, le monoxyde de carbone, le dioxyde de carbone, l'oxydes d'azote et d'hydrocarbures (Chandler, 1976).

2.4 Influence de la morphologie urbaine sur le microclimat urbain :

Alors que morphologies de la ville ont été largement recherché et trouvé pour causer des températures de temps augmenté de nuit dans les zones urbaines (Bassett, 2011). Plus encore, l'analyse de la forme urbaine peut aider les concepteurs des décisions concernant un certain nombre de questions environnementales et des stratégies pour l'utilisation efficace de la récolte de l'énergie solaire, les positions les plus prometteurs pour les éoliennes urbaines, les zones urbaines avec une utilisation potentielle d'énergie faible ou élevée. La gestion de la pollution atmosphérique, telles que les emplacements pour les installations de traitement des déchets pour minimiser les impacts néfastes de la pollution ou des capteurs pour enregistrer des conditions extrêmes ou typiques et pour assurer le confort dans les espaces urbains dans le contexte du vent et du soleil, à la fois selon la saison et le climat (Yao, et al., 2013).

L'effet îlot de chaleur urbain est l'un des effets les plus connus de l'influence de l'environnement urbain sur son climat. Si l'îlot de chaleur urbain amplifie les températures, l'environnement urbain ne modifie pas seulement la composante thermique mais aussi toutes les autres composantes du microclimat urbain. Dans cette section du chapitre présent on va essayer de visiter toutes les modifications engendrées par la morphologie urbaine sur son microclimat allant du simple bâtiment et de la rue canyon jusqu'au tissu urbain.

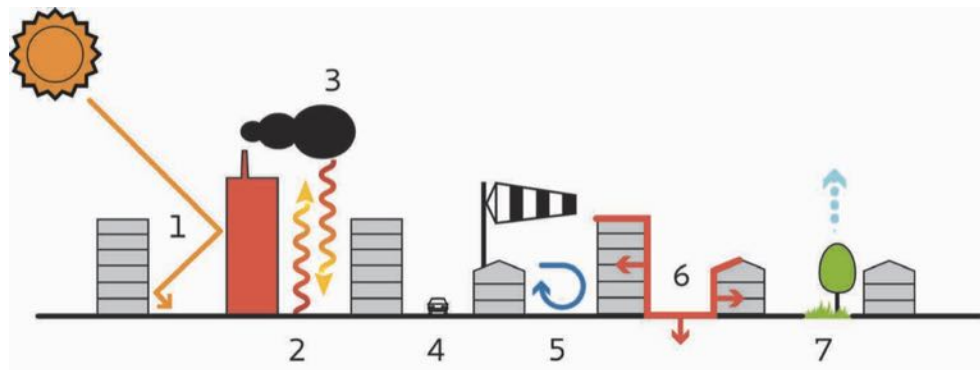


Figure 2.19: Causes de l'îlot de chaleur urbain (Source : Van Esch, 2015).

2.4.1 Influence sur le rayonnement solaire :

2.4.1.1 Bâtiment :

Le rayonnement solaire reçue à la surface de la Terre est la principale source d'énergie dans la couche de canopée urbaine (Erell, 2011). Le bâtiment et sa morphologie ont la plus grande incidence sur l'accès de l'énergie solaire (Givoni, 1989; Treloar, et al., 2000). Plusieurs études portant sur l'impact de la forme urbaine sur l'accès solaire. Dans ce sens Okeil en 2010 a développé un modèle de forme bâtie générique appelé le bloc solaire résidentiel (RSB), ce modèle est une forme intéressante pour augmenter la quantité de rayons solaires sur les toits et les façades et sur le terrain dans les villes à une latitude de 25° (Sanaieian, et al., 2014). Le rayonnement solaire incident sur un bâtiment sera réfléchi et absorbée. Plus la quantité de rayonnement qui est réfléchi, plus la quantité qui est disponible pour l'absorption (Sanaieian, et al., 2014).

Un bâtiment avec une vue dégagée vers le ciel donnera l'éventuelle irradiation globale la plus élevée (d'irradiation diffuse et direct). Le rayonnement solaire incident sur un bâtiment sera réfléchi et absorbée. Plus la quantité de rayonnement qui est réfléchi, plus la quantité qui est disponible pour l'absorption. La quantité de rayonnement réfléchi dépend de l'albédo de la surface. Le rayonnement incident sur une surface qui ne se reflète pas sera absorbé et stocké pendant un certain temps et puis il sera réémis dans l'environnement sous forme de rayonnement à onde longue.

Les bâtiments de même hauteurs dans un tissu urbain, assurent une réflexion de tout les toits en même temps car aucun rayon ne sera intercepté par le bâti. L'albédo sera plus élevé par contre dans le cas de différence de hauteur la rugosité du tissu va le diminuer par l'effet d'absorption des rayon solaire (Erell, et al., 2011).

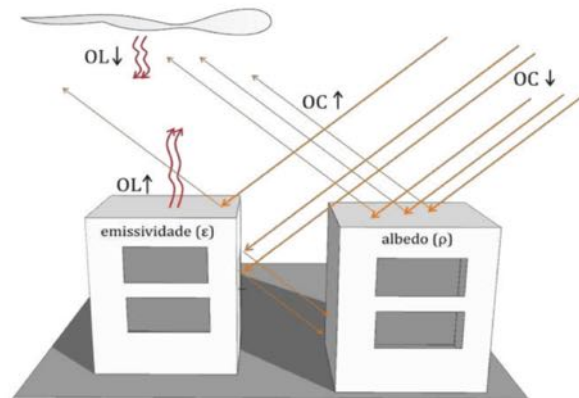


Figure 2.20 : Rayonnement solaire sur les bâtiments (Source : Martins, 2013).

2.4.1.2 Rue canyon :

Le canyon urbain est défini comme l'espace au-dessus de la rue et entre les bâtiments, comme unité de base en milieu urbain et le volume d'air dans cet espace. Le rayonnement solaire est un paramètre très important dans le confort thermique du canyon urbain. La géométrie est un facteur crucial pour déterminer non seulement les distributions du flux, mais aussi la température dans les canyons urbains (Offerle, et al., 2007).

Le rayonnement direct : le canyon urbain reçoit un rayonnement direct si le rayon se déplace du soleil sans rencontrer des obstacles sur son chemin, le rayon est en fonction de la trajectoire solaire de chaque heure du jour et la saison, cette ligne imaginaire entre le soleil et le canyon change aussi. Ainsi la géométrie solaire caractérisé par deux angles à savoir l'altitude qui est l'angle vertical avec l'horizon et l'azimut solaire angle horizontal mesuré à partir du nord, ces deux angles dépendent de l'heure du jour et de l'année, ainsi que la latitude. Un point donné sera irradié dans le canyon urbain lorsque l'altitude solaire (α_{sun}) est supérieure à l'angle d'obstruction dans la direction de l'azimut solaire, l'angle d'obstruction (α_{obs}) est défini comme l'angle entre l'horizontale et la ligne reliant le point d'obstruction le plus haut avec le point étudié.

- p : Point Considéré
- h : Hauteur du bâtiment
- α : Altitude solaire
- α : Angle d'obstruction
- β : Azimut
- s : Largeur rue
- d : La profondeur du bâtiment
- x : Largeur de la rue En Direction s De L'azimut

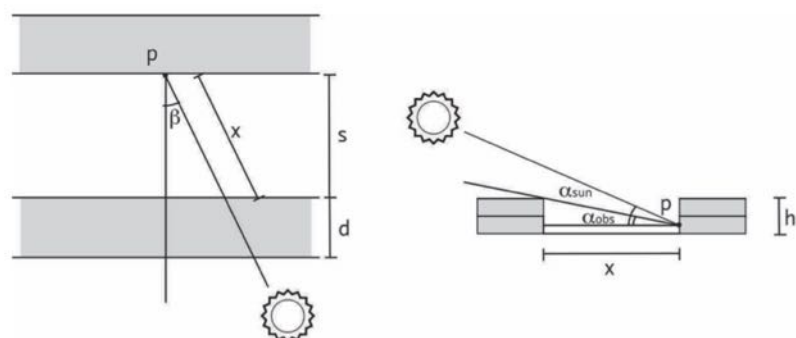


Figure 2.21 : Rayonnement direct d'un point donné dans un canyon urbain (Source : Van Esch, 2012).

De la même façon on peut déterminer la fraction de la surface du canyon (sol ou façade) directement irradiée, les angles d'obstruction correspondants peuvent être déterminés pour chaque combinaison d'azimute (β) et l'altitude solaire (α).

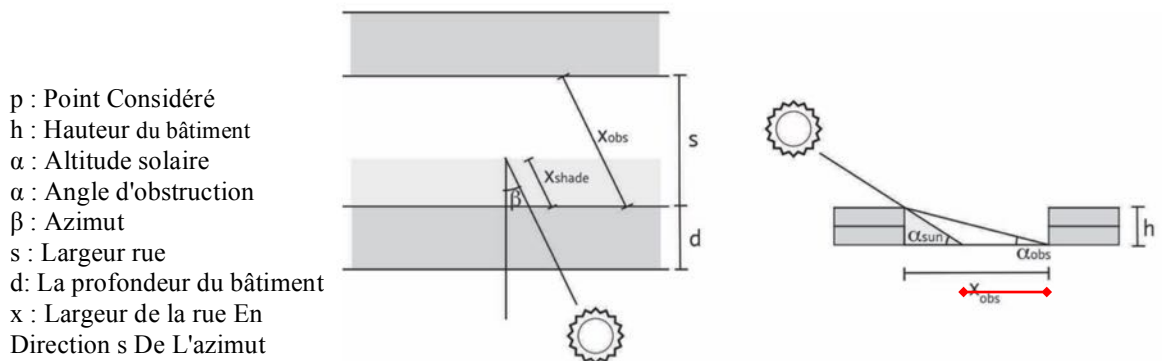


Figure 2.22 : Rayonnement direct d'une surface du sol dans un canyon urbain (Source : Van Esch, 2012).

Le rapport hauteur sur largeur du canyon urbain (H/W) influe directement sur la surface irradiée, un canyon profond empêche la pénétration des rayons solaires et surtout en hivers, un canyon large donne des pourcentages plus élevés du rayonnement. En général, une plus forte densité de haut construction conduit à un accès solaire directe difficile dans la canopée urbaine (Bourbia, et al., 2004).

L'orientation des surfaces du canyon urbain en fonction de la trajectoire solaire a une grande influence sur la période et la durée de l'irradiation du canyon urbain. Un canyon orienté Nord-Sud a l'avantage de recevoir les rayons directs en hiver, et cela même dans le jour le plus

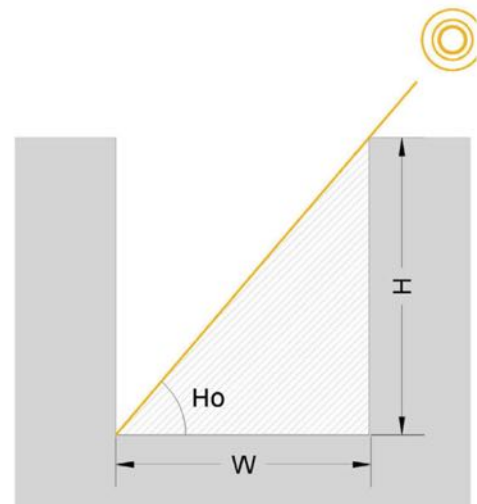


Figure 2.23 : L'angle d'obstruction des rayons solaires en fonction du H/W (Source : Hernández, 2013).

court de l'année, la surface du sol est complètement irradiée vers midi, quand le soleil a un libre accès au canyon. Les bâtiments qui bornent le canyon Nord-Sud ont des façades orientés Est-Ouest ce qui leurs permet un rayonnement direct le matin et l'après midi. Les canyons Est-Ouest ont également l'avantage de recevoir un rayonnement direct constant au printemps et à l'automne, mais sont fortement ombrés en hiver (Van Esch, et al., 2012).

L'augmentation du rapport H/W diminue le rayonnement solaire direct dans les surfaces du canyon urbain (Arnfield, 1990).

Les façades Est sont irradiées pendant la matinée avec une fraction qui augmente jusqu'au midi. Les façades Ouest, bénéficient d'une grande fraction directement irradiées juste l'après midi. Les façades Sud ont la plus grande fraction de la surface directement irradié à midi en hiver, au printemps, en été et en automne, les plus hautes fractions se trouvent dans le matin et le soir. Au sommet des parois du canyon, les températures seront plus élevées correspondent aux emplacements du rayonnement solaire direct et maximal. La façade opposée va subira un grand rayonnement de grandes ondes longues de chaleur entres les parois du canyon (Offerle, et al., 2007).

Le rayonnement diffus : la quantité du rayonnement diffus varie en fonction du facteur vu de ciel (*SVF*) (Dubayah, et al., 1997). Oke en 1987 donne des facteurs de vu de ciel pour des arrangements géométriques, y compris le canyon urbain. Une estimation approximative de rayonnement diffus incident sur une surface non obstruée est obtenue en multipliant le rayonnement diffus pour cette surface dégagée avec la moyenne de son SVF. Ceci est une approximation de l'irradiation diffuse réelle car elle suppose un ciel isotrope. En réalité, le rayonnement diffus n'est pas distribué uniformément à travers le dôme du ciel, mais il est plus près du soleil (Van Esch, et al., 2012).

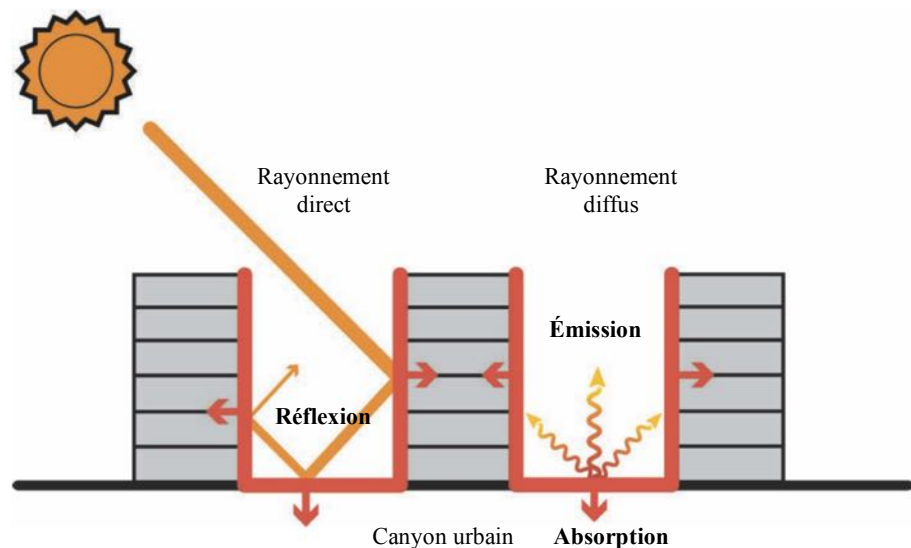


Figure 2.24 : Le comportement radiatif du canyon urbain (Source : Van Esch, 2015).

Le rayonnement global : les indicateurs morphologiques, le rapport H/W, le SVF et l'orientation sont les paramètres les plus importants pour l'irradiation solaire globale (directe et diffus). L'augmentation du rapport H/W diminue l'irradiation globale

du canyon urbain par l'obstruction des rayons directs. Les rayons à onde longue ont tendance de diminuer la nuit dans le canyon urbain en fonction de l'augmentation du rapport H/W (Swaid, et al., 1990). En été, les valeurs d'irradiation de canyons avec un rapport H/W supérieur à 1, sont beaucoup plus bas dans les canyons Est-Ouest que dans les canyons Nord-Sud.

2.4.1.3 Tissu urbain :

Le tissu urbain peut être considéré comme un système de canyons urbains reliés entre eux. Le passage au niveau de la rue, les différences de hauteur des bâtiments et des éléments spéciaux, tels que les places et autres espaces fermés, provoquent des phénomènes supplémentaires à ceux dans les canyons urbains simples. Le rayonnement solaire interagit avec le tissu urbain à différents niveaux. La géométrie et la disposition des bâtiments et des canyons urbains induisent différents modèles d'obstruction et de projection d'ombres sur leurs façades. En outre, les propriétés physiques de surface (matériau, couleur, texture) affectent l'absorption et la réflexion des rayons solaires et produisent également des échanges thermiques convectifs entre les surfaces de bâtiments et la rue (Givoni, 1998).

La densité urbaine est l'un des paramètres urbains les plus importants qui influent sur l'accès des rayons de soleil dans les tissus urbains. Cheng et al en 2006, ont mené une étude paramétrique pour traiter la meilleure configuration urbaine d'un point de vue solaire. Ils ont examiné les relations entre la forme bâtie, la densité et le potentiel solaire en référence aux trois critères de conception l'ouverture au niveau du sol, qui est fortement liée au confort des piétons, la disponibilité de la lumière du jour sur la façade du bâtiment et le potentiel de photovoltaïque sur l'enveloppe du bâtiment, qui représente une zone significative pour l'application des cellules photovoltaïques. Les conclusions de cette étude fournissent des renseignements utiles pour la planification de la haute densité des villes en terme d'accès au soleil (Sanaieian, et al., 2014).

Le coefficient d'emprise au sol (CES) est l'un des indicateurs de la densité urbaine, selon Mills en 1997 un tissu urbain avec un faible CES (bâtiments de grande hauteur et minces à des distances relativement grandes) augmente le rayonnement global mieux qu'un tissu urbain avec un CES élevé (grands bâtiments bas à petites distances), dû aux grandes surfaces de façades exposées au rayonnement solaire avec rapport H/W qui est minimum et qui permet l'accès des rayons solaires surtout en hiver. En outre la

moyenne du SVF d'un tissu à faible CES est plus affectée par les variations du rapport H/W des rues que dans les tissus avec un CES élevé (Mills, 1997).

L'influence du rapport H/W est plus grand pour les places et les cours que pour les canyons urbains, tels qu'ils sont joints à partir de quatre côtés au lieu de deux. Yezioro et al en 2006 montrent que pour un site à faible latitude (32° N), il est déjà difficile de parvenir à une fraction moyenne de 50% de la place qui est directement irradié pendant la journée en Décembre, une fraction de 30% peut être atteint si le rapport H/W est inférieur à 1/3. Les espaces fermés avec un H/W inférieure à 1/6 avec vue dégagée vers le ciel ont une perte de chaleur de par rayonnement d'onde longue important vers le ciel. La nuit cette perte de chaleur provoque une circulation de l'air (Spronken-Smith, et al., 1999).

2.4.2 Influence sur le vent :

L'urbanisation modifie d'une grande partie l'écoulement du vent en milieu urbain. Elle contribue soit à la diminution ou à l'augmentation de la vitesse du vent. La direction du vent est aussi changeante en fonction de la configuration urbaine. Les effets du vent peuvent être divisés en deux types le premier est mécanique dont les effets commencent à se sentir de 4 à 5 m/s, et il peut devenir désagréable et même dangereux si la vitesse augmente (Hernández, 2013). Le deuxième est thermique dont les effets thermiques leurs influences sur le bien-être des personnes ont été décrites dans les travaux d'Olgyay (Olgyay, 1962).

2.4.2.1 Bâtiment :

Le bâtiment est un objet en trois dimension présente un obstacle pour l'écoulement du vent, la perturbation crée par le bâtiment induit des vitesses élevées du vent au niveau du sol, deux mécanismes ou champs de pression sont responsables sur cette perturbation (Erell, et al., 2011). Le premier mécanisme de pression est situé sur la façade du bâtiment face au vent. Comme la vitesse du vent augmente avec la hauteur, il en va de la pression d'air comme le vent est retardé par le bâtiment. La pression d'air la plus élevée se développe à environ 80 pour cent de la hauteur du bâtiment au milieu de la façade et diminue vers l'extérieur à partir de là. Ce gradient de pression provoque un rabattement de l'air et un tourbillon debout au pied de l'immeuble. Plus le bâtiment est élevé, plus la vitesse du vent qui seront dirigés vers le bas.

Le deuxième système de pression se compose de la zone de surpression au niveau du côté exposé au vent et de la zone de dépression au niveau du côté sous le vent du bâtiment. Ce système de pression provoque une recirculation de l'air à faible vitesse dans le sillage du bâtiment et contribue à la vitesse du vent élevées dans les coins qui se détachent sur les côtés et le dessus du bâtiment. Entre les couches, avec des vitesses de vents forts et de la zone de sillage, des couches de cisaillement avec des gradients de vitesse et haute intensité de turbulence peut être trouvée.

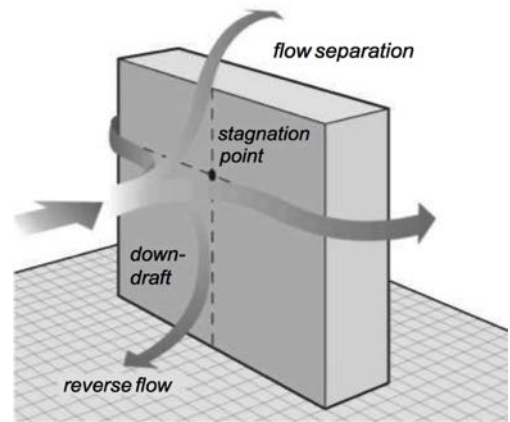


Figure 2.25 : Modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment (Source : Erell, 2011).

Quand le vent atteint une face d'un bâtiment des zones critiques vient de se développer, la face au vent va subir une surpression avec un échappement du vent vers l'arrête haute du bâtiment, la rencontre avec le sol crée un rouleau tourbillonnaire. Au

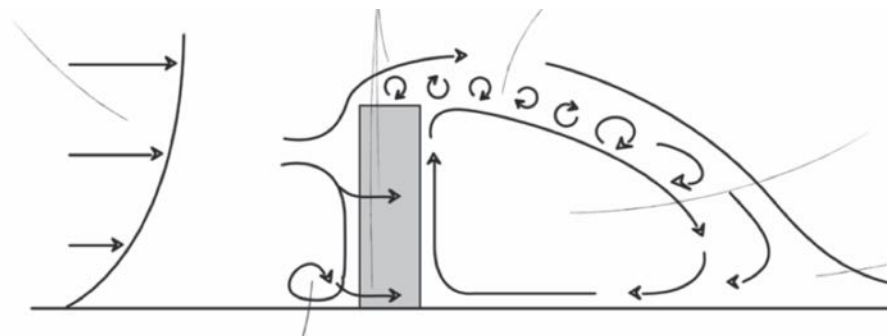


Figure 2.26 : Coupe sur le modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment (Source : Van Esch, 2015).

niveau des arrêtes latérales le long des parois va subir une zone de dépression.

Donc lors de la rencontre du bâtiment étanche avec le vent, l'air est soit déviée sur le dessus, sur le devant ou sur les côtés. L'air poussant contre le bâtiment crée des pressions relativement élevées près de la partie centrale supérieure de la paroi où le vent

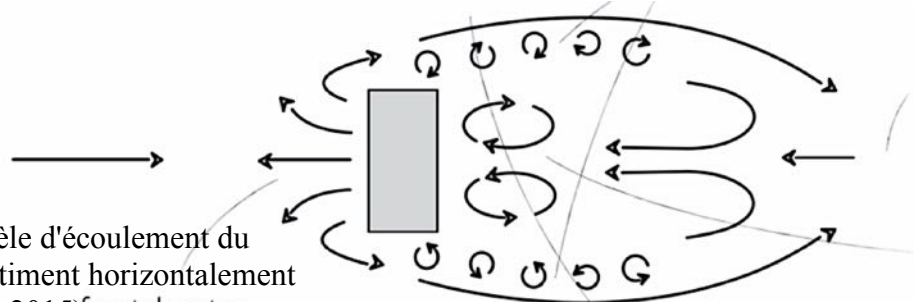


Figure 2.27 : Modèle d'écoulement du vent autour d'un bâtiment horizontalement (Source : Van Esch, 2015).

est effectivement mis à l'arrêt, et la pression diminue vers l'extérieur à partir de ce point de stagnation. Si le bâtiment a des angles vifs l'accélération d'écoulement sur le dessus et sur les côtés se sépare de la surface. Depuis l'air se déplace de haut à basse pression, ces zones sont caractérisées par des flux inverses. Il est chargé de la circulation tourbillonnaire, qui se prolonge vers le haut dans la zone de forte aspiration au-dessus du toit. En vue de dessus, une circulation tourbillonnaire double au niveau du sol caractérise la zone de la cavité (Erell, et al., 2011).

La géométrie du bâtiment affecte le motif d'écoulement dans sa zone d'influence. Lorsqu'un bâtiment est élevé et mince, la plupart de l'air passe à côté du bâtiment, quand il est haut et large le rabattement et le vortex frontal seront grandes. Un bâtiment bas et large aura le passage d'air le plus sur la partie haute du bâtiment. L'orientation joue aussi un rôle important, un bâtiment qui est placé avec ses plus longues façades parallèles à la direction dominante du vent donnera les zones d'inconfort les plus petits, mais aussi les zones abritées plus petites. Un bâtiment placé avec ses plus longues façades perpendiculaires à la direction du vent donnera à la fois le plus grand inconfort et des zones blindées. Dans le cas où l'orientation du bâtiment est à un angle au vent, les tailles des zones d'inconfort et de la zone protégée se situent entre ceux d'un bâtiment perpendiculaire et ceux d'un bâtiment parallèle.

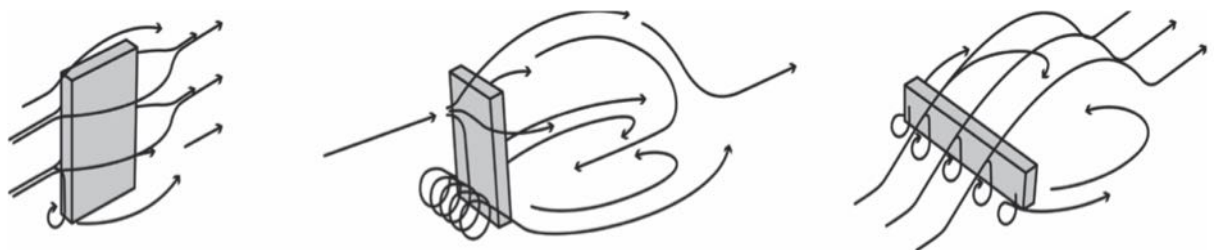


Figure 2.28 : Circulation du vent autour d'un bâtiment haut et mince, un bâtiment haut et large et un bâtiment bas et large (Source : Van Esch, 2015).

2.4.2.2 Rue canyon :

Dans la canopée couche urbaine, la vitesse et la direction du vent sont extrêmement variables. En général, les observations montrent une forte baisse de la vitesse moyenne du vent en dessous du niveau du toit, mais les changements micro-échelle en géométrie peut entraîner des zones localisées avec une vitesse très élevée du vent (Erell, et al., 2011)

Le comportement du vent dans un canyon urbain suit trois modèles d'écoulement, qui sont corrélés aux indicateurs de la géométrie de la rue canyon tel que le rapport H/W et l'orientation par rapport au sens dominant des vents (parallèle, perpendiculaire ou à un angle à l'axe du canyon).

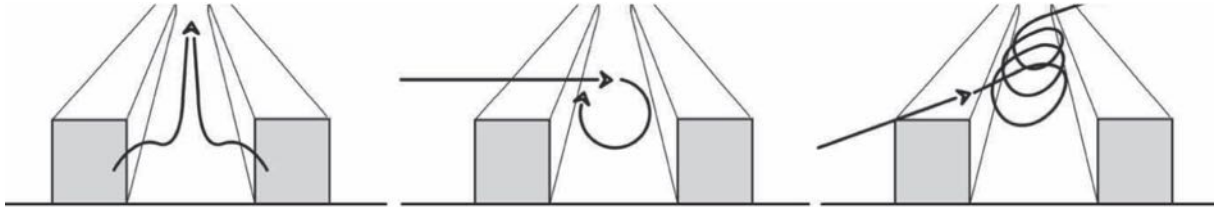


Figure 2.29 : Modèles d'écoulement dans le canyon urbain, lié à la direction du vent et à la hauteur du toit (Source : Van Esch, 2015).

Vent parallèle à l'axe du canyon : quand la direction du vent est parallèle ou relativement parallèle avec une déviation de quinze degré, le vent souffle le long du canyon, avec une ouverture du canyon sur le vent la vitesse verticale augmente avec la pénétration de l'air dans le canyon. Au fond du canyon le vent s'échappe verticalement ce qui engendre la diminution de sa vitesse. Si la longueur du canyon atteint six (06) fois la hauteur H pour un rapport H/W=1 la vitesse du vent devient constante, et sa vitesse verticale sera proche du zéro (Hang, et al., 2009).

Vent perpendiculaire à l'axe du canyon : si la direction du vent est perpendiculaire à l'axe du canyon, trois régimes d'écoulement peuvent être distingués : un régime d'écoulement de rugosité isolé « *isolated roughness* », un régime à interférence des sillages « *wake interference* » et un régime d'écoulement rasant « *skimming flow* » (Oke, 1988). Tous ces régimes d'écoulement sont constitués d'un système complexe de tourbillons, qui sont étroitement liés au rapport H/W du canyon.

▪ **Le régime d'écoulement de rugosité isolé « *isolated roughness* »** : lorsque l'espacement entre les bâtiments est relativement important, à savoir le rapport H/W est inférieur à 0,3-0,5, leur modèle d'écoulement apparaît presque le même comme si elles ont été isolées, leurs motifs de perturbation sont similaires à celle d'un bâtiment isolé (Oke, 1987; Erell, et al., 2011).

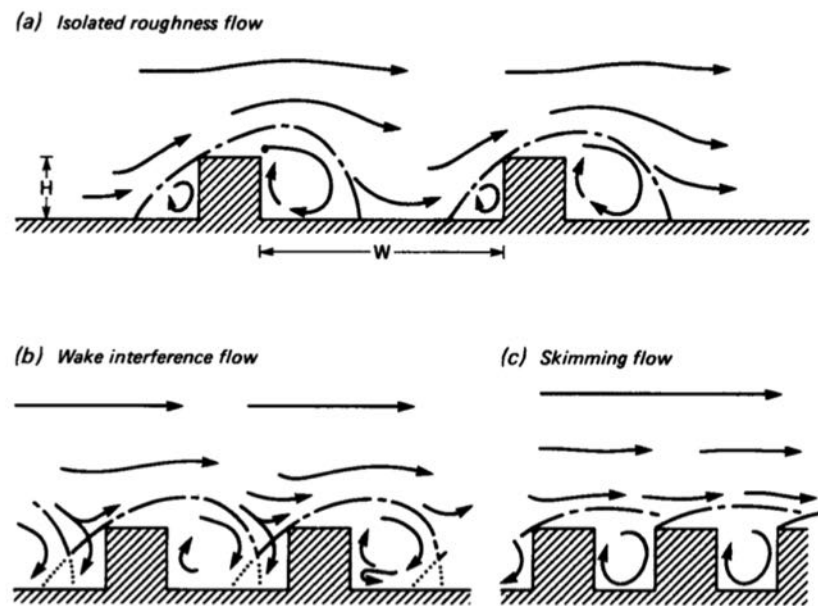


Figure 2.30 : Régimes d'écoulement associés à différentes géométries urbaines (Source : Oke, 1987).

▪ **Le régime à interférence des sillages « wake interference »** : à un espacement plus rapproché entre les bâtiments, avec un rapport H/W jusqu'à environ 0,65 le sillage d'un bâtiment interfère avec celui de l'autre en aval conduisant à un motif compliqué (Oke, 1987). Les vitesses de vent dans ce régime sont plus élevées que ceux du régime d'écoulement de rugosité isolé.

▪ **Le régime d'écoulement rasant « skimming flow »** : à un espacement entre bâtiments dont le rapport H/W est supérieur à 0,65 le flux principal commence à glisser sur les sommets du bâtiment et entraîne un tourbillon dans la cavité. Le tourbillon circulatoire stable est créé au sein de l'espace de canyon par transfert d'impulsion, mais la majeure partie de l'écoulement d'air ne pénètre pas. (Oke, 1987). Naturellement, cette condition fournit le plus grand refuge pour les piétons de vents indésirables, mais à d'autres moments peut entraver la ventilation nécessaire de l'espace urbain (Erell, 2011). Tous les modèles d'écoulement décrites ci-dessus se produisent lorsque la vitesse du vent à la hauteur du toit est d'au moins 1,5 m/s (Van Esch, 2015).

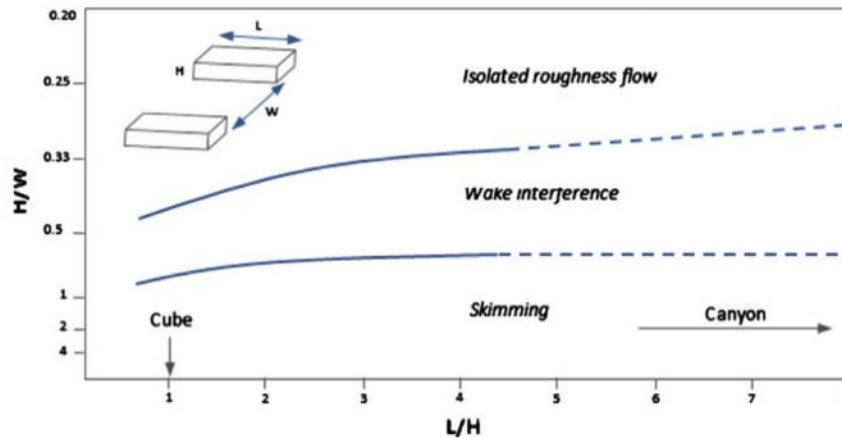


Figure 2.31 : Lignes de seuil divisant les types de flux dans leurs trois régimes (Source : Yao et Steemers, 2013).

Vent à des angles obliques à l'axe du canyon : ce modèle produira une composante d'écoulement le long du canyon ajoutée à la structure de vortex, résultant en un bouchon à vis, comme le flux d'air à travers le canyon urbain. Ce schéma d'écoulement est essentiellement une superposition de la gorge transversale perpendiculaire et le long des gorges, des composants de flux parallèle.

Dans la pratique, les canyons urbains ne sont pas limités par des bâtiments continus de longueur infinie. Les transitions réelles entre les régimes d'écoulement d'air sont régies non seulement par rapport H/W , mais aussi par la proportion entre la longueur et la largeur (L/W) de la gorge, tel que déterminé par la longueur du bâtiment perpendiculaire à l'écoulement d'air (Erell, et al., 2011). Les vitesses moyennes de vent seront les plus élevés dans les canyons parallèles à la direction du vent et le plus bas dans les canyons perpendiculaires à la direction du vent.

2.4.2.3 Tissu urbain :

Un tissu urbain peut être considéré comme une série de canyons urbains reliés sous forme de grille ou d'un réseau, les différents modèles d'écoulement sont observés (DePaul, et al., 1986), le croisement des rues provoque l'apparition de plusieurs phénomènes supplémentaires.

La variation de la pression dans une rue parallèle à la direction du vent provoque une aspiration en alternance aux extrémités des rues perpendiculaires au sens du vent, cet effet des flux transversaux est plus fort que la rue devient plus étroite (Wang., 2015). Les flux transversaux ne sont pas présents lorsque le vent est oblique par rapport à la grille de la rue.

Aux intersections de la rue, les tourbillons horizontaux sont formés à cause de recirculation latérale à partir des coins du bâtiment, produisant une vitesse du vent le long du canyon perpendiculaire à la direction du vent pendant environ 2 à 3 hauteurs du bâtiment le long du canyon vers l'intérieur. Les zones de recirculation latérales convergent au centre du canyon, ce qui provoque un fort mouvement vertical. Pour les canyons qui ont l'alignement des bâtiments avec des toits en pente, l'écoulement provoqué le long du canyon par la recirculation latérale est encore plus prononcée et a une longueur supérieure (Kastner-Klein, et al., 2004).

Une étude réalisée par Kim et Baik en 2004 sur l'écoulement du vent dans une grille régulière des bâtiments et des canyons en forme de cube montre que trois modèles d'écoulement peuvent être distingués en fonction de la direction du vent. Les principales caractéristiques de ces modèles d'écoulement ressemblent à celles des bâtiments autoportants et des canyons infinis (Kim, et al., 2004).

Un bâtiment élevé au moins 15 mètres de plus ou deux fois plus élevé que sons environnement va changer de manière significative le modèle d'écoulement. Un vortex frontal sera formé sur le côté du bâtiment exposé eu vent, il peut être aussi amplifiés par le vortex de recirculation du bâtiment inférieure à l'avant de celui-ci.

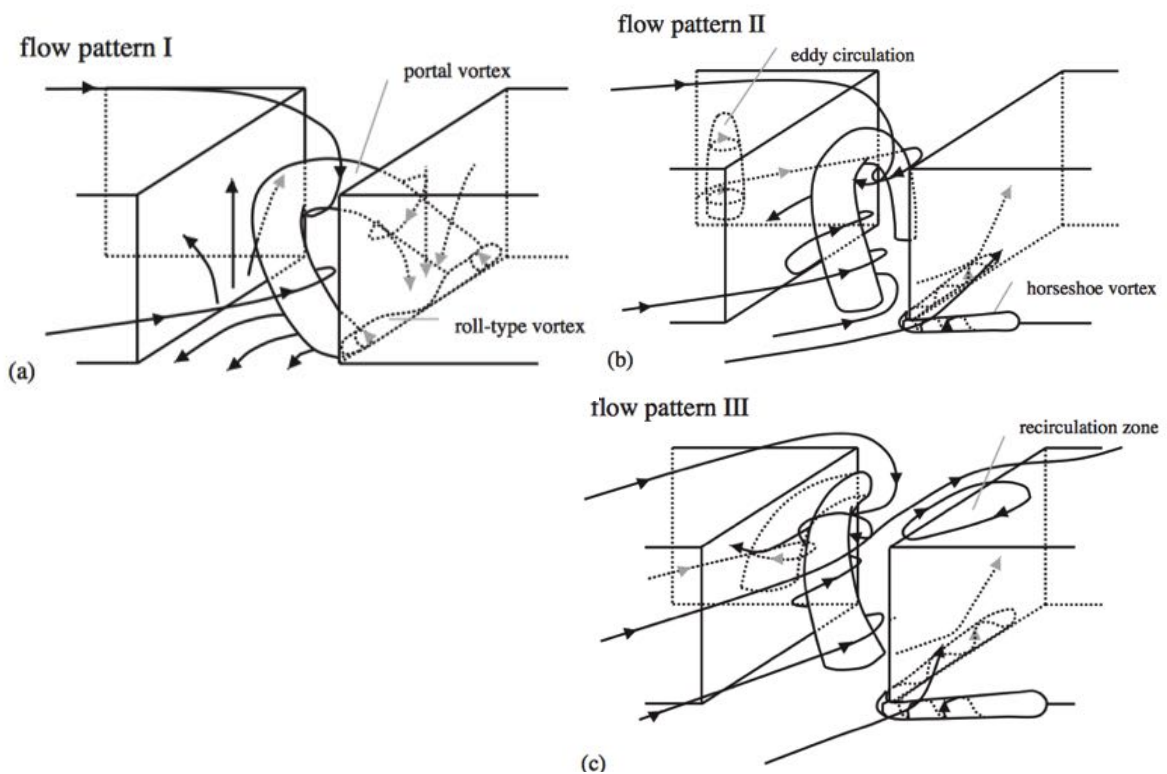


Figure 2.32 : Schéma de circulation de l'écoulement moyen selon différentes directions du vent dans un tissu urbain (Source : Kim et Baik, 2004) .

Si un bâtiment est nettement plus élevé que ses environs directs en milieu urbain - au moins 15 mètres de plus ou deux fois plus élevé - cela va changer de manière significative le modèle d'écoulement. Il se forme un vortex frontal sur le côté exposé au vent du bâtiment, qui peuvent être amplifiés par le vortex de recirculation du bâtiment inférieure à l'avant de celui-ci. Les flux d'angle des hauts bâtiments provoquent des changements dans la direction et la vitesse de l'écoulement dans les rues à proximité des coins au vent (Van Esch, 2015).

2.4.3 Influence sur la qualité de l'air :

La dispersion de la pollution dans une agglomération est très liée à l'écoulement du vent à l'intérieure du tissu urbain, le transport des polluants s'effectue par l'advection du vent et le mélange avec de l'air propre par turbulence. La concentration des polluant augment avec la diminution de la vitesse du vent.

2.4.3.1 Rue canyon :

Dans un canyon urbain les polluants se concentrent plus en aval si la direction du vent est parallèle à l'axe du canyon. La plupart des polluants échappent du canyon par le côté sous le vent, avec une suppression des polluants au niveau des toits dû à la turbulence et mouvement verticale du vent. Les concentrations diminuent de façon quasi exponentielle avec la hauteur et deviennent proches de zéro à la hauteur du toit (Van Esch, 2015).

Dans le cas où la direction du vent est perpendiculaire à l'axe du canyon, la concentration la plus basse de pollution se trouvera le long de la façade face au vent, au niveau du toit la pollution diminue dû à la circulation de vortex vers le bas sur le côté sous le vent du canyon. Les concentrations de polluants le long de la façade exposée au vent sont presque constant avec la hauteur. Les concentrations les plus élevées se trouvent sur le côté sous le vent du canyon, près du sol à proximité du bâtiment au vent, où un fort mouvement ascendant existe.

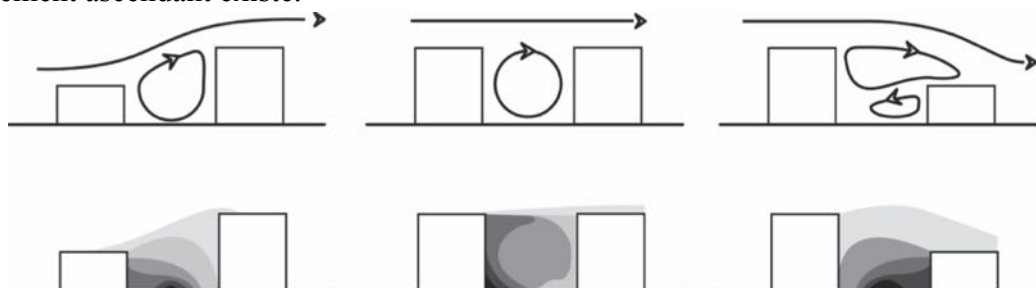


Figure 2.33 : Schéma des concentrations de polluants en cas d'écoulement perpendiculaire (Source : Van Esch, 2015).

Les concentrations les plus élevées se trouvent sur le côté bas du canyon qui est exposé au vent, la concentration diminue vers le haut sur la façade sous le (Van Esch, 2015).

L'influence de la direction du vent ambiant sur les concentrations de polluants dans les façades du canyon a été étudié par Dabberdt en 1988 et Berkowicz et al en 1997. Ils montrent que les concentrations de polluants sur la façade sous le vent sont toujours plus élevées que ceux de la façade face au vent, sauf lorsque la direction du vent est parallèle à l'axe du canyon. Les concentrations sont plus élevées lorsque la direction du vent est parallèle et le plus bas lorsque la direction du vent est d'environ 45 ° par rapport à l'axe du canyon. Un maximum secondaire apparaît lorsque la direction du vent est exactement perpendiculaire à l'axe du canyon.

2.4.3.2 Tissu urbain :

En considérant toujours le tissu urbain comme une grille de rue, si la direction du vent est normale à une grille de rue régulière, les plus fortes concentrations de polluants se trouvent à proximité des murs des rues parallèles à la direction du vent, les polluants dans les rues perpendiculaires à la direction du vent s'échappent de la rue par l'écoulement vers l'extérieur dominant près du bas de la rue et s'accumulent dans les canyons urbains parallèles aux directions du vent (Kim, et al., 2004). Si l'angle incident de vent devient plus oblique, les polluants sont piégés dans les tourbillons de recirculation latérales à partir des coins du bâtiment, ce qui peut entraîner une diminution de l'élimination des polluants par rapport à un cas normal (Kim, et al., 2004).

Dans une grille de rue avec de petites mailles et des rues ainsi courtes ($L < 6H$), les concentrations de polluants sont faibles, car les rues sont bien ventilées par écoulement vers le haut dans les rues parallèles à la direction du vent et l'écoulement le long du canyon dans les rues perpendiculaires causées par la recirculation des zones des coins de construction, combinée à une forte circulation vers le haut dans le centre de la rue (Kastner-Klein, et al., 2004). Comme les toits en pente entravent la ventilation au niveau des piétons, ils sont mieux appliqués dans les rues plus courtes seulement.

2.4.4 La végétation :

La végétation est une composante urbaine qui peut fournir de nombreux avantages, tels que l'atténuation de l'îlot de chaleur urbain, ce qui réduit les coûts de la climatisation dans les bâtiments, l'amélioration de la qualité de l'air et de fournir un cadre psychologique supérieur pour l'activité humaine. La végétation dans l'espace ouvert a un

effet important sur le microclimat urbain à tous les niveaux (Hernández, 2013). L'intégration des superficies plantées dans le tissu urbain, peut modifier le microclimat des zones en question, ainsi que la région environnante (Erell, et al., 2011). La végétation a un certain nombre d'effets sur l'équilibre de l'énergie urbaine, qui sont synthétisés comme suit (Erell et al, 2012) :

1. Réduit l'incidence d'un rayonnement à ondes courtes sur le sol.
2. Éviter l'émission de ondes longues du sol dans l'atmosphère.
3. Influencer la vitesse du vent.
4. Réduit les surfaces de ruissellement, en comparaison avec les surfaces pavées sans végétation ou sol.
5. Fournie de la vapeur d'eau dans l'environnement produisant un effet de mouillage et de refroidissement adiabatique.

Le rayonnement direct à ondes courtes et le rayonnement incident réfléchi sur les murs, les rues, et toutes surfaces est atténué au moyen d'arbres, d'arbustes, de couverture végétale du sol, des toits vers et de plantation vertical en créant de l'ombre. L'effet de l'ombre diminue la température des surfaces particulièrement en été (Robitu, et al., 2006), par conséquent le rayonnement à ondes longues sera réduit ce qui réchauffe moins l'environnement. L'effet de refroidissement par l'ombre est plus grand que l'effet de refroidissement par évapotranspiration (Van Esch, 2015). L'inconvénient de cet effet est qu'il est limité aux espaces directement sous la couverture verte (Bowler, et al., 2010).

La température physiologique équivalente (**PET**) est un indice du confort thermique extérieur, elle peut être réduite significativement par l'effet d'ombre créée par les arbres, sur l'être humain ou sur les surfaces urbaines (Ali-Toudert, et al., 2007). L'ombre affecte aussi la température moyenne radiante (**MRT**) en l'abaissant pour des fins de refroidissement et de consommation d'énergie (Van Esch, 2015).

L'ombre n'est pas le seul effet de la végétation sur le microclimat urbain, évapotranspiration aussi contribue dans l'atténuation des effets négatifs du microclimat. L'évapotranspiration est la somme de l'évaporation de l'eau interceptée par la végétation, le sol, les surfaces pavées ou de bâtiments, l'évaporation de l'eau du sol et de la végétation par la transpiration. La transpiration se produit dans les feuilles produit un air de refroidissement en ajoutant de la vapeur d'eau, produisant un refroidissement adiabatique (Hernández, 2013). L'effet combiné de l'évapotranspiration et d'ombrage conduit à abaisser la température de l'air pendant la journée en été. Plusieurs études montrent un effet de refroidissement local entre 0-5 ° C pour divers types de végétation urbaine, y

compris les parcs, les arbres de rue et façades vertes (Bowler, et al., 2010; Van Esch, 2015). La combinaison de l'herbe, des arbustes et des arbres semble être la plus efficace, ces espaces verts urbains créent le concept parc d'îlot de fraîcheur.

L'existence de la végétation ne suffit pas pour avoir des bonnes atténuations des effets négatifs du microclimat, mais ça dépend aussi de sa taille et sa densité, Dimoudi et Nikolopoulou en 2003, estime que pour chaque 100 m² de l'élargissement du parc la température moyenne est réduite de 1°C. La végétation produit très peu de refroidissement supplémentaire, tout en utilisant beaucoup d'eau. L'effet de refroidissement dépend en outre de la température de l'air ; plus la température de l'air ambiant, plus l'effet de refroidissement est efficace (Van Esch, 2015).

La densité de la végétation influe le modèle d'écoulement du vent, la végétation se comporte comme un bâtiment si elle est très dense, plus elle présente de porosité plus le vent circule librement mais avec une réduction de sa vitesse moyenne.

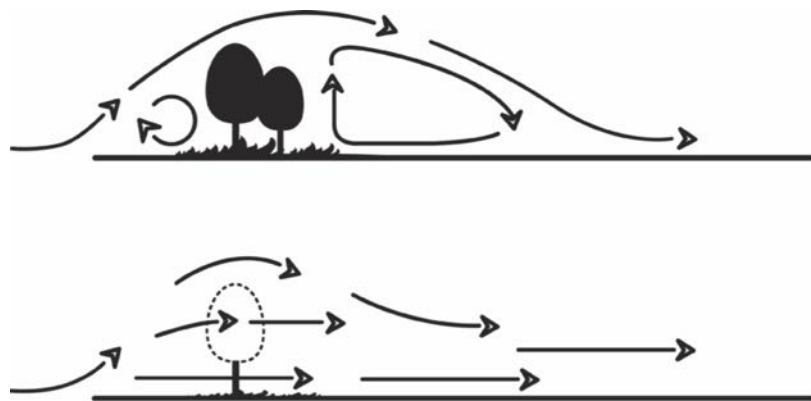


Figure 2.34 : L'écoulement du vent dans le voisinage de la végétation avec une faible porosité en haut et une porosité élevée en bas (Source : Van Esch, 2015).

Le refroidissement par convection est limité dans les zones de sillage derrière la végétation. En outre, le remplacement de l'air saturé par l'évapotranspiration est réduit suite à d'une diminution du mélange d'air. Plus la végétation est poreuse, plus la circulation de l'air dans la zone de sillage. La végétation peut aussi aider à limiter les pertes d'infiltration des bâtiments, des arbres et des arbustes près du mur exposé au vent et verticalement en réduisant la vitesse du vent à proximité du mur et donc l'isoler (Wong, et al., 2010).

2.5 Méthodes de conception bioclimatique urbaine :

L'architecture dans les zones de conditions climatiques extrêmes, au cours des siècles, a donné une série de conceptions, chacune par différentes formes et constructions.

En revanche, les concepteurs de la ville ont rarement pris en compte le climat entre les nombreuses contraintes de la conception urbaine. La disposition des villes a presque toujours été dictée, ou presque accidentellement créé, par une série de contraintes économique, politique, sociale et de processus décisionnels (Chandler, 1976). Vu ce déphasage entre le climat et la ville beaucoup de chercheurs ont essayé de tisser ce lien perdu au niveau urbain, dans la section qui suit on va exposer quelques recherches qui présentent des méthodes de conception bioclimatique au niveau urbain. Au moment où l'approche de confort thermique à l'échelle architecturale est à l'heure actuelle bien développée, les méthodes et techniques pour l'étude de la performance et de simulation à l'échelle urbaine doivent encore être consolidées afin de faciliter une conception urbaine sensible au climat (Sad de Assis, et al., 1999).

2.5.1 Etat de l'art des méthodes de conception bioclimatique urbaine :

2.5.1.1 Travaux de Landsberg 1981 :

Landsberg a insisté sur l'utilisation des connaissances acquises sur la couche limite atmosphérique dans la conception de nouvelle ville ou la reconstruction des anciennes villes. Le but principal selon Landsberg est d'atténuer ou éliminer les modifications climatiques indésirables provoqués par l'urbanisation. Cette opération implique beaucoup d'acteurs, les architectes, les ingénieurs, les paysagistes, les hydrologues et les climatologues (Landsberg, 1981).

Landsberg a décrit des recommandations pour l'atténuation de l'îlot de chaleur dans les journées chaudes et ensoleillées d'été. Il recommande le refroidissement par évaporation des arbres, l'arrosage de rues, l'ombre l'augmentation de l'albédo. Le remplacement des parcs de stationnement par des parkings souterrains pour éviter le revêtement en asphalte. L'utilisation de la végétation pour réduire le son et la pollution. Etablir des ceintures vertes entre les zones industrielles et les zones d'habitation. Ainsi que l'utilisation de la végétation verticale pour l'atténuation des températures élevées. Pour le vent il recommande d'utiliser une largeur de rue et une conception des bâtiments adéquates. L'orientation des rues peut atténuer les difficultés, en particulier lorsque les directions et les vitesses de vent. L'utilisation de hauteur uniforme des bâtiments et des distances uniformes entre les bâtiments pour créer le moins de perturbations de l'écoulement (Landsberg, 1981). Les recommandations de Landsberg sont d'ordre générale, on remarque que l'organisation des recommandations par ordres de

composantes microclimatiques est relativement floue vue le caractère général de ces recommandations.

2.5.1.2 Travaux de Bitan en 1988 :

La méthodologie développée par Bitan est basée sur le concept qui intègre les éléments climatologiques dans tous les niveaux de la planification. Bitan distingue trois niveaux de la planification, un niveau régional, un niveau du quartier et un niveau du bâtiment. Bitan a essayé que cette méthode développée doit avoir un caractère universel qui permet de l'utiliser par tous et caractère dissociable qui assure la possibilité de l'utiliser séparément à chaque étape du processus de planification.

La méthode est composée de 5 étapes et dans chaque étape existe des sous-étapes. La première étape A traite les exigences de l'utilisateur et les données d'entrée du client, dans les sous étapes cherche la localisation et la taille des unités prévues et les fonctions des unités. La deuxième étape B examine en détail les données environnementales de la région sélectionnée, comme la topographie, l'utilisation des sols et le climat en général et en détail. L'étape C est l'étape la plus longue et importante, elle est basée sur le matériel climatologique existant et sur les stations météorologiques et climatologiques qui fonctionnent dans la région. L'étape D est l'étape d'observation climatologique qui doit précéder la planification du projet, si les résultats de la recherche doivent avoir un impact sur la planification de son début. L'étape E une fois les données climatologiques sont sélectionnées et collectées dans cette étapes la concentration le traitement et l'analyse commence. Le traitement et l'analyse des données climatologiques en particulier aux fins de la planification et de construction, comme par, les calculs du stress thermique et de la charge froide, les critères déterminants pour la climatisation et le chauffage, les critères déterminants pour l'utilisation passive de l'énergie solaire, ou les données spéciales analysées pour l'utilisation de l'énergie éolienne (Bitan, 1988).

Dans cette méthode Bitan propose des lignes directrices de l'intégration des données climatiques dans la conception des quartiers, pour réduire les effets négatifs du climat comme les vents forts, l'excédent de rayonnement et des températures élevées. Il recommande l'association de l'architecture de paysage dans le processus de planification de quartier. Des éléments tels que des rangées d'arbres, qui peuvent être utilisés comme brise-vent, les arbres à feuilles caduques avec une large feuillage pour produire des zones ombragées en été, les zones de gazon irriguées et plantées afin de minimiser l'absorption du rayonnement solaire et à augmenter l'humidité, des fontaines d'eau et de petits lacs

artificiels pour augmenter l'évaporation et donc de réduire la température légèrement, l'ombrage de grands stationnements asphaltés, en utilisant des couleurs vives; si tous ces paramètres et ces moyens, et plus, sont correctement intégrés dans le processus de planification de règlement, une amélioration locale dans le climat peut être prévu (Bitan, 1988). La méthode proposée par Bitan apparaît globale est importante en terme d'interrelation entre les trois niveaux de planification mais elle manque toujours de précision dans les stratégies de conception bioclimatique.

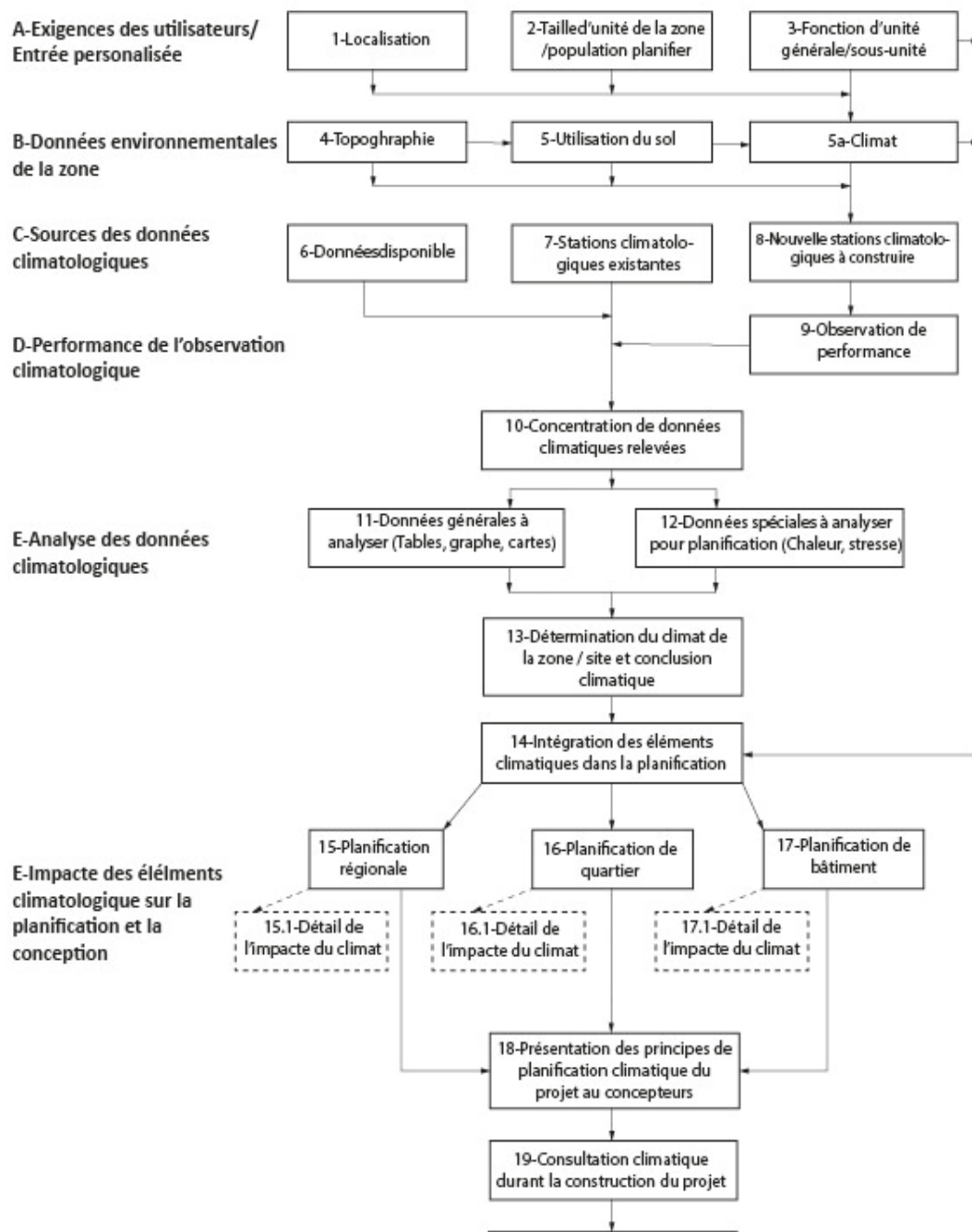


Figure 2.35: Organigramme de la méthodologie du climatologie appliquée pour la planification et la construction (Source : Bitan, 1988).

2.5.1.3 Travaux de Swaid en 1993 :

Swaid a développé une méthodologie de conception de l'espace urbain ouvert fondé sur les principes bioclimatiques. Il couple le modèle de cluster constant du temps thermique (*CTA*) (Swaid et Hoffman, 1989 ; 1990 ; 1991) et la loi de puissance du profil de vent utilisé par Karlsson en 1986 afin de prédire les variations quotidiennes de la température de l'air et la vitesse du vent dans les canyons urbains.

La méthodologie proposée peut être utilisé par les planificateurs d'évaluer les différentes alternatives de conception urbaine par rapport à leurs conséquences climatologiques. Il permet également aux planificateurs de modifier le climat urbain grâce à une conception appropriée de façon à améliorer le confort des personnes, tout en restant à l'extérieur. La méthodologie est destinée à être utilisé par les planificateurs dans la phase de conception urbaine ou un quartier où les observations des conditions réelles dans la localité ne sont pas disponibles et il y'a un besoin pour des outils prédictifs pour les évaluer. Seules les conditions estivales sont traitées dans le présente méthode. L'extension de la méthodologie aux conditions hivernales nécessite l'utilisation d'un modèle de confort convenable (Swaid, et al., 1993).

2.5.1.4 Travaux de Givoni en 1994 :

Dans ces travaux sur la conception bioclimatique urbaine Givoni commence par la relation de la structure physique de la ville et le climat, il souligne sa capacité à modifier le climat urbain. Cette structure physique est contrôlé par la planification et le désigne urbain, ces derniers peuvent modifier par la suite le climat urbain. Avec ces modifications, il est possible d'améliorer le confort des habitants à l'extérieur et à l'intérieur, et de réduire la demande d'énergie des bâtiments pour le chauffage en hiver et pour le refroidissement en été.

Givoni a décrit des recommandations pour atteindre un confort thermique et consommer moins d'énergie dans un climat chaud et humide en tenant compte quelques caractéristiques physiques de la ville. Les éléments physiques choisis sont la localisation de la ville, la densité urbaine, l'orientation et la largeur de la rue, la hauteur du bâti, les parcs urbains et les espaces verts privés (Givoni, 1994).

La localisation de la zone urbaine ou la ville dans sa région influence son climat urbain par la proximité des surfaces d'eau ou plus encore par la proximité de rivière qui peut introduire des inondations, la localisation reste un facteur déterminant pour l'évaluation des risques naturels. La disposition du réseau de rues (Orientation) affecte

directement la ventilation dans le tissu urbain, Givoni recommande des orientations par rapport à la direction du vent pour optimiser la ventilation, d'autre part il décrit les solutions appropriées pour fournir de l'ombre sur les trottoirs. La densité urbaine est parmi les principaux facteurs qui déterminent les conditions de ventilation urbaines, ainsi que la température urbaine. D'une manière générale, plus la densité des bâtiments dans une zone augmente plus les conditions de ventilation seront pauvres (Givoni, 1994).

2.5.1.5 Travaux de Nikolopoulou, projet RUROS en 2002 :

Dans le cadre du projet *RUROS (Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces)*, une équipe de recherche chapeauté par Nikolopoulou, a élaboré un guide de conception des espaces publics selon un certain nombre de critères bioclimatiques. Le guide décrit une méthode qui étudie des espaces publics urbains en combinant l'environnement physique (microclimat, confort thermique, visuel et acoustique, morphologie urbaine, etc.) avec les desiderata des usagers ainsi que leur degré de satisfaction.

La méthode est fondée sur différents modèles ainsi que des outils de complexités diverses ont été développés, permettant de traiter les différents aspects physiques de l'environnement ainsi que les performances qui en résultent.

Les outils développés comprennent notamment des modèles simplifiés de prédiction des conditions de confort thermique à partir des données météorologiques disponibles. Une méthodologie permettant l'évaluation du profil de vent dans un espace urbain de conception simplifiée, accompagnée de recommandations portant sur les effets du voisinage sur les conditions de vent dans les espaces publics. Une méthodologie pour l'évaluation de l'impact environnemental de formes urbaines alternatives. Une méthode permettant de dessiner des cartes de confort. Ces modèles et outils sont destinés à être employés par des architectes, planificateurs ou urbanistes au stade de l'avant-projet pour évaluer l'impact environnemental de différentes variantes projetées (Nikolopoulou, 2002).

La méthode a réuni plusieurs stratégies qui contrôlent les composantes du microclimat urbain dans le but de concevoir les espaces selon une approche bioclimatique en assurant un confort global dans l'espace urbain. La première stratégie est d'offrir au concepteur des modèles de confort thermique pour les espaces extérieurs en milieu urbain, la deuxième stratégie exploite le potentiel du profil de vent dans l'espace urbain, la troisième s'occupe des conditions de rayonnement dans les espaces urbains. La

quatrième mis l'accent sur le confort visuel dans l'espace urbain et la cinquième traite l'environnement sonore et le confort acoustiques des espaces urbains, ces stratégies sont accompagnées par d'autres outils d'évaluation de chaque stratégie.

En général, l'approche proposée offre une assistance dans la conception des villes par la planification d'espaces extérieurs et de leurs usages en favorisant différentes activités ainsi que des interactions sociales, ce qui redonne vie aux espaces publics urbains. Finalement, ces connaissances systématiques peuvent contribuer au développement durable des villes de demain (Nikolopoulou, 2002).

2.5.1.6 Travaux de Attia et Duchhart en 2011 :

L'objectif principal ciblé par les deux chercheurs est le développement d'une stratégie de conception urbaine dans les climats chauds basée sur des principes bioclimatiques. Cette stratégie va fournir aux architectes et paysagistes des lignes directrices de conception qui cherchent à améliorer le microclimat et l'économie d'énergie dans les climats extrêmes chauds.

La conception bioclimatique adoptée par les deux chercheurs tient en compte trois considérations les plus importantes :

1. Le contrôle du rayonnement solaire.
2. Le contrôle du vent.
3. Le contrôle d'évaporation.

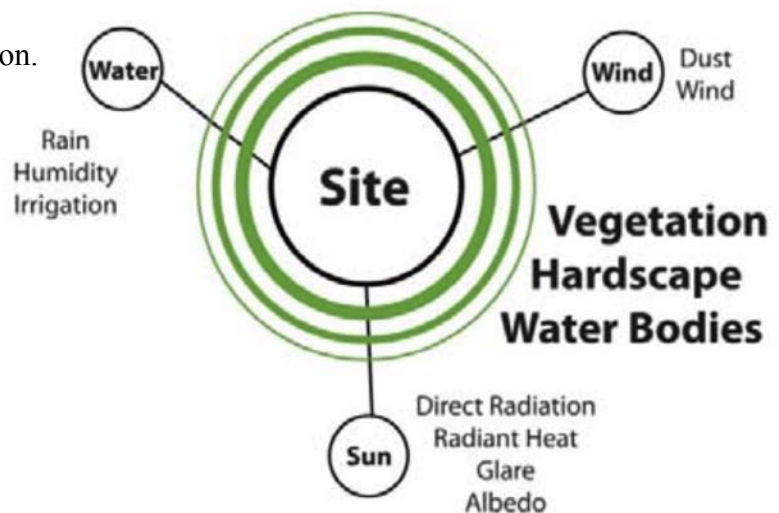


Figure 2.36: Eléments de conception du paysage (Source : Attia et Duchhart, 2011).

Le travail effectué est précédé par la collecte des lignes directrices autour des éléments de conception disponibles y compris la végétation, l'eau et les structures dures.

Végétation : utilisée pour l'interception du rayonnement solaire, protection pour les parois chaudes, réduction de l'éblouissement, prévention du gain de chaleur excessive à proximité des structures et des espaces extérieurs. L'ombre sur les bâtiments. La

réduction du rayonnement directe et de chaleur d'absorption et réfléchi. La fourniture de refroidissement par évapotranspiration. **Eau** : beaucoup de chercheurs recommandent pour la modification du microclimat l'intégration des surfaces d'eau et des fontaines d'eau pour des buts de refroidissement par évaporation. **Structures dures** : tel que les pergolas, auvents aériens, ramadas, ces structures favorisent l'ombre comme stratégie de contrôle passive contre le rayonnement solaire afin de réduire le stress thermique. Les structures dures présentent l'aspect de matériaux et de couleur qui devra être d'une émissivité basse, ainsi le choix des matériaux de constructions pour ces structures d'ombre qui utilisera des matériaux naturels. Les couleurs claires sont plus réfléchissantes et donc plus froides que les surfaces sombres (Attia, et al., 2011).

Une fois les lignes directrices collectées, Trois grandes stratégies ont été mis en place pour le contrôle du rayonnement solaire, le vent, et l'évaporation : à savoir le concept de zones bioclimatiques, le concept de jardin clos et le concept de paysage extensif et intensif. Le concept de zones bioclimatiques est basé sur la création d'un ensemble de zones, où chaque zone a un ensemble de décisions de conception qui reflètent un objectif climatique désiré de confort. Le concept constitue théoriquement sept zones, où les six zones de protection protègent la zone centrale. La septième zone, aussi appelé le « cœur frais », est destiné à inclure des espaces extérieurs thermiquement confortables, les conditions de confort souhaitées pour chaque zone sont déterminées. Le jardin clos s'agit de créer des jardins d'intérieur qui favorisent un confort thermique au milieu d'un environnement hostile chaud. Le concept de paysage extensif et intensif divise le paysage en paysage vaste qui comprend les espèces tolérantes et autochtones de sécheresse et un paysage intensif qui comprend des arbres d'ombrage pour le « cœur frais » (Attia, et al., 2011).

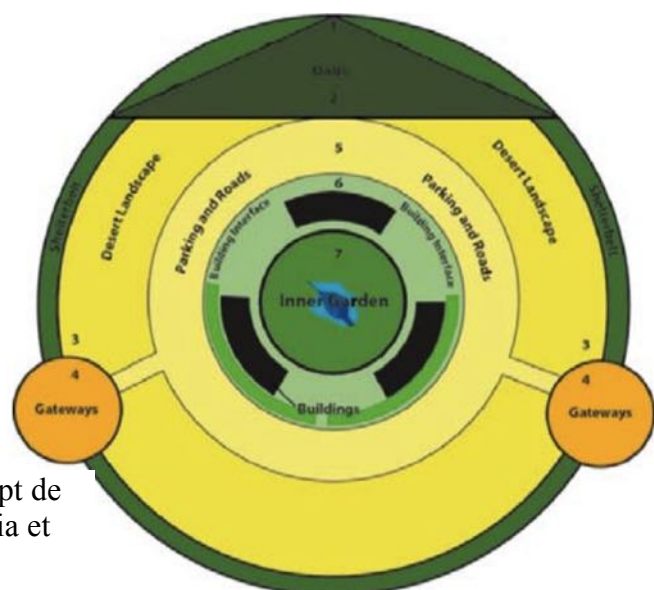


Figure 2.37 : Illustration du concept de zones bioclimatiques (Source : Attia et Duchhart, 2011).

2.5.1.7 Travaux de Dekay et Brown en 2014 :

Les travaux de Dekay et Brown font l'objet d'une série de publications de trois éditions d'un ouvrage très pertinent sous le titre de « **Soleil, vent et lumière** » (**Sun, Wind & Light**). L'essentiel de l'approche développée est d'aider les concepteurs qui ne sont pas des experts en énergie à comprendre les conséquences énergétiques de leurs décisions de conception de base. Avec cette information, ils peuvent ensuite utiliser les questions d'énergie pour générer la forme plutôt que de les voir simplement comme des limites qui doivent être logés.

L'approche de Dekay et Brown prend en considération les trois échelles de conception, la conception du quartier, la conception du bâtiment et le détail de conception. Cette approche est formée de trois méthodes :

1. La méthode de carte de stratégies de conception, permet de cartographier les stratégies de conception existantes, d'identifier des stratégies manquantes et de révéler leur structure scalaire hiérarchique verticale.

2. La méthode de faisceaux de stratégie révèle les interrelations synergiques entre les stratégies et les enjeux.

3. Une troisième approche, la conception de décision graphique, utilise une méthode axée sur la sélection des stratégies de conception et de les relier dans un ensemble faisceau (Bundles) (DeKay, et al., 2014).

Dekay et Brown propose une charte de décisions de conception, qui relie un petit nombre de concepts mémorables de conception, composé de Synergies, avec des faisceaux (Bundles) et des stratégies individuelles.

L'organigramme de la charte fournit un résumé sur la structure et la logique de la charte de décision de conception. Horizontalement l'organigramme est divisé en deux parties principales qui correspondent aux opportunités et réponses. Dans la partie des opportunités de l'organigramme de décision, les questions 1 et 2 portent sur les variables environnementales et des occupants, qui entrent dans les catégories climatiques et d'utilisation, tandis que les questions de 3 à 7 se rapportent à concevoir et systématiser les réponses construites. Les questions peuvent être abordées de façon non séquentielle, et les questions qui ne sont pas applicables à un projet particulier peuvent être ignorées.

Les Synergies : sont des concepts fondamentaux fondés sur les relations entre le climat, l'utilisation, la conception et les systèmes. Sept synergies sont énumérées une

concernant le climat, d'autre pour l'usagers, quatre pour la conception et une pour les systèmes.

Synergie 1 : le climat comme une ressource pour la réduction de la charge et la production d'énergie.

Synergie 2 : l'utilisation consciente de l'énergie par les occupants pour réduire le chauffage de pointe, de refroidissement, de ventilation et d'éclairage des charges.

Synergie 3 : la conception pour former et organiser des bâtiments et des espaces ouverts pour créer des environnements riches en ressources qui offrent un espace extérieur habitable et accessible aux ressources du site.

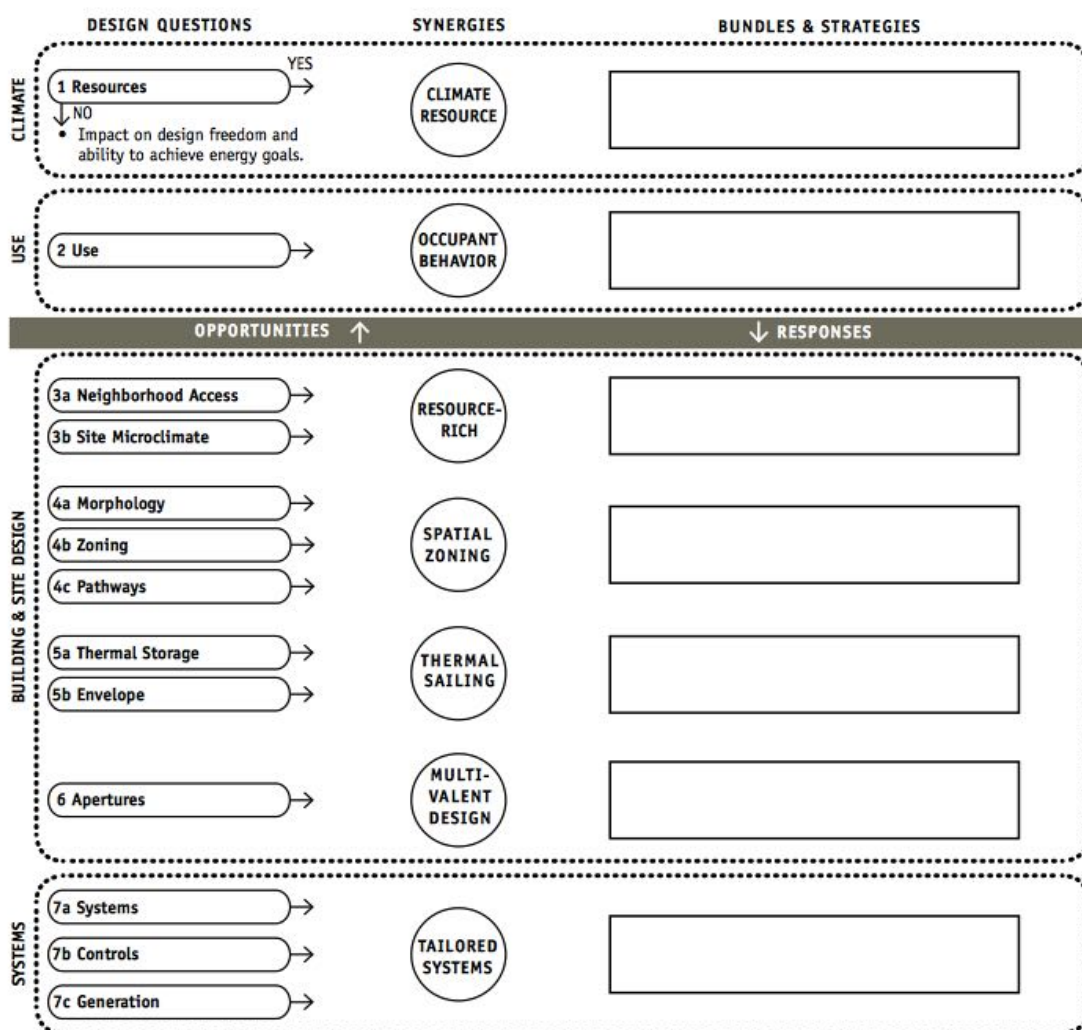


Figure 2.38 : Organigramme de la charte des décisions de conception (Source : Dekay et Brown, 2014).

Synergie 4 : Intégrer le climat et utiliser les opportunités de zonage spatial selon des stratégies de conception passif.

Synergie 5 : Concevoir un bâtiment qui intègre le stockage thermique et une enveloppe souple qui exploitent l'évolution des modes de soleil, le vent et la lumière pour réguler le confort et la consommation d'énergie.

Synergie 6 : La conception multivalent combine deux ou plusieurs fonctions dans un élément de construction unique.

Synergie 7 : Systèmes : lorsque toutes les stratégies de réduction de charge disponibles et leurs contrôles ont été exploités, répondre à la charge restante avec un système sur mesure active qui correspond aux caractéristiques de charge.

Les Faisceaux (Bundles) : sont des ensembles de stratégies connexes qui travaillent ensemble pour résoudre couramment des problèmes survenant de conception. Les faisceaux développés sont divisé en trois catégories des faisceaux pour le quartier, des faisceaux pour le bâtiment et d'autre pour le détail du bâtiment (DeKay, et al., 2014).

1. Faisceaux du quartier :

Quartier pour la lumière : configurer le tissu urbain en réponse au climat pour fournir un accès de lumière du jour pour tous les bâtiments et entre les espaces. [Éclairage naturel].

Quartier refroidi : configurer le tissu urbain en réponse au climat de promouvoir le refroidissement passif pour tous les bâtiments et entre les espaces. [Refroidissement].

Quartier ensoleillé : configurer le tissu urbain en réponse au climat pour promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire et le chauffage de tous les bâtiments et entre les espaces. [Chauffage].

Tissus urbains intégrés : les rues et les blocs peuvent être organisés pour intégrer les préoccupations pour la lumière, le soleil et l'ombre en fonction des priorités du climat. [Chauffage, le refroidissement et l'éclairage naturel].

2. Faisceaux du bâtiment :

Bâtiment éclairé : la lumière du jour est organisée pour s'éclairer avec le ciel à l'aide d'une famille de stratégies aptes à le placer au but. [Éclairage naturel]

Bâtiment refroidi passivement : est organisé pour se refroidir avec les ressources du site en utilisant une famille de stratégies aptes à placer au but. [Refroidissement]

Bâtiment à solaire passif : est organisé pour se chauffer au soleil en utilisant une famille de stratégies apte à le placer au but. [Chauffage]

Microclimats extérieurs confortables : adjacents aux bâtiments utilisent une famille de stratégies apte à placer au but et à une utilisation en extérieur. [Chauffage et de refroidissement].

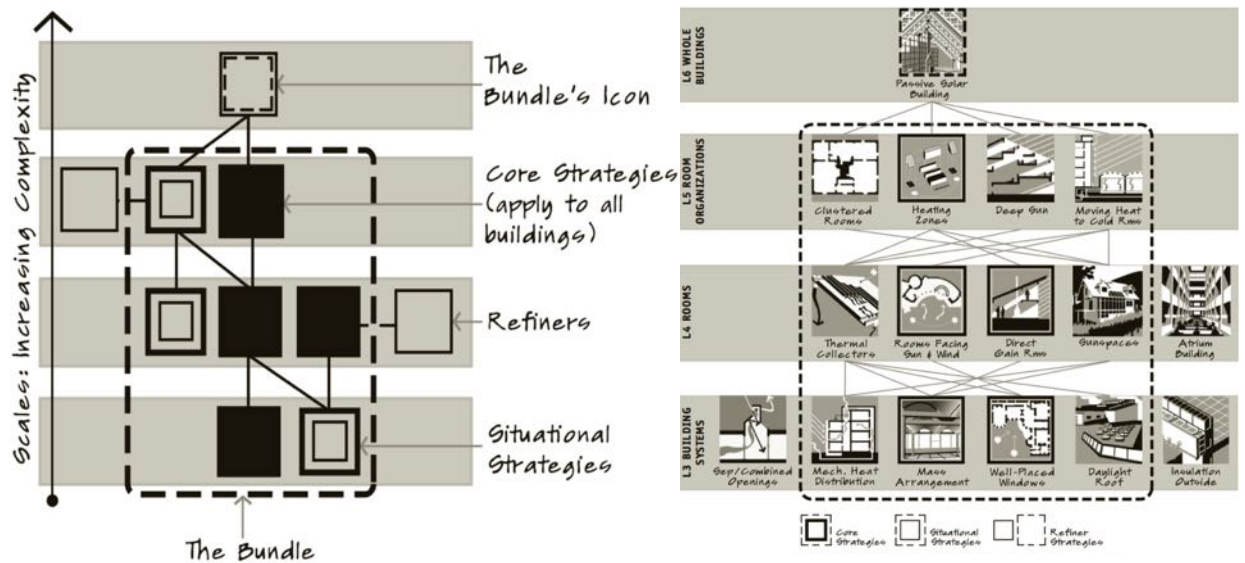


Figure 2.39 : Structure du Faisceau (Bundle) à gauche et faisceau de tissu urbain solaire passif à droite (Source: DeKay et Brown, 2014).

3. Faisceaux du détail de bâtiment : une enveloppe sensible régule le confort et la consommation d'énergie en adaptant à l'évolution du soleil, la lumière et le mouvement de l'air. [Refroidissement, le chauffage, l'éclairage, la ventilation et de la puissance].

Les Stratégies de conception : sont des solutions généralisées à des problèmes de conception qui relient la forme à la performance de manière à permettre une certaine souplesse de conception récurrent (DeKay, et al., 2014).

2.5.2 Stratégies de conception bioclimatique urbaine :

2.5.2.1 Stratégies génériques de Watson :

Watson a énuméré une série de stratégies pour la conception bioclimatique, en fonction des saisons et des modes de transfert de chaleur, ces stratégies sont considérées comme des principes de base de toute approche bioclimatique. Chaque stratégie est souvent basée sur une ressource naturelle, les ressources sont les flux d'énergie naturelles dans et autour le bâtiment, créées par l'interaction du soleil, le vent, les précipitations, la végétation, la température et l'humidité dans l'air et dans le sol (Watson, 2012). Le tableau suivant résume ces stratégies :

Les stratégies établies par Watson sont d'ordre générale, on ne peut pas distinguer des lignes directrices pour chaque élément de la morphologie urbaine en terme de régulation du microclimat urbain.

Stratégies de conception bioclimatique	Saison dominante	Mode de transfert de chaleur			
		Conduction	Convection	Rayonnement	Evaporation
Réduire le flux de chaleur par conduction	Hiver / été	*			
Retarder le flux de chaleur périodique	Hiver / été	*		*	
Minimiser l'infiltration	Hiver / été		*		
Fournir le stockage thermique	Hiver / été	*	*	*	
Promouvoir le gain solaire	Hiver			*	
Minimiser le gain solaire	Été			*	
Minimiser le flux d'air extérieur	Hiver		*		
Promouvoir la ventilation	Été		*		
Promouvoir le refroidissement par rayonnement	Été			*	
Promouvoir le refroidissement par évaporation	Été				*

Tableau 2.1: Stratégies de conception bioclimatique (Source : Watson, 2012).

Trois travaux sont pertinents en terme de stratégies solaire qui fabriquent le tissu urbain on site le travail de Erell et al en 2011 dans son ouvrage « *Urban Microclimate : Designing the Spaces Between Buildings* », la méthode de Dekay et Brown dans leur ouvrage « *Sun, Wind & Light* » en 2014 et les résultats de Van Esch en 2015 dans sa thèse de doctorat.

2.5.2.2 Stratégies du rayonnement solaire :

Le contrôle de l'accès solaire aux bâtiments et aux espaces urbains est l'un des principaux contrôles des conditions microclimat urbain. Le rayonnement solaire directe est favorable en hiver à cause du potentiel du chauffage passif, mais en été il offre des conditions défavorables qui affectent le confort thermique à l'intérieur du bâtiment et à l'extérieur dans l'espace urbain (Erell, et al., 2011).

Les exigences solaires dans les climats tempérés dépendent de la saison. En hiver, l'accès solaire à l'intérieur, ainsi que les environnements extérieurs est hautement souhaitable. Au printemps et à l'automne le soleil et l'ombre est nécessaire. En été, l'ombre est plus important. Les exigences spatiales pour l'accès solaire à l'environnement extérieur peuvent parfois être en conflit avec ceux de l'accès solaire à l'intérieur et vice versa. Ceci est le plus évidemment le cas pour l'orientation. Le réglage minutieux des paramètres morphologiques est donc essentiel.

Une configuration urbaine avec des rues dans une direction est-ouest aligné avec des mono bâtiments couverts en pente plein sud, traversé par des rues plus étroites nord-sud offre un gain solaire intérieure ainsi qu'un confort thermique en plein air pour la plus grande partie de l'année. Le seul inconvénient est l'irradiation directe limitée de la surface de la rue est-ouest en hiver (Erell, et al., 2011).

Les lignes directrices qui guident la morphologie urbaine pour une meilleure stratégie solaire selon Van Esch en 2015 sont comme suit :

1. Minimiser le coefficient d'occupation au sol (COS) permettra de maximiser le potentiel du rayonnement solaire direct.
2. Les fonctions ayant des besoins de chauffage plus élevés devraient être placés au-dessus des fonctions ayant des besoins de chauffage moins élevés.
3. Un tissu urbain avec des bâtiments plein sud le long d'une rue Est-Ouest sont préférables, car cela donne le plus grand gain d'énergie solaire dans la saison de chauffage et le plus petit en été et est le plus bénéfique pour le confort thermique extérieur.
4. Rues Est-Ouest sont de préférence plus large que les rues nord-sud ; l'impact de H/W sur l'accès solaire direct à toutes les surfaces du canyon est le plus grand pour les rues Est-Ouest et le plus petit pour les rues nord-sud.
5. Dans les tissus urbains à faible coefficient d'emprise au sol (CES), les bâtiments sont mieux espacés à des distances considérables pour permettre une irradiation directe des façades. Dans les tissus urbains avec un CES élevé les toits sont les collecteurs primaires du rayonnement solaire, ce qui limite l'importance de la largeur de la rue pour le gain solaire passif des bâtiments.
6. Places, cours, jardins et autres espaces extérieurs clos destinés à assis, attendant ou les loisirs sont mieux allongé dans la direction nord-sud et devrait avoir un H/W de $\frac{1}{4}$ ou plus petit pour permettre l'accès direct du soleil en hiver. La protection solaire devrait être fourni en été.

7. Dans les environnements urbains denses, les espaces avec une forte valeur du facteur vue de ciel (*SVF*), comme les places et les parcs avec une couverture végétale éparse, doivent être placés à des intervalles réguliers d'environ deux fois le diamètre pour promouvoir la perte de rayonnement nocturne à ondes longues en été. Afin d'éviter un surchauffe, l'ombrage doit être employée dans ces espaces au cours de la journée.

8. Les bâtiments le long des rues Est-Ouest ont de préférence des toits simples et aigus (plus élevé face au côté sud), car cela profite à l'accès solaire à la fois extérieur et intérieur (Van Esch, 2015).

2.5.2.2.1 Méthode de Dekay et Brown :

2.5.2.2.1.1 Le Faisceau du Quartier solaire :

Selon la méthode développée par Dekay et Brown le faisceau quartier solaire qui regroupe plusieurs stratégies est défini comme la configuration du tissu urbain qui répond au climat en accentuant l'énergie solaire et thermique pour tous les bâtiments et les espaces publics. Les stratégies de conception pour un chauffage solaire ou un gain d'énergie devront inclure les stratégies qui augmente le gain solaire, et crée les ceintures des protections solaires, promouvoir le développement basé sur la topographie et l'aspect solaire, les formes à base de zonings solaire, la création de réseau piéton ombré et la localisation des groupements de hauts bâtiments.

Stratégies principales :

Il y'a cinq stratégies pour concevoir un quartier solaire :

1. **La haute ou la faible densité du tissu urbain** : régule le régime des vents dans les rues parallèles au vent. Le ratio du blocage du vent est en fonction de la hauteur du bâtiment, la surface des faces exposé au vent dominant et la largeur de la rue. Des rues larges avec des bâtiments aux façades minces créent plus de ventilation dans la rue, ce qui est signifiant au contour des groupements du bâti face au vent pour être conçu comme des brises vent.

2. **L'allongement Est-Ouest** : de groupement de bâtiments crée une longue façade exposée au soleil en hiver, qui bénéficie de l'ensoleillement. C'est critique pour le chauffage en hiver quand le soleil est au sud à midi et émet un rayonnement bas. Les problèmes de rayonnement posés au niveau urbain quand les façades Est et Ouest ne sont pas larges.

3. **Enveloppe solaire** : est un outil flexible qui utilise l'accès solaire comme critère pour définir une enveloppe maximale qui ne bloque pas l'accès solaire dans le tissu

urbain, elle peut être appliquée pour la parcelle ou le volume bâti pour promouvoir l'ouverture au soleil, les panneaux photovoltaïques sur mur et toiture et le collecteur d'eau chaude solaire.

4. Bâtiment solaire passif : il bénéficie d'ensoleillement du quartier et participe à la création de son tissu.

5. Microclimat extérieur : bénéficie des stratégies d'ensoleillement du quartier qui forment son contexte et bloque ou admet le soleil, le vent et la lumière. Ce faisceau accepte deux variations stratégiques pour la faible densité et stratégie pour la haute densité (DeKay, et al., 2014).

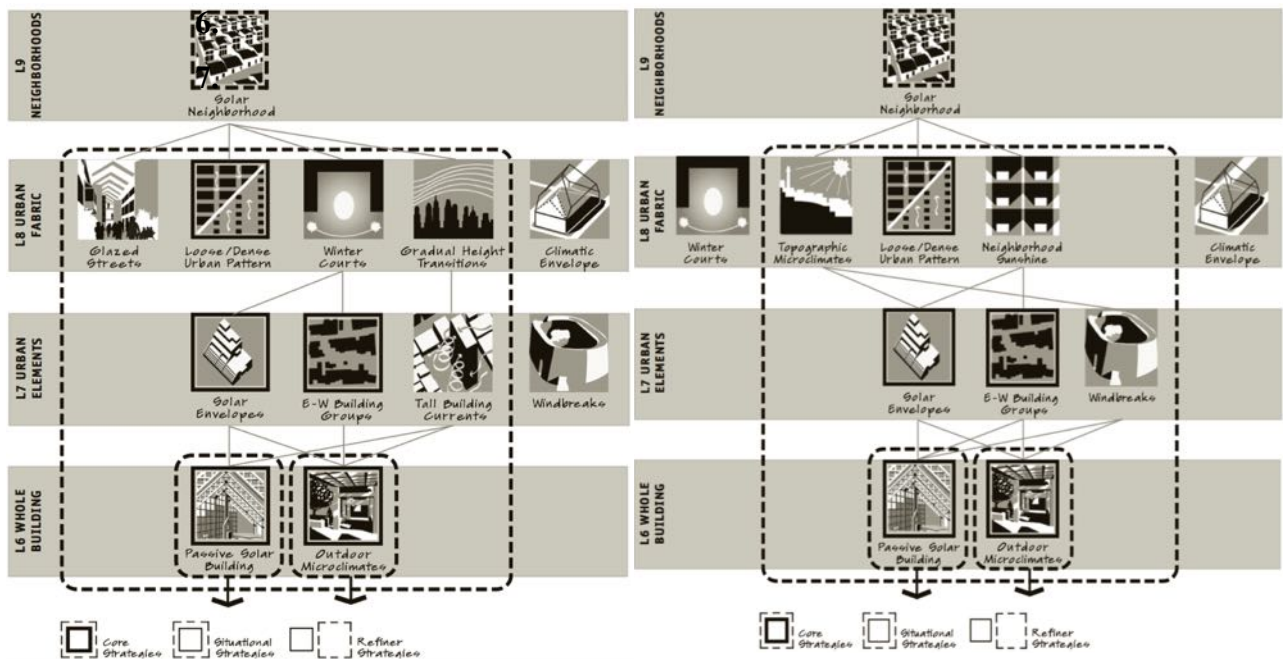


Figure 2.40 : Faisceau de quartier solaire à droite faible densité et à gauche haute densité (Source : Dekay et Brown, 2014).

2.5.2.3 Stratégies du vent :

Selon Van Esch les recommandations de conception urbaine en prenant considération le vent sont comme suit :

1. Quand les bâtiments sont plus hauts que leurs environnements avec un dépassement de quinze mètre (15 m), peuvent causer un inconfort due à une grande vitesse du vent. De tel différences dans les hauteurs des bâtiments sont à éviter, si cela n'est pas possible, les hauts bâtiments devront avoir leurs façades longues en parallèle à la direction dominante du vent. Les tourbillons frontaux et les écoulements de coins seront minimisés.

2. Les passages piétons ou pour cyclistes de préférence ne devront pas être exposé aux tourbillons frontales et aux effets de coins des hauts bâtiments, le même cas pour les places et les squares.

3. Il est possible de concevoir de hauts bâtiments sans avoir des effets négatifs du vent si leurs hauteurs sont relativement identiques avec un espacement de 0,7 de leurs hauteurs.

4. Le réseau de rues aligné avec la direction dominante du vent aura deux phénomènes, les rues perpendiculaires au vent auront la protection au vent la plus élevée, les rues parallèles ont une grande vitesse du vent. Le réseau de rue oblique à la direction du vent aura plus de motif de vent.

5. Les rues traversées par des ouvertures dans les canyons ou les bâtiments parallèles l'un à l'autre sont mieux alignés par rapport à la direction du vent pour prévenir le circuit de court pression.

6. Les rues parallèles à la direction dominante du vent ne devront pas être connecté à des espaces ouverts, si c'est le cas ces rues devront avoir de petits longueurs ($L/H < 4$).

7. Les petits places et squares, relativement petit ($W < 2Lg$) et clos donne une meilleure protection (Van Esch, 2015).

2.5.2.3.1 Méthode de Dekay et Brown :

2.5.2.3.1.1 Le Faisceau du Quartier refroidi :

Le faisceau du quartier refroidi : est définie comme la configuration du tissu urbain qui répond au climat par le promouvoir du refroidissement passif pour tous les bâtiments et les espaces urbains. Les points cibles de ce faisceau font minimiser les gains solaires et maximiser l'exposition au ciel dans la nuit, les climats arides bénéficient de l'évapotranspiration hors que les climats humides ne peuvent pas. Les arbres et les arcades améliore le refroidissement du tissu urbain. La conception du tissu urbain peut rendre le microclimat inconfortable ou confortables. Les effets du désigne urbain sur le microclimat rend la qualité de l'air mauvaise ou le contraire.

Stratégies principales :

Il y'a quatre stratégies pour concevoir un quartier refroidi et deux variations selon le climat :

1. **Haute ou faible densité du tissu urbain** : régule le régime basique du vent dans le tissu pour les rues parallèles au vent. Le ratio du blocage du vent est en fonction

de la hauteur des bâtiments, la surfaces de leurs façades exposées au vent dominant, et la largeur de la rue, les bâtiments bas avec des faces mines au vent créent plus de vent dans la rue. Le bon mouvement d'air dans la rue est important pour tous les climats chauds.

2. L'ombre général : c'est la stratégie la plus importante pour l'ombrage de la circulation piétonne des petits espaces ouverts et les bâtiments dont le rapport H/W faire pénétrer le soleil considérablement comme les façades orienté Sud. L'ombre des arcades et de la végétation surtout l'alignement d'arbre, refroidirent l'air l'après midi, mais quand le rapport H/W augmente le refroidissement diminue.

3. Refroidissement passif des bâtiments : est le bienfaiteur du refroidissement du quartier et de la création de son tissu. C'est un petit faisceau pour refroidir les bâtiments des les climats humides et secs à la fois.

4. Microclimats extérieur : bénéficient largement des stratégies de refroidissement du quartier qui forment son contexte et bloc ou admettent les forces de soleil, de vent et de la lumière. Il est également un faisceau de petites stratégies qui façonne le confort en plein air.

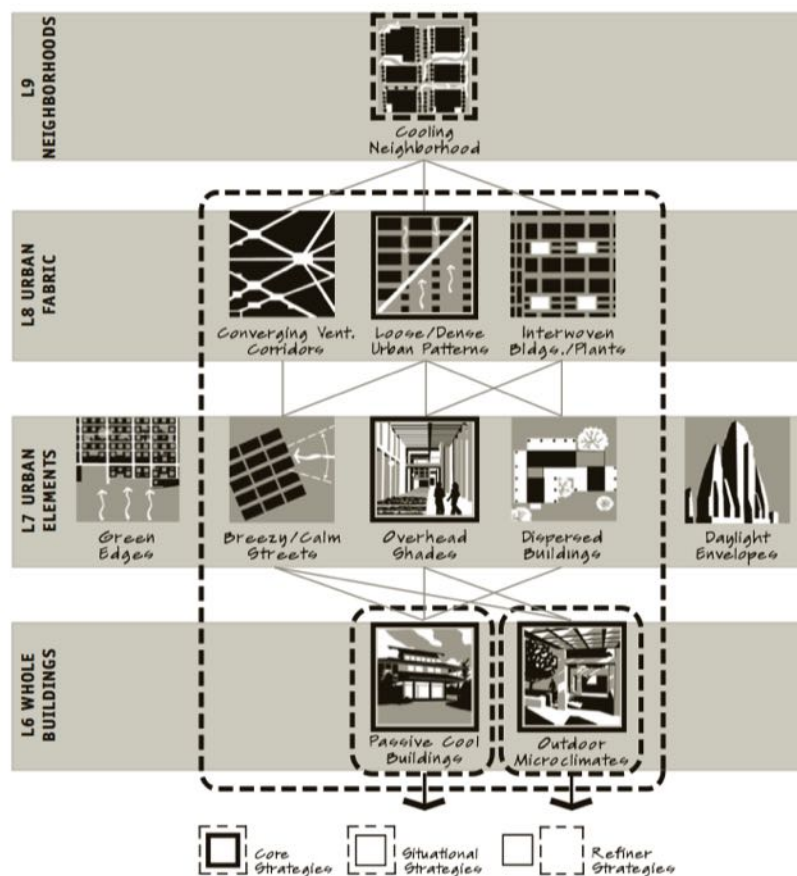


Figure 2.41 : Faisceau de quartier refroidi (Source : Dekay et Brown, 2014).

Dekay et Brown propose pour chaque faisceau une variation selon le climat ou un autre critères morphologiques, c'est une sorte de faisceau approprié à une situation bien précise : dans le faisceau quartier refroidi la variation est faite selon le climat, **des stratégies situationnelles** pour le climat chauds et aride sont proposé dans un faisceau de quartier refroidi pour le climat chauds et aride :

Stratégies situationnelles pour un climat chauds et aride :

L'ombrage est important dans les climats chauds-arides, mais le ciel est plus clair et le soleil souvent plus intense. De même, l'accès du vent est important, mais l'air peut être très chaud à certains moments. Ces facteurs se combinent pour déplacer plus les stratégies vers l'ombre et moins vers la ventilation. Les stratégies de refroidissement par évaporation deviennent également disponibles dans les climats arides.

Les stratégies :

1. **Bâtiments entrelacés et plan d'eau :** peut réduire la température de l'air si l'eau est soit très grand, comme un grand lac ou l'océan, avec des vents soufflant au-dessus, ou si elle se trouve dans des espaces semi-fermés, tels que des cours.

2. **Ombre partagée :** permet aux concepteurs de configurer les bâtiments à l'ombre de l'autre, en particulier dans les rues nord-sud.

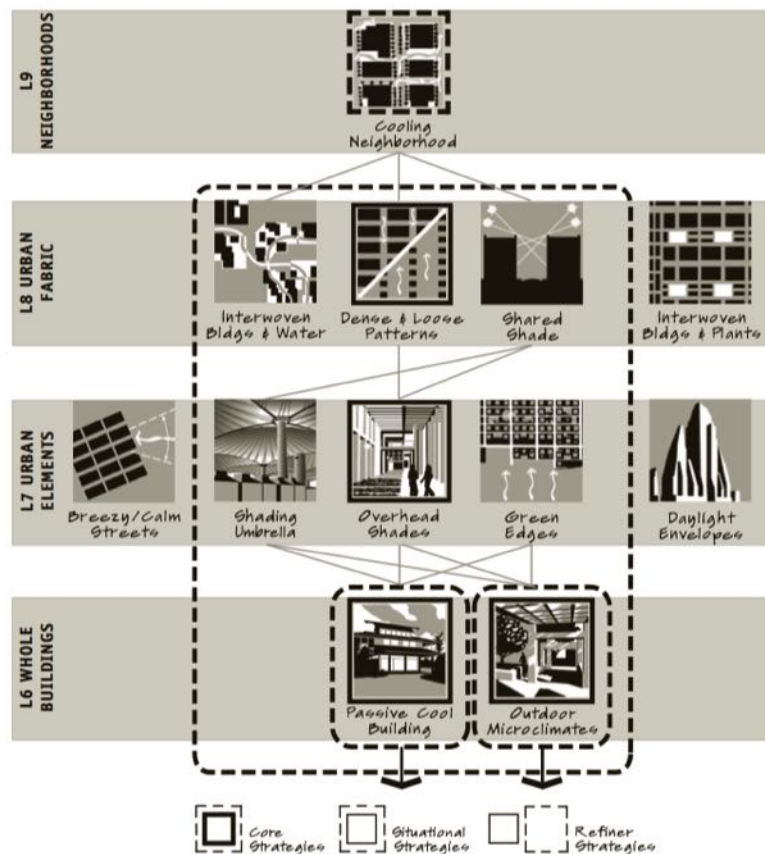


Figure 2.42 : Variation du faisceau de quartier refroidi pour climat chauds et aride (Source : Dekay et Brown, 2014).

3. Parapluie d'ombrage : fonctionne de façon similaire à l'ombre commun, mais sur une plus petite échelle en fournissant de l'ombre à certains espaces ouverts ou les tribunaux en façonnant les bâtiments et les bords environnants pour projeter des ombres.

4. Bandes vertes de végétation : refroidissent les brises de vent venant si elles sont relativement grand et irriguées ou ombragé. Lorsqu'elles sont situées face au vent du quartier construit, les bords verts peuvent également aider à enlever la poussière (Dekay et Brown, 2014).

2.5.2.4 Stratégies de la qualité de l'air :

La bonne qualité de l'air peut être obtenue dans les villes en appliquant une stratégie globale avec plusieurs composantes, dont certains seulement affecte le tissu de la ville elle-même. D'une manière générale, une telle stratégie peut être considérée comme un triple objectif (Erell et al, 2011) :

1. La réduction des émissions provenant de sources dans la ville ou dans ses environs immédiats.
2. La réduction de l'exposition aux émissions provenant de sources hors de la ville.
3. La fourniture d'une stratégie de ventilation efficace pour évacuer les polluants dans la couche de la canopée urbaine.

Une fois que la quantité totale de polluants atmosphériques est réduite, les stratégies sont nécessaires pour vider les particules restantes et les gaz de la couche canopée urbaine où les gens exercent leur activité. Une ventilation efficace des rues urbaines afin de réduire les concentrations de polluants peut être favorisée par l'application des lignes directrices générales suivantes :

- L'uniformité dans la hauteur du bâtiment, la largeur du canyon et la longueur du canyon doit être évitée. Les hauteurs de toit non-uniformément construits assurent une meilleure ventilation.

- Les toits en pente augmentent la turbulence et créent un mélange vertical de vent plus fort dans les canyons de la rue que les toits plats, aidant ainsi à la fourniture d'air frais et l'élimination des polluants à partir du niveau de la rue.

- Les canyons plus larges favorisent une meilleure diffusion des polluants. La géométrie du canyon devrait être limitée à la valeur de seuil pour le débit d'écoulement.

- La longueur des canyons urbains devrait être aussi courte que pratique, afin de promouvoir le rinçage aux intersections des rues par des tourbillons de coin.

▪ Lorsque la distance entre les intersections adjacentes est grande, la ventilation peut être améliorée en évitant les façades longues et continues au niveau de la rue : rinçage des polluants peut avoir lieu dans les espaces entre les bâtiments, si elles sont assez grandes.

2.5.2.5 Stratégies de la végétation :

La végétation peut être une stratégie intégrée dans un faisceau global comme dans les travaux de Dekay et Brown en 2014 ou elle peut être une stratégie distincte comme dans les recommandations de Van Esch en 2015 :

1. Fournir le maximum d'espaces verts qui remplacent les surfaces pavées améliorera l'évapotranspiration.

2. Les façades vertes assurent le refroidissement par évapotranspiration, ce qui est bénéfique car les routes très fréquentées sont souvent pavées d'asphalte.

3. Les façades vertes face à l'ouest fournira un refroidissement à travers l'ombrage et l'évapotranspiration au moment où il est le plus souhaitable et en outre de minimiser les pertes d'infiltration du bâtiment.

4. Les toits verts doivent être appliqués lorsque cela est possible, car ils absorbent le son, refroidir l'air et fournissent de l'ombrage du toit et l'améliorer la qualité de l'air.

5. Une combinaison d'arbres sur le côté Sud-Ouest d'un grand espace ouvert fournira l'abri du vent, ainsi que l'ombrage dans l'après-midi.

6. Les arbres à feuilles caduques sur le côté nord de l'est-ouest rue ou sur le côté est d'un nord-sud d'une rue fourniront l'ombre aux façades qui en ont besoin et fournir également plus d'ombre supplémentaire à la surface de la rue en été, tout en offrant un accès au soleil en hiver.

7. Les plantes et les arbres conifères ou une autre végétation à feuilles persistantes le long des routes avec une intensité de trafic fournissent le filtrage de l'air toute l'année.

8. Les petits espaces verts à de petites distances (parcs ou jardins d'environ 100 m² à des distances de 200 m) qui ont une combinaison d'herbe bien irriguées et les arbres forment un réseau d'îlot de fraîcheur pendant la journée et le refroidissement de l'ensemble du tissu urbain dans leur alentours.

9. Les grands espaces verts avec un rapport H/W <6 à grandes distances (parcs ou champs d'environ 20 hectares, à une distance d'environ 1 km) avec une faible

couverture végétale formeront un îlot de fraîcheur la nuit, fournissant un refroidissement nocturne à l'ensemble urbain tissu dans leur environnement.

10. Les fontaines peuvent être placés dans des espaces publics, comme les parcs ou les places, à proximité ou bordées de routes très fréquentées pour masquer le bruit.

Conclusion :

D'une simple branche issue de la biologie à une approche complexe qui intègre un grand nombre de connaissances qui se croisent à mi-chemin de plusieurs disciplines architecture, urbanisme, climatologie et météorologie etc... Dans ce présent texte on a éclairé le concept de conception bioclimatique urbaine entant qu'une échelle et un niveau intermédiaire dans l'approche globale de la bioclimatique en générale. La conception bioclimatique urbaine qui est en étroite relation d'un côté avec le microclimat urbain qui est l'un des échelles favorites. De l'autre côté la conception bioclimatique urbaine manipule la morphologie urbaine de la ville pour modifier le microclimat urbain de manière positive.

La connaissance approfondie sur le climat et ces échelles est une étape primordiale pour approché la fabrique de la ville d'une manière bioclimatique. Le climat dans les zones rurales n'est pas le climat dans les zones urbaines ce dernier reste l'état le plus critique du climat en rencontrant une ville. Le climat au dessus d'une ville est appelé au climat urbain, la branche de la climatologie qui traite du climat urbain est très récente mais dans les derniers temps cette branche a connu un grand essore, les publications sont largement vulgarisées pour partager les nouvelles connaissances acquises sur la couche limite urbaine ou la canopée urbaine, ou une nouvelle modification du microclimat dans un canyon urbain.

Le microclimat est l'échelle la plus basse du climat urbain, a trouvé une grande application dans la conception et la planification urbaine pour des fins du bien-être, du confort extérieur des personnes et de consommation d'énergie pour la ville et le bâtiment. Afin de maîtrisé le microclimat urbain il faut tous d'abord comprendre sa naissance et ses composantes climatiques changeantes au fil du temps. Les composantes du microclimat urbain à savoir le rayonnement solaire, le vent, l'humidité la qualité de l'air sont en interaction complexe et continue ce qui rend la tâche encore plus complexe et difficiles. Dans la conception bioclimatique urbaine le fait de comprendre la formation du microclimat urbain ne suffi pas pour le modifier positivement, il est obligatoire de

connaître les synergies entre la morphologie urbaine et le microclimat qui sont critiques, dans ce sens on a collecté l'ensemble des interactions entre les échelles de la morphologie urbaine et le microclimat.

La finalité de ces connaissances a permis de construire un ensemble de stratégies qui mène à une modification rationnelle du microclimat urbain. Le confort thermique et la consommation d'énergie sont des priorités pour les stratégies de conception bioclimatique urbaine. Des recommandations sont issue de plusieurs résultats de recherches pour former un grand répertoire qui regroupe tous les aspects de la morphologie urbaine et leurs influences sur le microclimat urbain.

Chapitre 3

Règlement urbain

Introduction

Règlement urbain

- 3.1 Historique des règlements urbains
- 3.2 Définition du concept
- 3.3 Evolution de la politique urbaine en Algérie
- 3.4 Le règlement urbain dans le contexte Algérien
- 3.5 Contenu du règlement urbain

Conclusion

Introduction :

Dans ce dernier chapitre théorique notre concept clé est le règlement urbain. Les sections qui suivent vont mettre en évidence ce concept selon plusieurs angles de vue. Le terme règlement nous renvoie à une piste de l'urbanisme bien précise qui est l'urbanisme réglementaire. Dans ce contexte on va tracer un bref historique de l'évolution du règlement urbain ainsi que sa définition. Le règlement urbain fait partie de la politique urbaine en Algérie, qui s'est évolué depuis la période coloniale jusqu'à nos jours actuels. Pour mieux mesurer notre concept une approche descriptive de son contenu est présente. Comme dernière section ce chapitre expose les contraintes réglementaires qui menacent la fabrication de la ville.

3. Règlement urbain :

3.1 Historique des règlements urbains :

3.1.1 L'invention du règlement comme rationalisation de l'architecture et de l'urbanisme :

La première tentative d'un règlement de l'espace urbain était faite dans la ville de *Hippodamus Miletus* 479 avant JC, il régla l'espace urbain selon le besoin du système politique par la systématisation de la forme urbaine par le biais de "subdivision des terres et des règlements de zonage ». Quatre siècles plus tard à Rome, Vitruve développera le concept de « règlements de développement » dans son célèbre ouvrage « *Dix livres d'architecture* ». Il a proposé un système de codification différenciée d'une partie de ce qui comprend les règlements urbains et les autres règlements de pièces d'architecture de contrôle des matériaux et des techniques de construction. Ainsi, il a tenté de contrôler la fondation d'une ville du macro échelle au micro-échelle (Ünlü, 1999).

Dans le monde Gréco-Romain, le règlement a deux fonctions de base, la première qui est la rationalisation et la légalisation de la propriété privée des terres urbaines au moyen de la subdivision de la terre, et la seconde est de fournir un contrôle public sur l'espace privé par voie de règlements de zonage et de construction, (Yener, 2003). Dans la ville médiévale le système de règlement juridique est presque invisible, la structure physique a évolué progressivement dans les règles de la possession et la propriété communale. Beaucoup de chercheurs soutiennent que l'harmonie physique de la ville médiévale est sans précédent.

Dans la période de la renaissance, lorsque la propriété privée a été emportée au lieu de possession avec la montée de l'État national, le droit romain a été réinventé comme un outil pour couvrir les besoins de développement des relations de propriété. En outre, l'activité de conception a été séparée de la construction et l'architecte de Renaissance a émergé comme un professionnel qui devait satisfaire les désirs apparents des marchands (Günay, 1999). Le plus cohérent d'eux est Battista Alberti plus qu'un architecte professionnel, Alberti a été le premier théoricien de la conception urbaine de la Renaissance. Son livre, « *De Architectura* » traite l'architecture et la conception de la ville comme un seul thème et adopte les principes de Vitruve dans l'architecture de Renaissance (Yener, 2003).

Par conséquent, dans les villes de renaissance et Baroque, l'Etat-nation a introduit une nouvelle interprétation du public sous le contrôle de l'Etat. Cette attitude de la société capitaliste occidentale à employer l'État et consoliderait ses institutions dans la ville réglementée par la municipalité du 19e siècle comme un mécanisme pour contrôler la production de l'espace (Günay, 1999).

3.1.2 L'émergence du règlement urbain moderne comme outil municipal pragmatique :

L'arrivée de la révolution industrielle a donné naissance à de nouvelles classes sociales, la société capitaliste moderne changera les rapports de propriété, une nouvelle période du développement urbain est émergée. Ces conditions font apparaître la planification urbaine, qui était une réaction à la ville industrielle. Les approches de planification de cette période peuvent être regroupées en trois ; l'utopiste, les approches pragmatiques et les approches haussmannien (Yener, 2003).

Les approches utopiques ont été fondées sur le déterminisme de l'environnement et que la société peut se transformer en changeant son environnement (Tekeli, 1980). Les pionniers de l'utopisme comme Robert Owen, Ebenezer Howard en Angleterre, Charles Fourier en France ont proposé de nouveaux modèles de règlement sur la base d'un groupe de villes visant à combiner les attractions de la ville et la campagne. Cette approche empirique a influencé plus tard Clarence Stein, inventeur du concept « **unité de voisinage** » (Yener, 2003).

Les approches pragmatiques ont été basées sur le contrôle et la régulation du développement urbain par l'administration municipale. Les racines des systèmes modernes de contrôle du développement et des codes urbains sont établis par ces

tentatives de régulation, qui visent principalement à améliorer les conditions sanitaires de la ville industrielle. L'apparition des premières lois en Angleterre en 1832 puis en 1848 qui introduit des prescriptions détaillées, y compris la formation de blocs urbains. La loi de 1875 était la plus importante ayant comme objet la santé publique. En conséquence de cette loi, le règlement type a été produit. Les règlements de construction étaient, à partir de ce moment-là, interprétés principalement en termes de législations publiques (TARN, 1980).

Les travaux d'Hausmann étaient une autre approche dans la planification urbaine du 19^e siècle. L'influence d'Hausmann sur la planification moderne ne se limite pas aux concepts de design, mais comprend également ses outils d'application. Il constitue un système de régulation de développement très stricte et détaillée pour contrôler le processus de construction. Ces codes ont apporté des restrictions strictes à la façade des variations et des normes déterminées à la rue paysage qui établissent des lignes identiques de platanes, les agneaux de la rue et les types de trottoir dans les trottoirs et les chaussées. Les règlements urbains haussmanniens ont prouvé l'influence d'un système législatif puissant sur la formation de l'espace urbain jusqu'à ses moindres détails (Kostof, 1992; Yener, 2003).

3.1.3 Le règlement urbain comme un outil de planification globale moderne :

La tendance dominante de planification jusqu'à 1907 était le modèle de la « *City Beautiful* », elle donne l'accent sur la création de centres civiques, les parcs urbains et les boulevards. Les instruments de planification tels que la planification de l'utilisation des terres, le zonage, les normes urbaines ont été améliorées dans cette période, dans le cadre des principes de Patrick Geddes résumés comme « enquête, analyse, plan » qui constitue la base scientifique de la planification urbaine.

En outre, dans ces années, le mouvement fonctionnaliste, de Mies Van der Rohe, Gropius et Le Corbusier, établira la base de la tradition moderniste en architecture et en design urbain avec la Charte d'Athènes du CIAM en 1933. Par conséquent, la compréhension de l'espace progressiste-fonctionnaliste du CIAM et l'approche de planification globale se chevauchaient. Deux d'entre eux suggèrent un type de production de l'espace sous le contrôle total de l'Etat, et la domination de la propriété publique. Dans ce contexte, le plan directeur a été l'instrument de base de la planification globale qui était censé de contrôler toutes les décisions d'utilisation des terres, la densité et de la circulation. Le zonage était le principal outil pour appliquer ces décisions de planification.

D'autre part, le design urbain traité comme une conception de produits d'architecture dans une propriété dominée par les organes de l'Etat (Yener, 2003).

Néanmoins, les critiques pour le mouvement progressiste de la conception urbaine ont commencé à sa période la plus influente, dans les années 1950. Le **modèle culturaliste** qui est inspirée par la vision d'une communauté culturelle est venu comme anti thèse du **modèle progressiste**, défendant une ville hygiénique avec une séparation des fonctions et de mettre l'accent sur l'air, le soleil et la verdure dans un cadre géométrique, le modèle culturaliste a défendu l'intégration des fonctions, ce qui accentue l'espace urbain culturaliste des tissus urbains spontanés (Günay, 1999).

3.1.4 Le règlement urbain comme un outil pour l'intégration de la planification et la conception urbaine :

Les grandes opérations de reconstruction, les énormes projets d'infrastructure, les colonies de banlieue, le zoning fonctionnel, tous ces produits de planification urbaine sont critiqués comme la principale cause des problèmes des villes capitalistes. Ces critiques sont bien exprimés dans les travaux de Jane Jacobs dans son ouvrage « Déclin et survie des grandes villes américaines ». Jacobs a accusé les modernistes d'avoir créé un environnement monotone, et ennuyeux qui détruit la diversité et la vivacité de la vie urbaine (Yener, 2003). Dans le même sens Leon Krier qualifie le zoning fonctionnel comme source de la pauvreté symbolique des villes modernes, pour remédier il a proposé l'idée de la ville écologique où toutes les fonctions urbaines sont fournies à distance de marche, pour réaliser la richesse symbolique des villes anciennes. Après les années 1960 les conditions changeantes des économies occidentales ont redéfini la relation entre la planification et la conception. L'émergence du désigne urbain comme une architecture à grande échelle a modifié le mode de production de la forme urbaine, et a diminué le contrôle total de l'État. Le règlement urbain réclamerait un nouveau rôle dans cette redéfinition de la relation entre la planification et la conception (Yener, 2003).

3.2 Définition du concept :

3.2.1 Définition :

Selon le dictionnaire Larousse le mot « **règle** » signifie la prescription de l'ordre de la pensée ou de l'action, qui s'impose à quelqu'un dans un cas donné. Le sens scientifique renvoie à une prescription propre à une science, une technique, une activité déterminée et qu'il importe de suivre dans leur étude, leur pratique. Chez les juristes la « **règle** » est la norme juridiquement obligatoire, quelle que soit sa source (loi, coutume,

usage, constitution), son degré de généralité (règle générale, règle spéciale) ou sa portée (règle absolue, rigide, souple). La Règle juridique émane d'une autorité supérieure par rapport à celui qui l'applique, elle est donc générale et impersonnelle avec une sanction immédiate.

La règle d'urbanisme selon Choay et Merlin, est la disposition juridique qui figure au règlement du POS qui édicte :

- Soit une interdiction, comme l'interdiction de construire ou de lotir.
- Soit une limitation, tel que la limitation de la hauteur des constructions ou de leur densité, coefficient d'occupation des sols.
- Soit une prescription, comme l'obligation de réaliser un certain nombre de places de stationnement ou de planter (Merlin, et al., 1988).

Le terme règlement est l'action de régler, selon le dictionnaire Larousse, règlement est l'action de fixer ce qui doit être dans un domaine légal, ou c'est l'ensemble des mesures auxquelles sont soumis les membres d'une société, d'un groupe, etc. Le règlement est l'action de régler, de déterminer, de soumettre quelqu'un à une règle, à une discipline. Au sens du droit public, un règlement est une disposition prise par certaines autorités administratives, auxquelles la Constitution donne compétence pour émettre des règles normatives. Tels sont les décrets du Président de la République (certains sont pris après avis du Conseil d'État et portent le nom de Règlement d'Administration Publique) et les arrêtés pris par les ministres du Gouvernement, les préfets, les sous-préfets et les maires des communes, dans la limite de leurs attributions (Braudo, 1996).

Selon De-Boe en 1990 le « **règlement urbain** » est un outil d'urbanisme qui vise à orienter les aspects formels du développement des communes, quelles que soient les caractéristiques de leur bâti et de leur paysage en fonction d'un parti urbanistique (De-Boe, 1990). Le **règlement urbain** dans sa forme contemporaine, au fond, est un outil pour contrôler les conditions de construction et les formes des unités qui sont produites dans le modèle de développement de l'intrigue agglomérées de la ville. De cette manière, il est une partie inséparable de la planification urbaine moderne (Yener, 2003). Pour Murrain et Bolgar, le règlement urbain présente un système d'exploitation qui, donne une vision, une langue et un ensemble d'instructions pour savoir comment une ville, un village ou d'un quartier doivent être conçus et construits. Le règlement est essentiellement un contrat entre le promoteur le constructeur et la municipalité (Murrain, et al., 2004). Pour d'autres chercheurs le règlement urbain est défini comme un système destiné à spécifier

les attributs des éléments urbains ou des éléments de construction pour influencer sur le caractère ou le fonctionnement de l'ensemble du développement urbain (Zhenbo, 2013).

Les **règlements d'urbanismes** guident le développement de la ville dans une certaine période, ces règles ressemblent à des instructions qui mènent le développement de la ville en terme de constructions de bâtiments, les espaces urbains, les parcs, les rues, etc. L'ensemble des règles modifie et influence la forme urbaine, le zoning régissent les espaces entre les bâtiments, leurs hauteurs, l'emprise et l'occupation du bâti. En conséquence, les règlements d'urbanisme ont un grand impact sur le microclimat dans les zones urbaines (Yahia, et al., 2013).

Les objectifs du règlement urbain peuvent être organisés en trois catégories, les règlements à des objectifs utilitaires, comme les règlements d'hygiène et de sécurité, ces objectifs sont dans l'ordre de la planification urbaine. La deuxième catégorie est liée à la nature du tissu urbain, elle concerne la création ou la préservation des zones à caractères particuliers, ou la promotion de l'aspect architectural, ces objectifs sont étroitement liés à ce que nous appelons aujourd'hui le design urbain. La dernière catégorie des objectifs a un rapport avec l'ordre social, l'identité et la solidarité sociale. Ces derniers pourraient être identifiés avec la tradition utopique dans la planification urbaine (Marshall, 2011).

3.2.2 Caractéristiques des règlements :

Carmona et al estiment que les règlements urbains procèdent des caractéristiques générales divisées en deux catégories la première est qualifié comme essentiels et la deuxième comme facultatifs.

Les attributs essentiels :

- Les règlements sont des documents écrits, hors que les concepteurs ont besoin souvent de dessins. En d'autres termes, il y a une rupture entre les rôles des écrivains des règlements et les concepteurs du bâtiment.
- Les règlements se rapportent à plusieurs échelles, d'une échelle de la forme construite de bâtiments individuels aux quartiers et aux villages entiers.
- Les règlements sont proactifs dans la spécification de ce qui est bon plutôt que d'opposer ce qui est mauvais.
- Les règlements sont spécifiques en termes de formes en trois dimensions qui peuvent ou doivent être utilisés. En général, ils sont préoccupés par la forme et le type plutôt que la fonction.

- Les règlements ont tendance à être prescriptif, fournissant un ensemble d'instructions précises, plutôt que de fournir des orientations générales ou des conseils.
- Les règlements ont tendance à engager une gamme de concepteurs urbain professionnels, généralement, y compris l'architecture, l'urbaniste, l'ingénierie et le paysagiste.
- Les règlements ont tendance à être précis dans les caractéristiques architecturales telles que les murs, les toits, et leurs matériaux, etc.
- Les règlements sont généralement associés à des sites plus importants-supérieures à l'échelle géré par un seul architecte.
- Les règlements sont généralement conçus comme un guide de gestion au cours ou à long terme d'un développement, et pas seulement un seul acte de conception suivie par la construction.
- Les règlements font en réalité partie d'un accord juridiquement contraignant.

Les attributs facultatifs :

- Les règlements peuvent soutenir un plan directeur général ; peut être précédé par un plan directeur spatial dans le cadre de développement ou d'autres travaux de conception.
- Les règlements peuvent être établis pour l'application à un site spécifique.
- Les règlements peuvent avoir la participation du public ou intervenants intégrés dans son processus.
- Les règlements peuvent être utilisés pour générer un style urbain traditionnel, mais sont capables de générer tout autre style désiré.
- Les règlements peuvent être utilisés pour créer des développements de haute qualité en utilisant des matériaux de haute qualité, etc., mais ne doivent pas seulement être pour les riches (Carmona, et al., 2006).

3.2.3 Classification et analyse des règles urbaines :

Selon Jacquot en 2007 les règles urbaines peuvent être analysées selon plusieurs critères, sois par :

- Le caractère obligatoire ou facultatif de l'édiction de la règle ;
- La finalité.
- L'opportunité.

- L'harmonisation de chacune des règles avec les autres (problèmes de cohérence interne du règlement).
- Le mode technique d'édiction de la règle.
- Les possibilités d'exceptions et de dérogations contenues dans l'énoncé même de la règle (Jacquot, 2007).

3.2.3.1 Règle générale et règle alternative :

Jean-François Inserguet en 2007 définit **la règle générale** et **la règle alternative** ou d'exception. Une règle générale est une règle usuelle édictée par la législation. La règle alternative ou exception consiste à prévoir, à côté d'une règle générale, une ou plusieurs règles subsidiaires visant des hypothèses plus limitées que cette dernière. La mise en œuvre d'une exception ou règle alternative constitue donc une simple application du règlement et non une mise à l'écart de ce dernier. Elle se distingue en cela de la dérogation et de l'adaptation mineure (Inserguet, 2007).

3.2.3.2 Règle objective et règle appréciative :

En terme d'objectivité, Godfrin en 2007 distingue deux types de nature de règle, les **règles quantitatives ou objectives** et les **règles qualitatives ou appréciatives**. Une règle objective (quantitative) signifie qu'elle indique une expression métrique ou numérique (pourcentage minimal d'espaces verts, nombre minimal d'arbres exigés...). Ce type de règle est très rigide et ne tient pas compte de la variété des situations. En revanche une règle appréciative désigne la nécessité d'une appréciation au cas par cas de l'autorité administrative, peuvent être un bon compromis entre souplesse et sécurité juridique dès lors que les critères d'appréciation sont définis avec soin (Godfrin, 2007).

3.2.3.3 Règle permissive et règle impérative :

Une autre typologie est faite selon le degré d'obligation de la règle dans ce sens Henri Jacquot dit que : « *Une autre voie consiste à accorder une place à des notions synthétiques ménageant une part d'appréciation et à des règles formulées de manière permissive plutôt qu'impérative.* Gilles Godfrin définit une **règle impérative** comme la règle dont l'autorité administrative doit impérativement assurer son respect. **La règle permissive** qui confère à l'autorité en charge de la délivrance des autorisations d'urbanisme le pouvoir – mais non l'obligation – d'en faire application (Godfrin, 2007).

3.2.3.4 Classification selon le domaine d'influence :

Une autre classification est faite par Belkaïd et Ben Saci en 2010, cette classification divise les règles urbaines en trois catégories, chaque catégorie correspond à un statut soit public, de voisinage ou privé selon l'influence de la règle. Les deux chercheurs distinguent le domaine public, le domaine de voisinage et le domaine privé.

3.2.3.4.1 Règles gérant le domaine public :

C'est l'ensemble des règles qui séparent l'espace public de l'espace privé, en identifiant les limites de séparation et les rapports qui les lient. Elles regroupent le prospect, l'alignement, la hauteur maximale des bâtiments et les pentes des toitures (Belkaïd, et al., 2010).

3.2.3.4.2 Règles gérant le domaine de voisinage :

Cette classe de règle génère les conditions inter-parcelles, par la définition des relations entre les constructions appartenant à des parcelles voisines. C'est les règles qui gèrent l'ensoleillement, l'éclairage naturel, l'aération, les servitudes de vue, le prospect par rapport à limite mitoyenne et la servitude de claire du jour (Belkaïd, et al., 2010).

3.2.3.4.3 Règles gérant le domaine privé :

Les règles relatives au domaine privé sont dites aussi les relations intra-parcelle, elles définissent les conditions liées à une ou plusieurs constructions appartenant à la même parcelle. Elles déterminent les conditions de construction des terrains, en fixant le coefficient d'occupation du sol, le coefficient d'utilisation foncière, la distance entre les bâtiments appartenant à une même parcelle et la taille des (Belkaïd, et al., 2010).

3.3 Evolution de la politique urbaine en Algérie :

Le parcours de l'urbanisme et ses instruments politiques et techniques vécu en Algérie est un parcours aussi escarpé et riche que celui de la gestion du patrimoine foncier. Pris au cours de son histoire, les politiques urbaines en Algérie demeurent fort imprégnées par les reliquats légués par l'héritage colonial et les germes de l'évolution universelle de l'urbanisme soumis aux aléas du progrès technique et des technologies de la modernité. Cette dynamique rapide et d'une croissance en perpétuelle évolution grosse de survivances passées n'a pas manqué d'influer les mutations des instruments d'action sur l'espace urbain.

3.3.1 Période avant la colonisation française (avant 1830) :

L'environnement urbain algérien au fil du temps a dessiné plusieurs villes dans différentes époques, ce qui le rend très riche en matière production urbaine. Les anciennes villes phéniciennes qui ont existés à l'antiquité ont devenus les noyaux des villes puniques, numides et romaines. Caractérisées par leurs comptoirs distribuées le long de la côte algérienne ces villes sont actuellement les villes côtières les plus connues comme : Annaba, Skikda, Collo, Jijel, Bejaïa, Dellys, Alger, Tipaza, Cherchell, Tènes, Ghazaouet. Les villes romaines qui ont existé en Algérie étaient le résultat de la colonisation de l'empire romain leurs emplacement vient de remplacer les emprunte des villes phéniciennes. Comme toute villes romaines ces villes implantés en Algérie étaient ordonnées par les deux fameux axes Nord-Sud (Cardo) et Est-Ouest (Decumanus) dont le croisement aboutit généralement au forum.

Les villes arabo-musulmanes l'arrivé de l'Islam en Algérie était accompagné par l'importation de la tradition islamique en urbanisme, caractérisée par les activités de commerce et d'artisanat. L'ensemble des noyaux des casbahs et des ksour ont été édifier au huitième et neuvième siècle, avec des normes et des règles de planification de la société musulmane. L'influence Ottomane est commencée avec la venus des musulmans de l'andalouse sers la fin du 15^{ème} siècle, la contribution Ottomane était sous forme d'une dynamique culturelle, économique et politique (Lakhdar Hamina, et al., 2015).

3.3.2 Période de la colonisation française (1830-1962) :

L'urbanisme moderne en Algérie, dès sa naissance, est nettement lié au fait colonial. Une grande partie de nos espaces urbains demeurent le produit colonial français. Autant dire que l'évolution de l'urbanisme en Algérie continue de subir jusqu'à présent les expériences et les modèles français. Il est quasi impossible d'aborder l'histoire de l'urbanisme et des villes en Algérie en ignorant le fait colonial.

3.3.2.1 La période de 1830-1919 :

L'initiation à la politique urbaine dans la période 1830-1919 ont été caractérisé par l'application du plan d'alignement et de réserves qui demeure l'outil principal régissant le cadre urbain des villes algérienne jusqu'à 1919, il avaient comme objectif :

- Fixer les alignements et les largeurs des rues nouvelles à ouvrir et des espaces publics.
- Les réserves foncières pour l'affectation des édifices publics.
- La délimitation des servitudes militaires.

- La création des différents lotissements.

3.3.2.2 La période de 1919-1948 :

La planification urbaine, en France et dans ses colonies, est née après le premier conflit généralisé avec la loi CORNUDET (1919-1924) qui institue les plans d'aménagement et d'extension et d'embellissement avec introduction d'une mutation méthodologique conséquente. Le plan d'urbanisme répond au souci de gérer une extension et une croissance urbaines rapides et à grande échelle, situation découlant de la prolifération du commerce, de l'industrie, des échanges et de la population. Cette loi de CORNUDET a été rendue applicable à l'Algérie par décret du 05/01/1922. Alger fut l'une des premières villes de l'Empire français à être dotée de son plan en 1931, sachant que les colonies françaises constituaient des cobayes de laboratoires pour les méthodes innovatrices de l'urbanisme de plan. Tous les principaux protagonistes de l'école française de l'urbanisme de plan tels que Prost et Danger ont exercé leur savoir-faire au sein de ces colonies, notamment à Alger.

Sans rompre radicalement avec l'art urbain et l'urbanisme d'alignement avec sa dimension esthétique et son intérêt pour la composition urbaine et l'embellissement, ces méthodes récentes utilisent des concepts et des outils nouveaux, telle que l'analyse urbaine, le programme, le zonage, les systèmes de transport et de circulation.

Mais, il s'agit d'une courte expérience d'entre-deux-guerres dans laquelle la conduite modérée à l'encontre des formes historiques de la ville et l'application timide des plans d'aménagement, d'embellissement et d'extension, n'ont laissé ni de grandes marques sur la ville algérienne de cette époque (1914-1945) ni sur son caractère « haussmannien ». Il en résulte que les rues, les îlots, les espaces publics et l'alignement n'ont pas été remis en cause.

Toutefois, l'importance de l'époque se résume dans l'introduction de la planification et du document-plan dans la pratique urbanistique. L'Algérie, ayant vécu cette mutation, a adopté cette conduite de façon précoce en s'engageant dans la planification moderne avec établissement des plans d'aménagement, d'extension et d'embellissement, ainsi que la création d'une Région Algéroise d'urbanisme, en 1937, et les remarquables projets de Le Corbusier pour Alger. Ce qui n'a pas manqué de susciter les débats tant sur le plan local qu'international et qui attestent du changement d'échelle et de nature de la planification urbaine en dépit du caractère archaïque de la colonisation durant cette époque. Ce n'est qu'après-guerre (1939-1945) que le plan d'aménagement,

d'embellissement et d'extension a été abandonné à cause des idées désuètes de l'art urbain qu'il véhiculait (Saidouni, 2000).

3.3.3 Période après l'indépendance :

La politique nationale en matière d'urbanisme a été marquée, de 1962 à 1990, par un volontarisme de la part de l'Etat dû aux moyens financiers suffisants et à une conduite politique socialiste et totalitaire. D'ailleurs, même sur le plan technique, l'Algérie n'a pas échappé au « tout planifié », qui caractérisa l'urbanisme d'après-guerre jusqu'à la fin des années 1970. L'urbanisme a été gagné par la primauté de la fonctionnalité, de la programmation (grilles d'équipements), d'un rythme soutenu de l'urbanisation et de l'importance du développement économique.

Il s'est avéré donc que l'Algérie a été soigneusement préparée à ces méthodes urbanistiques par la réalisation des expériences d'une colonisation mourante, largement reconduites au lendemain de l'indépendance. La tendance qui se dégage de la fin des années 1960 jusqu'aux années 1970, révèle l'intérêt exclusif pour les activités productives. L'application du Plan de Constantine d'avant-guerre et le choix des industries d'après-guerre qui les inspire ont eu des effets directs et radicaux sur l'aménagement de l'espace national, notamment sur les parties du territoire destinées à accueillir les activités de production massive (hydrocarbures, sidérurgie, industrie mécanique lourde et.), sans que la ville algérienne ne se développe en contrepartie ni au plan qualitatif ni au plan quantitatif (Saidouni, 2000).

Les villes devaient assumer d'importantes activités industrielles tout en accueillant une partie de la population rurale prolétarisée, cependant leur aménagement n'a été ni suivi ni priorisé. Des dysfonctionnements sont apparus occasionnant des retards de la ville algérienne en termes de qualité des espaces urbains et surtout l'impossibilité à satisfaire la demande en logement et en équipement. Autant dire que la planification urbaine en Algérie n'était qu'une planification tout court durant les deux premières décennies de l'indépendance sans être une « véritable planification spatiale urbaine ». Cette planification bénéficiait toutefois d'importants efforts d'investissement d'un côté et de l'autre d'une approche sectorielle. Ce qui revient à dire que la masse grandiose des investissements productifs ne correspondait pas à l'espace d'urbanisme extrêmement contigu réduit au secteur urbain.

3.3.3.1 La période de 1962 à 1966 :

Dans cette période critique qui suit la déclaration de l'indépendance la politique des pouvoirs publics était censé de trouver des solutions urgentes aux situations politiques, sociales et économiques, en se basant sur l'urbanisme coloniale (loi de 1958 que la France a essayé de l'appliquer en Algérie en 1960). L'état a fait une rupture avec les textes de colonisation par la promulgation de la loi du 24 aout 1962 portant protection et gestion des biens vacants inoccupés après le départ des colons. Ce décalage dans l'application des textes va générer une situation gelée en terme des transactions du foncier, une urbanisation modérée et une stagnation de la construction privée (Lakhdar Hamina, et al., 2015).

3.3.3.2 La période de 1967 à 1977 :

Les premiers plans de développement le 1er triennal 1967-1969 et le 1er quadriennal 1970-1973 ont induit une polarisation des investissements à caractères industriel et économique. Ils ont provoqué à outrance une concentration d'urbanisation dirigée par l'administration (Projets sectoriels, PCD) et spontanée par les administrés (lotissements) au niveau d'abord des centres urbains côtiers conçus en bacs aspirateurs par l'histoire coloniale et reconvertis en comptoir d'échanges (terminaux des infrastructures de transport des hydrocarbures).

Très vite les déséquilibres se sont fait ressentir au milieu de l'année 1970 et un rééquilibrage spatial des investissements économiques fut préconisé lors de la charte nationale de 1975 et pris en charge lors du 2ième quadriennal en 1974 et du 1er quinquennal en 1980. Les villes de l'intérieur bénéficient d'un rythme de croissance plus soutenu. La promotion administrative de bon nombre de villes, due au découpage territorial de 1984, ainsi que les options stratégiques des hauts plateaux ont conduit au bond de développement d'anciens centres administratifs coloniaux (Batna, Sétif, Tiaret, Médéa, Bouira) par la seule politique de décentralisation et d'équilibre régional. Ce choix répondait à deux critères : le critère historique de la ligne de l'Emir Abdelkader et le critère militaire de mettre hors de portée de la flotte maritime les infrastructures des villes nouvelles (Saidouni, 2000).

Cette urbanisation accélérée du territoire engendrait des écueils de gestion insurmontables pour tout centre urbain non préparé ni sur les plans quantitatif et qualitatif, ni encore moins sur le plan des équipements et des infrastructures. Il faut ajouter la croissance démesurée des autres villes littorales et des anciens centres délaissés.

La polarisation des activités productives a été le fait d'une diffusion des programmes d'investissement à travers l'ensemble du pays. En dépit de ses effets négatifs sur l'espace urbain dans l'inexistence d'une politique réelle d'aménagement urbain, elle aura le mérite néanmoins de conserver l'équilibre de l'armature urbaine algérienne, sauf le poids écrasant d'Alger.

3.3.3.3 La période 1978 à 1988 :

Le lancement du plan quinquennal de 1980 qui avait les même objectif et perspectives des plans précédents était fait à cause du nombre des équipements programmés n'a pas été achevés vu la courte durée des plans triennal et quadriennal.

Cette période a connu un changement remarquable dans la planification et l'aménagement urbain, avec le début de l'abondant des anciens instruments de planification urbaine l'apparition de nouveaux instruments d'urbanismes plus élaborés et orientés vers la l'occupation rationnel du sol et non vers la programmation des investissements pour garantir une maitrise spatiale de l'aménagement à l'échelle de l'agglomération, de la commune ou même une partie de la commune (Lakhdar Hamina, et al., 2015).

Le tout planifié a livré toutes ses limites pour que l'Etat en vienne à créer le Ministère de la Planification et de l'Aménagement du Territoire (MPAT) qui a pour mission essentielle de coordonner les programmes sectoriels selon l'approche globale du Territoire. Ce fut le signe distinctif qui annonce le changement de cap à 180°. L'Agence Nationale pour l'Aménagement du Territoire (A.N.A.T) a été créée en 1980 en vue d'appliquer la loi sur l'aménagement du territoire qui initie une approche globale qui distingue entre les différentes échelles d'aménagement du territoire national à la ville. L'A.N.A.T a été chargée d'établir des monographies des Wilayas du pays afin de les insérer selon leur vocation, leurs richesses, leurs potentialités économiques et leurs capacités au sein des schémas d'aménagement tels que définis par la loi sur l'aménagement du territoire (loi n°87-03 du 27/01/1987). Le SNAT (Schéma national d'aménagement du territoire), le SRAT (schéma régional d'aménagement du territoire) et le PAW (Plan d'aménagement de wilaya) représentent les principaux instruments d'aménagement du territoire. L'Algérie opte dès les années 1990 pour les instruments spécifiques tels que le SDAL (Schéma directeur d'aménagement du littoral) (Saidouni, 2000).

3.3.3.4 La période de 1988 à 1989 :

C'est la période de la crise socio-économique et politique engendré par la baisse du prix du pétrole, suivie les événements d'octobre 1988, ces conditions ont ralenti la politique de l'aménagement du territoire. La crise va ouvrir de nouvelles pistes vers l'économie libre induit par la nouvelle situation socio- économique et politique qui a conduit à un processus de changements politiques et économiques concrétisés dans la constitution de 1989. Ces changements vont donner impulsion à une série de textes règlementaires et juridiques relevant des domaines de l'aménagement, l'urbanisme et de l'environnement (Lakhdar Hamina, et al., 2015).

3.3.4 La Période actuelle :

3.3.4.1 La période de 1990 à nos jours :

Les nouveaux instruments d'urbanisme ont été rivés sur une gestion rigoureuse et plus économe des sols, et davantage renforcés par une réglementation urbaine fournie. L'urbanisation monofonctionnelle ayant prévalu durant les années 1970, mérite d'être remplacée par une urbanisation polyfonctionnelle au sein de laquelle s'instaure l'équilibre, l'intégration et la complémentarité des diverses fonctions urbaines (habitat, commerce, agriculture, industrie) dans le but de préserver l'environnement et les richesses naturelles, notamment les terres agricoles l'urbanisation menace de dévorer.

Cette nouvelle vision s'est traduite pratiquement par la promulgation de la loi relative à l'aménagement (loi n°90-29 du 01/12/1990) qui introduit un Plan directeur d'Aménagement Urbain (P.D.A.U) au rôle prévisionnel (long terme) et un Plan d'occupation des sols (P.O.S) au rôle réglementaire (moyen terme). Mais, théoriquement la démarche envisagée pour établir des documents d'urbanisme a été soumise à une navette continue pouvant intégrer des dimensions négligées par la démarche linéaire traditionnelle du P.U.D. Cette complexité reste difficilement assimilable par des concepteurs sous-employés et marginalisés par des décennies de pratique urbanistique bureaucratique. Néanmoins, la nouvelle politique urbaine apporte des innovations sur les plans théorique et méthodologique (sur la feuille) quant à la prise en charge de la qualité urbaine, des échelles mineures et de la spécificité locale.

La nouvelle vision de l'aménagement urbain adopte le Plan d'urbanisme pouvant concerner un groupement de communes ou agglomération par le fait de l'intercommunalité et non plus une seule commune avec son P.U.D car il reconnaît les diverses échelles de l'aménagement urbain (agglomération, commune, partie de

commune ou quartier). Mais l'influence française demeure puisque le P.D.A.U s'apparente au S.D.A.U. (Schéma Directeur d'aménagement et d'urbanisme). L'ampleur des pratiques exercées par le P.U.D contredisent l'esprit dans lequel le P.D.A.U. a été élaboré. A titre purement illustratif, la ville de Béchar fonctionnait avec un P.U.D pour 110.000 habitants qui s'est vu reconduire en P.D.A.U avec les mêmes échelles pour une population qui est passée à près de 300.000 habitants. L'ANAT avait préconisé un plan intercalaire pour corriger les déficits et rattraper la gabegie.

Si l'élément le plus adéquat est la délimitation des sols selon les usages et le mode de propriété, il n'en demeure pas moins que la maîtrise de la nature juridique du foncier s'impose vis-à-vis de la nouvelle politique foncière qui postule la réhabilitation de la contrainte foncière comme élément de base pour la rationalisation de l'occupation des sols. Le Plan d'urbanisme fait aussi la nette distinction entre les zones d'intervention ou d'urbanisation et les zones à protéger (terres agricoles à haut rendement, sites archéologiques, monuments historiques). En outre, le Plan d'urbanisme rationalise les actes d'urbanisme (expropriation, lotissement, construction, démolition et les différentes autorisations y afférentes). Les instruments d'urbanisme, opposables aux tiers, limitent l'arbitraire de ces actes par le recours aux outils de contrôle de l'occupation des sols (Saidouni, 2000).

3.4 Le règlement urbain dans le contexte Algérien :

3.4.1 Dispositions législatives et des dispositions règlementaires :

3.4.1.1 Dispositions législatives (les lois) :

Le règlement urbain algérien est régi par un ensemble de dispositions législatives (les lois) et des dispositions règlementaires (les textes d'application : Décrets exécutifs). Le texte législatif dominant dans la réglementation urbaine actuel est la **loi n°90-29 du 1 Décembre 1990** relative à l'aménagement et l'urbanisme modifier et complété par la **loi 04-05 du 14 août 2004**, le champ d'application de la **loi n°90-29** a pour objet d'édicter les règles générales visant à organiser la production du sol urbanisable, la formation et la transformation du bâti dans le cadre d'une gestion économe des sols, l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que la préservation de l'environnement, des milieux naturels, des paysages et du patrimoine culturel et historique sur base du respect des principes et objectifs de la politique nationale. Cette loi a créé de nouveaux instruments et elle a prévu une série de procédures, complétées par décrets, pour le contrôle du respect de ces instruments par les

constructeurs lotisseurs et démolisseurs qui produisent ou transforment le cadre bâti (Guerroudj, 2013).

Loi n°06-06 du 20 février 2006 : portant loi d'orientation de la ville. Dans son article 2 faisant état des principes généraux de la politique de la ville, il est stipulé que la gestion de proximité : selon laquelle sont recherchés et mis en place les supports et procédés destinés à associer, directement ou par le biais du mouvement associatif, le citoyen à la gestion des programmes et actions concernant son cadre de vie et d'en apprécier et évaluer les effets engendrés.

3.4.1.2 Dispositions règlementaires (décrets exécutifs) :

Les dispositions règlementaires ou les textes d'application sont souvent les décrets exécutifs qui font préciser tous les points ambigus ou non détaillés dans les textes législatifs. On cite le **décret-exécutif n°91-175 du 28 mai 1991** définissant les règles générales d'aménagement urbain et de construction, ce décret est complété par un arrêté interministériel du 13 septembre 1992 relatif aux droits de construction applicables aux territoires situés hors des parties urbanisées de communes. **Le décret exécutif n°91-176 du 28 mai 1991** fixant les modalités d'instruction et de délivrance du certificat d'urbanisme, du permis de lotir, du certificat de morcellement, du permis de construire, du certificat de conformité et du permis de démolir modifier et complété par le décret exécutif n°06-03 du 7 janvier 2006. **Le décret exécutif n°91-177 du 28 mai 1991**, fixant les procédures d'élaboration et d'approbation du plan directeur d'aménagement et d'urbanisme et le contenu des documents y afférents. **Le décret exécutif n° 91-178 du 28 mai 1991** fixant les procédures d'élaboration et d'approbation des plans d'occupation des sols ainsi que le contenu des documents y afférents.

Décret exécutif n° 14-27 du 1^{er} février 2014 : fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud. Le présent décret a pour objet de fixer les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud, conformément aux dispositions des articles 46 et 47 de la loi n° 90-29 du 1^{er} décembre 1990, modifiée et complétée. Le premier chapitre de ce décret parle des descriptions urbanistiques dans un contexte bien précis qui le territoire sud du pays, caractérisé par un climat chaud et aride, les prémices d'un règlement qui tient en compte le climat vient d'être adopté. La section N° 1 du 1^{er} chapitre du même décret notamment son article 7, qui recommande l'adaptation des formes des espaces publics au contexte naturel,

climatique et social, et qui favorise la réduction de l'effet des vents dominants et des surfaces exposées au soleil, par leur orientation et le gabarit des constructions qui les délimitent. L'intention est bonne mais cette solution proposée est très générale voir même sommaire par rapport à une conception bioclimatique urbain bien élaboré.

3.4.2 Le règlement urbain dans le PDAU et la POS :

Les PDAU et POS promulgués comme des instruments d'urbanisme se présentent souvent sous la forme de règlements dont l'opérationnalité vient de l'opposabilité au tiers. Les PDAU et POS n'obligent pas les propriétaires du foncier à construire mais si ces derniers le décident, ils s'imposent certaines formes sous certaines conditions. Donc PDAU et POS sont des règlements et non des études ou des procédures d'élaboration. En fonction du contexte, des objectifs et des moyens, différents types de PDAU et de POS pourront être élaborés. La réglementation ne définit donc que les conditions d'élaboration. Le type d'étude et la définition précise de la procédure d'élaboration sont à la charge des principaux acteurs et particulièrement de l'APC (Guerroudj, 2013).

3.4.2.1 Le règlement du PDAU :

Le règlement urbain en tant que document, est une partie intégrante des instruments d'urbanismes (Kropf, 2011), selon l'article 10 de la loi n°90-29 du 1 décembre 1990 les instruments d'urbanismes sont les plans directeurs d'aménagement et d'urbanisme et les plans d'occupation des sols. Dans l'article 11 de la même loi : Les instruments d'aménagement et d'urbanisme fixent les orientations fondamentales d'aménagement des territoires intéressés et déterminent les prévisions et les règles d'urbanisme. Le règlement du PDAU fixe les affectations des sols (activité dominantes, programmes d'équipement, infrastructures) ; les droits de construire ; les servitudes légales et dispositions particulières pour certaines parties du territoire communal (Saidouni, 2000).

Le PDAU utilise le règlement pour peser sur les actions des acteurs de la ville, il crée les droits de construction, les règles d'occupation du sol fixés par le PDAU ne sont pas abstraites mais ils sont sous forme de règlements, des droits concrets pour des personnes réelles. Le PDAU ne peut agir que sur ceux qui veulent construire ou modifier des constructions. Le PDAU réglemente l'utilisation et la gestion du sol, la formation et la transformation du cadre bâti (loi 90-29 art.2) : aucun usage du sol ou construction ne peut se faire en contradiction avec le PDAU (loi 90-29 art.10) (Guerroudj, 2013).

Selon le décret exécutif 91-177 notamment l'article 17, le règlement urbain du PDAU regroupe l'ensemble des règles applicables pour chaque zone comprise dans les secteurs tels que définis aux articles 20, 21, 22 et 23 de la loi n° 90-29 du 1 décembre 1990 susvisée. Le règlement du PDAU détermine :

1. L'affectation dominante des sols et s'il y a lieu la nature des activités qui peuvent être interdites ou soumises à des conditions particulières,
2. La densité générale exprimée par le coefficient d'occupation du sol,
3. Les servitudes à maintenir, à modifier ou à créer,
4. Les périmètres d'intervention des plans d'occupation des sols avec les termes de référence y afférant en faisant apparaître les zones d'interventions sur les tissus urbains existants et ceux des zones à protéger,
5. La localisation et la nature des grands équipements, des infrastructures, des services et des activités.

Le règlement du PDAU est formé de deux parties fondamentales, les règles de l'usage du sol et les règles de la gestion du sol.

3.4.2.1.1 L'usage des sols :

Les règles de l'usage ou l'utilisation des sols consistent aussi celles de la formation du cadre bâti, elles fixent :

- **Les échéances de l'urbanisation** : L'article 19 de la loi 90-29 édicte que les secteurs d'urbanisation ont des échéances fixes, avant lesquelles aucun permis de construire ou de lotir ne peut être accordé.
- **L'affectation du sol par secteur ou zone** : indiquent quelles sont les activités autorisées et / ou interdites ou à quelles conditions particulières sont soumises les implantations d'activité.
- **Les conditions auxquelles doivent satisfaire les constructions** : les conditions peuvent être de nature différente et concerner :
 - **Le ou les types de constructions autorisées** : ce qui implique la définition dans le règlement d'une typologie des constructions. Le fonctionnement des constructions et ou des aspects particuliers de leur aménagement. Les volumes et surfaces constructibles : coefficient d'occupation du sol, règles d'implantation, hauteur des constructions. L'aspect des constructions : matériaux et couleurs autorisés ou interdits, règles de compositions des façades, volumes en retrait, en avancée ou en encorbellement, balcons, terrasses et loggias, plantations.

- **Le niveau d'équipement et la desserte des terrains constructibles** : à titre d'exemple l'interdiction de construire tant que certains réseaux ou parties de réseaux ne sont pas réalisés.

- **Les servitudes** : auxquelles peuvent être soumis la construction ou l'espace privé servitudes de galerie couverte, de passage, de gaine technique ou de chemins de câbles, de fixation de consoles pour l'éclairage public ... et les conditions dans lesquelles l'empiètement de l'espace privé dans l'espace public est autorisé : balcons, volumes en encorbellement, sabat couverture d'une rue à partir des étages par la ou les constructions mitoyennes, parties des entrées, marches, auvents ou enseignes.

3.4.2.1.2 La gestion des sols :

La réglementation de la gestion des sols consiste à :

- **Imposer les orientations d'aménagement** : par la définition de la vocation des secteurs ou zones, et par la réservation d'emprises pour des équipements et infrastructures.

- **Fixer les périmètres des termes de références des POS** : ou des projets urbains envisagés.

- **Imposer des mesures de préservation des ressources non renouvelables** : terres agricoles, sites et monuments, par des prescriptions particulières dans les secteurs ou zones les concernant.

- **Imposer toutes les mesures nécessaires à la prévention des risques** (L.90-29, art.11).

- **Imposer des échéances d'urbanisation** : (L.90-29, art. 19) compatibles avec une utilisation rationnelle et économique des sols.

La réglementation de la transformation du cadre bâti n'est pas prévue de façon spécifique malgré l'importance qui lui est accordée par l'article 1 de la loi 90-29. Il est seulement prévu L. 90-29, art. 18 que le PDAU détermine les zones d'intervention sur les tissus urbains et les zones à protéger. Il faut noter que le règlement du PDAU comprendra des articles à caractère général, des articles valables pour une catégorie de secteurs et des articles spécifiques à chaque secteur ou éventuellement à chaque zone (Guerroudj, 2013).

3.4.2.2 Le règlement du POS :

Le règlement du POS doit au minimum déterminer l'affectation dominante des sols par zone, en précisant l'usage principal qui peut en être fait et la nature des activités qui peuvent y être interdites ou soumises à des conditions particulières, et édicter

les prescriptions relatives à l'implantation des constructions par rapport aux voies, aux limites séparatives et aux autres constructions (Merlin, et al., 1988).

Le POS présente un niveau plus fin de l'usage des sols et de construction (Art. 31 de L.90-29), dans le respect des dispositions du PDAU il fixe en détail ces droit d'usage du sol. Le POS donne de manière plus détaillée soit par les documents graphiques ou par les prescriptions règlementaires les droits à construire (Sidi Boumediene, 2013).

Le niveau très détaillé du règlement du POS consiste à :

- **Fixer la forme urbaine** : le PDAU détermine la forme générale de la ville, en fixant la partie urbanistique global et les règlements de composition qui doivent permettre de ou renforcer l'image de la ville. Dans ce contexte le POS correspond à un ou des projets qui s'insèrent dans l'image globale projetée de la ville et qui contribuent à sa réalisation. Les droits d'usage des sols et de construction sont en principe une conséquence des projets. Le POS défini de façon précise les tissus urbains à réaliser. La forme urbaine peut être représentée par un plan de composition urbaine.

Selon l'article 31 de la loi 90-29 le règlement du POS :

- **Délimite l'espace public** : il fixe d'une manière explicite les limites entre les espaces publics et l'espace privé.

- **Délimite les emprises réservées aux ouvrages publics**, aux installations d'intérêt général, ainsi que les terrains agricoles à préserver et à protéger.

- **Fixe les droits d'utilisation des sols** : les fonctions autorisées ou interdites et les conditions à remplir.

- **Fixe les droits à construire** : la quantité minimale ou maximale de construction autorisée exprimée par le CES et le COS pour chaque parcelle.

- **Définit les types de construction autorisée** : il s'agit d'un nouveau type de prescription pour l'Algérie contemporaine. La réglementation par la définition d'une typologie des constructions règlementaire et par indication pour chaque parcelle du ou des types de constructions autorisés.

- **Fixe certains points de l'aspect extérieur des constructions** : pourcentage et proportion des ouvertures, encorbellement, porte de garage, couvertures, couleurs etc.

- **Définit les servitudes** : pour les réseaux, l'implantation de consoles pour électricité et éclairage public, d'alignement, de retraits, de galerie couverte, de traitement d'angle.

▪ **Précise les quartiers, rues monuments et sites à protéger, à rénover et à restaurer** : l'article 18 du décret 91-178 le règlement du POS subdivise le territoire en zones règlementaires homogènes supplémentaires à celle effectuées par le PDAU. En plus il conditionne la prise en charge des réseaux, qui sont définis comme suit : le règlement précise, en outre, la nature des ouvrages et des équipements publics ainsi que leur implantation et identifie les voiries et réseaux à la charge de l'État tels que définis dans le PDAU et ceux à la charge des collectivités locales ainsi que leur échéancier de réalisation. Le règlement du POS précise les droits de construire exprimés en CES et COS, ainsi que les conditions de l'occupation de sol liées aux (Guerroudj, 2013) :

1. Accès et voiries.
2. Dessertes par les réseaux.
3. Caractéristiques des terrains.
4. Implantation des constructions par rapport aux voies et emprises publiques.
5. Implantation des constructions par rapport aux limites séparatives.
6. Implantation des constructions les unes par rapport aux autres sur une même propriété.
7. Hauteur des constructions.
8. Aspect extérieur.
9. Stationnement.
10. Espaces libres et plantations.

3.5 Contenu du règlement urbain :

3.5.1 Le contenu général du règlement urbain :

Dans son ouvrage le Règlement urbain et la planification « *Urban coding and planning* » Marshall a réuni dix études sur différents règlements urbains dans plusieurs pays et contextes (Angleterre, Espagne, France, Inde, Japon, Chine, Ecosse, Amérique latine, Afrique du sud et Etat unit d'Amérique). Marshall a conclu que les règlements peuvent être exprimés sous forme écrite ou graphique. Il a établi une récapitulation du contenu du règlement et les éléments qui font objet de ce dernier. Le contenu se concentrant sur les composants physiques, plutôt que la réglementation de l'utilisation des terres ou d'autres activités (Marshall, 2011).

Portée	Types d'éléments	Les relations entre les éléments	Spécifications qualitatives (matériaux, etc.)	Spécifications quantitatives (dimensions, etc.)
Agglomération	Classification des villes	Localisation: relation avec les caractéristiques naturelles (montagnes, plaines, rivières, côtes, etc.)	Paysage urbain	Taille relative des tissus
Quartiers, parcelles et lotissement	Types de terres La subdivision en quarts de différents types Paroisse ou super-bloc en tant qu'unité Type parcelle	Relation de parties du centre de la ville Parcelle de terrain Subdivision de parcelles Unification des parcelles	Aménagement paysager Utilisation de l'intérieur du bloc	La taille du lot Largeur du terrain Couverture du site Maximum Espace vert minimum Rapport de la parcelle SHON pourcentage de couverture
Les rues et les espaces publics	Type de réseau de rue Type rue Chemins	Relation de la voie publique et la propriété privée Relation d'escaliers, tours d'escalier, à la rue	Equipement pour piétons Mobilier urbain Les arbres, la plantation	Route ou rue largeur par rapport à la Hauteur du bâtiment Dimensions de la Plaza Largeur du trottoir ou un piéton Passage (arcade)
Bâtiments	Type de bâtiment Type de maison	Lignes de construction L'emplacement du bâtiment par rapport à la route, rue ou place L'emplacement du bâtiment (sur terrain) Séparation des bâtiments Retraits	Aspect des bâtiments Échelle, la qualité, le caractère Principes architecturaux Normes pour la lumière et l'air	Taille du bâtiment Du sol au rapport de taille ; ratio de surface de plancher Surface totale Limite de hauteur du bâtiment ou le nombre d'étages Bâtiment ou hauteur d'étage par rapport au type de rue ou de la largeur
Les éléments de construction (utilisation, le placement, la prescription ou proscription)	Briques standard Composants structurels Élévations, façades Type de toit Arcades, jetées, porches, vérandas, balcons et auvents Pignons, corniches	Configurations structurelles L'emplacement des portes L'emplacement des fenêtres Les chambres sont dotées de fenêtres à Toits d'avoir des gouttières La paroi avant pour former parapet	Matériaux Ornement ou décoration Chaume blanchie à la chaux	Taille de la pièce L'épaisseur des murs Emplacements de toit Taille des fenêtres, les toits et les gouttières Spécifications relatives aux jetées Evidements de châssis de fenêtre

	Panneaux de mur et de toit			
--	-------------------------------	--	--	--

Tableau 3.1 : Le contenu général du règlement, en se concentrant sur les composants physiques (Source : Marshall, 2011).

Dans une autre étude menée par Kropf en 2011 sur la réglementation urbaine en France il a conclu que le règlement est composé d'autorisation et interdiction et de recommandation. Selon Kropf il existe une structure obligatoire pour le règlement avec trois sections principales, y compris un total de quatorze (14) articles.

A. Nature de l'occupation et l'utilisation des terres :

1. Types proscrites d'occupation ou d'utilisation
2. Types d'occupation ou l'utilisation soumise à des conditions spécifiques

B. Conditions sur l'occupation des terres :

3. Accès et voies publiques
4. Services
5. Les conditions du sol
6. Position des bâtiments par rapport à la voie publique
7. Position des bâtiments par rapport aux limites latérales
8. Position des bâtiments par rapport à l'autre dans une parcelle
9. La couverture du bâtiment
10. Hauteur maximale des bâtiments
11. Aspect extérieur
12. Parking
13. Espace libre et la plantation

C. Occupation maximale de la terre :

14. Occupation maximale de la terre par des bâtiments (Kropf, 2011).

Les deux études celle de Marshall et de Kropf montrent, que le contenu du règlement urbain a une grande relation avec la morphologie urbaine, il présente une sorte de condition qui régule la morphologie urbaine et produit des tissus urbains selon une volonté étatique avec des intentions de cohérence urbain mais, qui produit par la suite une sorte d'obéissance aux législations loin de toute règles de cohérence morphologique.

3.5.2 Le Règlement et les niveaux d'échelle :

La structure générale du système de planification, basée sur des domaines ou des zones ayant des caractéristiques distinctes telles que définies dans le Règlement, et l'accent mis dans la réglementation de la position relative des éléments rend le système particulièrement favorable à une approche typomorphologique. Les deux systèmes définissent des types génériques de forme en fonction de la position relative des éléments et de la relation d'une partie-à-tout, qui génère une hiérarchie de niveaux d'échelle. La structure de la réglementation correspond bien à la hiérarchie d'éléments morphologiques.

La correspondance entre les deux réside dans la structure générique des systèmes plutôt que le contenu spécifique des règlements. La force des deux est la capacité de décrire ou de prescrire un large éventail de formes avec un degré constant de détail quelles que soient les formes spécifiques (Kropf, 2011).

Eléments morphologiques	Attribut du règlement
Tissu complexes / polycentriques Tissu simples	Principales zones: U, UA, A, N
Rues / tissus	Sous-zones / voirie
Série de tracé - routes / voie publique	Alignement de façades / position des bâtiments par rapport à la voie publique
Tracé	Position des bâtiments par rapport aux limites latérales et à l'autre au sein d'une parcelle de terrain, surface constructible
Bâtiments Pièces	Type de construction, la couverture et la hauteur
Structures Matériaux	Apparence

Tableau 3.2 : Comparaison entre les éléments morphologiques et les niveaux d'échelle dans la réglementation urbaine (Source : Kropf, 2011).

3.5.3 Extraction des règles urbain depuis la législation algérienne :

Cette section a procédé à l'extraction des règles urbaines qui contrôlent et génèrent la morphologie urbaine et par la suite la forme urbaine. En observant les textes législatifs qui traitent directement les règles urbaines on trouve seulement trois textes qui les exposent de façon explicite à savoir la loi 90-29, le décret exécutif 91-175 et le décret exécutif 14-27. En terme de disposition législatif la loi 90-29 relatif à l'aménagement et l'urbanisme dans son chapitre deux (II), édicte les règles urbaines applicables en cas d'absence du POS. Le décret exécutif 91-175 définissant les règles générales d'aménagement, d'urbanisme et de construction est consacré totalement aux règles

urbaines applicables à l'ensemble des parcelles urbanisables au niveau du territoire national. En fin le décret exécutif 14-27 fixant les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud, ce décret expose les règles urbaines concernant un contexte et une zone bien précise du territoire national, ce qui implique l'intégration des considérations climatiques, économiques et culturelles.

3.5.3.1 Extraction des règles urbain depuis la loi 90-29 :

La présente loi a pour objet d'édicter les règles générales visant à organiser la production du sol urbanisable , la formation et la transformation du bâti dans le cadre d'une gestion économe des sols, de l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que de préservation de l'environnement, des milieux naturels, des paysages et du patrimoine culturel et historique sur la base du respect des principes et objectifs de la politique nationale d'aménagement du territoire. La loi est organisée en huit (8) chapitres répartie comme suit :

Chapitre I principes généraux : ce premier chapitre de la loi défini son objet qui édicte les règles générales visant à organiser la production du sol urbanisable , la formation et la transformation du bâti dans le cadre d'une gestion économe des sols, de l'équilibre entre la fonction d'habitat, d'agriculture et d'industrie ainsi que de préservation de l'environnement, des milieux naturels, des paysages et du patrimoine culturel et historique sur la base du respect des principes et objectifs de la politique nationale d'aménagement du territoire. Ces formations et transformations du cadre bâti sont régi par les règles générales de l'urbanisme et les instruments d'urbanisme.

Chapitre II Les règles générales d'aménagement et d'urbanisme : il édicte presque treize (13) règles générales sur l'aménagement et l'urbanisme répartie sur sept (7) articles. Il décrit en générale les règles d'urbanisme applicables aux sols en cas d'absence des instruments d'urbanisme. D'autres règles mettent en relief les conditions des parcelles constructibles. Les règles qui restes prescrivent quelques règles morphologiques pour les constructions et des servitudes par rapport aux axes des voies.

Les règles extraites sont les suivantes :

Règle 1 : En cas d'absence d'instruments d'aménagement et d'urbanisme les constructions sont régies par les règles générales d'urbanisme (Article, 3).

Règle 2 : Les parcelles constructibles sont les parcelles qui respectent l'économie urbaine dans les parties urbanisées (Article, 4).

Règle 3 : Les parcelles compatibles avec la viabilité des exploitations agricoles lorsqu'elles sont situées sur des terres agricoles.

Règle 4 : Les parcelles compatibles avec les objectifs de sauvegarde des équilibres écologiques lorsqu'elles sont situées sur des sites naturels (Article, 4).

Règle 5 : Les parcelles compatibles avec la nécessité de sauvegarde des sites archéologiques et culturels (Article, 4).

Règle 6 : Toutes constructions ou clôtures implantées doivent être à une distance de quatre 4 mètre de l'axe de la voie dans les zones urbanisées (Article, 5).

Règle 7 : L'axe de la voie est considéré comme étant à quatre (4) mètres de la limite des clôtures ou constructions existantes (Article, 5).

Règle 8 : La hauteur des constructions ne doit pas être supérieur à la hauteur moyenne des constructions avoisinantes dans un tissu urbanisé (Article, 6).

Règle 9 : La hauteur des constructions à l'extérieur des parties urbanisées doit être en harmonie avec l'environnement (Article, 6).

Règle 10 : Toute construction à usage d'habitation doit justifier d'un point d'alimentation en eau potable (Article, 7).

Règle 11 : Toute construction à usage d'habitation doit être équipée d'un système d'assainissement évitant le rejet direct des effluents en surface (Article, 7).

Règle 12 : Les installations en constructions à usage professionnel et industriel doivent être conçues de façon à éviter tout rejet d'effluent polluants et toute nuisance (Article, 8).

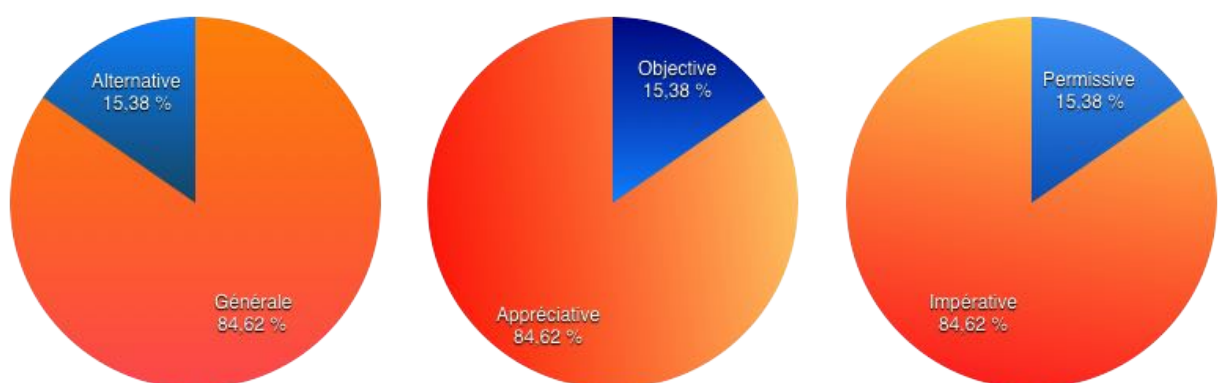


Figure 3. 1 : Pourcentage de classification des règles de la loi 90-29 par types (Source : Auteur).

Règle 13 : les carrières et décharges en fin d'exploitation ou de période d'exploitation doivent laisser des terrains utilisables et à restituer (Article, 9).

Chapitre III Les instruments d'aménagement et d'urbanisme : est composé de 4 sections, la première section détermine les dispositions générales des instruments d'urbanisme, en ce qui concerne leurs contenus, les territoires couverts par le PDAU et le POS et les programmes de l'état prisent en charge par ces instruments. La deuxième section est consacrée de détailler tous les informations relatives au PDAU, en fixant sa définition, sa portée, son contenu, son approbation et sa révision. La troisième section est réservée au POS, les articles reliés édictent la mission du POS et sa position par rapport au PDAU ainsi que son contenu, son approbation et sa révision et les territoires concernés. La dernière section fixe les consistances des terres urbanisées et urbanisantes qui peuvent être exploitées par le PDAU et le POS.

Chapitre IV Dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire : le chapitre 4 fixe les dispositions particulières applicables à certaines parties du territoire. Ces parties formes les trois sections du chapitre on distingue Le littoral, les territoires présentant un caractère naturel, culturel ou historique marqué ainsi que les terres agricoles à potentialités élevées ou bonnes.

Chapitre V Permis de lotir - Permis de construire - Permis de démolir : le chapitre 5 : fixe le droit de construire qui est en fonction de la propriété du sol. Il soumit la construction à trois documents : le permis de construire, de lotir ou de démolir. Chaque section fixe le règlement et le contenu de chaque document.

Chapitre VI Clôture : le chapitre 6 édicte le règlement appliqué à l'édification de clôture dans le littoral, les territoires présentant un caractère naturel, culturel ou historique marqué ainsi que les terres agricoles à potentialités élevées ou bonnes.

Chapitre VII Sanctions : le chapitre 7 fixe la législation appliquée par les autorités locales en terme de contrôle et en cas de violation grave des dispositions légales et réglementaires.

Chapitre VIII dispositions particulières et transitoires : le chapitre 8 fixe les dispositions particulières et transitoire de la présente loi ainsi que sa publication dans le journal officiel.

3.5.3.2 Extraction des règles urbain depuis le décret exécutif 91-175 :

Le décret fixe les règles générales d'aménagement d'urbanisme, et de construction, lesquelles définissent les conditions auxquelles doivent satisfaire les projets de lotissements ou de construction. Il est composé de trois (3) chapitres, le premier chapitre édicte les règles générales d'aménagements et d'urbanisme, divisés en quatre (4) sections : la première section concerne la localisation et la desserte des constructions, elle regroupe quinze (15) règles. La section deux (2) décrit l'implantation et le volume des constructions (règles de la morphologie), la section 3 fixe la densité des constructions au sol, la dernière section édicte l'aspect des constructions. Le chapitre 2 décrit les mesures générales de construction applicables aux bâtiments à usage d'habitation. Le chapitre 3 a été consacré aux dispositions particulières afin d'appliquer ce décret.

Chapitre I : règles générales d'aménagements et d'urbanisme.

Section 1 : Localisation et desserte des constructions :

Règle 1 : Le permis de construire ou de lotir sera refusé ou non accordé si les constructions portent une menace de sécurité ou de salubrité (Article, 2).

Règle 2 : Le permis de construire ou de lotir sera refusé ou non accordé si les constructions ou l'aménagement est projeté sur terrain exposé à un risque naturel, tel qu'inondations, érosions, affaissement, éboulement, séisme, avalanche (Article, 3).

Règle 3 : Le permis de construire sera refusé ou non accordé si les constructions sont susceptibles en raison de leur localisation d'être exposées à des nuisances graves dues notamment au bruit (Article, 4).

Règle 4 : Le permis de construire ou de lotir sera refusé ou non accordé si les constructions ou aménagements, du fait de leur situation, de leur destination ou leurs dimensions, sont de nature à avoir des conséquences dommageables pour l'environnement (Article, 5).

Règle 5 : Le permis de construire ou de lotir sera refusé ou non accordé si les constructions du fait de leur importance, leur situation et destination peuvent être incompatibles avec les dispositions contenues dans les schémas d'aménagement' du territoire (Article, 6).

Règle 6 : Le permis de construire ou de lotir sera refusé ou non accordé si les constructions sont de nature, par leur localisation, à compromettre la conservation ou la mise en valeur d'un site ou d'un vestige archéologique (Article, 7).

Règle 7 : Le permis de construire peut-être refuser pour la construction d'un immeuble ou d'un ensemble d'immeubles non desservis par des voies publiques ou privées dans les conditions répondant à leur fonction notamment sur le plan de la commodité de la circulation et des accès ainsi que des moyens d'approche permettant une lutte efficace contre l'incendie (Article, 8).

Règle 8 : Le permis de construire peut-être refuser pour la construction d'un immeuble ou d'un ensemble d'immeubles non desservis par des voies publiques ou privées dans les conditions répondant à leur fonction notamment sur le plan de la commodité de la circulation et des accès ainsi que des moyens d'approche permettant une lutte efficace contre l'incendie ou si les accès des immeubles présentent un risque pour la sécurité des usagers des voies publiques ou pour celle des personnes utilisant ces accès (Article, 8).

Règle 9 : Prescriptions sur les stationnements (Article, 9).

Règle 10 : Fixe les servitudes des axes de circulations ayant des flux de grandes vitesses : l'implantation des constructions destinées à l'habitation ne doit pas être édifiée à une distance moins de : 50 m de l'axe de l'autoroute de part et d'autre. 35 m de l'axe des grands itinéraires de part et d'autre. Pour les constructions à usage hors l'habitation les distance seront de 40 m pour les autoroutes et de 25 m pour les grands itinéraires (Article, 10).

Règle 11 : A l'intérieur des parties urbanisées, l'implantation des constructions doit respecter les servitudes imposées par le plan d'alignement approuvé (Article, 10).

Règle 12 : Les voies pour lesquelles il n'existe pas de plan d'alignement approuvé, aucune construction ne peut être édifiée à moins de (6 m) six mètres de l'axe de la voie, sauf s'il s'agit de lotissements ou d'ensembles d'habitations approuvés (Article, 11).

Règles : Portant sur le branchement de la construction en eau potable (de l'article 12 à l'article 20).

Section 2 : Implantation et volume des constructions (règle de la morphologie) :

Règle 1 : les bâtiments projetés doivent être implantés dans des conditions telles que les baies éclairant les pièces d'habitation ne soient masquées par aucune partie d'immeuble vue sous l'angle de plus de 45° degrés au-dessus du plan horizontal considéré à l'appui de ces baies (Article, 21).

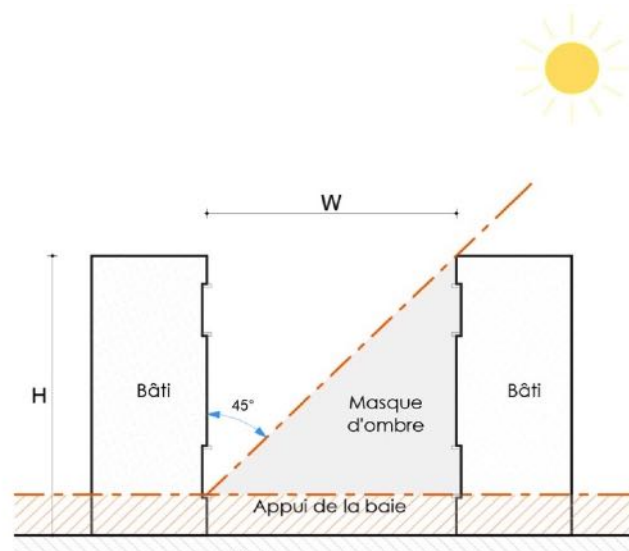


Figure 3. 2 : Schématisation de la règle 1 (Source : Auteur).

Règle 2 : L'angle peut être porté à 60° degrés pour la façade moins éclairée à condition que la moitié au plus, des pièces habitables prennent jour sur cette façade (Article, 21).

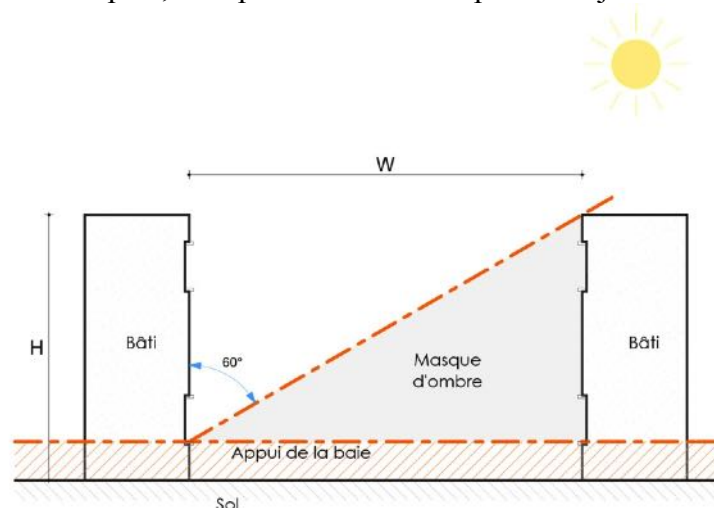


Figure 3. 3 : Schématisation de la règle 2 (Source : Auteur).

Règle 3 : Une distance d'au moins quatre mètres peut être imposée entre deux bâtiments non contigus. Une distance minimum entre bâtiment non contigus est de 4 m (Article, 21).

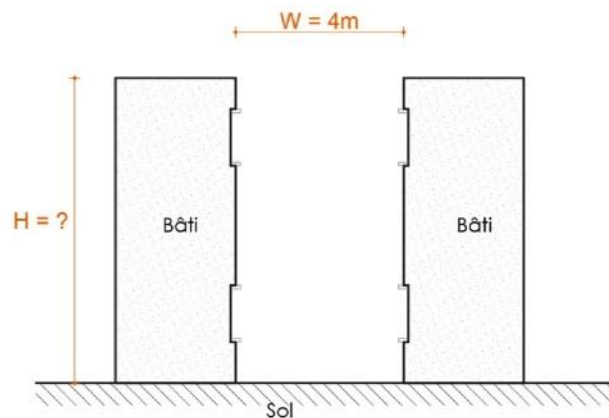


Figure 3. 4: Schématisation de la règle 3 (Source : Auteur).

Règle 4 : Un groupement de bâtiments d'au moins de 20 logements à usage d'habitation doivent satisfaire les règles suivantes (Article, 22) :

- La moitié des façades percées de baies, servant à l'éclairage des pièces d'habitation doivent assurer un ensoleillement de deux heures par jour pendant, au moins, deux cents jours par année.
- La moitié au moins de ses pièces habitables prennent jour sur les façades répondant à ces conditions.
- Les baies éclairant les autres pièces d'habitation ne doivent être masquées par aucune partie d'immeuble qui, à l'appui de ces baies, serait vue sous un angle de plus de 60 degrés au-dessus du plan horizontal.

Règle 5 : La hauteur d'un bâtiment implanté en bordure d'une voie publique ne dépasse pas la distance comptée horizontalement entre tout point de celui-ci et le point le plus proche de l'alignement opposé (Article, 23).

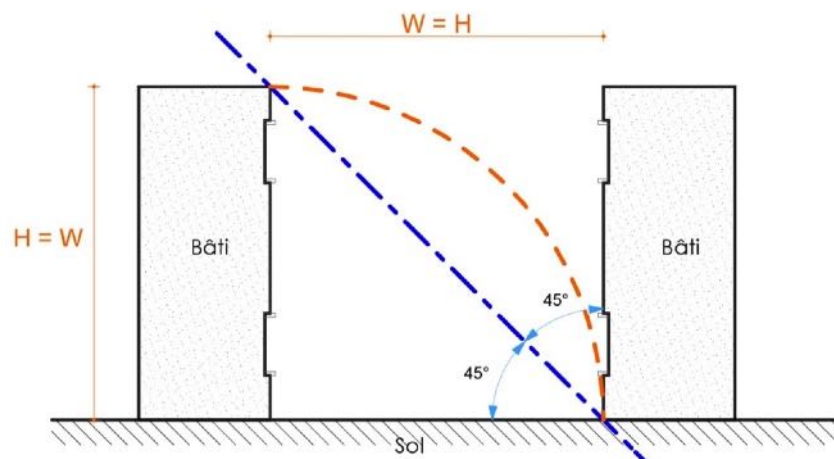


Figure 3. 5 : Schématisation de la règle 5 (Source : Auteur).

Règle 6 : Pour toute obligation de construire en retrait de l'alignement, la limite de ce retrait remplace l'alignement (Article, 23).

Règle 7 : La largeur des voies privées est assimilée à la largeur réglementaire des voies publiques (Article, 23).

Règle 8 : Lorsque la hauteur calculé dans la règle 5 n'assure pas un nombre entier d'étages droits une tolérance de 2 m en plus est accordées. Idem pour les murs, les cheminées et saillies (Article, 23).

Règle 9 : Si la distance entre deux voies d'inégales largeurs ou de niveaux différents est inférieure à 15 mètres, la hauteur de la construction édifiée entre les deux voies est réglée par la voies la plus large ou le niveau le plus élevé à condition que

l'excédent de hauteur en résultant ne dépasse pas de six mètres le niveau permis par la voie la plus étroite ou le niveau le moins élevé (Article, 23).

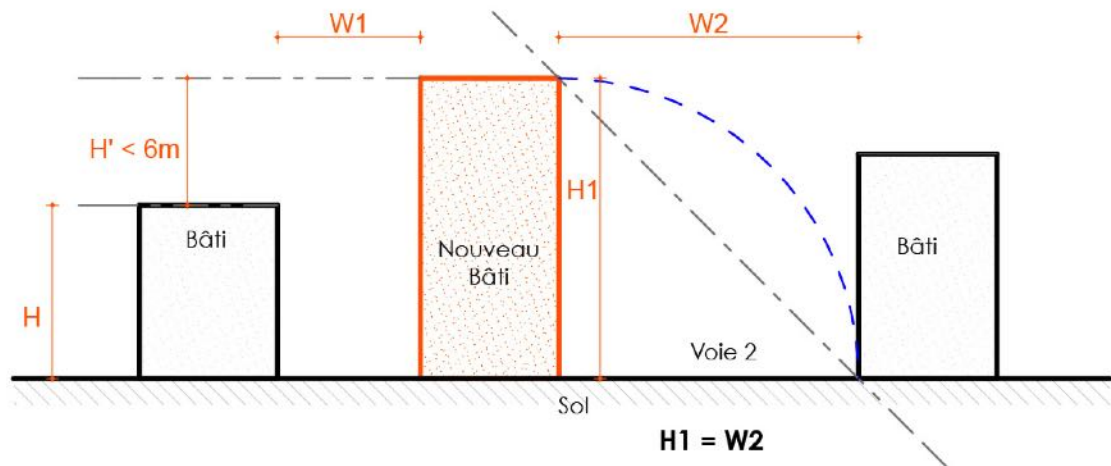


Figure 3. 6 : Schématisation de la règle 9 (Source : Auteur).

Règle 10 : Lorsqu'une construction est édifiée à l'angle de deux voies d'inégales largeurs, la façade de retour sur la voie la plus étroite peut avoir la même hauteur que celle-ci élevée sur la voie la plus large, à condition que la longueur de la façade de retour n'excède pas une fois et demi la largeur de la voie la plus étroite (Article, 23).

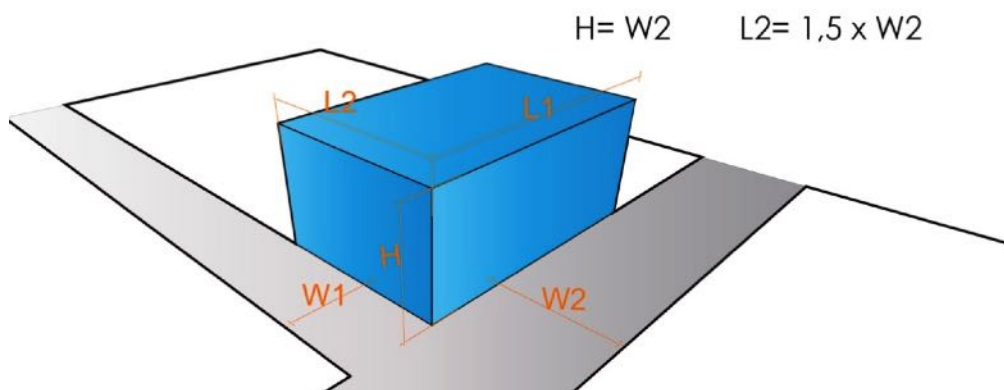


Figure 3. 7 : Schématisation de la règle 10 (Source : Auteur).

Règle 11 : La distance mesurée horizontalement de tout point du bâtiment au point de la limite de son terrain qui est le plus rapproché, doit être au moins égale à la moitié du bâtiment considéré, sans pouvoir être inférieure à quatre mètres (Article, 24).

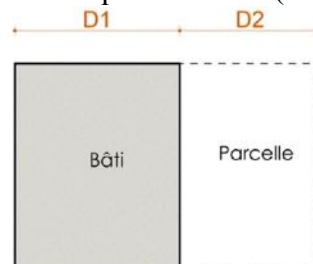


Figure 3. 8 : Schématisation de la règle 11 (Source : Auteur).

Règle 12 : La distance entre deux façades aveugles égale au tiers de la hauteur du bâti avec un minimum de 2 m (Article, 24).

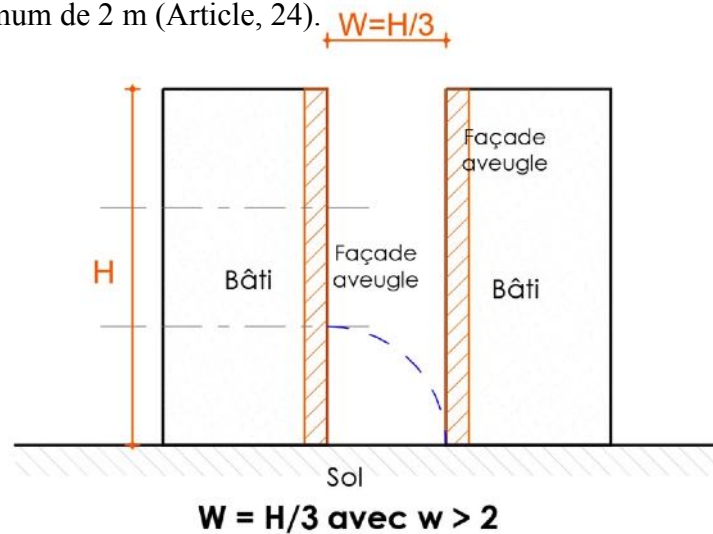


Figure 3. 9 : Schématisation de la règle 12 (Source : Auteur).

Règle 13 : les exceptions sont pour certaines régions, notamment du sud du territoire national, ainsi que pour les constructions situées dans des tissus urbains classés ou ceux présentant un caractère spécifique et les constructions présentant un caractère d'innovation (Article, 24).

Section 3 : densité des constructions au sol :

Règle 1 : La densité maximale admise des constructions sur les parties urbanisées des communes est égale à 1 (Article, 26). $\text{COS}_{\text{max}} = 1$

Section 4 : Aspect des constructions :

Règle 1 : Les constructions doivent présenter une simplicité de volume, une unité d'aspect et de matériaux compatibles avec la bonne économie de la construction, la tenue générale de l'agglomération et l'harmonie du paysage (Article, 27).

Règle 2 : La hauteur du bâtiment dans une zone partiellement bâtie avec un plan d'urbanisme en cours d'approbation, est égale à la hauteur moyenne des constructions toute dépassement est refusé ou subordonnée à des prescriptions spéciales définies par les lois et règlements en vigueur (Article, 28).

Règle 3 : Les clôtures doivent être réalisées en bonne harmonie avec les constructions principales, dans le respect des règles d'architecture et de construction (Article, 29).

Règle 4 : Hauteur totale des clôtures est de 2,40 m le long de voie de circulation, avec une partie pleine $< 1,50$ m du trottoir. Les murs de soutènement sont dérogés (Article, 29).

Règle 5 : Le permis de construire est refusé si le projet menace une grande partie d'espace vert et cause la destruction d'un grand nombre d'arbre (Article, 30).

Chapitre II : Mesures générales de construction applicables aux bâtiments à usage d'habitation :

Règle 1 : Définitions du bâtiment d'habitation : les locaux qui servent à l'habitation de jour et de nuit, à l'exclusion des habitations destinées à la vie en commun, tels qu'hôtels, internats, hôpitaux, asiles, écoles et de locaux destinés à la vie professionnelle (Article, 32).

Règle 2 : Les fonctions abritées par pièces principales sont le repos, à l'agrément, aux repas des occupants, à l'activité ménagère continue. Pièces secondaires destinées aux soins d'hygiène des habitants telles que salles d'eau, toilette, cabinet d'aisance ainsi que des espaces de desserte tels que halls d'entrée, couloirs, dégagements intérieurs et extérieurs, escaliers et débarras, des dépendances, telles que caves, greniers, buanderies, séchoirs, garages, appentis (Article, 32).

Règle 3 : Les parois et les sols des pièces principales, des pièces secondaires et des dépendances, doivent pouvoir être facilement entretenus (Article, 33).

Les articles du 34 et 35 décrivent les dimensions des pièces principales et secondaires dans les habitations, avec une exception dans l'article 35 qui mis l'accent sur le changement du contexte du nord au sud donc un intérêt au différence du climat mais il n'est pas explicite. Une importance aussi accordée au ventilation et la lumière du jour. Une autre recommandation qui traite le climat, celle de la protection solaire efficace pour les ouvertures des pièces principales. Une autre règle qui recommande le facteur de la lumière du jour qui fixe la profondeur des pièces principales à deux fois et demi la hauteur à ne pas dépasser.

De l'article 36 à l'article 45 : les règles fixent les normes de conception et de construction du bâtiment, ces règles ne concernent en aucun cas la génération du tissu urbain et ne recommandent aucune règle qui peut modifier la morphologie urbaine.

Chapitre III Dispositions particulières :

Ce chapitre fixe les conditions de dérogation et les modalités d'application, qui seront définies en tant que de besoin, par arrêté du ministre chargé de l'urbanisme.

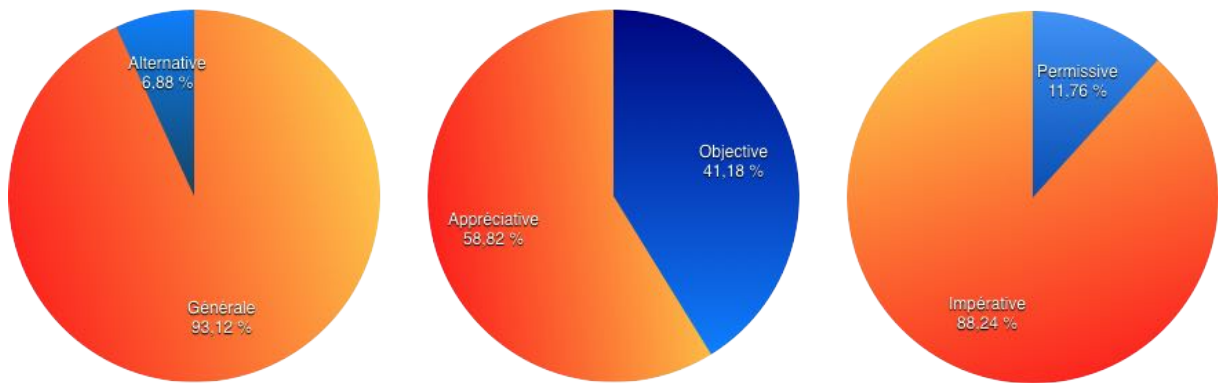


Figure 3. 10 : Pourcentage de classification des règles du décret 91-175 par types (Source : Auteur).

3.5.3.3 Extraction des règles urbain depuis le décret exécutif 14-27 :

Ce décret a pour objet de fixer les prescriptions urbanistiques, architecturales et techniques applicables aux constructions dans les wilayas du Sud, conformément aux dispositions des articles 46 et 47 de la loi n° 90-29 du 1er décembre 1990, modifiée et complétée. Il est composé de deux (02) chapitres et une annexe portant les prescriptions générales applicables aux constructions dans les wilayas du Sud répartie sur trois (03) chapitres. Le premier chapitre est l'ensemble des prescriptions urbanistiques, il traite l'organisation de cadre bâti et l'usage du sol en deux sections, le chapitre deux expose les prescriptions architecturales et techniques en deux sections, une pour la conception des constructions et l'autre pour la typologie des constructions.

En revanche le premier chapitre l'annexe édicte l'usage des sols et de l'organisation du cadre bâti en trois sections comme suit ; l'usage des sols, de l'espace collectif à la parcelle et les aménagements extérieurs et la végétation. Le second chapitre fixe les aspects des constructions en six (06) sections comme suit ; **section 1** la typologie des constructions, **section 2** l'orientation des constructions, **section 3** les types d'ouvertures, **section 4** l'enveloppe extérieure, **section 5** les couleurs et les ornementsations, **section 6** d la hauteur et les gabarits. Le chapitre 3 fixe les dispositions techniques de construction en trois sections comme suit : section 1 des systèmes constructifs et de l'utilisation des matériaux locaux, section 2 les terrasses, section 3 la ventilation.

Décrète :

Règle 1 : les dispositions urbanistiques et architecturales sont applicables seulement **aux communes des wilayas du sud à l'exception de leurs chefs-lieux**. Les

wilayas du Sud concernées par les dispositions du présent décret sont fixées par arrêté pris par le ministre chargé de l'urbanisme (Article, 2).

Règle 2 : Les dispositions du présent décret ne sont pas applicables aux : **villes nouvelles, biens culturels protégés, et les constructions militaires** entreprises par la défense nationale ou pour son compte (Article, 3).

Règle 3 : Les prescriptions sont annexées au présent décret et s'appliquent en matière d'usage des sols, d'organisation du cadre bâti et de typologie des constructions (Article, 4).

Chapitre I : des prescriptions urbanistiques :

Section 1 : De l'organisation du cadre bâti :

Règle 1 : Impose les prescriptions urbanistiques lors de l'élaboration et de la révision des instruments d'urbanisme et sont applicables à la réalisation, à la transformation, à l'extension et à la rénovation de l'ensemble des typologies de constructions ainsi qu'à l'aménagement de l'espace public dans les communes des wilayas du Sud (Article, 5).

Règle 2 : Fixe les conditions de délivrance du permis de construire (Article, 6).

Règle 3 : Décrit la morphologie de nouveau tissu urbain qui doit prévoir un réseau hiérarchisé du public au privé de rues et de ruelles formant un ensemble d'ilots avec des espaces publics et collectifs à l'intérieur (Article, 7).

Règle 4 : Les collectivités locales sont tenues d'établir et d'adopter, un cahier des prescriptions particulières urbanistiques, architecturales et techniques applicables à leurs constructions lors de la conception du tissu urbain décrit dans la règle 3 (Article, 7).

Règle 5 : Les formes des espaces publics doivent être adaptées au contexte naturel, climatique et social, favorisant la réduction de l'effet des vents dominants et des surfaces exposées au soleil, par leur orientation et le gabarit des constructions qui les délimitent (Article, 7).

Section 2 : De l'usage des sols :

Règle 1 : La surface minimale réservée à chaque parcelle à construire est de 250 m² (Article, 8).

Règle 2 : l'aménagement de zone ou la création de nouveaux lotissements doit être à proximité des réseaux de viabilité existant (Article, 9).

Règle 3 : Les bâtiments à usage professionnel, administratif et ceux destinés à une fonction principale autre que le logement, peuvent, à titre dérogatoire, avoir trois (3) niveaux bâtis, au maximum (Article, 10).

Chapitre II : des prescriptions architecturales et techniques

Section 1 : De la conception des constructions

Règle 1 : Les parois extérieures de toutes les constructions doivent être conçues et réalisées pour recevoir un ensoleillement minimal, réduire les déperditions thermiques, exploiter l'éclairage naturel et assurer le confort, notamment acoustique et l'aération (Article, 11).

Règle 2 : Il est recommandé d'orienter les constructions selon l'orientation Nord/Sud, de sorte que les façades Est et Ouest disposent de parois mitoyennes (Article, 12).

Règle 3 : Les fenêtres orientées « Ouest » et « Est », doivent être réduites à la superficie minimale permettant un éclairage et une aération suffisants (Article, 12).

Règle 4 : L'utilisation du système de murs rideaux en façade est strictement interdite au niveau de ces localités (Article, 13).

Règle 5 : La surface minimale des fenêtres est fixée sur la base des vérifications réglementaires relatives aux valeurs limites des déperditions calorifiques en hiver et aux valeurs limites d'apports solaires en été (Article, 14).

Règle 6 : L'utilisation des fenêtres en double vitrage est recommandé (Article, 14).

Règle 7 : Les tendances de couleur variant du clair à la couleur ocre, sont à préconiser au niveau de ces localités. Il est recommandé de privilégier la couleur naturelle du matériau traditionnel utilisé localement comme enduit extérieur (Article, 15).

Section 2 : De la typologie des constructions :

Règle 1 : La typologie accordée dans les localités du Sud est celle d'une construction individuelle à deux niveaux, au maximum, surmontée d'une terrasse accessible, protégée par un mur réalisé en bordure d'une hauteur n'excédant pas deux mètres (2 m) (Article, 16).

Règle 2 : La surface habitable initiale par logement doit être conforme aux prescriptions fixées dans le cadre de la réglementation en vigueur (Article, 17).

Règle 3 : Fixe le programme du logement (Article, 17).

Règle 4 : Fixe les conditions d'extension du logement dans les limites accordées par la taille de la parcelle (Article, 18).

Annexe : du décret 14-27, les prescriptions générales applicables aux constructions dans les wilayas du Sud :

Chapitre 1 : de l'usage des sols et de l'organisation du cadre bâti :

Section 1 : De l'usage des sols :

Règle 1 : Les prescriptions techniques doivent être adoptées en matière de détermination des sites constructibles, de l'organisation du cadre bâti et des formes urbaines à produire qui doivent tenir compte des facteurs naturels et climatiques tels que l'ensoleillement, la pluviométrie, les vents de sable, les inondations, les remontées capillaires, les sols agressifs et les argiles gonflantes (Article, 1).

Règle 2 : L'intégration de l'organisation spatiale nouvelle au cadre bâti existant. Les réseaux de viabilité tertiaires doivent s'inscrire dans la trame viaire existante (Article, 2).

Règle 3 : la création de nouveau tissu urbain se fait par le prolongement au tracé existant (Article, 3).

Règle 4 : Les formes urbaines et architecturales proposées doivent concilier entre formes traditionnelles et exigences contemporaines des usagers, aussi bien en termes d'esthétique que de confort (Article, 4).

Règle 5 : Les constructions éparses, impliquant des réseaux de viabilité coûteux, doivent être proscrites. Un profit à la forme compacte (Article, 4).

Section 2 : De l'espace collectif à la parcelle :

Règle 1 : Le bâti doit être organisé par les espaces publics et espaces collectifs de transition (Article, 5).

Règle 2 : Espaces publics : places, rues, placettes, accessibles aux véhicules, lesquelles distribuent les équipements publics, les services et les activités artisanales ainsi que les commerces (Article, 5).

Règle 3 : Espaces collectifs de transition : placettes inaccessibles aux véhicules (sauf pour les urgences et la protection civile), rues de dessertes et des espaces de convivialité formés par l'agencement des îlots, entités ou groupements d'habitations comportant des commerces et des services de proximité intégrés (Article, 5).

Règle 4 : Les rues et ruelles doivent être rationnellement dimensionnées, ombragées, privilégiant le piéton et donnant accès aux habitations (Article, 6).

Règle 5 : Le traitement du sol peut être réalisé à partir d'un lit de sable ou de pierres plates ou tout autre revêtement local (Article, 6).

Règle 6 : Les rues doivent être hiérarchisées en axes principaux, ruelles et impasses (Article, 7).

Règle 7 : Des dispositions architecturales et techniques inspirées du patrimoine local, doivent être observées dans la conception et le traitement des espaces couverts destinés à la circulation piétonne permettant la création de zones d'ombres, de coupe-vent et permettant de réduire la surface d'exposition des murs extérieurs. Leur positionnement dans le tissu urbain doit être judicieusement étudié (Article, 7).

Règle 8 : Pour réduire les besoins énergétiques, le principe de l'organisation introvertie doit être privilégié au niveau de chaque zone à aménager destinée aussi bien au logement qu'aux équipements publics (Article, 8).

Règle 9 : la taille des parcelles est en fonction de la localité et des prescriptions particulières arrêtées pour chaque localité, l'activité pour laquelle elle sera retenue et de la typologie de logement projetée (Article, 9).

Règle 10 : la composition compacte et harmonieuse, l'optimisation des surfaces foncières et l'implantation des constructions doivent constituer le principe de base (Article, 10).

Règle 11 : Les constructions doivent être accolées autant que possible les unes aux autres (principe de mitoyenneté), notamment dans la partie centrale, de manière à réduire les surfaces exposées à l'ensoleillement (Article, 10).

Règle 12 : pour concevoir des formes architecturales adaptées aux sites il faut privilégier les espaces de regroupement par rapport aux espaces de circulation ; tenir compte, dans l'aménagement des espaces, des personnes à mobilité réduite ; prévoir des aires de jeux et de détente pour les trois âges (aire de jeux, espaces de convivialité, de rencontre et de détente) ; prévoir, pour les voies mécaniques, des revêtements adéquats ; prévoir des surfaces de stationnement en nombre suffisant ; éviter la superposition des espaces réservés aux aires de jeu et circulations piétonnes avec celui de la circulation mécanique (Article, 11).

Section 3 : Des aménagements extérieurs – Végétation :

Règle 1 : Des plantations d'espèces végétales adaptées aux facteurs climatiques locaux, doivent être prévues (Article, 12).

Règle 2 : Les espèces endogènes sont à privilégier (Article, 12).

Règle 3 : Les végétaux adoptés, doivent être bien étudiés pour créer des ombrages sur le sol et les parois et permettre d'augmenter l'usage des espaces publics (Article, 12).

Règle 4 : Toute plantation, qu'il s'agisse d'arbres, de boisements traditionnels ou paysagers, de protection, fonctionnels ou destinés à atténuer les bruits ou brises, doit être exécutée conformément à la réglementation en vigueur, relative à l'aménagement des espaces verts et plantations (Article, 12).

Règle 5 : Une distance minimale doit être respectée entre les plantations d'arbres et le mur de clôture de la construction (Article, 12).

Chapitre 2 : Aspects des constructions :

Section 1 : De la typologie des constructions :

Règle 1 : l'alignement le long des rues, ruelles doit être assuré par le corps de la construction ou de la clôture, l'extension des logements doit se faire au fond de la parcelle (Article, 13).

Règle 2 : l'organisation spatiale du logement doit s'adapter au mode de vie local (Article, 13).

Règle 3 : La recommandation du logement introverti qui permet d'éviter les effets de l'ensoleillement, des vents de sable et permet de préserver l'intimité intérieure (Article, 13).

Règle 4 : Dans l'organisation des espaces intérieurs de l'habitation, la partie susceptible de recevoir des visites doit pouvoir être isolée de celle réservée à la vie intime de la famille (Article, 13).

Règle 5 : Les pièces doivent être éclairées et aérées à travers la cour localisée selon les lieux (Article, 13).

Règle 6 : La cour ou patio doit disposer d'une surface consistante pour accueillir les activités domestiques quotidiennes et exceptionnelles. Le rôle de la cour et le rapport entre sa largeur et sa hauteur varie selon les régions et le degré de confort (Article, 13).

Règle 7 : Un jardin potager, de taille raisonnable, d'arbres fruitiers et de plantes d'ornementation, adaptés au climat local, peut être prévu pour valoriser la qualité paysagère de l'habitation (Article, 13).

Règle 8 : Des espaces peuvent être prévus en fonction des besoins liés aux traditions et coutumes de la localité. Des locaux destinés à abriter des animaux domestiques (enclos, bergerie...), peuvent être tolérés au niveau des habitations érigées dans des localités à vocation agricole (Article, 13).

Règle 9 : Lorsque les constructions sont isolées, il est impératif que le ratio entre le volume construit et la surface de l'enveloppe soit le plus élevé possible, de sorte

à ce que les surfaces des façades subissent une exposition minimale au soleil (Article, 14).

Règle 10 : Dans le cas d'une conception offrant un recul par rapport au trottoir, l'accès se fait à travers la cour intermédiaire reliée à la cour centrale par un corridor. Cet espace intermédiaire doit être protégé par une clôture ajourée dont la partie en dur ne doit pas dépasser deux mètres (2 m) de hauteur (Article, 15).

Section 2 : De l'orientation des constructions :

Règle 1 : Pour assurer la protection d'un bâtiment contre le soleil, il est fortement recommandé d'orienter son axe longitudinal dans la direction Est-Ouest, de sorte que les fenêtres donnent sur la direction Nord et Sud (Article, 16).

Règle 2 : La terrasse recevant le plus de radiation, doit être protégée par un dispositif adéquat (Article, 17).

Règle 3 : Les façades doivent être, protégées du rayonnement solaire par celles des habitations voisines ou tous autres dispositifs (Article, 18).

Règle 4 : L'orientation des logements doit tenir compte du microclimat, de la configuration du terrain, des vues et des vents dominants afin d'optimiser les conditions de confort offertes par les éléments naturels et de permettre le respect des orientations préférentielles des séjours et cuisines (Article, 19).

Section 3 : Du type d'ouverture :

Règle 1 : Chaque pièce principale doit être éclairée et ventilée au moyen de fenêtres ouvrant sur une cour, un patio ou d'un espace polyvalent, en plus d'une ou plusieurs baies donnant à l'extérieur dont l'ensemble doit présenter une superficie, au plus, égale au douzième de la surface de la pièce (Article, 20).

Règle 2 : Les ouvertures des pièces principales doivent être munies d'un dispositif assurant une protection efficace contre le rayonnement solaire (Article, 20).

Règle 3 : La dimension et la forme de la fenêtre, doivent être réduites au maximum au niveau des façades Ouest et Est et intégrer, selon le cas, les protections horizontales et verticales (Article, 21).

Règle 4 : Un dispositif de protection solaire couvrant toute la surface de la fenêtre, peut être envisagé tout en assurant l'éclairage naturel (Article, 21).

Règle 5 : Des dispositions de protection peuvent être adoptées, selon le cas, au début de la conception, notamment par l'intégration des toits débordants, pare-soleil, volets réglables ou fixes du type persienne, claustras (Article, 22).

Règle 6 : Ces dispositions permettent, à la fois, une réduction d'exposition des baies au rayonnement solaire et un traitement au niveau des façades exposées (Article, 22).

Règle 7 : De petites ouvertures, peu nombreuses, peuvent être tolérées au niveau des façades exposées aux vents dominants et à l'ensoleillement (Article, 23).

Règle 8 : Pour les équipements publics, une surface minimale des fenêtres est déterminée sur la base d'un calcul pour obtenir un niveau d'éclairément et une circulation d'air suffisant au bon fonctionnement de l'espace (Article, 24).

Règle 9 : La vérification des calculs concernant la protection contre le rayonnement solaire, doit être menée au début des choix de conception, d'implantation, du type de construction et du plan de masse (Article, 24).

Règle 10 : L'utilisation du double vitrage est recommandée tout en s'assurant de ses caractéristiques, notamment celles liées au coefficient de transmission thermique, le facteur solaire, les transmissions et réflexion lumineuses (Article, 25).

Règle 11 : La menuiserie doit être exécutée avec des matériaux qui répondent aux exigences techniques (résistance, comportement, durabilité, étanchéité, performances thermiques et acoustiques) (Article, 26).

Section 4 : De l'enveloppe extérieure :

Règle 1 : Concevoir l'enveloppe de la bâtisse de manière à réduire les besoins en énergie pour le chauffage et le refroidissement par : la réduction des déperditions calorifiques à travers les parois en améliorant leurs composantes et leur protection des vents dominants ; la réduction des ponts thermiques, la réduction des déperditions par le vitrage, l'augmentation de la résistance thermique des parois, en plaçant des isolants à l'extérieur, pour supprimer les déperditions linéiques et protéger les parois des chocs thermiques ; la réduction des infiltrations d'air incontrôlées en prévoyant les menuiseries adéquates et en assurant un bon suivi de la réalisation (Article, 27).

Règle 2 : La protection solaire en intégrant des éléments architecturaux assurant l'occultation des rayons solaires (avancées horizontales ou verticales) (Article, 28).

Règle 3 : Les dimensions des occultations à prévoir ainsi que les heures d'ensoleillement, doivent être déterminées en fonction de la latitude du site considéré. Leur efficacité sera contrôlée au moyen du tracé des abaques solaires (Article, 29).

Section 5 : Couleur et ornementation :

Règle 1 : La couleur naturelle du matériau utilisé comme enduit est conseillée. La couleur claire ou ocre, dans ses différentes tonalités du blanc à l'ocre rouge, est à préconiser au niveau **des wilayas du Sud** (Article, 30).

Règle 2 : Outre la couleur des façades, les éléments de façade doivent être puisés des références locales (Article, 31).

Règle 3 : Les éléments de traitement et d'ornementation locales, peuvent être repris au niveau des façades des projets d'équipements, tels que : la composition centrale encadrant la porte et les fenêtres ; l'auvent situé au-dessus de la porte d'entrée, les claustras et les brise-soleil ; les arcades et les voûtes ; la décoration des portes et éléments de menuiserie puisée des motifs locaux (Article, 31).

Section 6 : De la hauteur et des gabarits :

Règle 1 : Le paysage doit présenter un gabarit architectural n'excédant pas 9 m pour les habitations et les 12 m pour les équipements publics (Article, 32).

Règle 2 : La construction d'immeubles de plusieurs niveaux est accordée, à titre dérogatoire, pour les équipements ou constructions à usage professionnel (Article, 32).

Chapitre 3 : dispositions techniques de construction :

Ce chapitre dernier de l'annexe du décret exécutif 14-27, est destiné à édicter les règles qui exposent les techniques de construction appliquées dans les zones du Sud. Répartie en trois sections, il regroupe à la fois les règles qui gèrent les systèmes constructifs et l'utilisation des matériaux locaux, les techniques de construction des terrasses, et la ventilation des constructions au Sud.

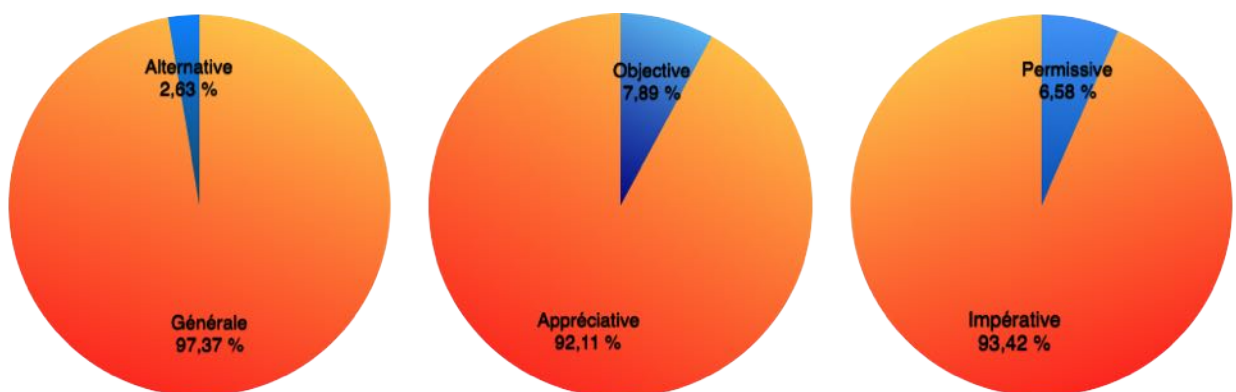


Figure 3. 11: Pourcentage de classification des règles du décret 14-27 par types (Source : Auteur).

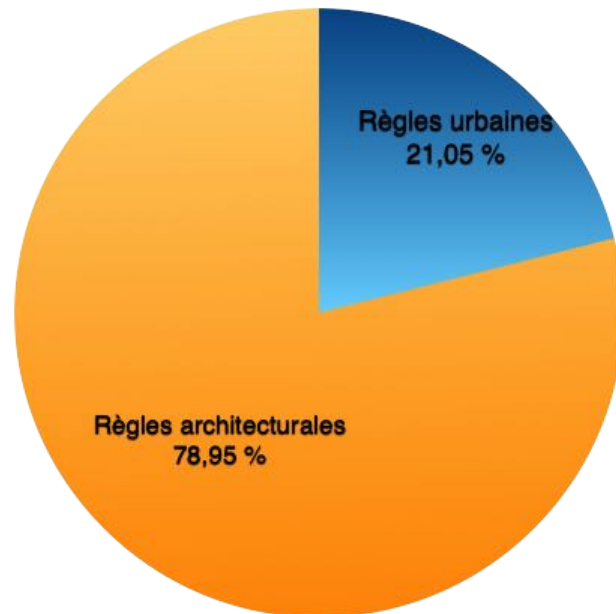


Figure 3. 12 : Pourcentage des règles urbaines et des règles architecturales du décret 14-27 par types (Source : Auteur).

3.5.4 Contraintes réglementaires urbaines :

La réglementation urbaine est un système qui impose l'ordre urbain sur les parcelles individuelles (Rabie, 1991). Les règles urbaines appliquées sur un morceau de ville deviennent des contraintes urbaines (Belkaïd, et al., 2010). L'ensemble des règles extraites à partir des textes législatifs algériens sont impératifs ce qui implique leurs applications obligatoires. Cette application obligatoire accentue leurs caractères en tant que contraintes urbaines. Selon Rabie, la réglementation a comme effet général de définir une enveloppe quantitative et qualitative globale, dans laquelle l'architecture s'inscrit.

Par définition une contrainte est considéré comme une obligation créée par les règles en usage dans un milieu, par les lois propres à un domaine, par une nécessité (Larousse). Les contraintes réglementaires urbaines sont créées par les règles eux même, qui imposent des contraintes au niveau des propriétés et des relations des objets géographiques. La morphologie urbaine générées par les règles urbaines présente une contrainte devant toutes autres morphologies créées par d'autres règles tel que les règles de conception bioclimatique et les règles adoptées par le désigne urbain, ce qui est bien

apparent dans le travail de Raboudi, Belkaïd et Ben Saci en 2012. Les trois chercheurs ont développés un nouveau volume constructible en fonction du volume réglementaire, qui satisfait un nombre de contraintes, ce volume a été intercepté par un autre volume solaire pour avoir un nouveau niveau de satisfaction des contraintes réglementaires urbaines (Raboudi, et al., 2012). L'obligation de suivre les règles urbaines élimine toute tentative de générer le tissu urbain à partir d'autres règles plus avancés et plus adaptés au contexte climatique sur tout.

Selon Brasebin et Perret en 2012 les contraintes réglementaires peuvent être divisées en quatre catégories :

1. **Les contraintes volumétriques** : concernant les limites de volumes dans lesquelles des constructions sont autorisées sur une parcelle.
2. **Les contraintes de surface** : concernant la surface des constructions dans une parcelle (soit l'empreinte ou la superficie totale des étages des bâtiments).
3. **Contraintes de forme** : concernant des formes spécifiques de certains éléments des constructions sur la parcelle, en particulier des pentes de toit.
4. **Les contraintes d'apparence** : l'apparence des constructions dans une parcelle qui concernent principalement les matériaux utilisés (Brasebin, et al., 2012).

Les contraintes peuvent être aussi strictement géométriques ou non strictement géométriques, cette distinction est basée sur le degré d'influence de la contrainte sur la dimension constructible, à titre d'exemple le coefficient d'emprise au sol n'est pas une contrainte pour l'enveloppe constructible, mais il l'est pour le volume bâti (Brasebin, 2014). Les règles urbaines déjà extraites dans la section précédente, s'imposent comme de véritables contraintes face aux stratégies développées par la conception bioclimatique urbaine. Le fait de l'existence de limites géométriques (distance de séparation, servitude et prospect) qui modèlent le tissu urbain, rend l'application des stratégies bioclimatiques à l'échelle urbain une tâche difficile. Les contraintes se créent par la législation lors du croisement entre la conception urbaine et les intentions politiques du législateur, à cette état s'ajoute la non adaptation climatique.

Conclusion :

Dans l'antiquité le concept règlement urbain nous renvoie à la notion de contrôle et de rationalisation des terres par les pouvoirs. L'émergence du règlement urbain comme notion de gouvernance états après l'avènement de la révolution industrielle. Avec les retombées sociales et économiques de cette dernière, les pionniers

de l'urbanisme moderne ont tenté beaucoup de solutions, qui sont appuyés par le contrôle et la régulation du développement urbain. Les codes urbains étaient enracinés dans les pratiques urbaines qui visent à assainir la ville industrielle. Avec la mutation de la planification moderne le règlement urbain s'est transformé en outil de concrétisation des grandes lignes de planification urbaine et de conception urbaine, il a réclamé donc un nouveau rôle entre les deux.

Ce chapitre nous a permis aussi de cerner la définition du concept règlement urbain comme un outil de génération de la forme urbaine d'une part et de l'autre part comme un système de relation et de règle pour la morphologie urbaine. Entre outil et système le règlement urbain demeure le moyen par lequel les autorités guident le développement de la ville dans une certaine période. Les finalités du règlement urbain se résument en règlement d'hygiène et de sécurité, un règlement lié à la préservation des zones à caractères particuliers et un règlement en rapport avec l'ordre social. Les règles à l'intérieur d'un règlement peuvent être classées selon plusieurs critères en générale et alternatif, ou selon le degré d'objectivité en règle objectif et appréciatif, ou selon le degré d'obligation en règle permissive et impérative. D'autres chercheurs ont procédé à une autre classification selon le domaine d'influence de chaque règle, en distinguant trois catégories ou domaine, à savoir le domaine public, de voisinage et privé.

La scène urbaine antique de l'Algérie a hérité son développement urbain du gouvernement qui a dominé à l'époque. La période coloniale a donné naissance à l'urbanisme moderne en Algérie. Cette période se divise en deux parties, la première n'a pas connu de grande mutation, la deuxième période apparaît très critique sur tous avec la naissance de la planification urbaine dans l'Europe et par la suite dans ces colonies, les plans d'aménagements sont déjà apparus, aussi les travaux d'Hausmann qui ont bouleversé la tradition française, l'Algérie a subi comme influence les travaux de Le Corbusier. Ainsi l'Algérie est passée après la période de l'indépendance par une tentative de législation urbaine accompagnée d'un développement urbain monofonctionnel qui a cédé la place à une urbanisation polyfonctionnelle à partir avec l'intégration des diverses fonctions urbaines (habitat, commerce, agriculture, industrie). Dans cette période on peut conclure que la planification spatiale était la base des politiques urbaines en Algérie.

Le règlement urbain comme une partie intégrante des instrument d'urbanisme, change d'échelle entre le PDAU et le POS. Le règlement du PDAU fixe les affectations des sols (activité dominantes, programmes d'équipement, infrastructures) ; les droits de construire ; les servitudes légales et dispositions particulières pour certaines parties du

territoire communal. Hors que le règlement du POS fixe en détail ces droit d'usage du sol. Le règlement du POS est plus proche à la réalité morphologique de la ville que le règlement du PDAU, par la description des modalités de génération de la forme urbaine.

L'extraction directe des règles applicable dans la rédaction du règlement du PDAU et du POS nous a permis d'examiner l'ensemble des règles édictées par les dispositifs législatifs et réglementaires à la fois. Les règles extraites témoignent d'une absence totale d'une dimension climatique, aucunes règles parmi les règles générales d'aménagement et d'urbanisme n'intègrent une recommandation qui contrôle le climat de manière rationnelle. En terme de morphologie urbaine ces règles génèrent un cadre bâti à caractère standard et général dans une optique minimaliste pour la ville.

Partie

Pratique

Chapitre 4 : Positionnement épistémologique

Chapitre 5 : Méthodologie de recherche

Chapitre 6 : Résultats, discussions et interprétations

Positionnement épistémologique

Introduction

4. Positionnement épistémologique

4.1 Positionnement du mémoire et choix d'approche

4.2 Définitions des indicateurs de la fabrique de la ville

Conclusion

Introduction

Au cours de ce chapitre qui annonce le positionnement épistémologique de la présente recherche par rapport à d'autres travaux déjà effectués, l'effort est consacré pour construire la grille d'indicateurs qui fait le lien entre la morphologie et le microclimat urbain. Les indicateurs qui affectent le microclimat sont déjà catégorisés en trois familles selon les types d'interactions et les phénomènes étudiés. Les travaux choisis traitent la problématique liée à l'interaction morphologie et microclimat sauf le travail de Fund qui traite seulement de la morphologie. Le reste de chapitre définit l'ensemble des dimensions et des indicateurs retenus qui sont en étroite relation avec les variations microclimatiques à l'intérieur des tissus urbains.

4. Positionnement épistémologique :

4.1 Positionnement du mémoire et choix d'approche :

La morphologie des tissus urbains a une grande interaction avec les éléments physiques du microclimat urbain d'une part et la réglementation urbaine de l'autre part. un état de l'art a été fait dans cette optique en se basant sur des travaux déjà fait dans cette thématique, à savoir les travaux de **Adolphe en 2001**, **Ait-Ameur en 2002**, **Ouamer en 2007**, **Colombert en 2008**, et **Fund en 2012**.

Un défi majeur pour la morphologie urbaine, dans les prochaines années, est d'être en mesure d'identifier ses contributions les plus importantes et morphologiquement spécifiques aux villes contemporaines (Oliveira, 2016). L'analyse de la morphologie urbaine est l'outil indispensable à toute intervention urbaine, elle n'offre pas des modèles mais elle donne des instruments pour un choix (Allain, 2004). Ainsi comprendre les complexités physiques de différentes échelles, des bâtiments individuels, des parcelles et des motifs de la rue qui composent la structure des villes nous aide à comprendre la façon dont les villes ont grandi et développé. Cette connaissance nous aide à évaluer ce qui est réussi ou non et de fournir des éléments de conception pour les formes futures (Larkham, 2005).

Sharag Eldin, 1998 a énuméré deux catégories de facteurs d'influence sur la morphologie urbaine : les facteurs physiques qui sont relativement définis et accessible a évalué tel que le climat, la topographie, la géologie, et les facteurs non-physiques comprennent la religion, la sécurité, et les facteurs socio-économiques. Pour Vittorio Gregotti la morphologie concerne que les aspects matériels de l'architecture et du cadre

physique (Sharag-Eldin, 1998).

La morphologie urbaine est utilisée pour résoudre plusieurs problèmes relative à l'aménagement dans la ville : tel que l'analyse du transport (Hankey, et al., 2010; Liu, et al., 2011), l'environnement climatique (Oke, 1987; Katzschner, 1997; Matzarakis, 2001; Nicolopoulou et al, 2003; Ratti, 2001; Dekay, 2001; Shashua-Bar et al, 2006; Zhao et al, 2011; Norte, 2014).

4.1.1 Catégories d'indicateurs d'interaction entre forme urbaine et climat urbain :

A travers l'analyse des textures urbaines tridimensionnelles les chercheurs ont montré que les caractéristiques microclimatiques (températures, vent et ensoleillement) sont reliées d'une manière simplifiée avec la forme urbaine (Bouyer, 2009). A l'échelle microclimatique, les spécificités morphologiques d'un espace agissent sur les champs de variables physiques par l'intermédiaire d'effets locaux (Bouyer, 2009). L'interaction entre les paramètres physiques et la forme urbaine se divise en trois catégories d'indicateurs :

4.1.1.1 Indicateurs de l'interaction du physique et du construit :

La caractérisation de la forme urbaine qui influe sur les phénomènes physiques on distingue deux approches d'énumération d'indicateurs :

4.1.1.1.1 Morpho-physique : de l'espace construit au paramètre physique

Cette catégorie d'indicateur cherche dans la forme urbaine ce qui peut influencer les phénomènes physiques du climat urbain, mais souvent il n'y a pas un lien explicite entre phénomènes analysés et éléments du cadre bâti. Le nombre d'indicateurs est très grand. Les indicateurs sont plus sensibles aux côtés architecturaux et urbains que les paramètres physiques, l'objet de ces travaux est la caractérisation climatique des espaces urbains. Il s'agit dans ces travaux de caractériser les variations des paramètres climatiques (direction et vitesse, du vent, température de l'air et de surface, humidité), bilan énergétique, pollution atmosphérique, par le biais des indicateurs morphologiques des espaces urbains, on citera à titre d'exemple les travaux de Groleau et al, 1995 ; Ait-Ameur, 2002 ; Adolphe, 2001.

4.1.1.1.2 Physico-morphologique : du physique au construit

Sachant que la climatologie urbaine a pris en compte la complexité de la forme urbaine, il s'agit de rechercher dans la forme urbaine ce qui influence les modèles physiques

du climat urbain, on notera ici la pertinence de deux travaux effectués : Bottema, 1998 ; Grimmond et Oke, 1999, qui ont visé explicitement la modélisation de la rugosité de la surface urbaine et donc approcher par cela les aspects aérodynamiques de la forme urbaine.

Les auteurs ont défini des indicateurs morphologiques pour des modèles de la forme urbaine afin de mesurer les vides urbains et de leurs interfaces bâties, ces modèles restent limités à des cas particuliers (Benzerzour, 2004).

4.1.1.2 Indicateurs Morpho-physico-sensibles :

Cette catégorie d'indicateurs caractérise ce qui est ressenti par les usagers des espaces urbains et la caractérisation de l'interaction du physique et du bâti ne constitue pas une finalité en soi. C'est la notion « d'effet » qui est comme l'indicateur, la traduction d'une interaction, mais c'est de l'interaction du phénomène physique (tel qu'il est régulé par l'environnement bâti) et de la perception dont il est question (Benzerzour, 2004).

4.1.1.3 Indicateurs morphologiques graphiques :

Décrire la forme urbaine de telle sorte à en communiquer les performances qualitatives (ensoleillement, vue de ciel etc.) c'est une définition géométrique et une représentation graphique, qui décrit plus explicitement l'interaction entre physique (climat urbain) et construit (forme urbaine) (Benzerzour, 2004).

Dans la présente recherche la méthode synchronique de la morphologie urbaine est choisie, pour sa pertinence, car elle permet de caractériser les relations entre cette dernière et les facteurs physiques notamment du climat sous l'angle du registre bioclimatique, dans cette optique et afin de construire notre modèle conceptuel une série de travaux déjà effectués pour caractériser l'environnement urbain sous l'angle de la morphologie urbaine et son interaction avec le climat est présentée ci-dessous :

4.1.2 Travaux Adolphe 2001 :

En 2001 Adolphe Luc a énuméré des indicateurs géométriques et topologiques simples pour analyser la morphologie urbaine, dont le but est de simuler, de façon opérationnelle, la relation entre la forme urbaine et le climat à une échelle intermédiaire correspondant à la région. Le modèle final est un modèle spatial simplifié reposant sur un ensemble d'indices morphologiques originaux typiques de la performance environnementale des tissus urbains : la densité, la rugosité, la sinuosité, l'occlusif, la compacité, la contiguïté, l'admission solaire, et la minéralisation. L'échelle du modèle est celle d'une échelle intermédiaire (de quartier ou de la communauté)

L'application du modèle permis une analyse simplifiée des climats urbains extérieurs (après l'établissement des relations statistiques entre ces indicateurs et divers paramètres climatiques), l'équilibre énergétique des tissus urbains (caractéristiques morphologiques d'un tissu urbain aura un impact important sur ses potentialités pour la ventilation naturelle, etc.), entre le quartier ou des comparaisons interurbaines, ou la simulation des effets climatiques d'un futur équipement urbain le tableau suivant récapitule le modèle proposé par Adolphe.

Le modèle morphologique urbain	Tissu urbain	Densité
		Rugosité
		Porosité
		Sinuosité
		Occlusivité
		Compacité
		Contiguïté
		Admittance solaire
		Minéralisation

Tableau 4. 1: Modèle simplifier de la morphologie urbaine (Source : Adolphe, 2001).

4.1.3 Travaux de Ait-Ameur 2002 :

Ait-Ameur a exposé une méthode permettant de représenter la relation entre la morphologie urbaine et le climat par des indicateurs physiques. Cette représentation est principalement reposée sur le processus de substitution des propriétés morphologiques par des variables quantifiables.

Ait-Ameur, 2002 : « *En intégrant la dimension climatique dans le système indicateur morphologique, nous nous sommes efforcés d'indicateurs d'index pouvant être identifié en tant que variables morpho-climatiques* ».

Les propriétés morphologiques étudiés étaient principalement ceux qui avaient déjà été identifiés comme influents dans les variations climatiques. Le but d'étudier ces propriétés était de pouvoir les interpréter simplement, puis de les valider en tant que données statistiques incluses dans un système ayant pour principale préoccupation la production des microclimats urbains.

Le travail de Ait-Ameur a terminé de classer les indicateurs morphologiques sous deux dimensions :

1. Dimension tissu urbain en identifiant les propriétés morphologiques d'un territoire

urbain significatif couvrant un quartier, une partie de la ville ou une agglomération ;

2. Dimension de l'espace public donnant une représentation de la forme de l'espace et les éléments urbains qui structurent cette forme. Ces variables représentent des indicateurs de distance, de mise en page et de l'espace proportion. Sur la base des critères établis à cette échelle, nous avons défini trois types d'indicateurs :

- Les indicateurs de forme urbaine pour la description des caractéristiques de la forme de l'espace ;
- Les indicateurs de planification urbaine représentaient les types de la planification de l'espace ;
- Les indicateurs de type de matériaux en relation avec les propriétés physiques des matériaux (Ait-Ameur, 2002).

Le tableau suivant résume les résultats d'Ait-Ameur :

		Critères morphologiques	Indicateurs morphologiques	Facteurs morphologiques influents
Morphologie urbaine	Tissu urbain	Occupation des parcelles	Densité du bâti	Interprétation du bâti (emprise au sol)
			Minéralisation	Aménagements minéraux et végétaux
		Répartition parcellaire au sol	Taux de percement horizontal du tissu urbain	Dimension horizontale de des espaces vides
		Hauteur globale du tissu tridimensionnel	Rugosité du tissu urbain	Implantation du bâti (emprise au sol et hauteur végétale) Texture et minéraux Végétation et type d'aménagement végétaux (étendu au soi et hauteur végétale) Mobilier urbain
	Espace urbain	Dimensions urbaines Géométrie urbaine Mode d'organisation spatial	Prospect équivalent	Hauteur des façades Largeur de l'espace
			Longueur équivalente	Largeur de l'espace Longueur de l'espace
			Facteur d'obstruction minérale	Hauteur de la façade Distance du point à la façade
			Facteur d'ombre portée	Distances urbaines horizontales hauteur du bâtiment que fait l'ombre Azimute de la rue

				Trajectoire, azimute et hauteur du soleil
			Fraction de masque	Couverture de l'espace au ciel Azimute de l'espace Trajectoire, azimute et hauteur du soleil
		Type d'aménagement dans l'espace	Densité minérale	Répartition de la surface Minérale dans l'espace
			Densité végétale	Répartition des surfaces Végétales dans l'espace
			Taux d'emprise des obstacles urbains dans l'espace	Nombre d'obstacle dans l'espace Hauteur des obstacles
		Nature des surfaces de captage	Taux de vitrage de la façade	Répartition des surfaces vitrées
			Albédo des surfaces	Nature des matériaux Disposition des façades

Tableau 4. 2 : Grille d'indicateurs morphologique (Source : Ait-Ameur, 2002).

4.1.4 Travaux de Ouamer 2007 :

Le travail de Ouamer en 2007 s'agit de décrire et d'analyser la relation entre la morphologie urbaine, le microclimat et les conditions du confort thermique dans les espaces publics extérieurs. Son but principal est d'identifier des paramètres importants qui doivent être intégrés dans le processus de conception des espaces publics urbains. Les indicateurs morphologiques retenus sont issus principalement des travaux de Ait-Ameur, 2002 et Adolphe 2001, Ouamer a fait une classification de chaque paramètres microclimatiques et l'indicateur qui l'influe directement (Ouameur, 2007).

Paramètres microclimatiques	Indicateurs morphologiques déterminants		Auteurs
	Echelle de l'espace public	Échelle du tissu urbain	
Rayonnement solaire	<ul style="list-style-type: none"> Ratio <i>Degree of Enclosure (DoE)</i>; Ratio Hauteur moyenne des bâtiments/ Largeur moyenne des rues (H/L); Albédo moyen des surfaces (a). 	<ul style="list-style-type: none"> Densité végétale (D_v); Densité bâtie (D_b); Porosité urbaine (P). 	Adolphe, 2001; Ait-Ameur, 2002; Arnfield, 1999; Bozonnet, 2006; Brown <i>et al</i> 2000; Dimoudi <i>et al</i> , 2003; Elaiison, 1995 et Santamouris, 2001
Température de l'air	<ul style="list-style-type: none"> Facteur de ciel vu ; Ratio <i>DoE</i>; 	<ul style="list-style-type: none"> Densité bâtie (D_b); Densité végétale (D_v); Porosité urbaine (P). 	Givoni, 1998 ; Gómcz <i>et al</i> , 2004; Nagara <i>et al</i> , 1996; Potvin, 1997-2004
Température rayonnante	<ul style="list-style-type: none"> Ratio <i>DoE</i>; Facteur de ciel vu (SVF); Albédo moyen des surfaces (a). 	<ul style="list-style-type: none"> Densité bâtie (D_b); Densité végétale (D_v); Porosité (P). 	Dimoudi <i>et al</i> , 2003 ; Nikolopoulou <i>et al</i> , 2001;. Santamouris, 2001; et Slcemers <i>cl al</i> , 2004;
Vitesse du vent		<ul style="list-style-type: none"> Rugosité urbaine (R); Densité bâtie (D_b); Porosité urbaine (P). 	Adolphe, 2001; Ail-Ameur, 2002 et Givoni, 1998,
Humidité relative		<ul style="list-style-type: none"> Densité végétale (D_v); Densité bâtie (D_b). 	Ait-Ameur, 2002 et Dimoudi <i>cl al</i> , 2003 et Gómez <i>et al</i> , 2004

Tableau 4. 3 : Grille d'indicateurs morphologique déterminants (Source : Ouamer, 2007).

4.1.5 Travaux de Colombert 2008 :

Les indicateurs énumérés par Colombert sont formulés sur la base des travaux de Mills, 2003, il distingue ainsi trois échelles de conception : le bâtiment, le groupe de bâtiment (ou quartier) et l'échelle de l'implantation urbaine et pour chacune de ces échelles, des objectifs généraux sont assignés.

Selon Colombert, 2008 ces indicateurs peuvent être utilisés pour effectuer un graphe arborescent avec objectifs. Par exemple, pour le cas d'une diminution de l'intensité de l'îlot de chaleur la diminution de température constitue la problématique fondamentale, qui se décline en quatre sous-problématiques que sont :

- Réduire les rejets directs de chaleur sensible,
- Réduire les stocks de chaleur,
- Apporter des sources de fraîcheur,
- Améliorer la ventilation du milieu urbain (Colombert, 2008).

Morphologie urbaine	Le bâtiment	Forme du bâtiment	Hauteur (ou gabarit enveloppe) de l'immeuble	Ces deux critères sont en relation avec la hauteur du bâtiment et donc la rugosité du milieu urbain.
			Nombre d'étages	
			Coefficient d'emprise au sol	Ces critères influencent la proportion de surfaces de toits, qui n'a pas forcément la même influence que les autres surfaces.
			Largeur du bâtiment	
			Profondeur du bâtiment	
			Compacité	Ces critères influencent les surfaces de déperditions de chaleur et celles exposées au rayonnement solaire.
			Nombre de façades	
			Contacts	
			Contiguïté surfacique totale	
			Contiguïté surfacique verticale	
		Age		
		Enveloppe du bâtiment	Surface vitrée	Ces critères permettent de qualifier ou quantifier le comportement thermique et radiatif du bâtiment.
			Caractéristiques thermiques du vitrage	
			Épaisseur moyenne des murs	
			Coupe du mur et du toit avec les matériaux utilisés	
			Caractéristiques thermiques des matériaux de construction	
			Couleur des murs	
			Couleur des toits	
Age				

	Exploitation du bâtiment	Type d'occupation (habitation, activité)	Ces critères influencent directement ou indirectement les pertes de chaleur du bâtiment.	
		Température à l'intérieur du bâtiment		
		Nature de l'énergie utilisée pour le chauffage		
		Energie consommée pour le chauffage		
		Nature de l'énergie utilisée pour la climatisation		
		Energie consommée pour la climatisation		
		Nature de l'énergie utilisée pour la ventilation		
		Energie consommée pour la ventilation		
	Les espaces publics	Forme de la rue	Largeur de la rue	Ces critères influencent la proportion de voirie.
			Profil en travers	
			Rapport chaussée-trottoir	
		Composition (matériaux) du sol de la voirie	Caractéristiques thermiques des revêtements	Ces critères permettent de qualifier ou quantifier le comportement thermique et radiatif de la voirie.
			Couleur en surface	
		Géométrie des rues	Tracé (rectiligne ou sinueux)	Ces critères influencent la ventilation du milieu.
			Longueur	
			Orientation	
		Arbres d'alignement	Présence d'arbres d'alignement	
			Espacement entre les arbres	
			Natures des arbres	
		Nature de l'espace végétalisé	Type d'espace (parc, jardin, square, toiture végétalisée, fontaine, plan d'eau)	
			Nature de la végétation présente	
		L'organisation urbaine	Densités	Coefficient d'emprise au sol
	Densité de construction ou coefficient d'occupation des sols (COS)			
	Taux, densité de minéralisation			
	Emprise des rues			
	Densité humaine			
	Taux, densité de végétal (toiture végétalisée exclue)			
Densité d'arbres d'alignement				
Part de toitures végétalisées				

			Densité de plan d'eau	
			Densité de fontaine	
		Agencement des espaces publics au sein de la ville	Rapport entre les pleins et les vides	
			Position des espaces verts dans la ville	Les influences d'un espace vert à l'est ou à l'ouest d'une ville sont, spatialement au moins, différentes.
		Forme et profil de l'espace urbain	Prospect	
			Facteur de vue du ciel	
			Profil en long et élévation	
			Alignement des bâtiments sur la rue	
			Rugosité de la ville	
			Profil urbain, silhouette de la ville (nord-américaine, européenne, d'Afrique noire, etc.)	

Tableau 4. 4 : Domaines, leviers et d'indicateurs en relation avec la climatologie urbaine (Source : Colombert, 2008).

4.1.6 Travaux de Fund 2012 :

Fund 2012 a élaboré un catalogue de fiches d'indicateurs en 3 dimensions qui permis une analyse séquentielle de la ville. Chacune de ces fiches permet de poser, de manière claire et précise, la définition et le mode de calcul de l'indice, des références littéraires dans lesquelles il apparaît, ainsi que des exemples d'usage de celui-ci dans le domaine de l'aménagement et de l'urbanisme. Afin de rapporter ces outils à un usage opérationnel, les différents indicateurs sont classés selon trois échelles d'application : l'échelle du bâtiment, l'échelle locale (échelle du projet) et l'échelle globale (échelle d'insertion). La récapitulation des ces indicateurs est présentés dans le tableau si dessous (Fund, 2012):

Morphologie urbaine	ECHELLE DU BATIMENT	Caractérisation architecturale	Elongation
			Complexité
			Facteur de forme
			Déviation
		Outils réglementaires	Surface Hors œuvre Nette (SHON)
			Surface de plancher
			Coefficient d'Occupation des Sols (COS)
			Distance à la route

	ECHELLE LOCALE (RUE/ILOT/QUARTIER) – ECHELLE DU PROJE	Dimensionnement de l'espace	Distance à la bordure de parcelle
			Distance entre bâtiments
			Indice de Landsberg
			Indice de forme urbaine
			Prospect
			Contiguïté
			Alignement
		Densité	Densité bâtie
			Densité de réseaux
			Densité végétale
			COS Végétal
		Visibilité	Longueur de vue
	Longueur de vue caractéristique		
	Ouverture de ciel		
	Isovist 3D		
	Visibilité partielle		
	Indice de visibilité		
	Squelette de ciel		
	Oclusivité		
	ECHELLE GLOBALE (QUARTIER/ ENSEMBLE DE QUARTIERS/VILLE) – ECHELLE D'INSERTION	Ordre/Désordre	Entropie
Indice de Hoover			
Forme de la tâche urbaine		Compacité morphologique	
		Rugosité	
		Indice de Moran	

Tableau 4. 5 : Indicateurs morphologiques 3D (Source : Fund, 2012).

4.1.7 Choix des indicateurs :

On peut identifier dans les travaux cités ci haut des indicateurs communs et d'autre lier à chaque problématique de chaque chercheur. Les indicateurs les plus proches de notre propos sont les indicateurs morpho-physiques énumérés par Adolphe en 2001, Ait-Ameur en 2002, Colombert en 2008 et Fund en 2012. Les indicateurs retenus sont les indicateurs qui ont la plus grande influence sur le microclimat et qui présentent une large plage de régulation du microclimat. Dans le but de construire notre modèle une autre étape paraît nécessaire pour réorganiser les différents indicateurs combinés à partir des travaux d'Adolphe, Ait-Ameur, Colombert et Fund, il s'agis de les classer selon les échelles qui se superposent dans la ville, la morphologie urbaine a plusieurs échelles et différents points de vue (Allain, 2004).

Selon Batty en 2008, la complexité urbaine a sa base dans l'ordre régulier de la taille et de la forme à travers de nombreuses échelles spatiales. A chaque « échelle » correspond une certaine dimension des objets géographiques étudiés, une certaine durée d'existence et une certaine catégorie de descripteurs de ces objets (Pumain, et al., 2006). Allain Rémy parle de ces échelles, une macro-forme qui présente un **macro-échelle**, un maillage celui du **méso-échelle** et le parcellaire qui renvoie à un **micro-échelle** (Allain, 2004).

Le tableau suivant résume les indicateurs combinés selon les trois échelles :

Concept	Dimensions	Sous-dimensions		Indicateurs	
Fabrique de la ville	Micro-échelle	Bâtiment		Hauteur (ou gabarit enveloppe) de l'immeuble	
				Facteur de forme	
				Compacité du Bâti	
		Espaces libres	Rue	Rapport H/W	
				Facteur vue de ciel	
				Orientation	
			Place	Tracé (rectiligne ou sinueux)	
				Albédo des surfaces	
				Facteur vue de ciel	
		Espace vert	Albédo des surfaces		
			Facteur d'ombre portée		
			Type d'espace vert		
		Méso-échelle	Tissu urbain		Densité
	Rugosité				
	Porosité				
	Sinuosité				
	Occlusivité				
	Compacité				
	Contiguïté				
	Admittance solaire				
Macro-échelle	Ville		Minéralisation		
			Tâche urbaine		

Tableau 4. 6 : Indicateurs combinés du concept fabrique de la ville (Source : Auteur).

4.2 Définitions des indicateurs de la fabrique de la ville :

4.2.1 Micro-échelle :

L'échelle est une caractéristique clé des modèles urbains, puisque le changement d'échelle d'observation des formes urbaines peut conduire à une interprétation différente

de la structure urbaine. L'échelle intervient à travers la taille des unités spatiales minimales qui composent le système urbain (Baro, 2015).

Selon Pumain le micro-échelle des représentations et des intentions, et dont les interactions produisent et transforment des objets d'un niveau d'organisation supérieur (Pumain, et al., 2006). A chaque « échelle » correspond une certaine dimension des objets géographiques étudiés (au niveau de la ville), une certaine durée d'existence et une certaine catégorie de descripteurs de ces objets,

Le Micro-échelle correspond à celui de l'échelle humaine, qui a une gamme de significations, mais en général se réfère à la taille d'un environnement ou des parties d'un environnement qui engendrent des sentiments positifs en étant proche de la taille pour le corps humain (Dee, 2001).

Chez Alain Rémy le micro-échelle correspond à un maillage de détail : observé à l'échelle de portion de la ville, et de l'opération d'urbanisme, il est toujours une partie intégrante du plan général. Cette échelle est très convenable lors de la composition urbaine pour une opération volontariste de mise en ordre de l'espace urbain. Il est le résultat de la construction progressive et imbriquée (Allain, 2004).

Le Micro-échelle est toute surface ou tout objet crée son propre microclimat qui influe à la fois sur l'objet ou la surface en question ainsi que sur leur environnement immédiat. Les températures d'air et de surface peuvent varier sur des distances très faibles (même à quelques millimètres) et les flux d'air peuvent être à leur tour perturbés par des objets relativement petits. La plus petite échelle caractéristique de la variation des paramètres climatiques à la surface du sol ou des objets en contact avec l'air est l'échelle micro. Les échelles spatiales typiques de ce que l'on appelle en climatologie urbaine le microclimat urbain (relatif à l'échelle micro) sont liées aux dimensions des champs d'influence d'éléments isolés comme les bâtiments, arbres, rues, routes, cours intérieures, jardins, etc. La distance associée à cette échelle est généralement comprise entre 1m et 100m (Benzerzour, 2004).

4.2.1.1 Bâtiment :

Le bâtiment désigne aussi la masse construite de la forme urbaine, quelle que soit leur fonction (habitation, équipement) ou leur dimension (Borie, et al., 1980). Selon Françoise Choay le bâtiment désigne toute construction qui sert d'abris aux ans aux animaux aux objets. Il est encore largement employé pour désigner le secteur d'activité économique correspondant à la construction (Choay, et al., 1996). Il est aussi le produit

d'une ou plusieurs opérations de construction, d'un seul tenant, pérenne ou non, servant généralement à mettre à couvert des hommes, des animaux, des plantes ou des objets (Gauthiez, 2004).

Le bâtiment est défini comme une construction destinée à servir d'abri et à protéger des personnes et des biens individuels ou collectifs. Ses caractéristiques techniques et physiques sont avant tout déterminées par ce qu'il va protéger, par sa fonction mais également par les contraintes réglementaires auxquelles il est soumis (Colombert, 2008).

4.2.1.1.1 Hauteur (ou gabarit d'enveloppe) de l'immeuble :

La hauteur du bâtiment est définie par le nombre d'étages compris entre le plancher du premier étage et le toit. Cet indicateur est utilisé pour décrire la rugosité (absolue) de terrain. La longueur de rugosité de la couche limite urbaine est beaucoup influencée par la hauteur des bâtiments.

4.2.1.1.2 Facteur de forme :

Le facteur de forme est défini comme un indicateur qui affecte le degré de contraste d'un bâtiment par rapport à son voisinage bâti, il prend en compte les dimensions géométriques de l'objet (Ganitseva, et al., 2010).

Il est calculé par la formule suivante : (1)

$$F = \frac{h \times 2}{w + d}$$

h : est la hauteur du bâtiment concerné,

w : est la largeur de la boîte englobante orientée de ce même bâtiment

d : sa profondeur.

4.2.1.1.3 Compacité du Bâti :

L'indice de compacité : exprime la valeur de la surface d'échange de l'enveloppe des bâtiments rapportée au m² de plancher. Elle est supérieure à 0,2 et généralement inférieure à 1,2 pour des configurations standards. La surface d'enveloppe est constituée des façades verticales exposées aux conditions extérieures, de l'emprise au sol et des toitures. Plus est faible, plus les constructions sont compactes et donc moins elles subissent les effets externes (Cherqui, 2005).

Le facteur de compacité est le rapport de la surface d'enveloppe extérieure au volume total des bâtiments.

4.2.1.2 Espaces libres :

L'espace libre est l'une des figures de la forme urbaine. L'espace libre est tous les espaces entre les bâtiments dans les villes et autres localités (Krier, 1979). Gauthiez en 2004 le définit comme une surface au-dessus du sol non occupé par des bâtiments, des ouvrages de génie civil, ou un vert dense ou arboré. Selon Borie les espaces libres sont l'ensemble des parties non construites de la forme urbaine, que ces espaces soient publics (places, esplanades, rues, etc.) ou privés (cours, jardins).

L'espace libre peut être totalement clos de tous les côtés ou ouvert avec un degré de fermeture variable. Il est souvent défini par des pleins qui le circonscrivent, par exemple des bâtiments, ou qui lui donnent une forme particulière, comme les arbres. Il peut être planifié ou résidu. Sa forme est particulièrement soignée dans l'urbanisme (Gauthiez, 2004).

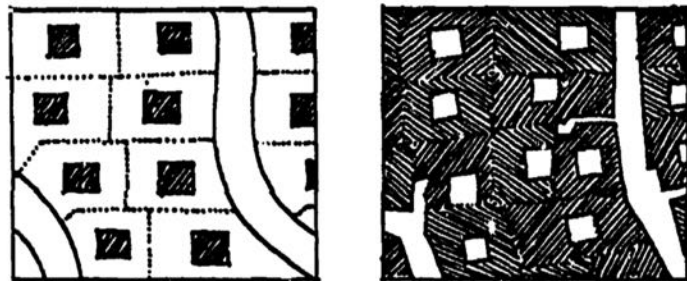


Figure 4. 1 : Le système des espaces libres (Source : Borie,1984).

L'espace libre représente en milieu urbain le vide, qui est toujours en référence aux bâtis adjacents. L'interdépendance des vides et des pleins fait que les espaces libres apparaissent comme le négatif (au sens photographique du terme) du système bâti (Borie, et al., 1980).

4.2.1.2.1 Rue :

Les rues sont souvent les espaces publics les plus vitaux, elles jouent un rôle beaucoup plus important dans la vie publique des villes et des communautés et devraient être conçues pour inclure des espaces publics ainsi que des canaux pour le mouvement. Les rues sont des artères critiques pour le transport des marchandises et des personnes, mais ils sont aussi les lieux où nous vivons, travaillons, jouons et interagissons.

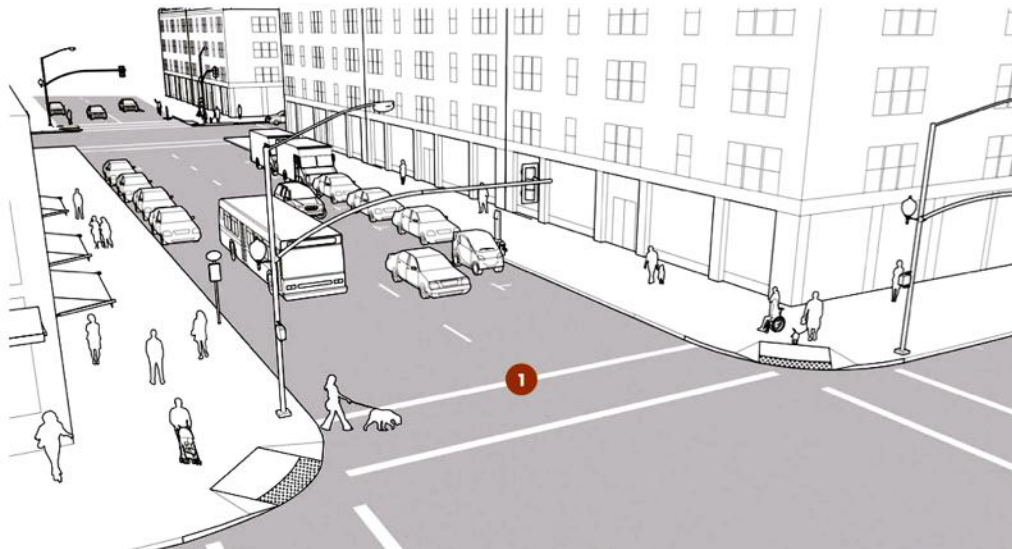


Figure 4. 2 : Illustration d'une rue selon l'association nationale du transport fonctionnel de la ville (Source : NACTO,2013).

La simple définition de Larousse d'une rue est une voie publique aménagée dans une agglomération. La voie est définie comme l'emprise linéaire de largeur variable, aménagée pour le déplacement des piétons et des véhicules de façon à relier différents lieux entre eux (Gauthiez, 2004). La rue prend une partie fondamentale de la définition de la voie, Gauthiez le confirme par la définition suivante : la rue est une voie dans une agglomération, bordée de bâtiments ou de clôtures.

Les termes rue, avenue, route, chemin et boulevard ont des significations semblables mais avec des distinctions relatives à chaque terme. Par exemple la distinction entre route et rue est que la route est une ligne de communication entre les lieux, la rue peut avoir cette attribut mais sa signification la plus courante est une route dans une ville ou d'un village relativement large, par opposition à une voie ou ruelle (Moughtin, 2003). Une caractéristique particulière de la route ou la voie qui est incompatible avec la rue est le mouvement rapide ou le trafic lourd avec toutes ses exigences techniques. La rue sera donc considérée comme un espace clos, l'espace en trois dimensions entre deux lignes de bâtiments adjacents.

La définition de la rue ne se résume pas à des avatars morphologiques, elle peut prendre d'autres dimensions sociale, culturelle et même politique. Selon Choay et Merlin en 2000 la rue est l'élément essentiel de toutes les cultures urbaines. Selon Hillier en 2009 la rue ne reflète pas la société mais plus l'espace que la société insiste à diviser, la qualité de vie dans la rue présente l'indicateur le plus pertinent de la présence d'une société civile forte (Hillier, 2009)). Selon Oliveira en 2016, Les rues sont, en termes généraux, l'espace public et démocratique de la ville, l'endroit où nous avons tous rencontré, avec toutes nos

différences, et où nous avons tous interagissent sur le plan social (Oliveira, 2016). Finalement la rue est l'espace urbain par excellence en terme de circulation, de liaison, de vécu sociale et de convivialité qui fabrique la ville.

Il y a une grande variété de rues, avec différentes formes et tailles, avec différents modes de relation avec les autres rues dans les environs, et aussi avec différentes fonctions urbaines. Dans son livre Gauthiez en 2004 distingue plusieurs types de rues :

- **Rue corridor** : qui est une rue bordée de façon continue de bâtiments dont la hauteur est très importante par rapport à la largeur de la voie et nuit à l'ensoleillement des niveaux inférieurs.

- **Rue couverte** : est une rue protégée par une toiture ou un bâtiment. La rue intérieure est placée à l'intérieur d'un édifice et bordée de bâtiments.

- **Rue principale** : est rue ou artère concentrant les flux principaux de véhicules et de population traversant une agglomération, les activités commerciales et artisanales.

- **Rue secondaire** : rue ou ruelle parallèle ou perpendiculaire à une rue principale à la fonction de desserte ou de service, où le bâti est généralement plus bas et moins décoré.

- **Ruelle** : rue secondaire étroite et généralement de peu de longueur.

- **Rue-marché** : Rue élargie ou établie suffisamment large pour accueillir un marché.

- **Rue-cour** : voie de desserte intérieure d'une parcelle après insulisation, avec ou sans lotissement.

Morphologiquement la rue peut être qualifiée par un certain nombre d'indicateurs dont on énumère : le rapport largeur-hauteur (H/W), l'orientation, le tracé, le facteur vue de ciel (SVF), la longueur et l'albédo surfacique. Ces indicateurs sont pertinents pour l'introductions et l'atténuation des effets microclimatiques, qui se génèrent au niveau de la rue.

4.2.1.2.1.1 Rapport largeur-hauteur (H/W) :

Le rapport de la largeur de la rue à la hauteur des bâtiments entourant est essentiel pour une bonne conception de la rue. Ce rapport exprime la relation entre la hauteur (H) des bâtiments et la largeur des rues (W). Pour calculer le rapport H/W il suffit de diviser la moyenne des hauteurs des bâtiments par la distance moyenne entre les bâtiments pour obtenir un rapport d'aspect moyen (Grimmond, et al., 1999). Selon Erell et al le rapport hauteur-largeur (H/W), également connu sous le rapport d'aspect, décrit les proportions en coupe du canyon urbain. Il est défini comme le rapport entre la hauteur moyenne des éléments adjacents verticaux (tels que des façades de bâtiments), et la largeur moyenne de l'espace (à savoir, la distance mur-à-mur en face) (Erell, et al., 2011).

Ce rapport présente aussi une sorte de proportion entre la hauteur du bâti et la largeur de la rue qu'il l'entour. Le rapport H/W nous informe sur la morphologie de la rue, un rapport de $H/W = 1$ signifie que la hauteur (H) du bâti et la largeur (W) de la rue sont identiques, tandis

qu'un rapport $H/W = 0,5$ veut dire que la rue est ouverte, par contre si le rapport $H/W = 2$ la rue est connue comme une rue canyon. Le rapport H/W affecte directement le rayonnement solaire incident dans la rue, il a aussi un impact important sur l'échange thermique entre les bâtiments et l'environnement. Le vent et la turbulence sont aussi en fonction du rapport H/W, notons que la rue canyon diminue le vent et la turbulence dans son intérieur (Oke, 1988).

4.2.1.2.1.2 Orientation :

L'un des facteurs important dans l'architecture depuis Vitruve est l'orientation par rapport au soleil. Selon Gauthiez 2004, l'orientation est disposition d'un bâtiment une rue ou d'un aménagement urbain par rapport aux éléments principaux d'un site ou aux points cardinaux

L'orientation est plus un indicateur physique que morphologique. L'orientation de la rue présente la clé de voute pour l'accès du soleil sois en architecture ou en urbanisme. L'orientation affecte le temps de la journée où le rayonnement est reçu.

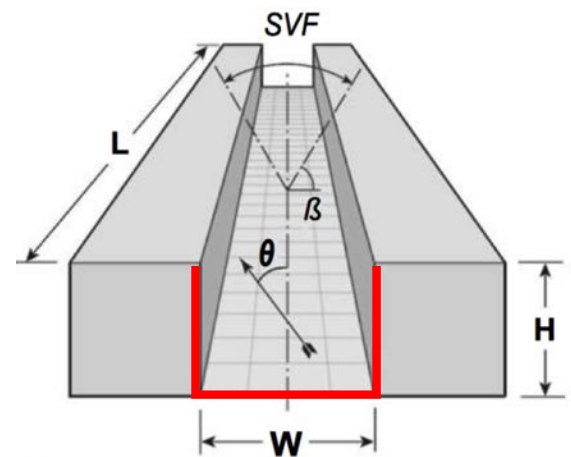


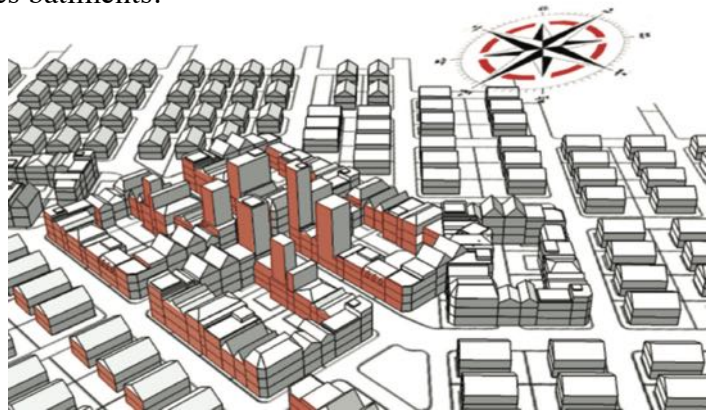
Figure 4. 3 : Rapport d'aspect (H/W) d'une rue canyon urbaine symétrique (Source : Erell et al, 2011).

L'orientation des rues affecte le climat urbain de plusieurs façons :

- Les conditions de vent dans la zone urbaine dans son ensemble potentiel de ventilation des bâtiments le long des rues.
- Soleil et ombre dans les rues et les trottoirs.
- Exposition solaire des bâtiments le long de la rue.

Les conditions solaires au sein des tissus complexes sont généralement sous la forme d'alignements alternatifs et massant sur la parcelle individuelle. Chaque tissu urbain, donc, offrirait un modèle différent de la performance solaire en elle-même. Pour procéder à cette évaluation de la performance explicite, l'orientation exacte des rues peut être déterminée en tenant compte de la géométrie solaire en association avec des hauteurs de construction. Cela nous permettra d'orienter les rues de telle sorte que confortablement soleil bas est noyé au large par les bâtiments.

Figure 4. 4 : L'orientation des faces de bâtiments selon la rue (Source : Caliskan,2013).



Une rue orientée nord-sud admet la pénétration de la lumière du soleil excessive dans le milieu de la journée, au cours de l'heure du déjeuner. L'une des façades est ensoleillée avant midi, le deuxième après-midi tandis que la pénétration du soleil dans une rue orientée dans la direction est-ouest se produit le matin et au soir.

Bien que l'orientation affecte la pénétration de la lumière solaire directe au niveau de la rue dans les modèles qui varient avec les tendances saisonnières et diurnes réguliers, l'effet global sur l'albédo urbaine peut être négligeable (Erell, et al., 2011).

4.2.1.2.1.3 Tracé de la rue :

Borie et Denieul en 1984 distinguent trois grands types de tracé de la rue ou du système viaire généralement, à savoir le tracé linéaire, en boucle et en résille. En terme de variation les tracés peuvent accepter deux variantes qui s'opposent deux à deux : hiérarchisée ou non hiérarchisée, en cul-de-sac ou à double issue.

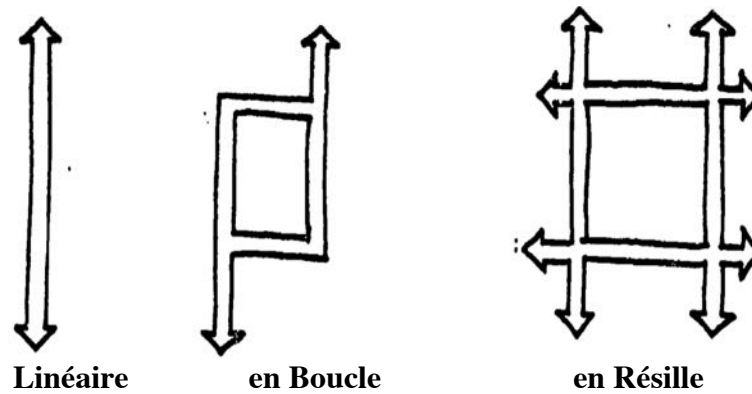


Figure 4. 5 : Typologie de tracé des rues (Source : Borie et Denieul,1984).

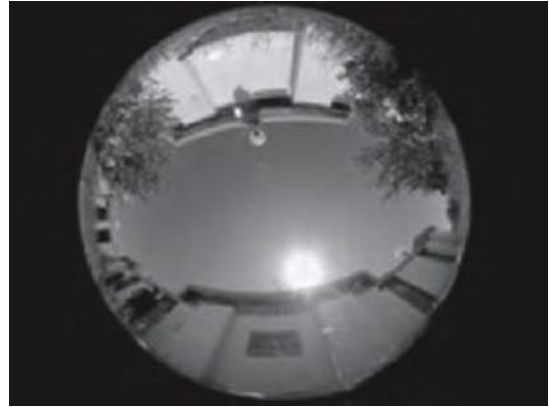
Selon Kostof en 1991, il y'a deux modèle de la ville en terme de tracé des rues, le premier est rationnel avec une subdivision orthogonale et le deuxième organique avec une diversité angulaire par l'absence de coins pointus dans le tracé des rues.

Selon la division de modèle de rue de Kostof, 1991 on peut tirer deux grandes caractéristiques pour requalifier la typologie déjà faite par Borie et Denieul, 1984, les types de tracé linéaire, en boucle et en résille sont soit rectiligne, soit sinueux.

Un tracé rectiligne est composé de la réunion des liens à angle droit et la création des polygones fermés dont les angles intérieurs à chaque sommet sont soit 90° ou 270° . Bien que la valeur totale des angles intérieurs dans un polygone fermé est toujours égal à 360° , tout changement irrégulier dans sa forme a un potentiel certain pour différer la rectitude du réseau.

Un tracé sinueux est caractérisé par la diversité angulaire qui révèle le changement dynamique d'orientation sur un réseau de rues. Il ne renseigne pas sur la direction du réseau de rues et sa valeur pondérée en fonction de la longueur des segments de rue orientés vers une certaine direction. Le facteur de sinuosité caractérise le niveau et la répartition de la variation angulaire à l'intérieur alignement de la rue, selon une direction donnée. Il quantifie essentiellement dans quelle mesure le modèle de rue a une orientation dominante avec son ensemble diversifié de routes et les liens constitutifs sur eux (Adolphe, 2001).

Figure 4. 8 : Estimation du facteur vue de ciel (SVF) par la photographie Fish-eyes (Source : Erell et al, 2011).



Notons que le facteur de vue du ciel (SVF) d'une rue est étroitement liée à son rapport d'aspect (H/W), car il décrit également les proportions transversales du canyon.

Pour mesurer le SVF dans un point central dans la rue canyon symétrique, le calcul est fait par la formule suivante : $SVF = \cos\beta$

où $\beta = \tan^{-1}(H / 0.5W)$ et où H et W décrivent respectivement la hauteur moyenne et la largeur de la rue.

Pour une rue canyon asymétrique, le SVF peut être calculée par la même formule en faisant la moyenne simplement des valeurs obtenues à partir de chacun des deux côtés de la rue : $SVF = \cos\beta_1 + \cos\beta_2 / 2$

Où $\beta_1 = \tan^{-1}(H_1 / 0.5W)$, $\beta_2 = \tan^{-1}(H_2 / 0.5W)$, et H₁ et H₂ sont les hauteurs moyennes des bâtiments sur les deux côtés du canyon.

Une grande corrélation entre le SVF et les effets climatiques, est traduite par une relation directe du SVF avec le phénomène d'îlot de chaleur urbain, le SVF est un paramètre essentiel lors de la quantification du refroidissement d'un espace par un rayonnement à ondes longues émis par le sol au ciel ou l'exposition du rayonnement solaire diffus émis du ciel. Il joue au un rôle dans la protection solaire directe et la modification de l'albédo urbain (Erell, et al., 2011).

4.2.1.2.1.5 Albédo des surfaces :

L'albédo d'une surface est le rapport du rayonnement solaire réfléchi par cette surface sur le rayonnement solaire incident. Il peut également être utilisé pour exprimer le pouvoir réfléchissant d'un composé de canyons urbains surfaces urbaine ou même une ville entière (Van Esch, 2015). L'albédo est défini aussi comme étant le rapport du nombre total réfléchi à un rayonnement incident et est une mesure sans dimension de la réflectivité diffuse d'une surface. Elle est déterminée par les propriétés de surface des

matériaux.

Il est compris entre 0 et 1. Les surfaces qui ont un faible albédo absorbent une part importante du rayonnement solaire incident et deviennent plus chaude que les surfaces ayant un fort albédo. La plupart des surfaces ayant un faible albédo sont de couleur claire. L'albédo des surfaces urbaines typiques peut varier de seulement 0,05 pour l'asphalte sombre à environ 0,8 pour les toits blanchis à la chaux (Erell, et al., 2011).

L'albédo dans une ville, un quartier ou une surface urbaine est lié à plusieurs facteurs qu'ils influent, Chimklai et al. 2004 ont énuméré les suivants :

- Facteurs liées aux matériaux de construction.
- Facteurs liée à la forme géométrique urbaine.
- Facteurs spatial.
- Facteurs spatio-temporels (Chimklai, et al., 2004).

L'agencement en trois dimensions des facettes individuelles qui composent la surface urbaine. L'albédo d'une zone bâtie est affectée non seulement par la réflectivité des éléments individuels, mais aussi par la texture globale du tissu urbain. Certaines configurations de bâtiments conduisent à une probabilité accrue de multiples réflexions et absorptions dans la canopée-couche, ce qui entraîne un faible albédo urbain (Erell, et al., 2011).

4.2.1.2.2 Place :

L'un des éléments les plus importants de la conception de la ville est la place. Le mot « **Place** » vient du terme grec, puis latin « *platea* », qui signifie une rue importante. La place est un espace libre de rencontre. Elle peut avoir pour vocation un marché, la nécessité de rassembler le public pour de grands événements, les fêtes, le déroulement de cérémonies politiques, religieuses ou militaires, le stationnement des véhicules, la jouissance d'une vue panoramique devant la mer ou un lac.

La place est une zone encadrée par des bâtiments et une zone destinée à présenter ses bâtiments pour le plus grand avantage (Moughtin, 2003). La place est un espace public non bâti, desservi par des voies, affecté aux piétons ou/et aux véhicules, au revêtement généralement minéral, entouré principalement par des bâtiments, et agrémenté de mobilier urbain et d'édicules divers (Gauthiez, 2004). La différence entre place et carrefour est que dans la place la circulation est d'une importance secondaire. La naissance de la place peut être une convergence de chemins ou de rues, ou d'un espace fortuit, ou bien peut être planifier dans une localisation choisie en fonction d'un usage

déterminé.

Une place est caractérisée soit par sa forme ou sa fonction, Gauthiez 2004, distingue les types de place suivant leur fonction dans la ville et les fonctions qu'elle abrite à l'intérieur : place promenade, placette, cour publique, place attenante, place-parvis, esplanade, place-carrefour. Ainsi l'activité dans une place est importante pour sa vitalité et par conséquent, aussi pour son attrait visuel (Moughtin, 2003).

La classification des places selon leurs formes est faite par Zucker, qui a pu distinguer cinq formes archétypiques de la place : la place **fermée** où l'espace est autonome, la place **dominée** où l'espace est dirigé vers le bâtiment principal, la place **nucléaire** où l'espace est formé autour d'un centre, les places **regroupées** où les unités spatiales sont combinées pour former des compositions plus grandes et la place **amorphe** où l'espace est illimité (Moughtin, 2003).

Les indicateurs morphologiques choisis pour qualifier la place sont : **le facteur vue de ciel (SVF), l'albédo des surfaces et le facteur d'ombre portée**. Ces indicateurs sont pertinents pour l'introductions et l'atténuation des effets microclimatiques, qui se génèrent au niveau de la place.

4.2.1.2.2.1 Facteur vue de ciel (SVF) :

Le facteur vue de ciel peut être estimée pour d'autre type d'espace, comme les places ou les espaces à une seule paroi. Sa définition pour la place reste la même déjà défini pour la rue le seul changement qui est introduit est la formule de calcul, qui devient pour un espace comme une grande place, qui est délimitée sur un seul côté par un temps suffisamment long mur et est effectivement ouverte dans toutes les autres directions, on estime que :

$$SVF = (1 + \cos\beta) / 2$$

où $\beta = \tan^{-1}(H / D)$ et D est la distance du point de mesure au mur. De même, une place circulaire aurait, à son point central : $SVF = \cos^2 \beta$

où $\beta = \tan^{-1}(H / r)$ et r est le rayon du cercle.

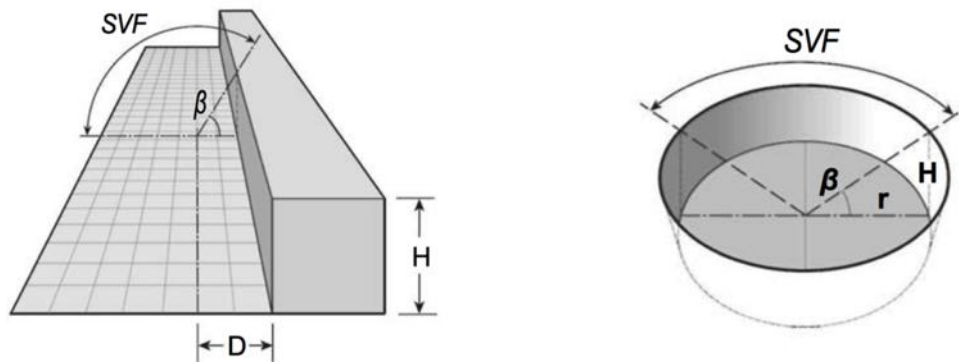
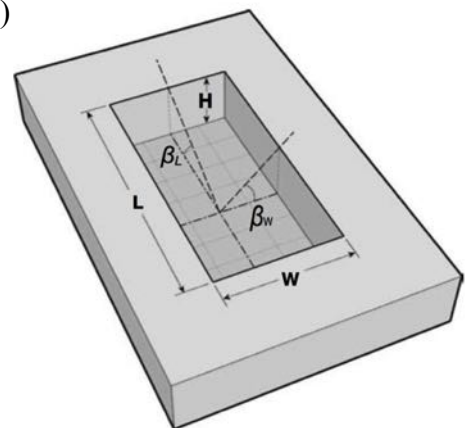


Figure 4.9 : Paramètres géométriques pour le calcul de la SVF à partir d'un point sur le sol dans un espace de type place à une distance donnée d'une paroi continue et au point d'un espace circulaire central (Source : Erell et al, 2011).

Il existe d'autres types d'espaces urbains qui ne peuvent pas être décrites par une seule section, mais qui ont une géométrie relativement simple et régulière. Une cour rectangulaire, par exemple, a son point de vue vers le ciel obstrué non par deux murs (comme dans le canyon), mais par un total de quatre murs, deux dans chaque direction. Une approximation de SVF, qui représente des parois de longueur finie et de la géométrie régulière en trois dimensions (décrites par hauteur, largeur et longueur), est donné par le produit des SVF dans chacune de ces deux directions différentes : $SVF = \cos\beta_W \cos\beta_L$

où $\beta_W = \tan^{-1}(H / 0,5 W)$ et $\beta_L = \tan^{-1}(H / 0,5 L)$

Figure 4.10 : Vue schématique d'un espace de type cour rectangulaire (Source : Erell et al, 2011).



Pour des géométries plus complexes et irrégulières, qui sont caractéristiques de la plupart des milieux urbains réels, une variété d'outils peut être utilisé pour estimer la SVF. Certains de ces outils sont de calcul, et ont été intégrés à un logiciel de modélisation solide de sorte que la géométrie urbaine peut être construit en trois dimensions et les facteurs de vue peuvent être obtenus en des points choisis dans le modèle (Erell, et al., 2011).

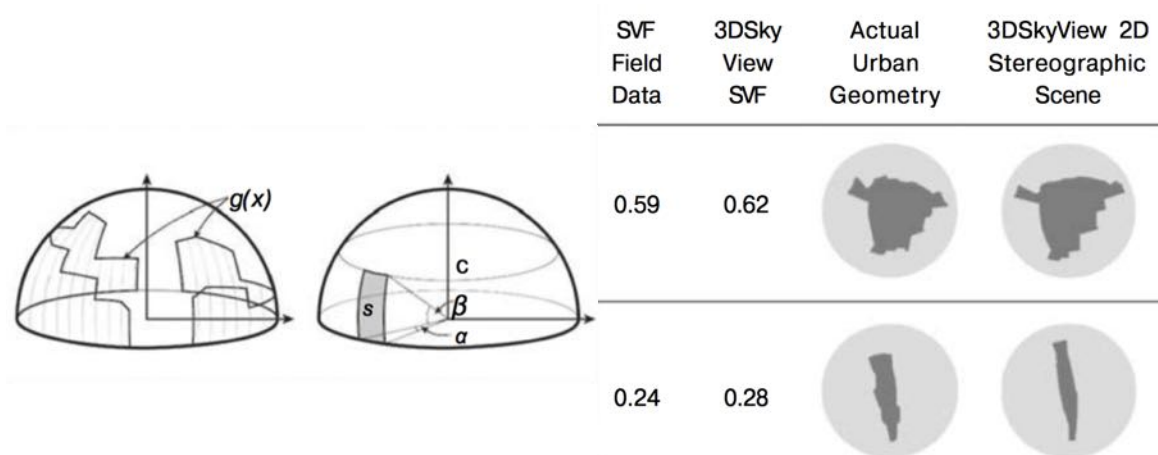


Figure 4.11 : Exemples d'estimation SVF urbaine en utilisant des modèles urbains 3D avec le système d'information géographique (SIG) logiciel d'analyse (Source : Erell et al, 2011).

4.2.1.2.2.2 Albédo des surfaces :

L'albédo d'une surface est le rapport du rayonnement solaire réfléchi par cette surface sur le rayonnement solaire incident. Il peut également être utilisé pour exprimer le pouvoir réfléchissant d'un composé de canyons urbains surfaces urbaine ou même une ville entière (Van-Esch, 2015). L'albédo est défini aussi comme étant le rapport du nombre total réfléchi à un rayonnement incident et est une mesure sans dimension de la réflectivité diffuse d'une surface. Elle est déterminée par les propriétés de surface des matériaux.

Il est compris entre 0 et 1. Les surfaces qui ont un faible albédo absorbent une part importante du rayonnement solaire incident et deviennent plus chaude que les surfaces ayant un fort albédo. La plupart des surfaces ayant un faible albédo sont de couleur claire. L'albédo des surfaces urbaines typiques peut varier de seulement 0,05 pour l'asphalte sombre à environ 0,8 pour les toits blanchis à la chaux (Erell et al, 2011).

L'albédo dans une ville, un quartier ou une surface urbaine est lié à plusieurs facteurs qu'ils influent, Chimklai et al. 2004 ont énuméré les suivants :

- Facteurs liées aux matériaux de construction.
- Facteurs liée à la forme géométrique urbaine.
- Facteurs spatial.
- Facteurs spatio-temporels.

L'agencement en trois dimensions des facettes individuelles qui composent la surface urbaine. L'albédo d'une zone bâtie est affectée non seulement par la réflectivité des éléments individuels, mais aussi par la texture globale du tissu urbain. Certaines configurations de bâtiments conduisent à une probabilité accrue de multiples réflexions

et absorptions dans la canopée-couche, ce qui entraîne un faible albédo urbain (Erell et al, 2011).

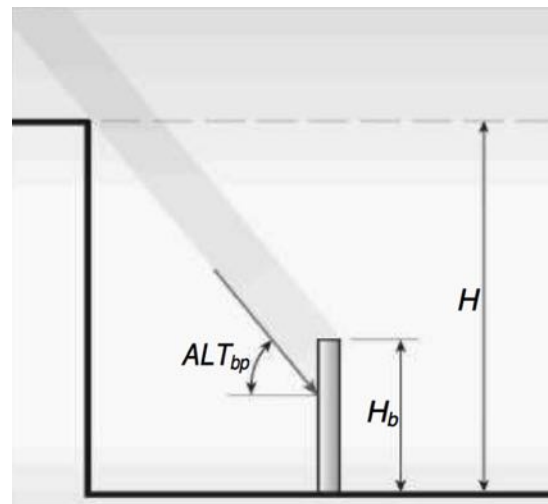
4.2.1.2.2.3 Facteur d'ombre portée :

Le facteur d'ombre porté ou connue sous l'appellation de « Coefficient d'ombrage », il décrit la proportion du corps exposé au radiation directe du soleil dans un point précis, il varie entre 0 lorsque le corps est totalement sous l'ombre et 1 lorsque le corps est complètement exposé. Le Coefficient d'ombrage est en fonction de la hauteur d'obstacle, l'orientation et l'angle d'incidence solaire (Erell, et al., 2011).

Pour dessiner les les portions de l'espace ombré, les diagrammes de courbes solaires polaires ou cylindriques ou encore les courbes mensuelles sont utilisés, récemment se sont aussi des logiciels qui simulent les ombres projetées de bâtiments à différentes heures de la journée, pour différentes périodes de l'année et sous différentes latitudes. Ces outils constituent des aides précieuses à la conception (Liebard, et al., 2006).

$$\tan ALT_{bp} = \tan ALT / \cos(AZ - AZ_w)$$

Figure 4. 12 : Les paramètres pour le calcul de l'ombrage coefficient (Source : Erell et al, 2011).



4.2.1.2.3 Espace vert :

L'espace vert est avant tout un espace libre qui fabrique la ville comme les autres espaces libres tel que la rue et la place mais il se diffère par l'existence d'une couverture végétale. Les espaces verts urbains sont une composante importante de l'écosystème urbain complexe. Les parcs, les forêts et les terres agricoles sont trois principaux types d'espaces verts en milieu urbain, qui ont des fonctions écologiques, sociales et économiques importantes (Tyrväinen, et al., 2001). La planification et la gestion des espaces vert urbains est d'importance pour le développement urbain durable (Feng Li, et al., 2005).

L'espace vert est un terme relativement récent qui semble avoir ses origines à la fois dans le mouvement de conservation de la nature urbaine et l'arrivée au Royaume-Uni d'une partie de la réflexion européenne sur la planification de l'espace vert (Swanwick, et al., 2003).

L'espace vert est principalement tout espace situés au niveau du sol ou de la rue, fournis par le gouvernement et le secteur privé, avec ou sans accès au public. Il couvre des espaces verts formels et des poches vertes restantes laissées par défaut en raison de contraintes physiques topographiques et géotechniques (Jim, 2004). Il est défini comme la formes d'occupations du sol qui s'accompagnent de présence végétale (Stefulesco, et al., 1993). Il est utilisé en particulier de souligner que l'environnement vert des zones urbaines est plus que seulement les parcs, jardins et terrains de jeux (Swanwick, et al., 2003). Comme il peut être aussi toute espace consacré au vert et destiné à la récréation, au sport, aux jeux ou à l'agrément visuel (Gauthiez, 2004). L'espace vert est un espace plante ou prévu pour une plantation future par opposition aux surfaces minérales ou aux surfaces stabilisées l'espace vert est synonyme d'espace de végétation, d'espace végétal ou de surface végétalisée (Gauthiez, 2004).

La végétation n'est pas synonyme de l'espace vert, elle signifie l'ensemble des plantes d'une région. Dans ce sens l'espace vert est le support qui accueille la végétation.

Le terme d'espace vert et de l'espace ouvert sont souvent utilisés de façon interchangeable (Swanwick, et al., 2003). Afin de remédier à la confusion qui peut se produire, Swanwick et al. 2003 ont suggéré que les zones urbaines sont constituées de l'environnement bâti et l'environnement extérieur entre les bâtiments. L'environnement extérieur, se compose de deux espaces distincts : « espace gris » et « espace vert ». L'espace gris est une terre qui se compose principalement des surfaces imperméables « dures » comme le béton ou l'asphalte. Par contre l'espace vert, de propriété publique ou privée, se compose de façon prédominante des surfaces perméables « douces » telles que le sol, l'herbe, des arbustes, des arbres et de l'eau (Swanwick, et al., 2003).

4.2.1.2.3.1 Type d'espace vert :

La classification des espaces verts selon une typologie dans les zones urbaines est très floue vue le manque de cohérence dans les définitions, le risque de double comptage, où certains chevauchements des types d'espace vert et le manque de comparabilité (Swanwick, et al., 2003).

Une typologie des espaces verts est faite par Swanwick et al en 2003, qui reflète la

gamme complète des différents types d'espaces verts urbains qui forment l'ensemble du tissu vert de la zone urbaine. Selon Swanwick et al l'espace vert peut être public ou privé, accessibles ou inaccessible pour les loisirs publics, une hiérarchie qui permet aux différentes catégories pour être soit agrégées à un niveau supérieur ou subdivisées de manière cohérente, en fonction du niveau de détail requis. Le tableau suivant récapitule la typologie proposée par Swanwick et al en 2003 :

Une autre typologie des espaces verts sur la base de l'importance de chaque espace en termes de mesure, de taille, de nature de la ressource, et du type d'installations fournies établie par le ILAM (*Institute for Leisure and Amenity Management*). Les catégories adoptées varient selon une hiérarchie à quatre niveaux de parcs (ILAM, 1999):

Parcs principal de ville ou métropolitaines : de plus de 8,0 hectares, avec un large bassin versant au niveau de la ville, une ressource physique variée et un large éventail d'installations, qui seraient généralement reconnu comme une attraction touristique à part entière.

Les principaux types d'espace vert			
Tous les espaces verts	Espace vert d'aménité	Espace vert de récréation	Parcs et jardins
			Aires de loisirs informelles
			Terrains de sport en plein air
			Aires de jeux
		Espace vert secondaire	Espace vert pour logement
			Autres espaces secondaires
	Espace vert privé	Jardins domestiques	
	Espace vert fonctionnel	Espace vert productif	Terres agricoles reste
			Fermes de ville
			Contingents
		Lieux de sépulture	Cimetières
			Jardins de cimetières
		Terrain institutionnel	Terrains scolaires (y compris les fermes scolaires et les zones de culture)
	Autres terrains institutionnels		
	Les habitats semi-naturels	Zones humides	Eau libre
Marais, fagnes			
Forêts		Forêts de feuillus	

		Autres Habitats	Forêts de conifères	
			Forêts mixtes	
			Lande / santé	
	Espace vert linéaire			Herbages
				Sol perturbé
				Rivière et le canal des banques
				Les couloirs de transport (route, rail, pistes cyclables et sentiers de randonnée)
				D'autres caractéristiques linéaires (par exemple falaise

Tableau 4. 7 : Une typologie des espaces verts urbains (Source : Swanwick et al, 2003).

Parcs de district : jusqu'à 8,0 hectares d'étendue avec une zone de chalandise de 1500 à 2000 mètres, avec un mélange de caractéristiques du paysage et une variété d'installations telles que les terrains de sport, terrains de jeux et des aires de jeux dans les districts

Parc de quartier : jusqu'à 4,0 hectares d'étendue desservant une zone de chalandise de 1000 à 1500 m avec les deux caractéristiques du paysage et une variété d'installations.

Parc local : jusqu'à 1,2 hectares d'étendue desservant une zone de chalandise de 500 à 1000 mètres, généralement constitué d'une aire de jeux et de la région et les caractéristiques du paysage vert informel mais manquant d'autres installations.

L'espace vert est le support par excellence de la végétation. Les végétations peuvent être classés en différentes catégories. Dans le classement général : plante, arbuste et arbre (Tuli, et al., 2014).

Les herbes : sont des plantes portant semence dont les parties aériennes ne persistent pas au-dessus du sol à la fin de la saison de croissance.

Arbuste : est une plante ligneuse vivace, plus petit qu'un arbre.

Les arbres : sont toute grande plante vivace ligneuse avec un tronc distinct donnant lieu à des branches ou des feuilles à une certaine distance du sol.

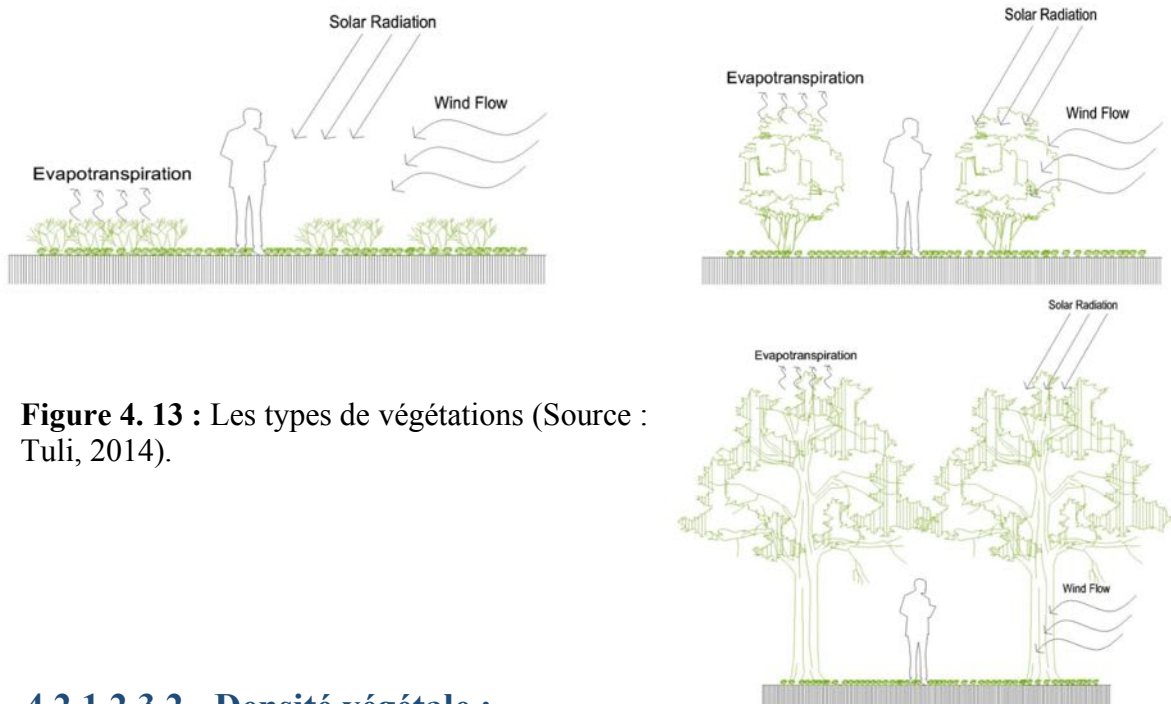


Figure 4. 13 : Les types de végétations (Source : Tuli, 2014).

4.2.1.2.3.2 Densité végétale :

La densité végétale est un indicateur qui décrit la distribution horizontale de tous les aménagements urbains verts (parcs végétaux, jardins, arbres, ... etc.) et leur rapport avec la surface totale du périmètre de calcul. L'existence des espaces verts ne suffit pas pour avoir des effets positifs sur le microclimat mais aussi leurs densités qui jouent un rôle important dans le bilan des températures et celui des humidités relatives de l'air.

Calculée par télédétection à partir d'une image satellite qui repère les masses végétales en volume et en qualité (Horn, 2008). Sa valeur numérique dépend de tous les aménagements végétaux, elle est obtenue en combinant les images satellitaires avec l'équation suivante :

$$Dv = Av/Ae$$

Où: A_v : surface totale de l'aménagement vert; et A_e : surface totale du périmètre de calcul.

Selon Caouette et DeGayner en 2008 un autre indice qualifie la densité végétale qui est l'indice de densité en anglais le **SDI** (*Stand Density Index*). Le **SDI** est une mesure du nombre maximum d'arbres par unité de surface avec un diamètre moyen donné de 25cm de diamètre à 135cm hauteur, le diamètre à hauteur de poitrine de l'arbre de surface terrière moyenne. Caouette et DeGayner distinguent deux valeurs faible densité moins de 280 et une forte densité plus de 280 (Caouette, et al., 2008).

4.2.1.2.3.3 COS Végétal :

Coefficient d'Occupation du Sol (COS) végétal proposé par Faucher en 1998 pour chiffrer la densité végétale au même titre que la densité bâtie. Le COS végétal est défini par le pourcentage des surfaces végétalisées (parcs et jardins publics etc...) aux surfaces urbanisées.

La partie qualitative de la végétation n'est pas fournie par le COS, il permet de quantifier le rapport de la ville à la nature (Solène, et al., 2011). L'objectif du COS végétal est de maîtriser la densité de l'espace restant qui continue d'assurer un un équilibre entre bâti et non bâti (Horn, 2008).

COS végétal = Surface de l'espace vert + arbres / surface de parcelle

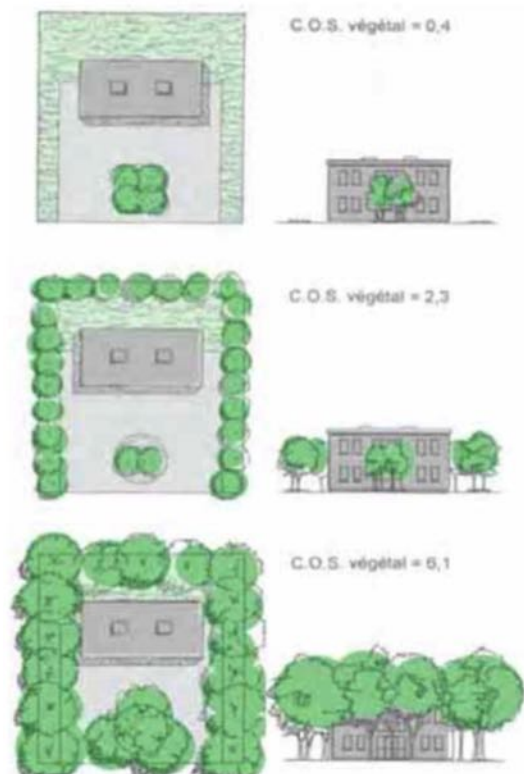


Figure 4. 14 : le COS végétal selon Faucher (Source : Faucher, 1998).

4.2.2 Méso-échelle :

Le méso-échelle est une échelle qui englobe le micro-échelle dans une logique hiérarchique. Pumain parle du méso-échelle comme une moyenne échelle, où les urbanistes et même les géographes travaillent sur l'ensemble d'une région urbanisée en situant les grandes articulations entre les quartiers ou les communes (Pumain, 2006). Dans cette échelle aussi Pumain parle de la création de nouveaux types d'attributs, comme par exemple le type de morphologie ou de composition urbaine, le degré de ségrégation sociale, la spécialisation du portefeuille d'activités, l'image de la ville (Pumain, 2006).

La définition du méso-échelle n'est pas précise dans la littérature, le quartier est généralement considéré comme la plus petite unité d'organisation communautaire limitée à la taille de 5 minutes à pied avec une distance (400 m) de rayon, généralement avec ses propres installations communautaires le centre (Cowan, 2005). Malgré l'ambiguïté dans sa définition spatiale, le méso-échelle peut correspondre à un quartier dont la notion est tout à fait commune comme un niveau d'échelle nominale dans la recherche spatiale (Caliskan, 2013).

4.2.2.1 Tissu urbain :

Le tissu urbain est une expression qui renvoie aux termes textile et tissage, elle introduit la notion d'une structure linéaire, le tissu urbain correspond avant tout à l'aspect matériel de la ville. Le tissu urbain se réfère largement à l'expression physique des motifs complexes appropriation, de contrôle et de régulation des sociétés sur l'espace urbain. En dépit d'être l'unité de base de l'analyse de la morphologie urbaine, le tissu urbain a des diverses définitions dans la littérature :

Le tissu urbain est le projet conceptuel correspondant au système agrégatif de plusieurs types de bâtiments dans un domaine historique homogène (Oliveira, 2016). Il est aussi la marque réelle en trois dimensions des structures physiques sur la parcelle de la propriété foncière (Kostof, 1991). Selon Panerai le tissu urbain est la superposition de plusieurs structures agissant à différentes échelles, mais qui apparaît comme un système avec des liens dans chaque partie de la ville (Panerai, et al., 2001). Alain Rémy le définit comme le résultat émergent et complexe d'une série d'actes individuels (Allain, 2004) le tissu urbain ne peut pas être un résultat arbitraire mais plutôt une combinaison particulière des objets dans l'espace (Allain, 2004). Le tissu peut aussi résulter d'une composition urbaine volontaire. L'arrangement des lots, des blocs et des rues, ou la délimitation de l'espace en propriété exclusive de la ville (Scheer, 2010).

La diversité dans les définitions reflète aussi la difficulté d'identifier les tissus urbains en termes de leurs propriétés de base (à savoir la fréquence, le rythme, la proximité), qui sont à peine reconnaissables par simple observation visuelle. Le tissu urbain se distingue par sa dimension volumétrique. Contrairement à la forme et la composition, qui est un produit délibéré de conception ou de décision individuelle, le tissu urbain prend une longue période de temps à travers les agrégations et transformations ponctuelles des formes et des compositions (Alexander, 1979).

4.2.2.1.1 Densité :

D'après Pumain en 2006 la densité est le rapport entre des quantités et la mesure de la surface qui les porte. La densité du tissu urbain nous renvoie à la **densité urbaine**, un terme qui couvre la taille de population, le nombre d'unités de construction ou les pièces habitables par unité de surface. Dans un tissu urbain on peut distinguer la densité bâtie et la densité du réseau cité par Pont et al en 2010, ce qui nous intéresse dans notre sujet en terme de densité est la densité bâtie qui modifie largement le climat à l'intérieur du tissu.

La Densité du bâti représente l'emprise au sol donc le rapport entre la surface des toitures et la surface totale, autrement dit, la proportion du sol couverte par des bâtiments.

Ce paramètre est important parce qu'il exprime la quantité de surface exposée au rayonnement solaire, qui affecte la dispersion de la chaleur sur le sol et les régimes du vent (Stewart, 2009). En plus de ce facteur, on doit prendre en compte aussi la surface imperméable (la partie du sol pavée avec des matériaux imperméables) et la surface perméable (la partie du sol avec une couverture naturelle perméable). De ces facteurs dépendent la quantité d'eau disponible dans le sol, donc le potentiel d'évapotranspiration ainsi que la capacité de réflexion du rayonnement (albédo) (Stewart, et al., 2009).

4.2.2.1.1.1 L'emprise au sol :

L'emprise au sol est la partie d'une parcelle individuelle couverte par le rez-de-chaussée bâtiment. Elle est mesurée par le rapport entre l'empreinte du bâtiment et de la zone de traçage. Le Coefficient d'Emprise au Sol indique la surface au sol qui peut être couverte par la construction. Car on peut ne pas avoir le droit de construire sur l'intégralité sur sa parcelle et être dans l'obligation d'y conserver des espaces verts (Pont, 2009).

$$\frac{\sum_i Acv_i}{\sum_i A_i}$$

Où : Acv_i est la zone d'empreinte (couverture) des bâtiments dans le bloc de construction de i et A_i est la surface de la parcelle (bloc ou d'une série de parcelle)

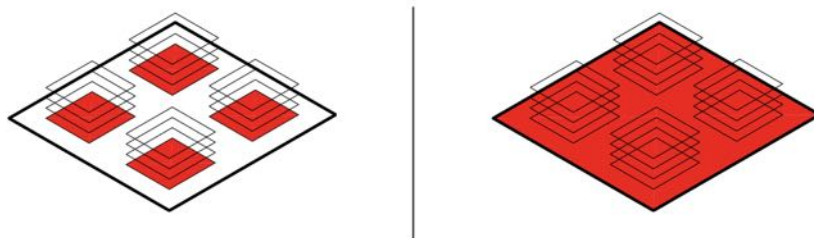


Figure 4. 15 : le CES (Source : Pont, 2009).

4.2.2.1.1.2 Le coefficient d'occupation du sol :

Selon Saidouni en 2000 le COS représente le rapport entre la 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. Il est calculé par la formule suivante :

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

Le Coefficient d'Occupation du Sol influe sur la composition morphologique du

tissu urbain, particulièrement les unités d'habitations, il détermine, de ce fait, le droit de construire (Hattab, et al., 2003). Le COS est une règle commune de planification tout à fait particulier dans les pays où le zonage est l'outil de contrôle de la conception de base (Caliskan, 2013). Le COS fixe la densité maximale de construction susceptible d'être édifiée sur un même terrain, il donne la Surface Hors Œuvre Nette (SHON) constructible sur celui-ci (Hattab, et al., 2003). Selon Pont 2009, il reflète l'intensité du bâtiment indépendamment de la composition programmatique (Pont, 2009).

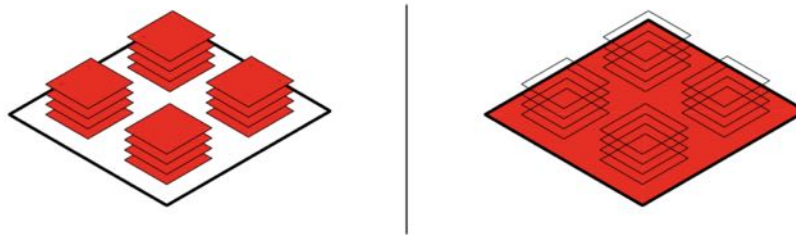


Figure 4. 16 : Le COS (Source : Pont, 2009).

4.2.2.1.2 Rugosité:

Le tissu urbain à l'échelle de la ville peut être perçu comme une surface plane, cette surface plane est caractérisée dans son sommet par un indicateur qui est la rugosité. La rugosité détermine l'état d'ondulation, le relief d'une surface, les variations et l'amplitude de hauteur sur une surface solide (OED, 2012), Selon Adolphe en 2001 la rugosité d'un tissu urbain est l'extrême variation de la hauteur de la canopée urbaine. La rugosité implique la hauteur moyenne des bâtiments divisée par la superficie totale, y compris les espaces non construits, qui agissent comme l'obstacle dans le flux d'air sur toute la surface (Caliskan, 2013).

4.2.2.1.2.1 Rugosité absolue :

La rugosité absolue est la hauteur moyenne de la canopée urbaine (Adolphe, 2001), elle décrit l'état de la surface par rapport à l'ensemble des obstacles qui compose cette surface. La rugosité l'absolu H_m est donnée par le produit de la hauteur des bâtiments et leurs surface divisés par la surface totale bâti et non bâti (Kondo, 2001; Adolphe, 2001). Cet indicateur peut être donnée comme suit :

$$H_m = \frac{\sum_{Bâti} A_i h_i}{\sum_{Bâti} A_i \sum_{Non\ bâti} A_j}$$

Où A_i est la surface d'emprise du bâtiment i , h_i est la hauteur du bâtiment i , et A_j est la non bâti de la construction j .

4.2.2.1.2.2 Rugosité relative :

La rugosité relative R_a est la déviation moyenne de la hauteur des bâtiments dans une direction donnée à l'intérieur du tissu urbain (Adolphe, 2001). La rugosité relative est définie par l'écart type du volume des bâtiments (Balocco, et al., 2000).

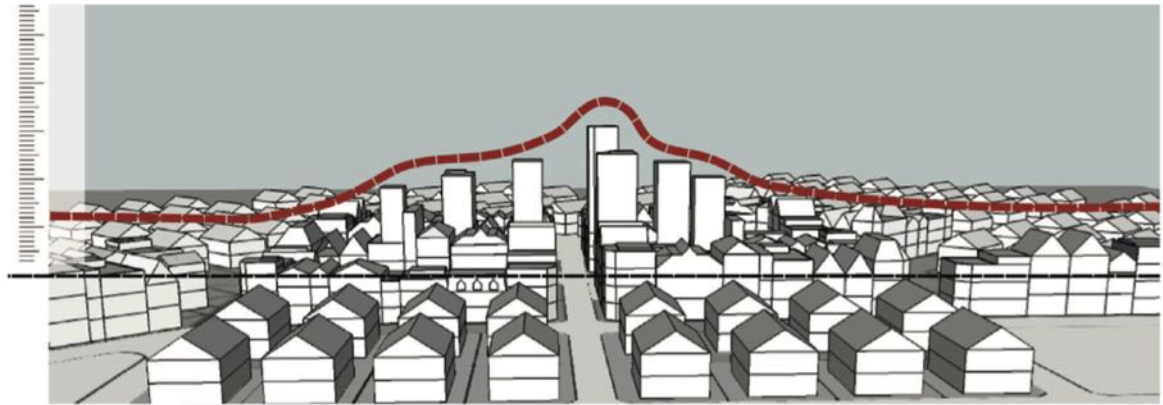


Figure 4. 17 : La rugosité relative à une certaine section mis dans un tissu hypothétique. (Source : Caliskan, 2013).

La rugosité relative R_a est obtenue par l'écart quadratique moyen de la hauteur de la canopée (bâti et éléments non bâtis), pour une direction donnée (et pour un rayon donné de tissu autour d'un point central), pondérée par la largeur de chaque élément dans le plan de coupe (Adolphe, 2001), et elle est exprimé comme suit :

$$R_a = \frac{[\sum_i (h_i - h_a)^2 l_i^2]^2}{\sum_i l_i}$$

Où h_a est la hauteur moyenne de la canopée urbaine dans la direction a , h_i est la hauteur de l'élément (bâti ou non bâti) i de la canopée, l_i est la largeur de l'élément i de la canopée dans le plan de la direction a et $\sum l_i$ est le diamètre de la canopée urbaine étudiée.

4.2.2.1.3 Porosité :

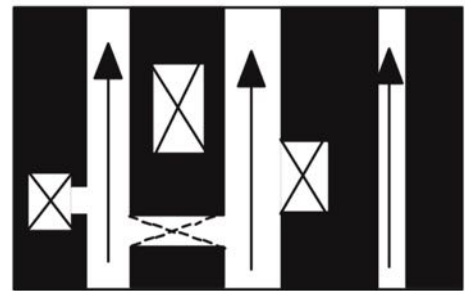
De manière basique la porosité est l'occupation du vide interne au sein du volume total d'une masse solide. La porosité d'un tissu urbain désigne le volume de l'espace ouvert dans ce dernier (Adolphe, 2001). Adolphe considère la porosité seulement pour les espaces ouverts et parallèle à la direction du vent. Donc la porosité d'un tissu donné est calculée par le rapport du volume total des espaces ouverts à celui de la masse du bâtiment. Adolphe, 2001 calcule la porosité, en tant que le rapport entre le volume ouvert utile au volume total du tissu urbain. La porosité P_o est donnée comme suit :

$$P_o = \frac{\sum_{\text{open spaces}} \pi r_{hi}^2 L_i}{\sum_{\text{open spaces}} V_i + \sum_{\text{built}} V_j}$$

Où L_i est la longueur de l'espace ouvert i , r est le rayon hydraulique équivalent de l'espace ouvert i , V_j est le volume moyen du volume j construit, et V_i est le volume de la canopée moyenne au-dessus de l'espace ouvert i .

Les espaces ouverts dans le tissu urbain varient entre place, rue et espaces verts, ces pores ont une grande influence sur l'écoulement du vent à l'intérieur du tissu urbain (Adolphe, 2001).

Figure 4. 18 : La porosité dans le tissu urbain en tenant compte les espaces ouverts seulement (Source : Adolphe, 2001).



4.2.2.1.4 Sinuosité :

La sinuosité est un indicateur qui qualifie sur tous les rues dans le tissu urbain. On déjà discuter le caractère sinueux des rues dans le tracé de la rue, la sinuosité dans le tissu urbain influe le vent et le mouvement d'air dans son intérieur. La sinuosité est le rapport entre la longueur de parcours et la distance en ligne droite entre les extrémités du tracé (Denis et al, 1765, cité par (Wang, 2015)).

Selon Adolphe en 2001 l'évaluation de la sinuosité S_θ dans un tissu urbain, à un azimut donné en pondérant la sinuosité élémentaire de chaque segment linéaire de la rue par sa longueur. La sinuosité est alors donnée par :

$$S_\theta = \frac{\sum_i L_i}{\sum_i (L_i \cos \theta_i)}$$

Où L_i est la longueur du segment linéaire i et θ_i est l'angle entre l'azimut donné (d'écoulement) et l'azimut du segment linéaire i .

Les travaux d'Adolphe en 2001 ont conclu par le dessin de la rose de sinuosité, qui représente les différents angles d'incidence du vent. Les longues branches correspondent à un azimuth de haute sinuosité (haute résistance à la vitesse du vent), et vice versa. La superposition de cette rose sur la rugosité rose peut indiquer les propriétés de ventilation potentiels d'un espace urbain (Adolphe, 2001).

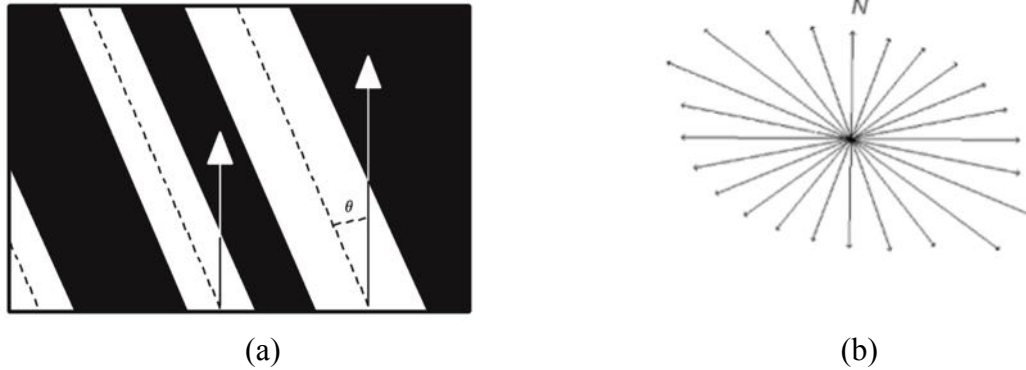


Figure 4. 19 : (a) La sinuosité dans la rue par rapport au vent, (b) la rose de sinuosité (Source : Adolphe, 2001).

4.2.2.1.5 Occlusivité :

La surface de canopée du tissu urbain ne suffit pas pour caractériser l'interaction du tissu avec le climat (Adolphe, 2001), l'occlusivité donne à cette canopée une profondeur qui permet de bien saisir les variations climatiques. L'occlusivité correspond à l'ouverture d'un espace au ciel ouvert. Elle est le cumul des longueurs d'arêtes adjacentes à des portions d'espace ouvert invisibles depuis le point de vue (Benedikt, 1979). L'occlusivité indique la présence d'une concavité d'espace, qui contient des informations 3D que le rapport hauteur et largeur simple des canyons urbains ne peut pas fournir, c'est cette caractéristique de l'espace qui a permis Adolphe, 2001 ; et Edussuriya et al., 2011 pour l'utiliser en aéraulique urbaine. Le facteur d'occlusivité, O_c , est donnée comme suit :

$$O_c = \frac{1}{N_{\text{HorizCuts}}} \sum_{N_{\text{HorizCuts}}} \frac{P_{\text{built}}}{P_{\text{unbuilt}}}$$

Où $N_{\text{HorizCuts}}$ est le nombre de coupes horizontales, P_{built} est le périmètre construit pour la section en cours, et P_{unbuilt} est le périmètre non construit pour la section en cours.

4.2.2.1.6 Compacité :

La compacité est une notion très vaste pour la rendre mesurable au niveau morphologique, elle considéré seulement comme mesure de la forme urbaine. En fonction de l'aspect tridimensionnel de la forme urbaine la compacité est le rapport entre la

superficie totale de la paroi extérieure du bâtiment enveloppe à leur volume total (Caliskan, 2013). Pour un tissu urbain donné, le facteur de compacité moyenne, C_f , peut être évalué directement en faisant la moyenne de la compacité des bâtiments concernés :

$$C_f = \sum_{\text{buildings}} \frac{A_e}{V^{2/3}}$$

Où A_e est la surface extérieure de l'enveloppe du bâtiment et V est le volume de l'espace clos du bâtiment (Adolphe, 2001).

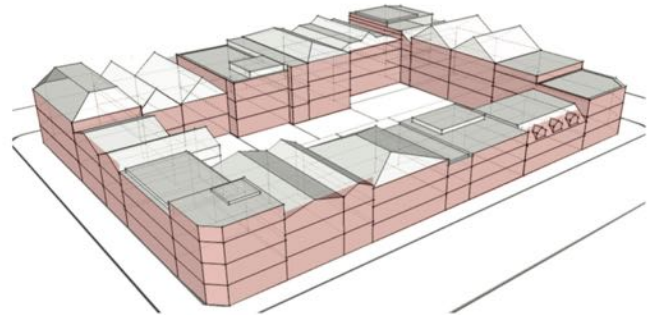


Figure 4. 20 : La surface des murs d'exposition en rouge et le volume de construction font le facteur de compacité (Source : Caliskan, 2013).

La compacité de la forme urbaine à l'échelle intermédiaire est un indicateur de la durabilité urbaine en général (Masnavi, 2000). La compacité du tissu urbain a un impact direct sur la transmission de chaleur à travers l'enveloppe du bâtiment, mais aussi sur l'éclairage naturel disponible (Adolphe, 2001). Bien qu'elle est bénéfique en terme d'économie d'énergie par le chauffage passif des bâtiments connectés au sein d'un ensemble complexe, elle peut causer des conditions problématiques pour l'efficacité de l'accès solaire.

4.2.2.1.7 Contiguïté :

La contiguïté se réfère à l'état de la relation de surface ininterrompue entre les éléments d'une composition donnée. La contiguïté dans tissu urbain est défini comme l'état de contact direct entre les unités de construction dans l'enveloppe. Elle est qualifiée par le facteur de contiguïté d'un bâtiment, qui est le rapport de la surface d'enveloppe verticale adjacente à d'autres bâtiments au surface totale de l'enveloppe ouverte aux espaces extérieurs (Adolphe, 2001). Le facteur de contiguïté est exprimé comme suit :

$$C_t = \sum_{\text{buildings}} \frac{A_{adj} A_{floor}}{A_{vert}} / \sum_{\text{buildings}} A_{floor}$$

Où A_{vert} est la surface extérieure de l'enveloppe verticale pour un bâtiment donné, A_{adj} est la surface de l'enveloppe verticale adjacente à d'autres bâtiments, et A_{floor} est la surface de plancher du bâtiment.

Une valeur élevée du facteur de contiguïté assure une efficacité dans le chauffage dans le tissu urbain, mais il a une relation inverse avec la performance de la lumière du

jour de l'intérieur des bâtiments (Caliskan, 2013).

4.2.2.1.8 Admittance solaire :

L'admittance solaire est la capacité de chaque surface de l'enveloppe extérieure du bâtiment de recevoir l'irradiation solaire (Adolphe, 2001). Le degré d'ouverture de l'environnement ainsi que la géométrie de sa façade définie cette capacité. L'admittance solaire est en fonction des paramètres suivant :

- A_i : la surface de chaque mur de l'enveloppe
- $C_{\text{contiguïté}}$: le coefficient de contiguïté.
- $C_{\text{orientation}}$: un coefficient d'azimut ou d'orientation, utilisé pour l'évaluation de la «zone sud équivalent» d'un bâtiment.
- C_{ombrage} : Un rapport d'ombrage du fait de l'environnement proche, qui peut être approché par la densité de construction.
- L'albédo de l'environnement.

Par conséquent, l'admission solaire d'un tissu urbain donné, A_s , peut être déduit de la somme de l'admittance élémentaire de chaque façade extérieure en utilisant l'expression suivante (Adolphe, 2001) :

$$A_s = \sum_{\text{exterior walls}} A_i C_{\text{contiguïté}} C_{\text{orientation}} C_{\text{shading}} C_{\text{reflectance}} / \sum_{\text{exterior walls}} A_i$$

4.2.2.1.9 Minéralisation :

La minéralisation ou le minérale est la couche imperméable créée par les bâtiments les rues et les espaces libres à l'exception des espaces verts, la minéralisation présente une couche étanche revêtu par les divers matériaux. La haute minéralisation des tissus urbains a les effets suivants (Escourrou, 1991), une grande capacité de stockage thermique plus que 15 à 30% que l'espace rural. Le phénomène de l'îlot de chaleur témoigne de la grande influence de la minéralisation sur le microclimat (Adolphe, 2001).

Adolphe en 2001 à introduire un paramètre appelé le **facteur de minéralisation** (M), qui est le ratio de la surface urbaine étudiée moins la superficie utile totale pour l'eau et la végétation et la surface urbaine :

$$M = \frac{1}{A_T} \left(A_T - \sum_i A_u \right)$$

Où A_T est la surface totale du tissu urbain étudié, et A_u est la surface utile de l'élément i de l'eau ou de la végétation.

4.2.3 Macro-échelle :

Le macro-échelle est une appellation changeante dans le discours entre les urbanistes et les géographes, chez les géographes le macro-échelle est l'interaction entre

les villes ou système de ville (Pumain, et al., 2006), chez les urbanistes le macro-échelle représente la ville ou une agglomération importante, R. Alain parle de la notion de macro-forme entant que plan général de la ville (Allain, 2004), l'échelle qui nous intéresse dans notre investigation est celui du macro-échelle entant qu'une ville et agglomération .

A l'échelle de la ville, le phénomène de l'ilot de chaleur fait sa formation (Adolphe, 2001). Dans ce contexte la planification climatique trouve des pistes d'application, Bitan en 1995 discute la théorie et la méthodologie de planification climatique, Le but de la planification climatique est d'améliorer la qualité de vie, en examinant et en intégrant des éléments climatologiques dans les processus de planification (Bitan, et al., 1995).

4.2.3.1 Ville :

Le mot « ville » est imprécis et change de contenu d'une époque à une autre et d'un état à un autre (Pumain, et al., 2006). Le politicien la considère comme une forme d'organisation politique des sociétés (polis ou cité), qui correspond à diverses formes juridiques de statut des personnes ou de l'appropriation d'un territoire. Le sociologue, la voit comme une forme d'organisation sociale qui privilégie l'innovation, grâce à l'interaction accrue par la proximité, autorisant une complexité croissante de la division sociale du travail. L'économiste insiste sur le rôle de la ville comme productrice de richesses en ce qu'elle aide à réaliser des économies d'agglomération. Pour les géographes, la ville est un système dans un système de villes. Chez le démographe, la ville est un groupement permanent de population sur un espace restreint, c'est un contexte qui modifie les biographies individuelles et les comportements (Pumain, et al., 2006). Notre propos ici n'est pas de fixer une définition de la ville, qui se change d'une discipline à une autre, mais de définir une échelle d'impact dans la morphologie urbaine.

La ville est un système spatialisé complexe et ouvert (Allain, 2004), cette définition implique que la ville contient des sous-systèmes dont on peut distinguer le sous-système morphologique. Ce système morphologique reste la composante la plus palpable de la ville, il est l'élément régulateur des autres phénomènes qui trouvent des représentations abstraites dans la ville, tel que les phénomènes sociaux, économiques, politiques, historiques et culturelles. La ville a une image tridimensionnelle celle des bâtiments, monuments, places et rues et une image mentale, qui consiste dans la formation de concepts d'identité (Dávila, 2008).

La ville est avant tout une agglomération relativement importante dont les habitants ont des activités professionnelles diversifiées, notamment dans le secteur tertiaire.

L'agglomération est un terme qui renvoie au processus de concentration de constructions, d'activités ou de population sur un espace restreint (Pumain, et al., 2006). Une agglomération urbaine est un groupement de constructions bâties en continuité et abritant une quantité de population supérieure au seuil statistique qui définit le peuplement urbain (Pumain, et al., 2006). Selon Alain Rémy, elle est l'ensemble de construction et d'habitations défini par la continuité du bâti, elle comprend la ville-centre et sa banlieue, son relatif recul démographique ne signifie pas sa stagnation immobilière (Allain, 2004). Arnal la définit comme un ensemble urbain comprenant la ville-centre et les communes périphériques. L'agglomération forme une unité urbaine plus ou moins cohérente (Arnal, 2005).

La ville se compose le plus souvent d'un noyau ancien, appelé centre-ville et de couronnes périphériques formées de plusieurs communes appelées banlieues.

4.2.3.1.1 Tâche urbaine :

La tâche urbaine comme expression utilisée par les urbanistes désigne les formes urbaines bâties plus ou moins fragmentées issues de l'étalement urbain (Guérois, 2003). D'autre l'utilise pour désigner l'étalement urbain sur les cartes, la tâche urbaine est symptomatique du développement périurbain des villes (Arnal, 2005). Elle signifie aussi l'ensemble des occupations du sol urbanisés ou artificialisés, qui forme un tissu bâti continu de moins de 50 mètres entre deux bâtiments avec une superficie d'au moins 5 000 m² (DDT, 2013).

La forme urbaine au niveau de la tâche urbaine renvoie à une figure de la ville avec ses limites urbaines, dans ce contexte la morphologie de la tâche urbaine est considérée comme l'enveloppe de la zone de bâti continu (Guérois, 2003). L'influence de la tâche urbaine sur le climat de la ville est bien présente à cette échelle, morphologiquement une tâche urbaine compacte de grande taille ne permet pas une ventilation suffisante du cœur de l'agglomération (Tannier., 2009). La tâche urbaine en tant que figure en deux dimensions (2D) permet aussi d'autres canaux d'applications des solutions climatiques lors de la planification de la ville, par l'intégration de la méthode des zones climatiques locales.

Conclusion :

La forme urbaine en tant que finalité de la morphologie urbaine dans la ville, entre en interaction continue avec le climat urbain. Beaucoup d'effets se développent derrière cette interaction, dont le phénomène de l'îlot de chaleur urbain en témoigne. La forme urbaine offre une gamme pertinente d'indicateurs morphologiques, qui participent dans la régulation du microclimat urbain. L'utilisation optimale de ces indicateurs donne naissance à des outils méthodologiques pertinents pour la conception urbaine.

Ce chapitre a essayé d'offrir les plus appropriés à la présente recherche, par le biais d'une panoplie de recherches sur l'interaction forme urbaine et microclimat. Afin de choisir les indicateurs pertinents, une catégorisation était déjà faite, les résultats de cette catégorisation classent les indicateurs en trois catégories : les indicateurs du physique et du construit, ces derniers sont composés par deux sous-catégories à savoir les indicateurs morpho-physiques pour caractériser les variations microclimatiques, ou qui cherchent dans la forme urbaine ce qui influence les phénomènes physiques du climat urbain. La deuxième sous-catégorie est les indicateurs physico-morphologiques qui cherchent dans la forme urbaine ce qui influence les modèles physiques du climat urbain. La deuxième catégorie décrit les indicateurs morpho-physico-sensibles qui vise à expliciter la perception des usagers en vers l'espace urbain et son climat. Les indicateurs morphologiques géométriques se présentent comme dernière catégorie, responsable à décrire la forme urbaine géométriquement pour rendre explicite leurs interactions avec le climat urbain. L'ensemble des catégories énuméré ci-dessus reste limité vu la complexité des variations microclimatiques engendrés par la forme urbaine, mais ces derniers demeurent le seul moyen pour approcher le contrôle du microclimat urbain.

Les indicateurs choisis sont déjà testés et leurs influences sur le microclimat sont très apparentes, ce sont les indicateurs proches aussi de la pratique urbaine et la réglementation en même temps. La grille d'indicateur a relié entre les indicateurs morphologiques du tissu urbain et les indicateurs morpho-physique qui gère la relation de la forme urbaine et le microclimat.

Chapitre 5

Méthodologie de recherche

Introduction

5 Approche méthodologique

5.1 Méthodes d'investigation

5.2 Logiciel de simulation (ENVI-met)

Conclusion

Introduction :

La partie théorique de cette recherche a regroupé l'essentiel des informations scientifiques sur les concepts clés de notre hypothèse. Tant dis que la présente partie, qui est pratique nous livre les méthodes et les outils pour la démonstration afin de confirmer ou d'affirmer notre réponse préalable à la question de recherche principale. Ce chapitre expose l'approche méthodologique suivi pour vérifier l'hypothèse de base du présent travail. En commençons par le choix de méthode le chapitre mis en relief le raisonnement logique pour la vérification de l'hypothèse. Ce chapitre est structuré par l'expérimentation simulé comme méthode d'investigation dont le schème expérimental sera détaillé par la suite. Une autre section est réservée à la modélisation du microclimat urbain, cette dernière est la base des modèles de simulation. Le cas d'étude est choisi dans le contexte Algérien dans la ville de Béchar dotée d'un climat chauds et aride. Le modèle ENVI-met sera l'objet de la dernière section, son principe de base, ces avantages et ces inconvénients seront explorés en détail.

5. Approche méthodologique :

5.1 Méthodes d'investigation :

Afin de démontrer notre hypothèse de recherche, et atteindre nos objectifs déjà fixés on a fait un rappel sur l'importance du microclimat urbain, qui est à l'échelle humain. Il varie dans un intervalle de temps très réduits, et il est influencé en même temps par la moindre modification de la morphologie urbaine. La relation entre le microclimat urbain et la forme urbaine au niveau de l'espace ouvert est abordée à travers le modèle bioclimatique (Jirón, et al., 2004). L'approche bioclimatique des tissus urbains repose sur une connaissance approfondie du climat urbain (Alvarez, 1995). Les chercheurs ont poussé leurs travaux jusqu'à la construction de modèles climatiques capables de prédire le microclimat, c'est pour cette raison que la modélisation numérique est une bonne alternative pour prédire le microclimat urbain dans les premières phases de conceptions. La modélisation est un élément majeur de l'approche scientifique dans la compréhension et la résolution de problèmes dans des contextes environnementaux complexes.

Notre recherche est basée sur le raisonnement déductif, elle est pluridisciplinaire dans le caractère ; en regroupant l'urbanisme, le désigne urbain et la climatologie urbaine. Elle s'inscrit sous la méthode quantitative car les résultats de la modélisation sont souvent de types quantitatifs. Sachant que l'essence de la modélisation

réside dans les systèmes de pensée approchée pour comprendre le comportement de l'environnement. Le fait de comprendre le comportement du microclimat et de tester sa variation, notre recherche sera une expérience simulée, dont le schème expérimental sera développé dans la section par la suite.

L'expérimentation simulée est une expérimentation informatisée à l'aide de modèles simplifiés de la réalité. Cette méthode d'investigation est basée essentiellement sur la modélisation. La simulation consiste à munir un modèle informatisé pour ensuite faire des variations sur les composantes et les variables afin d'étudier les effets. Pour vérifier notre hypothèse : **La fabrique de la ville** ne peut pas être obtenue par un simple lifting du **règlement urbain** actuel mais par une **conception bioclimatique urbaine** qui va réconcilier la ville et son climat, on a procédé à la schématisation des variables de l'hypothèse.

Les variables indépendantes sont par définitions les variables à manipulées, dans notre recherche on a deux variables indépendantes qui sont respectivement : le règlement urbain et la conception urbaine. Le règlement urbain génère la forme urbaine à travers les règles qui les édicte comme impératives. Ainsi la conception bioclimatique affecte la forme urbaine par l'ensemble des recommandations et stratégies pour atténuer les effets négatifs du microclimat. Ces deux types de règles générées par le règlement et la conception bioclimatique urbaine sont considérées dans notre démarche comme variable indépendante. La fabrique de la ville est la variable dépendante, elle subit une variation au niveau de la morphologie urbaine qui affecte directement la forme urbaine dans la ville. Les effets de cette variation influencent directement le microclimat urbain, soit positivement ou négativement.

Notre travail de simulation s'agit de simuler les tissus urbains générés à partir des règles urbaines et des tissus urbains vernaculaires comme alternative bioclimatique. L'évaluation de la forme urbaine résultante est faite par l'évaluation des variations microclimatique et par le degré de confort thermique extérieur atteint.

Dans le chapitre 2 on a vu que le microclimat est l'échelle horizontale la plus petite qui correspond au micro-échelle de la fabrique de la ville citée dans le chapitre 1. La modélisation du microclimat urbain au micro-échelle urbain s'appuie sur un maillage fin du cadre bâti. Cette conservation presque fidèle du cadre urbain permet une représentation relativement précise des variations microclimatiques.

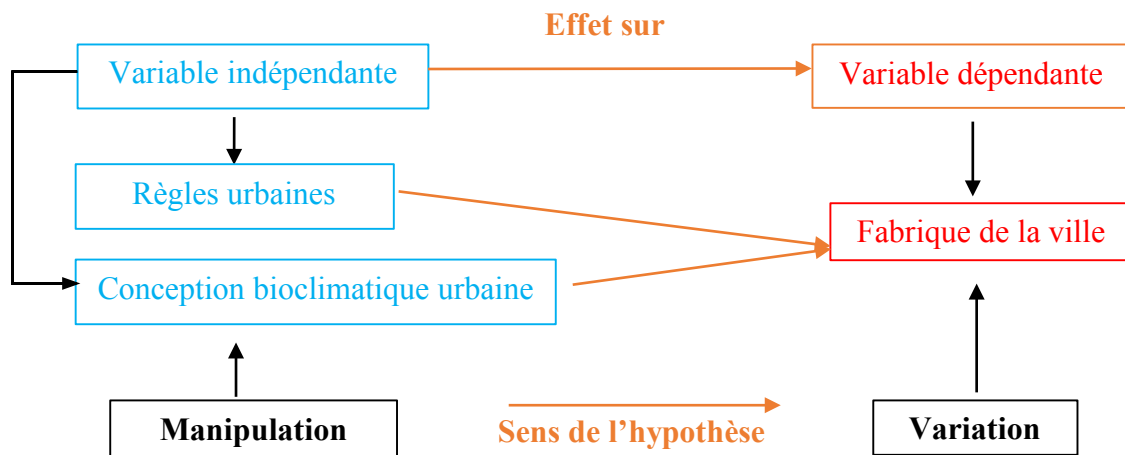


Figure 5.1: Schématisation des variables principales de l'hypothèse (Source : Auteur).

En contrepartie la finesse du maillage urbain ne permet pas une représentation entière de la ville. Deux modèles sont déjà disponibles le premier est ENVI-met développé par le Groupe de Recherche en climatologie (GRC) au département de géographie de l'université de Bochum en Allemagne par Michael Bruse. Le deuxième est SOLENE développé par le laboratoire CERMA (Centre de recherche méthodologique d'architecture) à Nantes. D'autres modèles tels que, MISKAM de Eichhorn, 1989 ou MUKLIMO 3 de Sievers, 1995, se concentrent principalement sur le champ de vent et de la distribution de gaz et d'aérosols dans les effets thermodynamiques atmosphère et de la négligence ou le calcul de la construction de températures de surface. Aussi les modèles Solweig de Lindberg et al., 2008 ou Rayman de Matzarakis et al., 2007 se concentrent sur la simulation du rayonnement utilisé dans l'environnement urbain.

5.1.1 Le choix du modèle de simulation :

Le modèle choisi pour effectuer la simulation est le modèle ENVI-met dans sa nouvelle version 4.0. Car ENVI-met calcule tous les paramètres météorologiques importants : rayonnement solaire, température de l'air, humidité relative, la température moyenne radiante, cette dernière est la clé d'évaluation de la sensation thermique. Les simulations du modèle ENVI-met peuvent être un outil révélateur des différences thermiques dans les espaces micro-échelle, sauf que les résultats doivent être considérés avec certaine prudence dans le cas de comparaison avec les campagnes de mesure sur site. Au moyen du modèle ENVI-met les mesures sur site peuvent être éliminées avant le début du processus de construction. L'application de modèle microclimatique urbaine offre une occasion de prédire les différentes conditions de stress thermique dans la résolution spatiale et temporelle. ENVI-met est le seul modèle qui regroupe tous les facteurs qui

influent le confort thermique extérieur, tel que la vitesse et la direction du vent, la température moyenne radiante qui sont simulés intégralement pour dériver les indices du confort thermique. Le modèle ENVI-met est choisi aussi parce qu'il est le modèle le plus complet en termes de calcul du confort humain. La sortie générée contient les quatre principaux paramètres de confort thermique : température de l'air, la température moyenne radiante (MRT), la vitesse du vent et de l'humidité relative.

Le modèle ENVI-met répond à tous les exigences pour simuler avec précision la physique de la couche limite atmosphérique d'une zone urbaine, donc il est le meilleur modèle qui coïncide avec notre démarche méthodologique :

1. La taille de la grille de la zone de modèle doit être assez petite pour résoudre les bâtiments, à savoir la taille de la grille 10m
2. Le modèle doit mettre en œuvre le bilan énergétique de la surface de tous types
3. La simulation des propriétés physiques et physiologiques des plantes doit être incluse
4. Le calcul des processus atmosphériques devrait être pronostique et transitoire.

Une comparaison faite par Vadmir en 2013, qui renforce notre choix du modèle, expose les résultats de l'évaluation, qui ont montré que le modèle ENVI-met (1017 points) est très puissant par rapport à d'autres modèles comme le Projet Vasari avec (1001 points) et IES VE-Pro à la troisième place (917 points) (Vidmar, 2013).

5.1.2 Déroulement de la simulation :

Quatre tissus urbains sont choisis dans la ville de Béchar pour être simulés dans le logiciel ENVI-met V4. Les tissus représentent une variation dans la morphologie urbaine, ils sont classés selon la classification de Stewart et Oke pour les zones climatiques locales basées sur la variation des hauteurs et des densités bâties (Stewart, et al., 2009).

Afin de simuler les corpus choisis on a pris des fragments urbains de chaque tissu, dont les dimensions sont comprises entre 150 m et 250 m, qui correspondent à l'échelle microclimatique horizontale déjà discuté dans le chapitre 2. Tous les tissus sont modélisés sur ENVI-met à l'aide d'une grille géométrique orthogonale dont les espacements dans les trois directions (x , y et z) sont de 3 m, à l'exception d'une partie du tissu traditionnel qui a été modélisé dans une grille dont l'espacement est de 1 m pour des raisons de précision géométrique. La modélisation sur ENVI-met reproduit les bâtiments en 3D, le sol, et la végétation. Les matériaux du sol et des murs de chaque tissu sont identiques

dans les quatre tissus urbains choisis avec les mêmes valeurs d'albédo afin d'éliminer les variations engendrées par ce dernier, par contre la végétation a été considérée comme variable étrangère négligée dans le but d'éliminer son effet sur le microclimat simulé et pour réduire en même temps le temps de simulation.

L'intervalle temporel simulé s'étend sur une durée de 6 heures à partir du **11:00** jusqu'à **17:00** dans la journée du **26 juillet 2015**, considéré comme la journée la plus chaude d'après la comparaison des paramètres climatiques du mois de juillet, ce choix est considéré comme le cas le plus défavorable dans la période la plus critique dans l'année concernant les climats chauds et arides. Les conditions météorologiques initiales introduites dans le fichier de configuration d'ENVI-met sont celles du **26-07-2015**. Le tableau 5.1 résume l'ensemble des conditions météorologiques initiales nécessaires à la simulation.

Conditions générales de simulation

Localisation	Béchar - Algérie 31,37 °N, 2,14°O
Type de climat	Chauds et arides (climat Saharien)
Journée de simulation	Journée type 26 juillet 2015
Durée de simulation	de 11:00 à 17:00 (6 heures)
Résolution spatiale	3 m horizontale, 3 m verticale
Température initiale	38 °C (311,15 °K)
Vitesse du vent	3,5 m/s
Direction du vent	Sud
Humidité relative	13 %

Tableau 5.1 : Conditions générales de simulation (Source : Auteur).

L'évaluation des tissus urbains simulés est faite à l'aide du **AddOn BioMet** pour ENVI-met, qui calcule les différents indices du confort thermique extérieur (**PMV/PPD**, **PET** et **UTCI**). Pour atteindre nos objectifs et démontrer notre hypothèse, trois paramètres morphologiques qui caractérisent la forme urbaine déjà discutés dans le chapitre 4 sont choisis, à savoir le rapport hauteur sur largeur de la rue (**H/W**), le facteur vu de ciel (**SVF**), et l'orientation des rues sont comparés dans différents points au sein du même tissu avec les autres tissus urbains. Les paramètres comparés sont la température de l'air (**T_a**), l'humidité relative (**H_r**), la vitesse du vent (**V**), la température moyenne radiante (**T_{mrt}**) et l'indice du confort thermique extérieur : la température physiologique équivalente (**PET**), cette dernière est évaluée sur **BioMet** par une licence enregistrée sous

le nom de l'auteur du présent mémoire. Les caractéristiques des points comparés seront discutées dans la section suivante du corpus et climat d'étude.

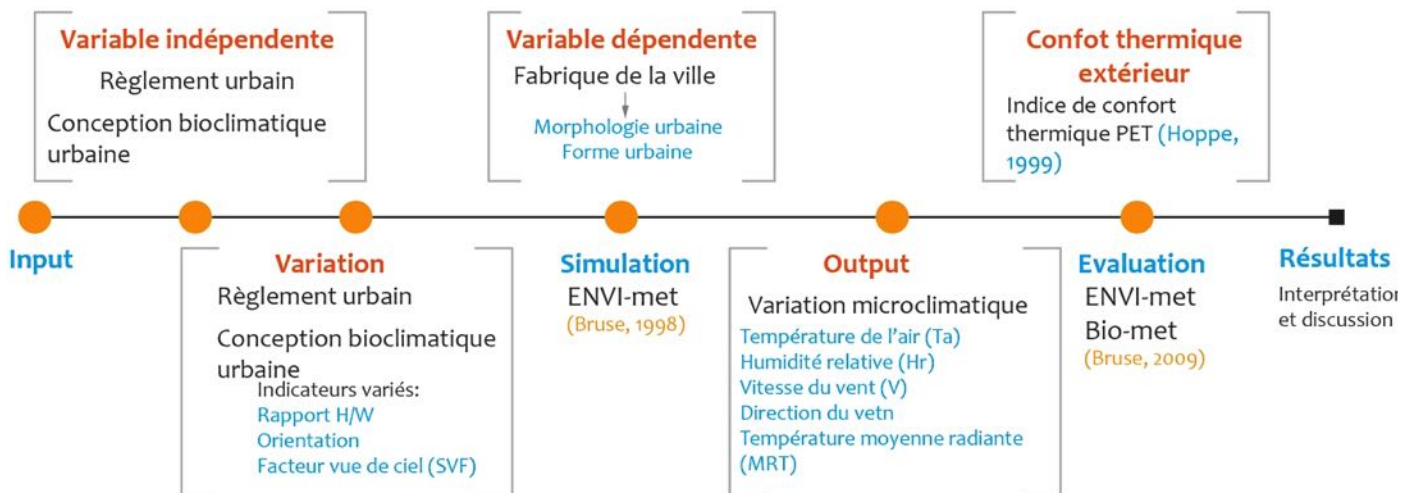


Figure 5.2 : Schéma de la méthodologie pour la simulation et l'évaluation (Source : Auteur).

5.1.3 Corpus et climat d'étude :

5.1.3.1 Présentation du contexte général :

Dans le désert algérien exactement au sud-ouest du pays se situe la ville de Bechar au pied du revers méridional de l'Atlas saharien, à une distance de 950 Km au sud-ouest d'Alger. Elle constitue un relais important entre l'Algérie et l'Afrique subsaharienne et est traversée par la RN6 sur laquelle s'effectue l'essentiel du trafic entre le Nord du pays, les Wilayat du Sud-ouest et les pays africains.

La ville de Bechar est l'extrémité de la ligne de chemin de fer et un point d'escale important pour la navigation aérienne. Elle est aussi un point ordonnateur de tout le système de circulation dans l'ensemble de la région Sud-ouest algérien. Elle est limitée au nord par le Maroc, à l'est par les Wilayas de Naama et d'El Bayadh, au sud par celle d'Adrar et enfin à l'ouest par la Wilaya de Tindouf. Béchar se caractérise par son étalement urbain longeant son oued et sa Barga (dunes de sable située à l'ouest de la ville).

Le tissu urbain de cette ville est un mélange de plusieurs types de tissus réalisés dans des périodes différentes :

Un tissu traditionnel réalisé avant 1900, qui est représenté par le Ksar de Béchar se situant au cœur de la ville aux bords de l'oued Béchar, composé généralement de maisons traditionnelles construites en adobe.

Un autre tissu juste à côté du premier tissu, qui est la genèse du patrimoine colonial composé essentiellement de bâtiments d'habitation et d'un réseau d'équipement, mairie, poste, église, hôpital et plusieurs écoles...etc.

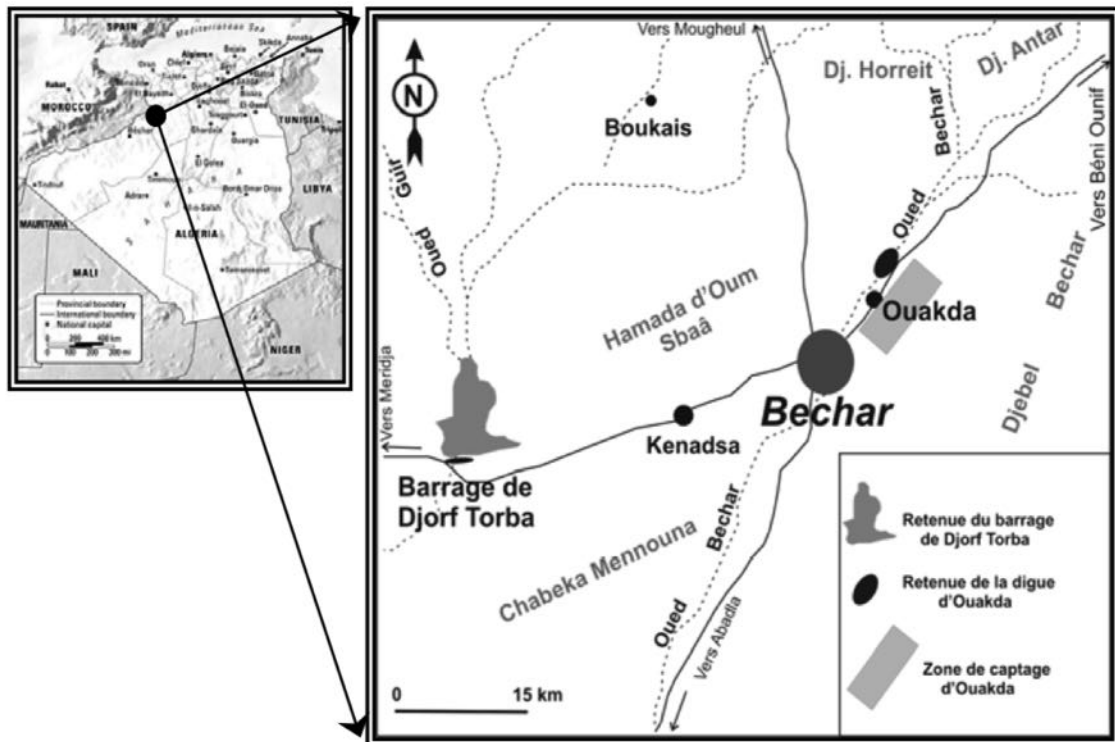


Figure 5.3 : Situation géographique de la ville de Bechar (Source : Kabour et al, 2011).

Le reste de la ville fût émergé par un nouveau tissu urbain, celui de la post indépendance, dont des cités dortoirs implantées sur sa longueur en direction nord-sud, reliant l'entrée de la ville à sa sortie. Ce tissu représente plus de 80% de la ville, il forme la nouvelle armature urbaine ; avec ses infrastructures accompagnant le parc du logement, en croissance rapide.

5.1.3.2 Principales étapes du développement de la ville de Béchar :

La ville est passée par plusieurs moments de croissance qui ont influencé sur sa physionomie. Les importants moments de croissance que nous avons choisis, ont bouleversé l'urbanisation de Bechar.

5.1.3.2.1 Avant 1901 jusqu'à 1903 :

Tout ce qui était construit durant cette époque était une grande masse du vieux Ksar de Tagda avec ses Droubs et sa grande place de « NOUADER » présentant un ensemble d'espace urbain spécial dans leur contexte. Puis, les français venant coloniser Bechar installèrent une redoute au Nord du Ksar afin de le dominer, cette construction n'a pas créé de nouveaux espaces urbains dans la ville, puisque c'est un établissement militaire.

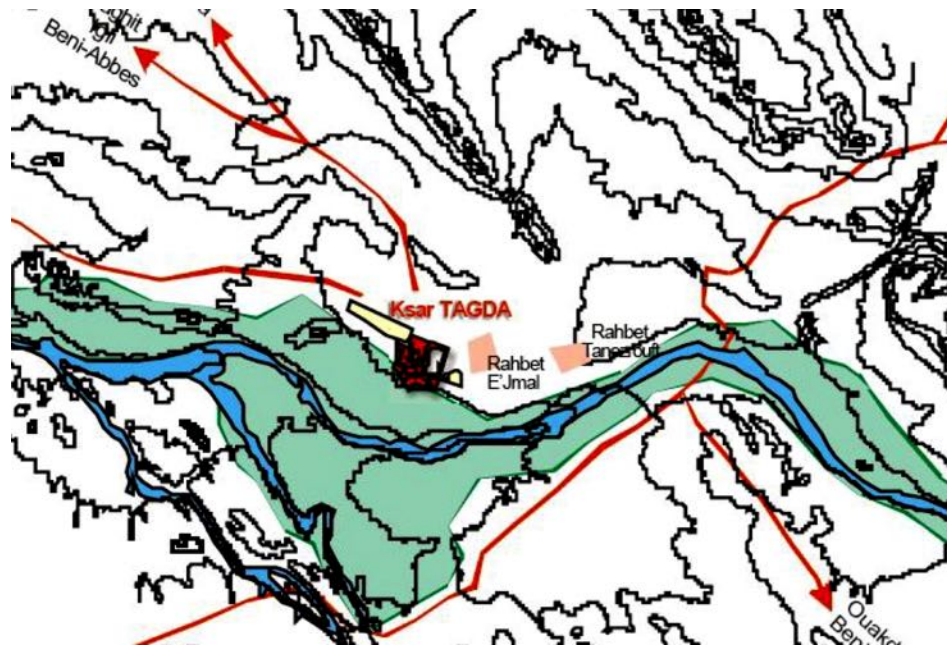


Figure 5.4 : Plan de Béchar avant la colonisation 1903 (Source : Ben Djlid, 2013).

5.1.3.2.2 La période « 1903-1936 » :

Entre 1903 et 1917 les français construisirent une mosquée près de l'infirmerie des autochtones (1904) ; un quartier juif (1905) au nord du ksar et un quartier européen « Village » (1917). Au point de vue de l'instruction publique, deux classes primitives, une pour les garçons et l'autre pour les filles sont construites (1925). En 1928 la transsaharienne est bâtie. Ensuite, l'état français avait réalisé des villes et des lots pour les officiers et les sous-officiers ; dans la même année le quartier européen se développa autour de la rue conduisant du Ksar à la redoute et la gare (noyau urbain de Colomb-Béchar).

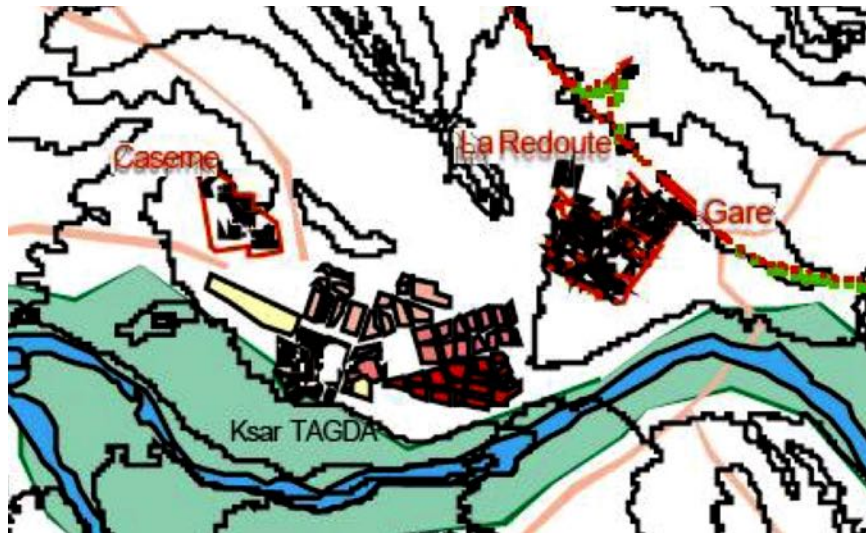


Figure 5.5 : Plan de Béchar 1903-1936 (Source : Ben Djilid, 2013).

5.1.3.2.3 La période « 1936-1948 » :

Durant cette période nous avons relevé la construction du quartier la gare 1943 ; l'extension sud de la redoute et quelques villas fut établie en 1943. La construction de la centrale électrique en 1943 en raison de l'exploitation minière, ce qui a causé l'édification des maisons des ouvriers appelées Koran près de la centrale et un quartier des autochtones au sud « BIDON II » (houillère) 1947-1949.

Entre 1943 et 1945 les grands travaux ont été stoppés à cause de la seconde guerre mondiale. Enfin la construction d'un quartier populaire « DEBDABA » en 1948 dans la berge droite de l'oued et un autre « CHAABA » à proximité du village européen.

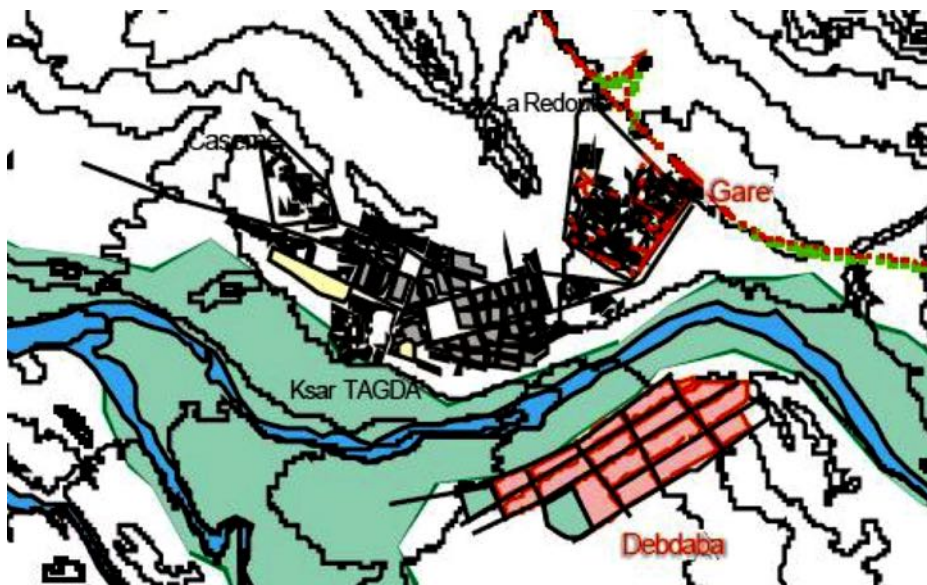


Figure 5.6 : Plan de Béchar 1936-1948 (Source Ben Djilid, 2013).

5.1.3.2.4 La période « 1948-1962 » :

Entre ces deux dates, nous avons remarqué que la ville était en extension par la construction d'une église 1952, la création de nouveau quartier « BARGA » (immeuble d'HLM) et la Selis 1958, au nord de la place LUTAUD s'étend le quartier maintenant bien urbanisé que l'on appelait autre fois la redoute. Aux alentours de l'ancienne redoute et dans la partie du quartier de Barga la plus proche de la préfecture s'étendent des secteurs résidentiels formés de la villa et petits immeubles de belle allure et les quartiers essentiellement populaires se trouvent pour la plupart soit dans la périphérie (cité Mer Niger au nord, quartier Gouray et celui des dunes au sud)

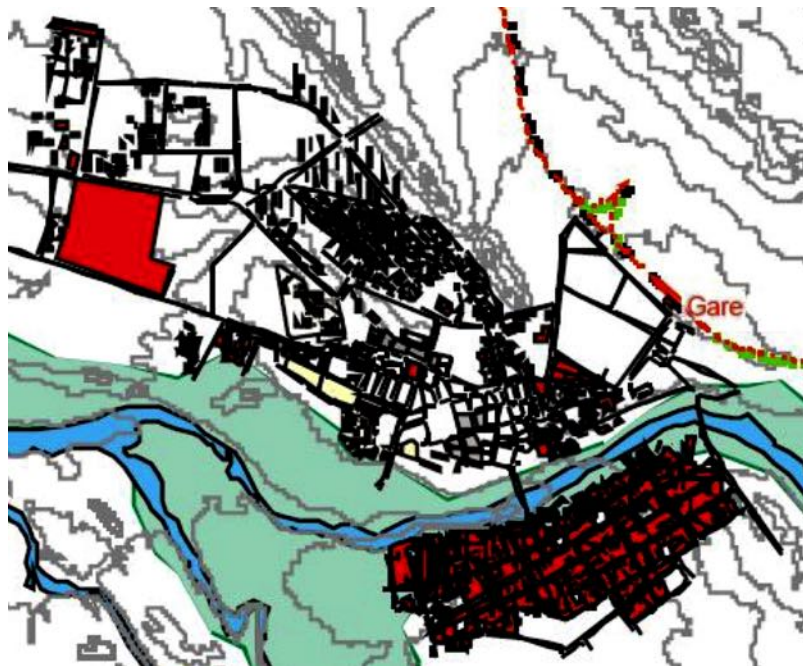


Figure 5.7 : Plan de Béchar 1948-1962 (Source : Ben Djilide, 2013).

5.1.3.2.5 La période (1962-1988) :

Bechar change de forme tous les vingt-six ans post-indépendantes avec la construction d'une salle de cinéma, un lycée polyvalent et deux écoles primaires 1962, le quartier de Gouray fut construit en 1965, et les quartiers Hai Riadhy, 150 logements, 102 logements et cité Hamdane à Debdaba en 1972. Puis, c'était la projection d'une ZHUN et des lotissements à l'extension vers le nord sous forme d'auto construction en 1978. Et en 1985, Gharassa fut réalisé.

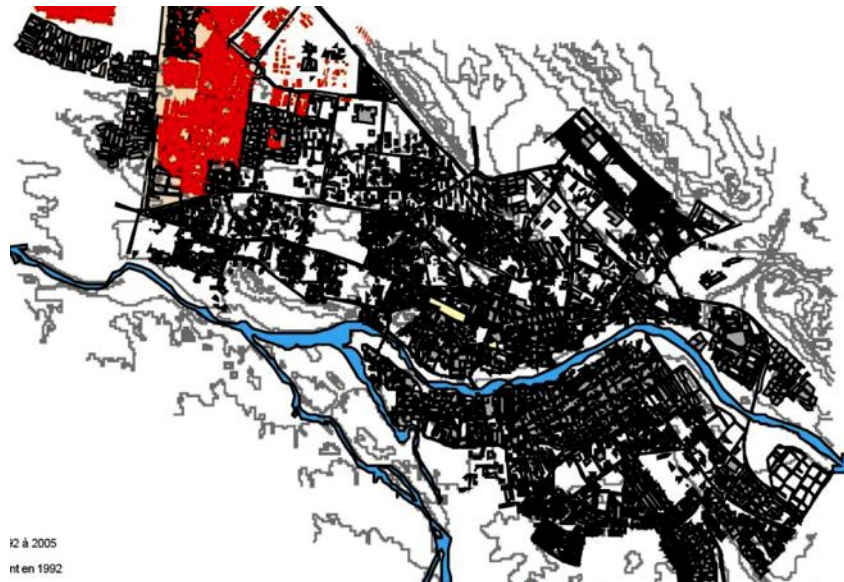


Figure 5.8 : Plan de Béchar avant 1962-1988 (Source : Ben Djlid, 2013).

5.1.3.2.6 La période (1988-2012) :

Après les événements de 1988, le pays avait changé de direction et de politique à tous les niveaux, parmi lesquels l'urbanisme des villes. Bechar a subi tous ces changements et s'étendait le long de l'oued, nous relevons la construction de nouvelles cités comme les 470 logements, 250 logements, la zone bleue, et plusieurs autres équipements et établissements parmi lesquels un hôtel de finance, des hôpitaux et des écoles.

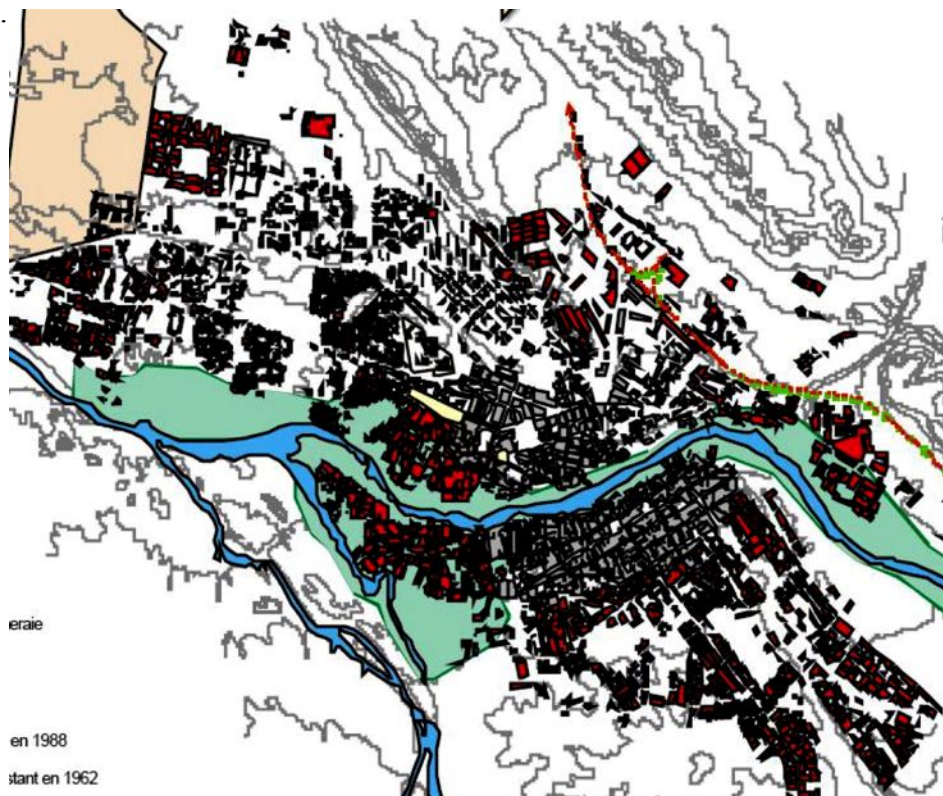


Figure 5.9 : Plan de Béchar 1988-2012 (Source : Ben Djlid, 2013).

5.1.3.3 Les tissus urbains choisis pour la simulation :

La figure 5.10 récapitule la classification des fragments urbains choisis pour l'expérience.

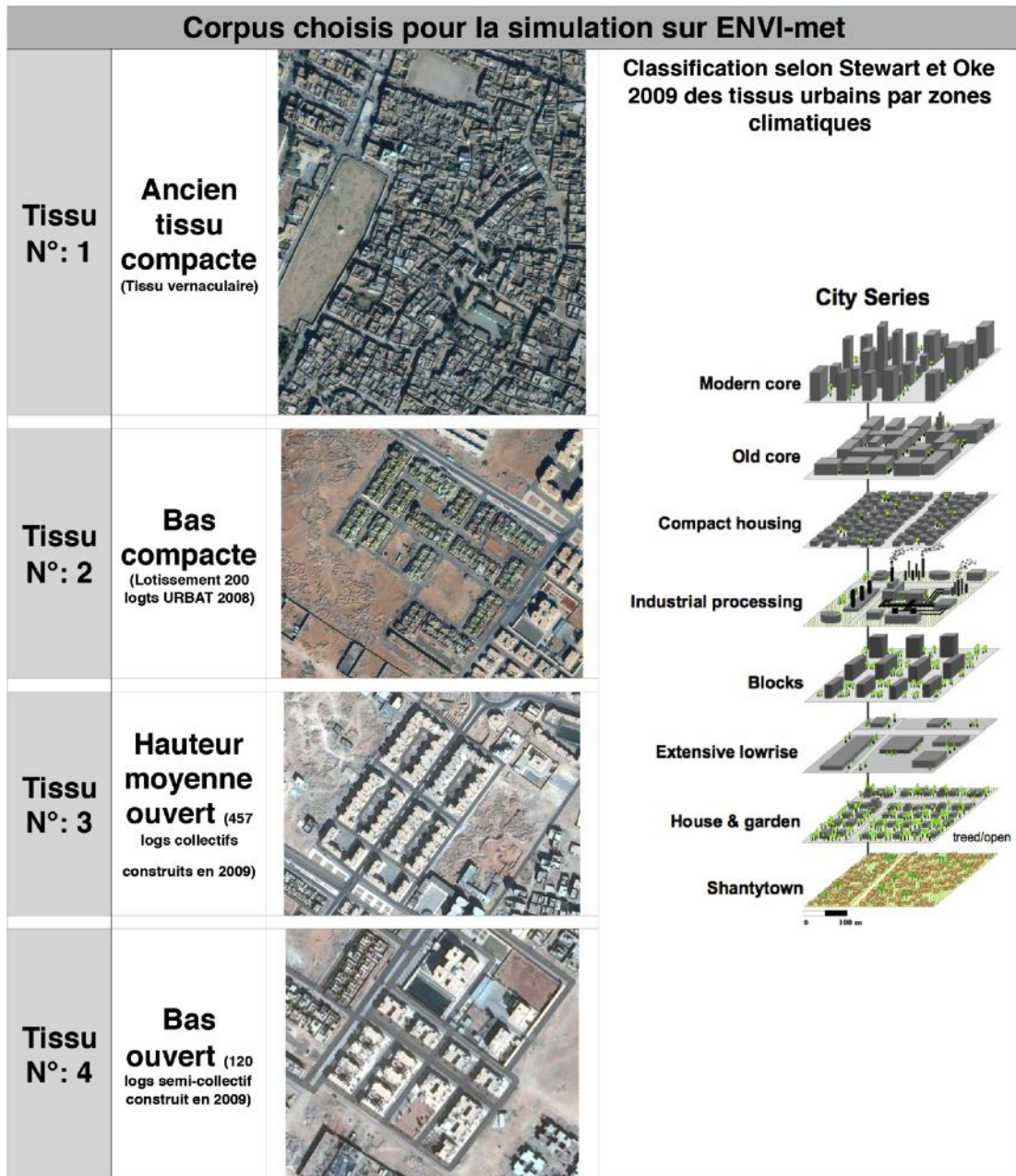


Figure 5.10 : Classification des tissus urbains choisis pour la simulation (Source : Auteur).

5.1.3.3.1 Tissu N° : 1 (Fragment du Ksar Tagda) :

Ce premier fragment se situe dans le tissu traditionnel le plus ancien de la ville de Béchar, sa position actuel est en plein centre-ville, caractérisé par un réseau de rues étroites reliées par deux autres rues relativement larges qui servent comme des voies de distribution d'ordre primaire, la configuration du réseau viaire est du type irrégulier avec des angles aigues. Le bâti à l'intérieur du fragment a connu plusieurs modifications au niveau des matériaux dont les nouveaux matériaux remplacent les anciens comme l'adobe. La hauteur moyenne est de 9 m sur tous le fragment sélectionné.

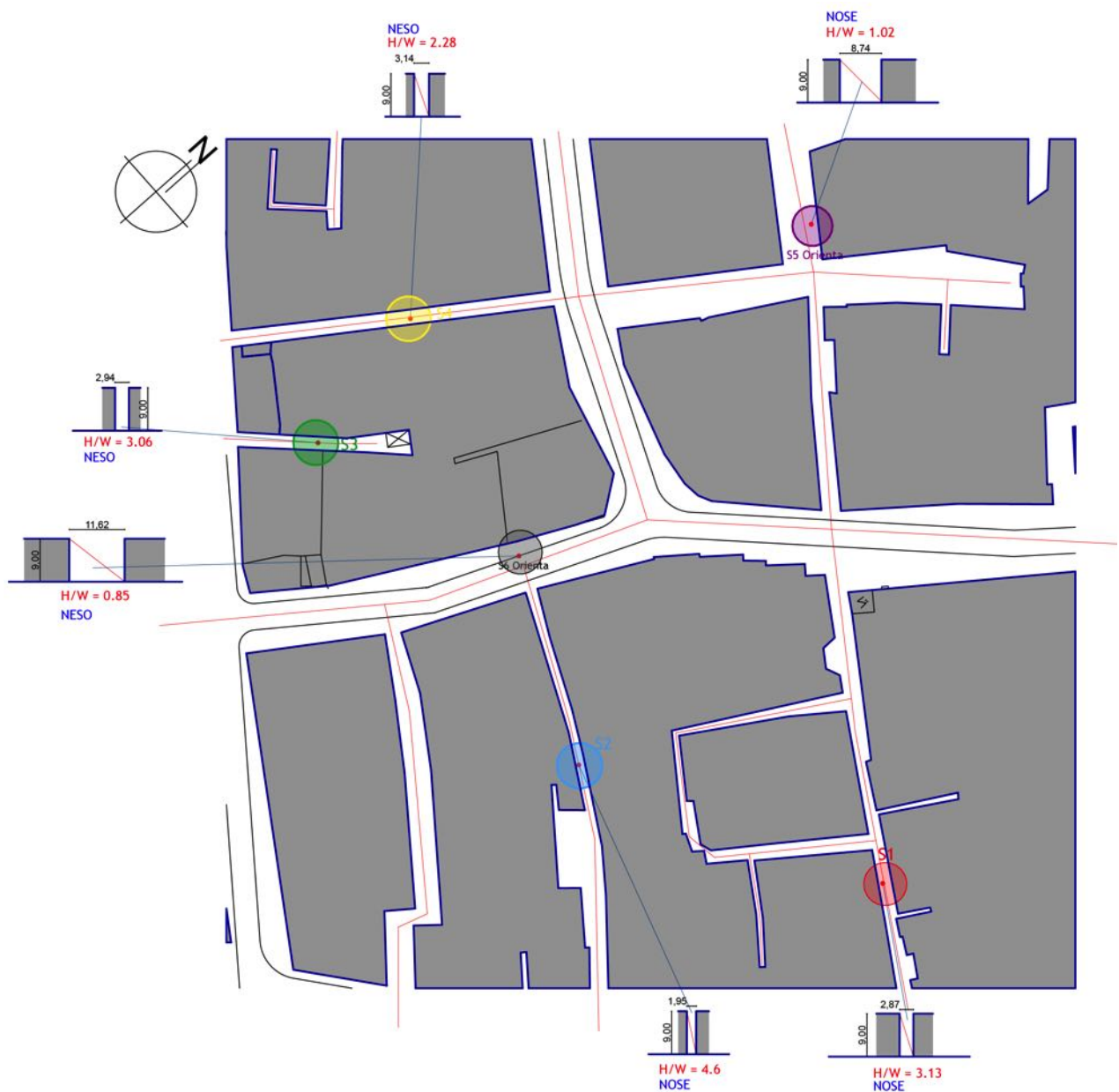


Figure 5.11: Plan du tissu N°1 Ksar Tagda (Source : Auteur).

Morphologie des rues comparées : dimension du tissu 200 x 200 m						
Points	S1	S2	S3	S4	S5	S6
Rapport H/W	3,13	4,6	3,06	2,28	1,02	0,85
Orientation	NOSE	NOSE	NESO	NESO	NOSE	NESO
SVF	0,10	0,08	0,07	0,12	0,28	0,39

Tableau 5.2 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu traditionnel du Ksar (Source : Auteur).

5.1.3.3.2 Tissu N° : 2 (Fragment du lotissement URBAT) :

Le deuxième fragment est le lotissement conçu par l'URBAT, implanté dans la nouvelle zone d'extension de Béchar, est construit par l'URBAT dans un programme de promotion immobilière. Ce tissu est doté d'un maillage orthogonal, avec des petits cœurs d'ilots structurés par deux rues perpendiculaires. Les rues sont revêtues avec du béton bitumineux, par contre le sol des cœurs d'ilots est du terrain naturel. Le bâti est construit avec des matériaux modernes (Béton) avec une apparence non esthétique vue le manque des travaux des enduits extérieurs. La hauteur moyenne du bâti est estimée à 6 m.

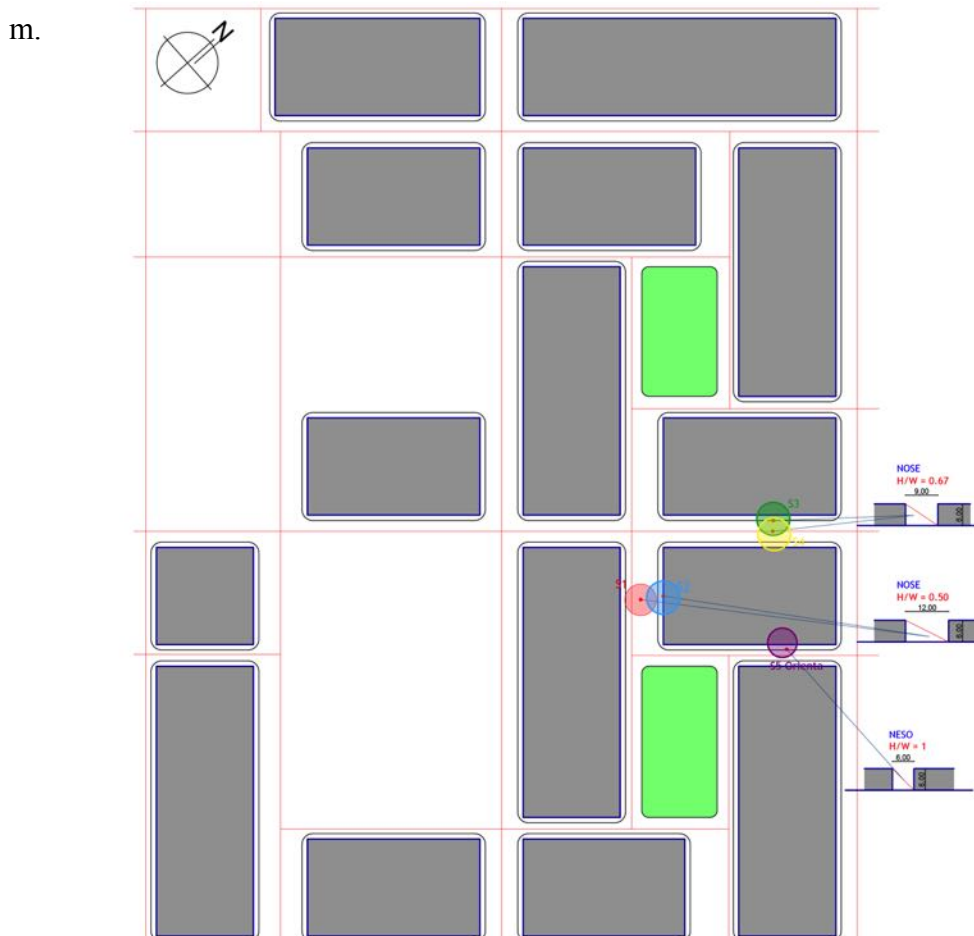


Figure 5.12 : Plan du tissu N°2 lotissement URBAT (Source : Auteur).

Morphologie des rues comparées : dimension du tissu 230 x 230 m.

Points	S1	S2	S3	S4	S5
Rapport H/W	0,50	0,50	0,66	0,66	1,00
Orientation	NOSE	NOSE	NESO	NESO	NESO
SVF	0,54	0,45	0,36	0,43	0,33

Tableau 5.3 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu du lotissement URBAT (Source : Auteur).

5.1.3.3.3 Tissu N° : 3 (457 logements collectifs) :

Un nouveau quartier de 457 logements situé dans la nouvelle extension de la ville vers la zone industrielle, construit en 2009 et inauguré en 2013 par le premier ministre. Son plan de masse est approuvé au niveau du ministère de l'habitat. Le tissu est sous forme de 4 grands ilots structuré par une double voie accompagner par une autre voie perpendiculaire, qui relie le tissu avec la ville, les ilots sont interconnectés entre eux par des passages ouverts sur la rue avec un sol en béton bitumineux. Le bâti est d'une hauteur fixe de 13 m, construit avec des techniques et matériaux modernes.

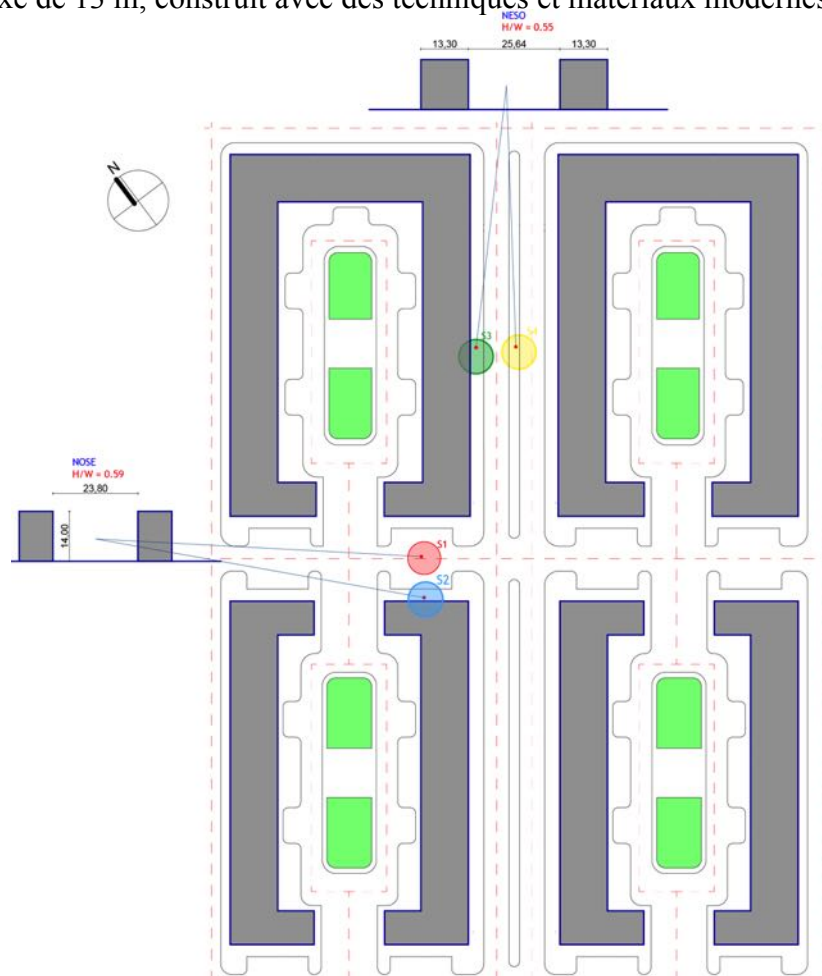


Figure 5.13 : Plan du tissu N°3 457 logements collectifs (Source : Auteur).

Morphologie des rues comparées : dimensions du tissu 180 x 250 m

Points	S1	S2	S3	S4
Rapport H/W	0,59	0,59	0,55	0,55
Orientation	NOSE	NOSE	NESO	NESO
SVF	0,59	0,42	0,42	0,56

Tableau 5.4 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu des 457 logs collectifs (Source : Auteur).

5.1.3.3.4 Tissu N° : 4 (120 logements semi-collectifs RHP) :

Ce dernier tissu est érigé en 2009 son plan de masse est approuvé au niveau du ministère. il a un tissu avec une trame viaire régulière et orthogonale, le bâti s'insère dans le réseau des rues comme des blocs séparés construit avec des matériaux modernes, dont la hauteur est fixée à 7 m en R+1, les caractéristiques des voies sont résumées dans le tableau 5.5.

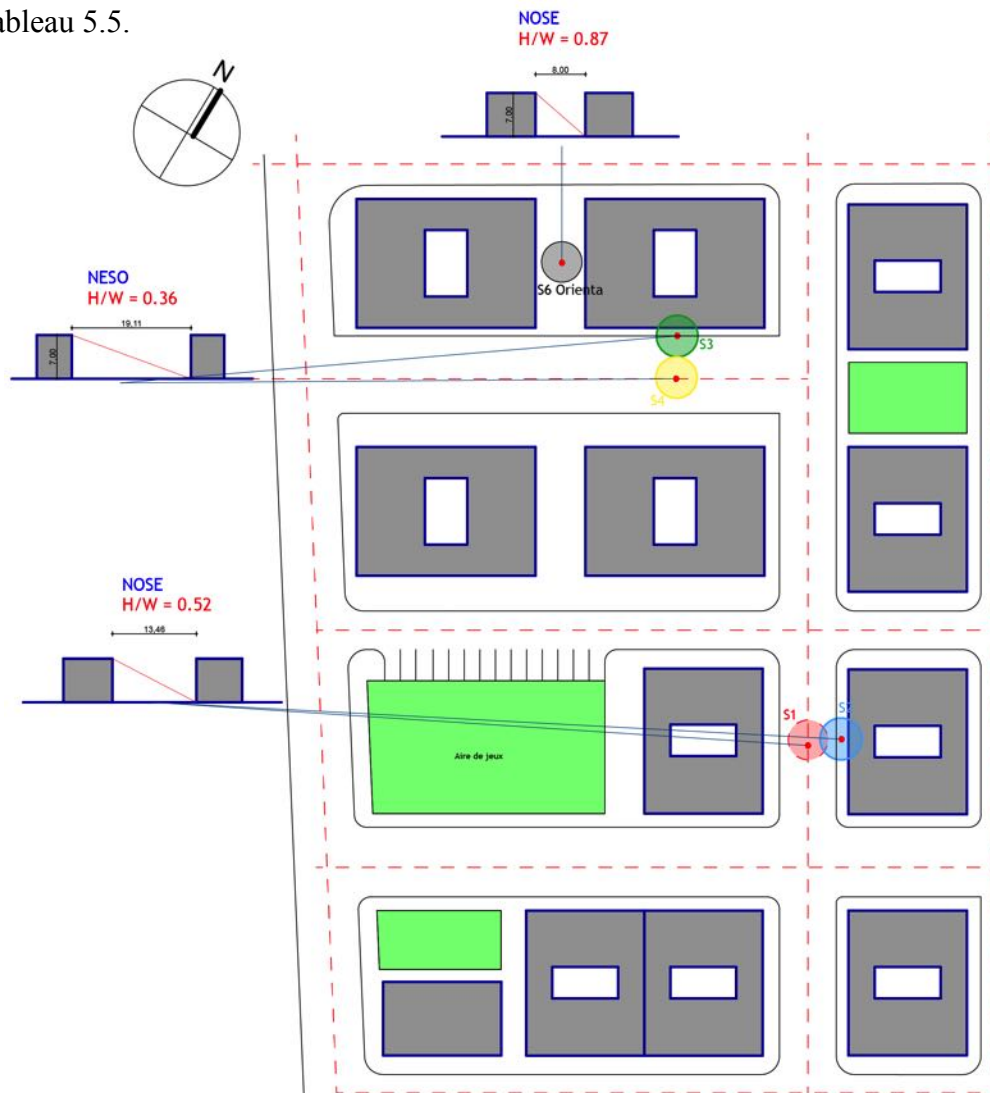
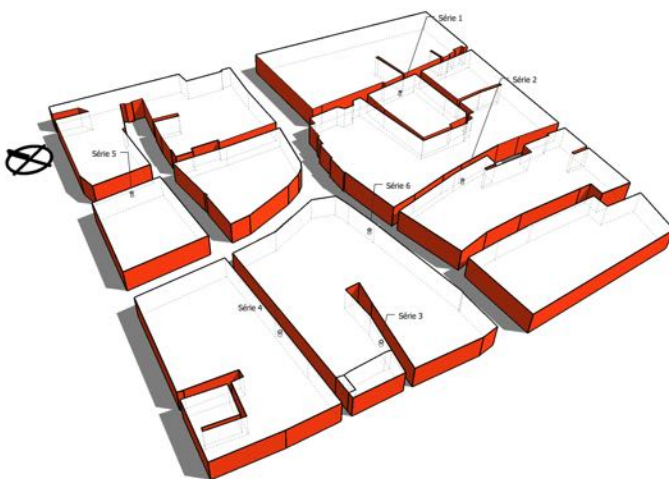


Figure 5.14 : Plan du tissu N°4 120 logements semi-collectifs (Source : Auteur).

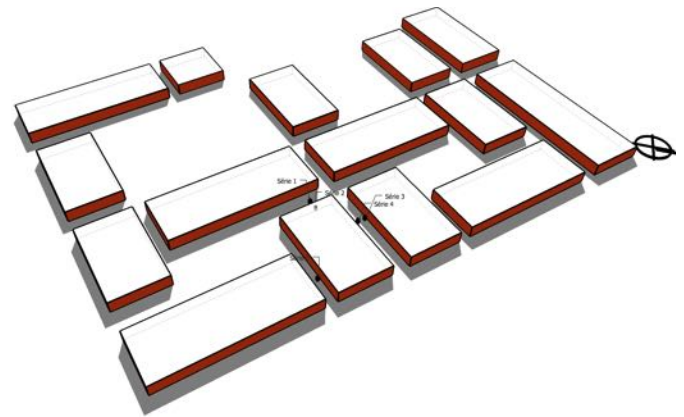
Morphologie des rues comparées : dimensions du tissu 125 x 160 m

Points	S1	S2	S3	S4	S6
Rapport H/W	0,52	0,52	0,36	0,36	0,87
Orientation	NOSE	NOSE	NESO	NESO	NOSE
SVF	0,54	0,46	0,48	0,62	0,34

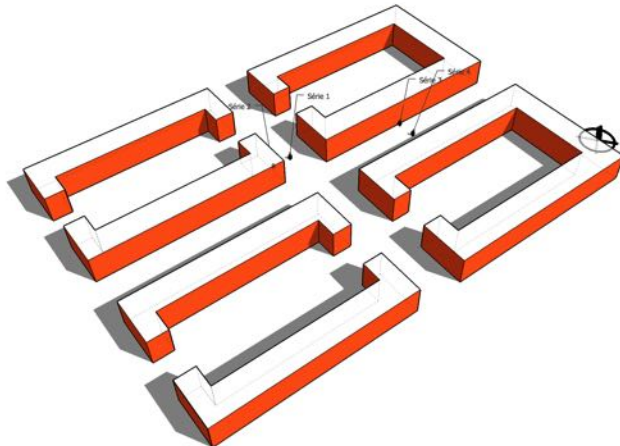
Tableau 5.5 : Caractéristiques morphologiques des rues dans le tissu des 120 logs semi-collectifs (Source : Auteur).

**Tissu N° : 1**

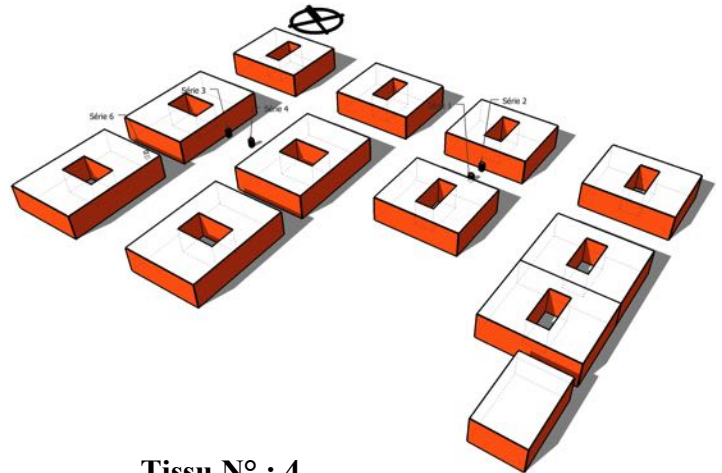
Tissu traditionnel : Ksar avec un réseau de rue irrégulier avec des angles aigus.
Ancien tissu compacte

**Tissu N° : 2**

Tissu moderne : trame régulière orthogonale, rues relativement étroites.
Tissu bas compacte

**Tissu N° : 3**

Tissu moderne : trame régulière orthogonale. Tissu à hauteur moyenne ouvert

**Tissu N° : 4**

Tissu moderne : trame régulière orthogonale, rues relativement larges.
Tissu bas ouvert.

Figure 5.15 : Récapitulation des tissus sélectionnés (Source : Auteur).

5.1.3.4 Climat de Béchar :

5.1.3.4.1 Lecture climatique de Béchar :

Une lecture des données climatique de la ville de Béchar est nécessaire pour se situer par rapport au climat mondiale. La position géographique de Béchar (31,37°N et 2,14 °O) catégorise la ville dans la zone climatique E3 avec deux saisons principales (hiver et été), cette prés classification est basé sur la classification climatique discuté dans le chapitre 2. Les présentes données climatiques décrit le climat typique de Bechar basé sur les documents historiques de 2005 à 2015 de la station météorologique d’aéroport de Béchar, extraites de puis le site infoclimat.fr.

5.1.3.4.1.1 La température :

La température de l’air est un paramètre climatique crucial dans l’évaluation du climat d’une région, il est le premier à être observer par les climatologues. Afin de qualifier les tendances de la température dans une région, les périodes critiques sont importantes à surligner. La figure 5.16 montre les températures minimales, moyennes et maximales ainsi que les périodes chaudes et froides.

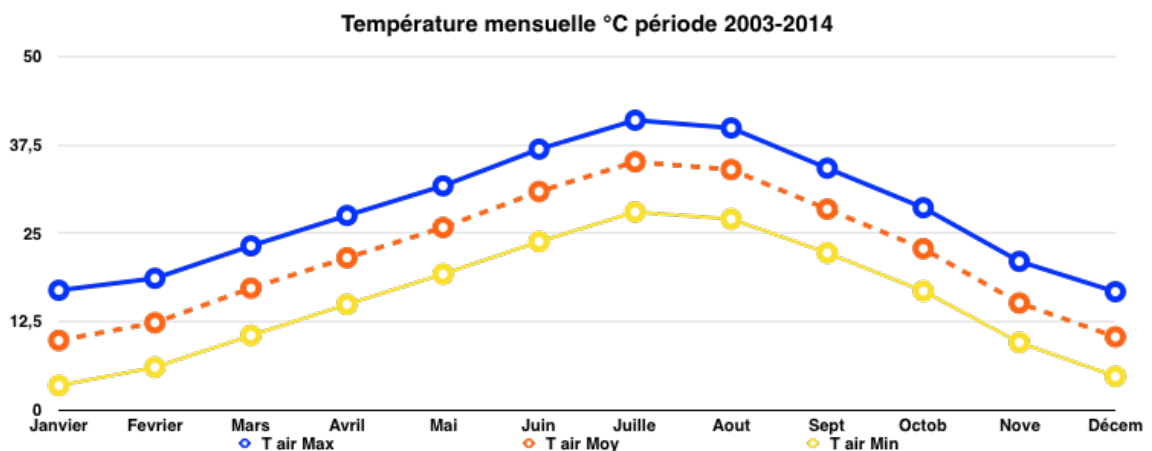


Figure 5.16 : Variation de la température de l'air mensuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

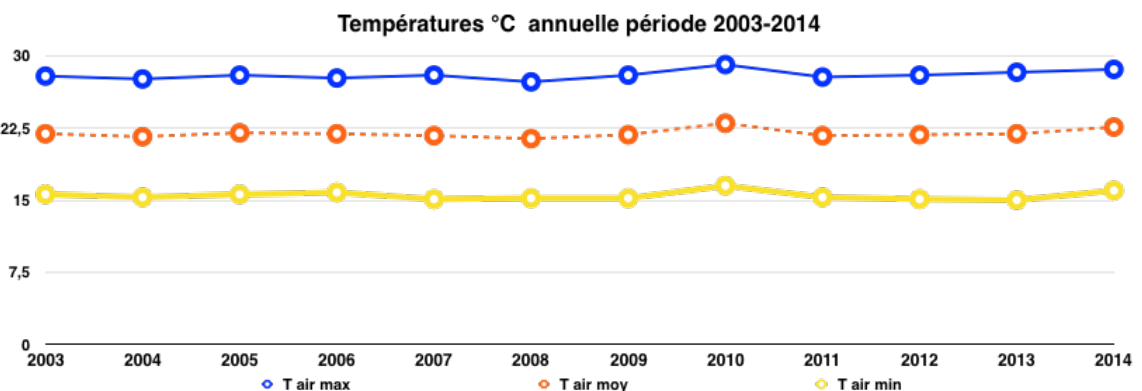


Figure 5.17 : Variation de la température de l'air annuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

La température varie généralement entre 3 °C à 41 °C et est rarement en dessous de 2 °C ou supérieure à 42 °C. La saison chaude dure du 10 Juin à 8 Septembre avec une température élevée moyenne journalière supérieure à 36 °C. Le jour le plus chaud varie du 12 Juillet au fin du mois, avec une moyenne élevée de 41 °C et inférieure de 29 °C. La saison froide dure du 16 Novembre à 3 Mars avec une température élevée moyenne quotidienne inférieure à 21 °C. Le jour le plus froid varie du 7 Janvier au 25, avec une faible moyenne de 3 °C et haute de 17 °C.

Mois	Janvier	Février	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Sept	Octob	Nove	Décem
T air Max	16,9	18,6	23,2	27,5	31,7	36,9	41	39,9	34,2	28,6	21	16,7
T air Moy	9,8	12,3	17,2	21,5	25,8	30,9	35,1	34	28,4	22,8	15,1	10,3
T air Min	3,4	6	10,5	14,9	19,2	23,8	28	27	22,2	16,8	9,5	4,7

Tableau 5.6 : Variation de la température de l'air période 2003-2014 (Source Auteur).

5.1.3.4.1.2 L'humidité relative :

L'humidité relative varie généralement de 12% (très sec) à 84% (humide), rarement descendre en dessous de 9% (très sec) et atteignant jusqu'à 96% (très humide).

L'air est plus sec vers le 15 Juillet, au moment où l'humidité relative descend en dessous de 14% (très sec) il est plus humide autour du 23 Décembre, dépassant 77% (humide).

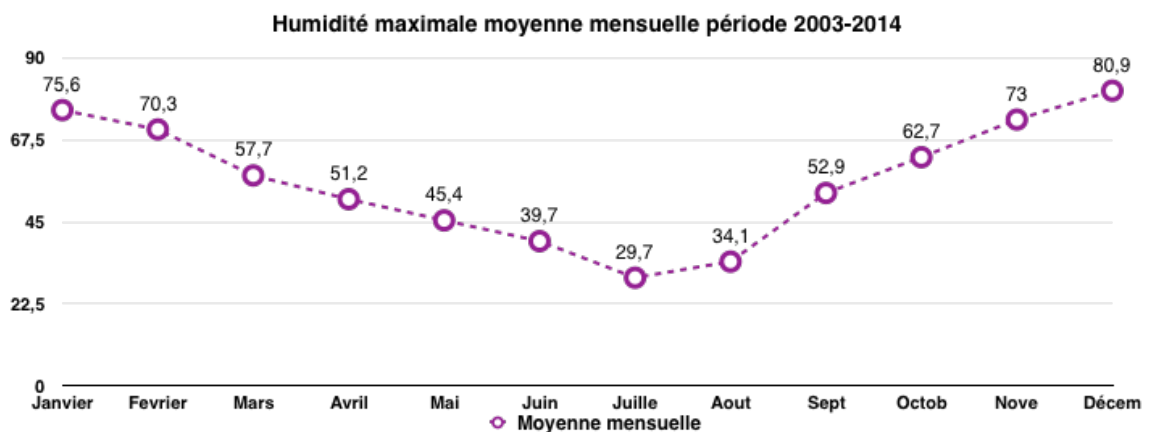


Figure 5.18 : Variation de l'humidité relative pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

5.1.3.4.1.3 Le vent :

Au cours des vitesses typiques de vent par an varient de 0 m/s à 10 m/s (calme à vent frais), dépassant rarement 15 m/s (vent fort). La plus haute vitesse moyenne du vent de 5 m/s (brise douce) se produit environ 15 Avril, date à laquelle la moyenne quotidienne vitesse maximale du vent est de 10 m/s (brise fraîche). La plus faible vitesse

moyenne du vent de 2 m/s (brise légère) se produit environ 6 Janvier, date à laquelle la moyenne quotidienne vitesse maximale du vent est de 5 m/s (brise).

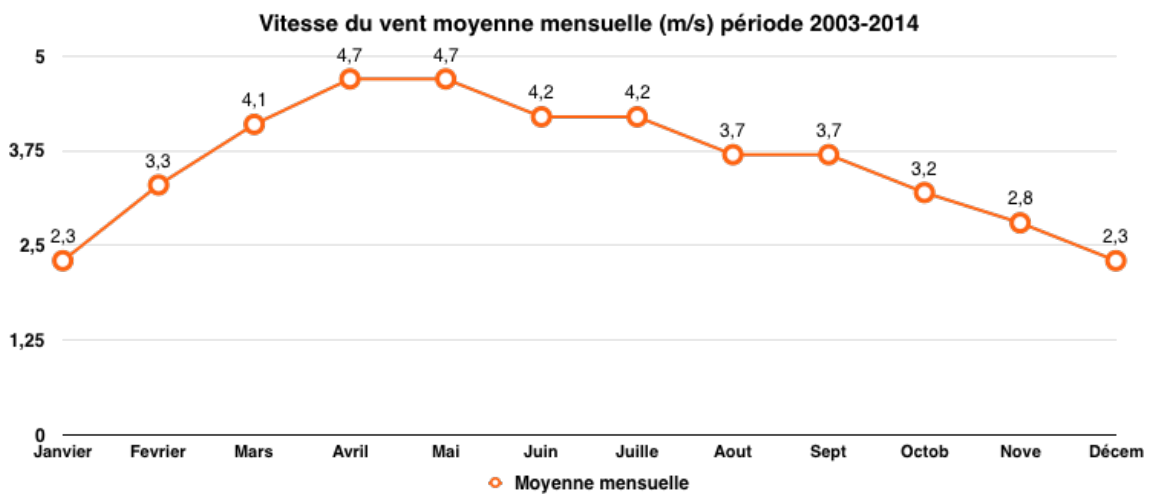


Figure 5.19 : Variation de la vitesse du vent moyenne mensuelle pour la période 2003-2014 (Source :Auteur).

Le vent est le plus souvent de l'est (11% du temps), au sud (10% du temps), et au nord (10% du temps). Le vent est moins souvent hors de l'ouest (4% du temps) et au nord-ouest (4% du temps).

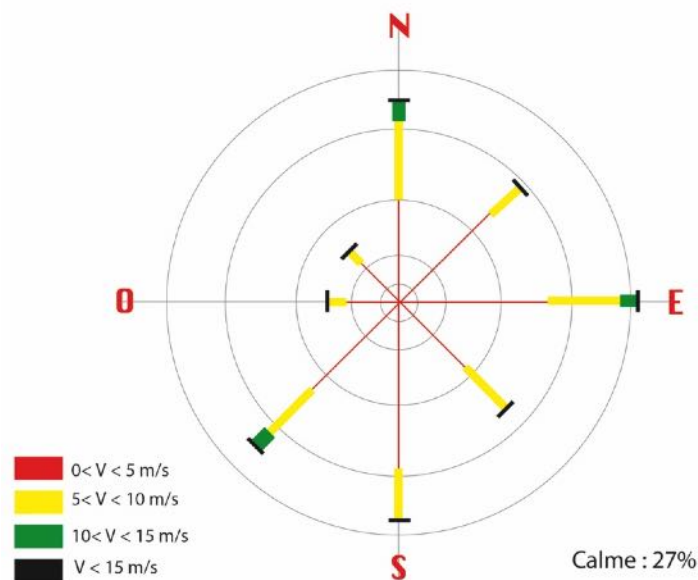


Figure 5.20 : Rose des vent annuelle de la ville de Béchar (Source : Auteur).

5.1.3.4.1.4 L'insolation :

L'insolation totale mensuelle est considérable. Elle a un maximum de 7620 Wh/m² enregistrée en juillet et un minimum de 3090 Wh/m² en décembre. Le nombre

d'heures d'ensoleillement pour les périodes chaudes dépasse 14 heures par jour. En hiver, il est de l'ordre de 10 heures.

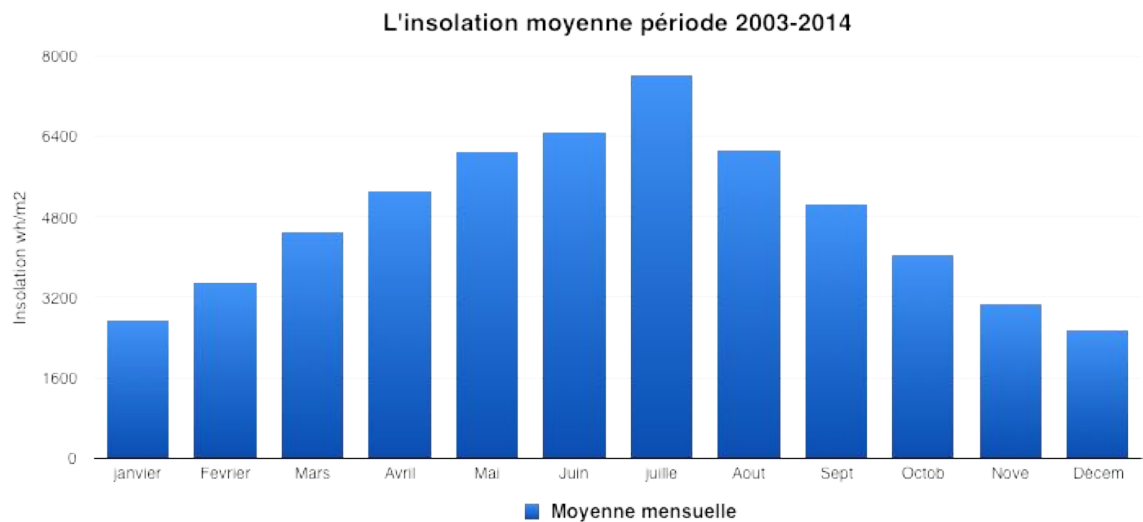


Figure 5.21: Variation de l'insolation moyenne mensuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

5.1.3.4.1.5 La pluviométrie :

Les précipitations sont rares et irrégulières présentent une moyenne minimale de 3,1 mm au mois de juillet (le mois le plus sec) durant lequel, les précipitations sont très faibles et tombent sous forme d'orage. La moyenne maximale est de 26,7 mm au mois d'octobre (le mois le plus pluvieux). Donc, la répartition annuelle des précipitations est marquée par une importante période de sécheresse. En outre, Les précipitations moyennes annuelles ne dépassent pas les 127 mm/an.

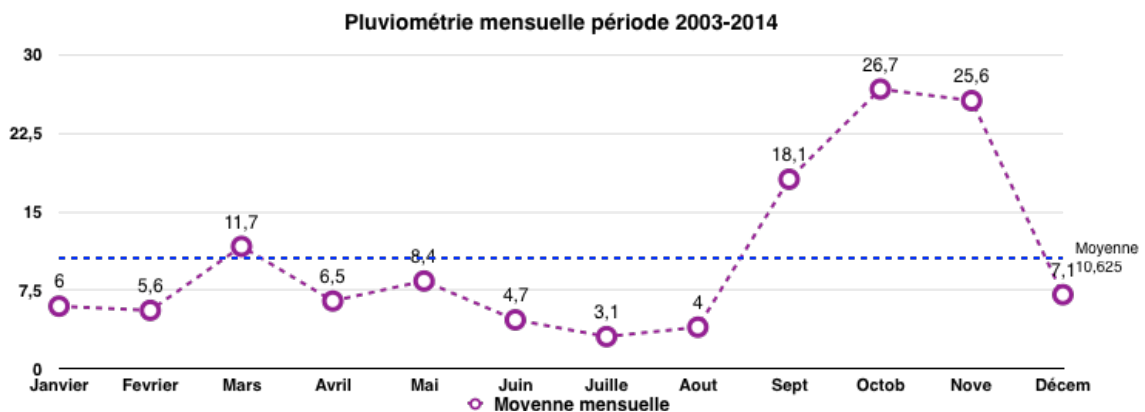


Figure 5.22 : Variation de la pluviométrie moyenne mensuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

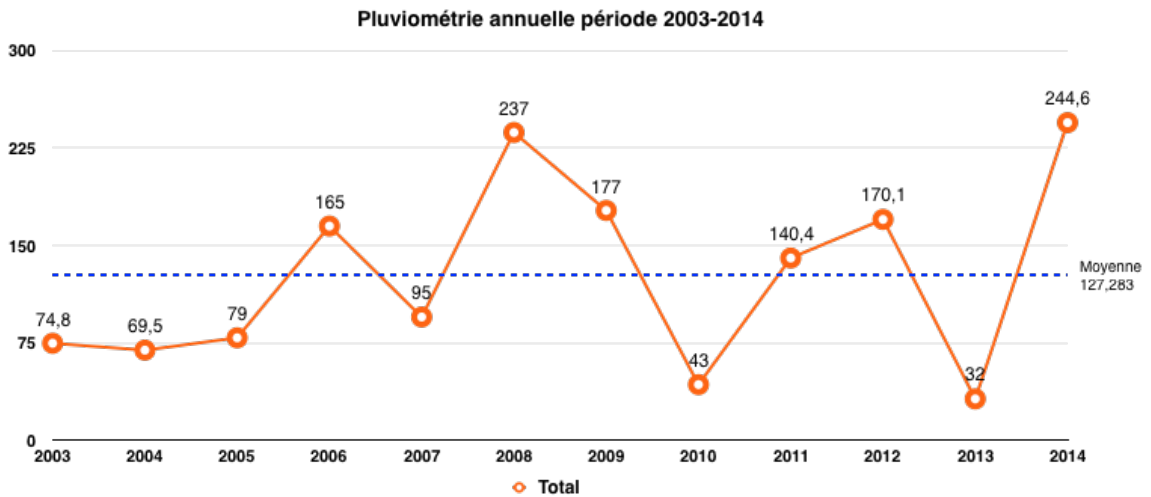


Figure 5.23 : Variation de la pluviométrie moyenne annuelle pour la période 2003-2014 (Source : Auteur).

5.1.3.4.2 Classification du climat de Bechar :

5.1.3.4.2.1 L'indice d'aridité :

L'indice aridité est un indicateur quantitatif du degré de carence en eau présente à un endroit donné. Une variété d'indices d'aridité a été formulés, bien que le terme indice d'aridité se réfère spécifiquement aux travaux de Thornthwaite en 1948 (Stadler, 2005). On parle de zone aride lorsqu'un milieu perd davantage d'eau par évaporation et transpiration qu'il n'en reçoit par les chutes de pluies (Benkheira, 2007).

L'indice d'aridité est calculé par la formule donnée par De Martonne en 1926 :

$$Ia = \frac{P}{T + 10}$$

Avec :

Ia : est l'indice d'aridité.

P : est les précipitations moyenne annuelles (pour Bechar P = 127,26mm).

T : est la température moyenne annuelle (pour Bechar T= 21.81°C).

De Martonne a proposé ainsi la classification des climats en fonction des valeurs de l'indice données au tableau ci-dessous :

Valeur d'indice	Type de climat
0 < Ia < 5	Hyper aride
5 < Ia < 10	Aride
10 < Ia < 20	Semi-aride
20 < Ia < 30	Semi-humide
30 < Ia < 55	Humide

Tableau 5.7 : Valeurs d'indice d'aridité (Source : Auteur).

Pour la région de Bechar on obtient : $I_a = 127,26 / (21,81+10) = 4$. Donc, le climat de Bechar est **hyper aride** Ainsi, le diagramme ombrothermique de Bechar confirme l'aridité de ce climat où la période sèche est longue (la zone sèche est grande).

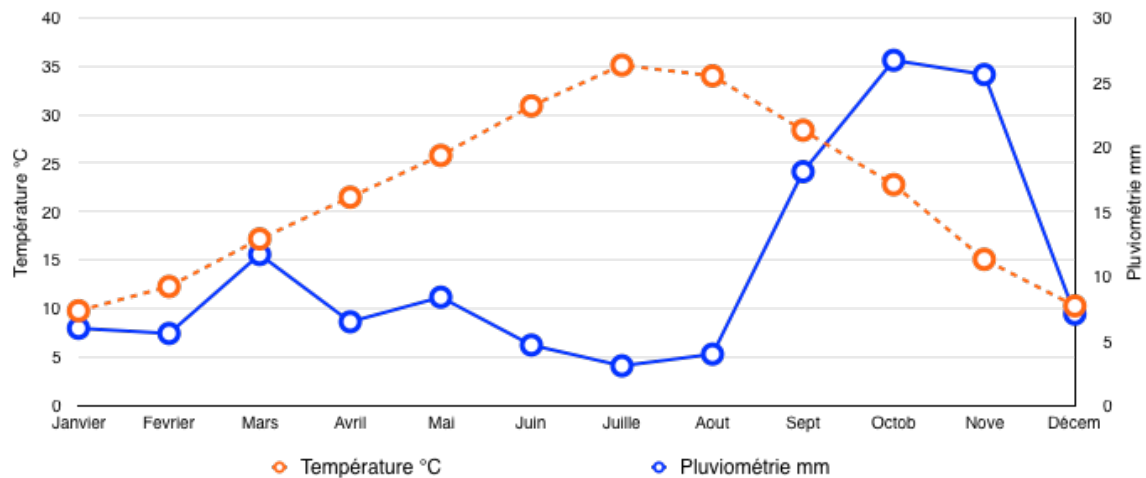


Figure 5.24 : Le diagramme ombrothermique de Bechar (Source : Auteur).

5.1.4 Modélisation du microclimat urbain :

Les modèles climatiques offrent un moyen fiable et pas cher pour la comparaison des différentes options, l'évaluation et la quantification des résultats possibles de toute stratégie d'adaptation. De plus, ils sont capables de simuler les effets des scénarios hypothétiques ou climats futurs à presque aucun coût. La complexité du climat urbain, exige que tout modèle de microclimat viable doit tenir en compte d'un grand nombre de paramètres et de processus. En outre, pour comprendre, étudier et analyser le microclimat urbain dans son ensemble, un modèle doit tenir compte de tous les processus et les interactions avec une précision suffisante.

Plusieurs groupes de recherche se sont focalisé sur la modélisation du microclimat urbain, les modèles sont déjà disponibles. Les modèles microclimatiques sont des modèles qui décrivent la ville à l'échelle du mètre et à fine échelle temporelle (à la seconde). La majorité des modèles utilisent l'approche des modèles de dynamique des fluides dit *CFD (Computational Fluid Dynamics)*, de thermodynamique et de physique atmosphérique. Ils permettent de décrire les écoulements d'air autour des bâtiments, la dispersion de polluant, le confort thermique des habitants et les effets de la végétation sur le climat (Erell, et al., 2011).

La modélisation de ces phénomènes microclimatiques nécessite une description détaillée du paysage urbain qui se traduit par des exigences lourdes placées sur les capacités d'entrée et de calcul. En outre, la nature spatiale et temporelle des

interactions dynamiques entre un bâtiment et son environnement urbain crée de nouvelles complexités.

La modélisation du microclimat compte de différentes échelles selon les objectifs à atteindre et les problèmes à résoudre. A l'échelle du bâtiment ou à petite échelle urbaine, on trouve le modèle ENVI-met (Bruse, et al., 1998) qui considère les fondamentaux physiques basées sur les principes de la mécanique des fluides, thermodynamique et physique atmosphérique pour calculer les champs de vent en trois dimensions, de la turbulence, la température de l'air et de l'humidité, radiatif les flux et la dispersion des polluants.

Le modèle SOLENE microclimat (Vinet, 2000 ; Robitu, 2005 ; Bouyer, 2009 ; Malys, 2012). SOLENE est un modèle thermo-radiatif qui a été développé par le laboratoire CERMA (Centre de recherche méthodologique d'architecture) à Nantes suite à des recherches sur les paramètres solaires, lumineux et radiatifs des projets architecturaux et urbains. Il s'appuie sur une modélisation 3D des volumes construits et intègre de nombreux calculs qui permettent de tenir compte des effets solaires, lumineux et thermiques de la forme urbaine sur les conditions et le confort en extérieur. Son principal intérêt est de permettre l'analyse des interactions entre la forme urbaine et ses dimensions environnementale et climatique, et ce en corrélant des données géométriques de la forme urbaine (agencement, direction, densité, profil des rues, type de bâti...) avec des propriétés physiques de l'espace bâti (rugosité, perméabilité de l'air, ouverture au ciel, exposition solaire, potentiel de lumière...) (Groleau, et al., 2002).

Un autre modèle est le modèle de simulation du microclimat urbain (UMsim) (Yao, et al., 2011). Ce modèle applique une méthode de réseau nodal de couple ensemble thermique et débit d'air sous-modèles pour simuler des microclimats urbains. Développé comme un logiciel, il peut simuler les paramètres environnementaux thermiques, y compris les températures de surface, température de l'air et le rayonnement solaire dans les zones urbaines. L'une des caractéristiques significatives du programme est sa capacité à stocker de grandes quantités de données dans un intitulé modèle numérique d'élévation de sous-modèle intégré (DEM). Particulièrement utile est la capacité de UMsim d'évaluer l'impact des formes bâties urbaines sur les microclimats, afin d'aider à créer des designs urbains durables pendant la phase de plan directeur. Le flux de modèle thermique et de l'air couplé comprend l'équilibre thermique, bilan de masse, et des sous-modèles d'équilibre de pression. UMsim a été renforcée par l'intégration des images satellite dans

le programme pour faciliter la simulation de microclimats urbains à grande échelle (Yao, et al., 2013).

5.2 Logiciel de simulation (ENVI-met) :

5.2.1 Définition :

Au sein du Groupe de Recherche en climatologie (GRC) au département de géographie de l'université de Bochum en Allemagne, le modèle ENVI-met (Environmental Meteorology) est développé par Michael Bruse et son équipe en 1995. ENVI-met est un modèle climatique tridimensionnelle pronostique, qui calcule la dynamique du microclimat dans un cycle diurne (24 à 48 h) en utilisant les fondamentaux physiques qui sont basés sur les principes de la mécanique des fluides, thermodynamique et les lois de la physique de l'atmosphère et une résolution spatiale typique entre 0.5m et 10m et par un temps de 10s. ENVI-met permet la simulation d'interaction microclimatique entre surface urbaine, végétation et atmosphère, il permet l'analyse des effets à petite échelle du désigne urbain dans un microclimat sous différentes conditions à méso-échelle (Bruse, et al., 1998). Il a été démontré que les interactions entre surfaces, végétation et atmosphère à l'intérieur de l'environnement urbain sont complexes et produisent différents flux d'air et de champs de température (Bruse, et al., 1998).

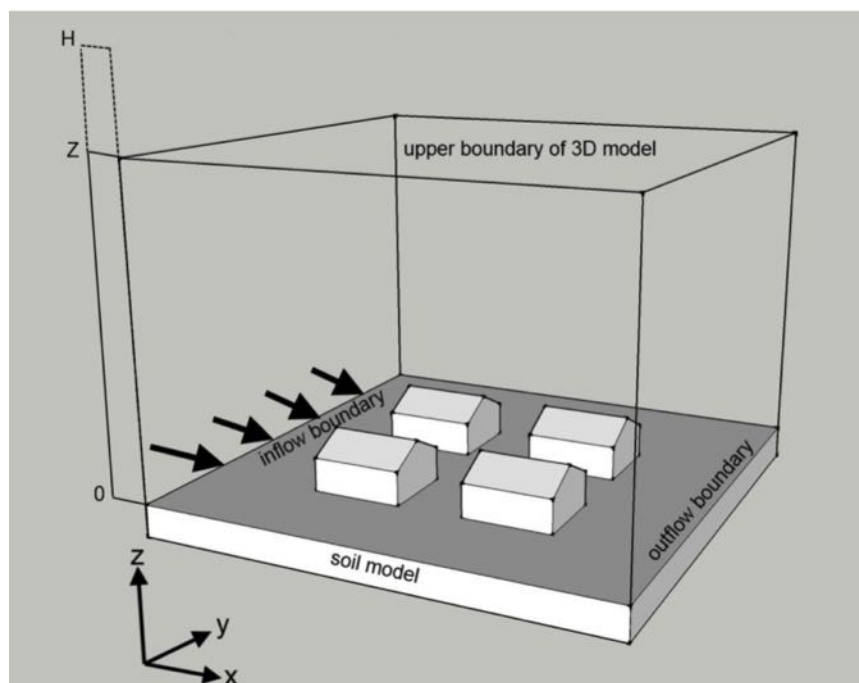


Figure 5.25 : Schéma du modèle de base d'ENVI-met (Source : Huttner, 2012).

La géométrie dans ENVI-met est construit sur une grille géométrique dont la grille entière (le maillage) peut avoir une dimension de 250x250x25 mailles pour les ordinateurs récents. Elle permet de couvrir une zone de 100mx100m jusqu'à 1kmx1km. Cela implique qu'ENVI-met n'est donc pas conçu pour modéliser le climat d'une ville entière mais seulement d'un quartier. ENVI-met intègre les équations de la mécanique des fluides et le bilan d'énergie. Il calcule l'écoulement du vent autour des différentes structures urbaines ainsi que les autres variables associées au bilan d'énergie et aux processus de transfert atmosphérique (calcul des ombres, de la réflexion, de la turbulence, de l'évaporation des plantes, etc.) (Bruse, 2004). En plus de ces éléments, le modèle simule également la dispersion des particules ou encore le confort thermique en extérieur (Colombert, 2008). L'une des caractéristiques uniques d'ENVI-met est la modélisation détaillée de la végétation. Grâce à sa haute résolution spatiale ENVI-met permet la simulation des taux de photosynthèse individuels prenant en compte le rayonnement local solaire, la température de l'air et de l'humidité, la vitesse du vent, la concentration de CO₂ et de nombreux autres paramètres (Bruse, 2004).

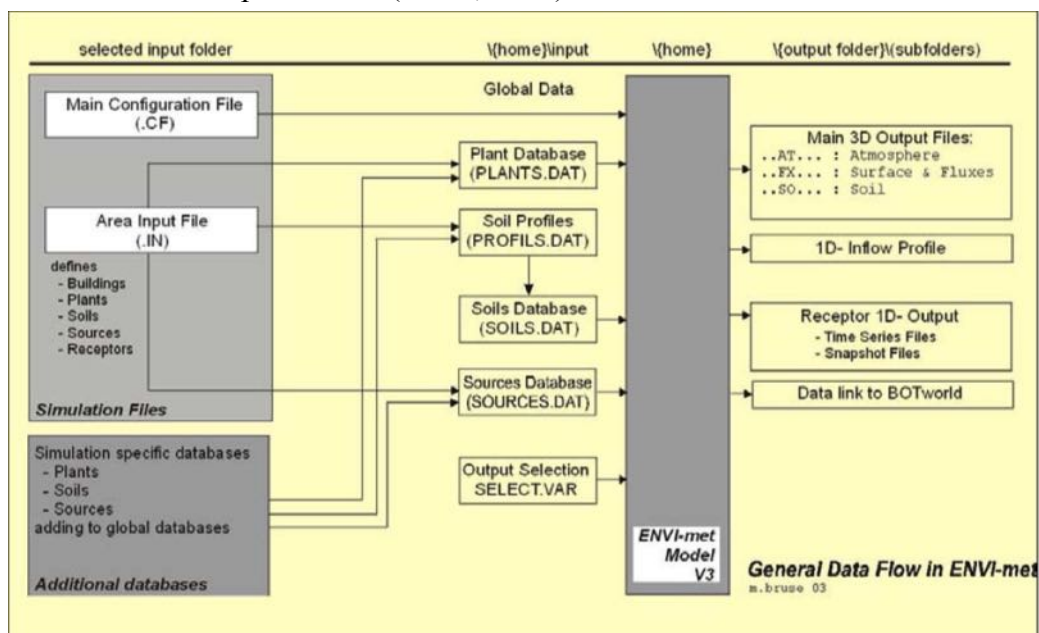


Figure 5.26 : La structure de base d'ENVI-met (Source : Bruse, 2003).

Les principaux variables pronostiques calculés par ENVI-met sont. Pour le calculs de ces variables ENVI-met utilise plusieurs sous-modèles qui sont couplés les uns aux autres. (Bruse, et al., 1998) :

- Vitesse et direction du vent.
- Température de l'air et du sol.
- Humidité de l'air et du sol.

- Turbulence.
- Flux radiatifs.
- Gaz et dispersion des particules.

Le modèle ENVI-met est constitué de plusieurs sous-modèles qui interagissent avec eux :

1. Un modèle de frontière 1D.
2. Un modèle atmosphérique en 3D.
3. Un modèle de sol 3D / 1D.

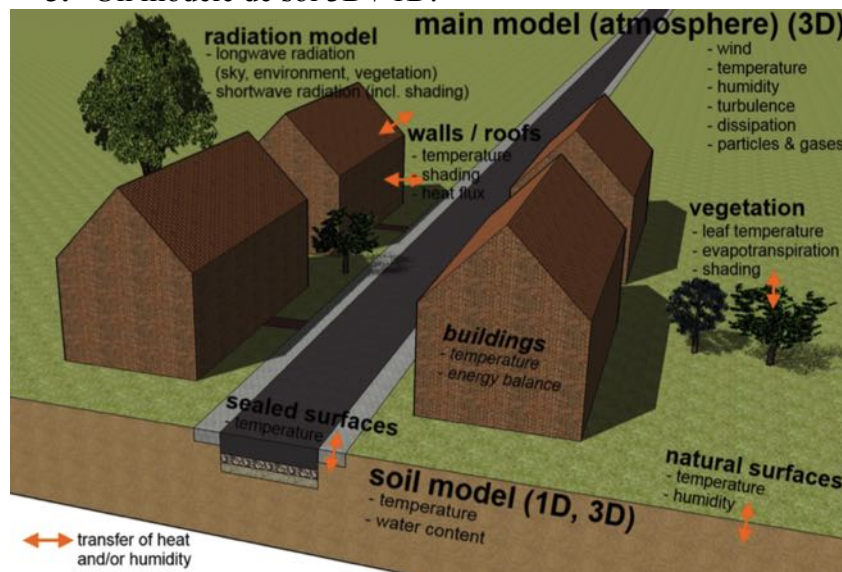


Figure 5.27 : Schéma des sous modèles d'ENVI-met (Source : Huttner, 2012).

Les caractéristiques de conception de base d'ENVI-met comme un programme de simulation comprennent :

- Simuler le système complet climatique couplé y compris la mécanique des fluides, thermodynamique, la dispersion des polluants.
- Fournir un modèle de haute résolution pour résoudre les bâtiments simples.
- Simulation adéquate des processus de surface de la végétation et l'atmosphère tels que le taux de photosynthèse.
- Utilisation de l'état de l'art des techniques de calcul.
- Facile à utiliser l'interface et la manipulation de données d'entrée et sortie.

5.2.2 Précision du modèle ENVI-met :

ENVI-met a été largement utilisé en raison de sa capacité à combiner et à considérer les variations spatiales des quatre variables météorologiques (vitesse du vent, température de l'air, humidité et température radiante moyenne) influençant le confort thermique (Ali-Toudert et Mayer, 2006 ; Yang et al., 2011, Müller et al., 2013, Acero et Herranz-Pascual, 2015). Le modèle ENVI-met est utilisé en climatologie urbaine, planification urbaine et architecture (Huttner, et al., 2009), pour des buts de prédire des scénarios de conceptions ou de réhabilitations pour atteindre ces fins le modèle doit avoir une certaine validation et précision très proche de la réalité. Dans une recherche menée par Bruse et Lahme ENVI-met a reproduit les données observées avec précision suffisante, il a été prouvé qu'il est un outil fiable pour simuler les différents scénarios urbains conçus (Bruse et Lahme, 2003). Selon les recherches (Ali-Toudert 2005; Yu et Hien, 2006; Emmanuel, Rosenlund et Johansson 2007; Fahmy & Sharples, 2009) le résultat de logiciel ENVI-met est plus précis et fiable en comparaison avec d'autres logiciels. Une autre comparaison entre les résultats simulés et mesurés montre qu'ENVI-met peut prédire de raisonnables résultats (Zakhour, 2006). Pour Mg, Yingna et Yuan un accord raisonnable entre résultats mesurés et simulés par ENVI-met avec une corrélation de $R^2=0,62$ (Ng, et al., 2012). Selon Huttner en 2012 ENVI-met simule avec précision le cycle diurne (jour) que le cycle nocturne (nuit), les paramètres reproduites le plus fidèlement sont la température de l'air, la vitesse du vent et l'humidité relative durant le jour mais avec un décalage remarquable pour la nuit (Huttner, 2012).

Egerhazi et al confirment qu'au moyen du modèle ENVI-met les mesures sur site peuvent être éliminer avant le processus de conception (Égerházi, et al., 2013). De manière encore plus précise Middel et al annoncent que l'accord entre les températures de l'air à 2 m mesurée et simulées est très bonne pour tous les essais de validation, ce qui indique que nos simulations ENVI-met captent bien les tendances de la température diurnes observées (Middel, et al., 2014). Et très récemment Elnabawi et al les analyses de régression entre la mesure calculée et ont été calculées avec un coefficient de corrélation $R^2 = 0,942$ pour une relation linéaire (Elnabawi, et al., 2015).

5.2.3 Avantages et limites d'ENVI-met :

Selon Nakata et Souza en 2013 le modèle microclimatique ENVI-met possède les avantages et les limites suivante (Nakata, et al., 2013) :

Avantages :

- Disponible pour téléchargement gratuit.
- Permet la saisie de données simplifiée ou des paramètres plus avancés.
- Fournir diverses données de sortie.
- L'interprétation des données de sortie par le biais de cartes ou de tables.
- Simuler les données de plusieurs hauteurs différentes.

Limites :

- Réduction de la résolution sur des simulations de grandes surfaces.
- Insertion de la zone d'étude nécessite la caractérisation pixel par pixel, ce qui rend la tâche un peu exhaustive.
- Le logiciel ne permet pas la reprise du processus en cas d'interruption.
- Le modèle présente quelques erreurs concernant l'importation du rayonnement solaire et des grilles de nidification.
- Le processus de simulation est lent à venir à prendre des jours ou des semaines.
- Les bâtiments sont modélisés comme des blocs où la largeur et la longueur sont des multiples de cellules de grille.
- Les bâtiments n'ont pas de masse thermique ni de température intérieure constante.
- Albédo et la transmission thermique (valeur U) pour les murs et les toits sont les mêmes pour tous les bâtiments (Perera et Weerasekara, 2014)

5.2.4 L'interface du logiciel ENVI-met V 4.0 :

ENVI-met est gratuit et fonctionne contrairement à beaucoup d'autres simulations climatiques sur un ordinateur personnel x 86 standard avec un système d'exploitation Microsoft Windows. Une version qui fonctionne sur les systèmes d'exploitation Unix a également récemment devenus disponibles La nouvelle version d'ENVI-met 4.0 est dotée d'une interface très poussée par rapport aux versions précédentes. L'interface est lancée depuis l'application *ENVI-met Headquarter* qui est composé de quatre onglets : ENVI-met V4, Data and settings, System et Interactive.

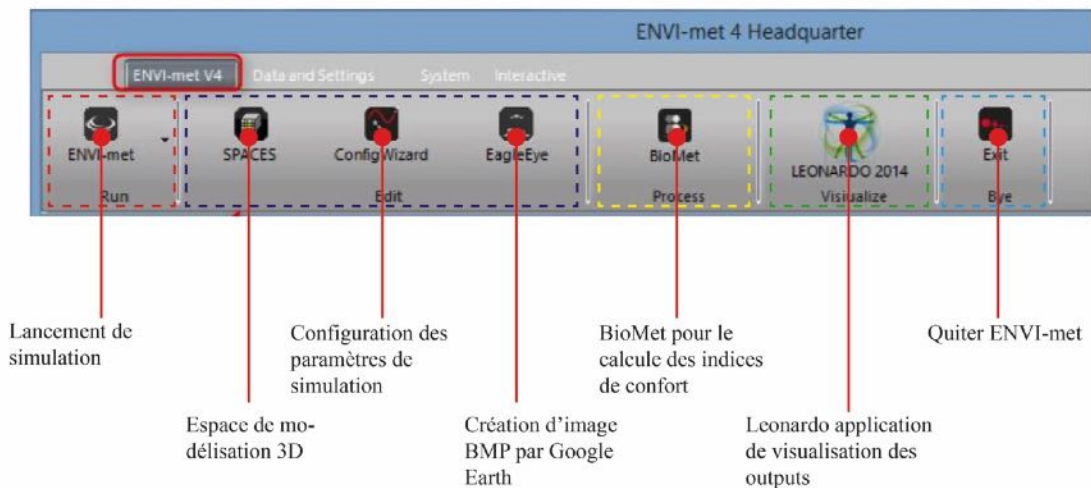


Figure 5.28 : Interface ENVI-met V 4.0 (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).

L'interface utilisée pour entrer les paramètres de simulation comme la géométrie, la végétation, les sols, les sources et les récepteurs est appelé *Space*. Pour faire entrer les paramètres météorologiques initiales les intervalles de simulations l'onglet *Config/Wizard* est responsable. Pour créer une image bmp de puis une image satellite on utilise l'EagleEye. La fenêtre BioMet permet de lancer le calculs des différents indices de confort thermique (PMV/PPD, PET, UTCI). L'application Leonardo est conçue pour visualiser et extraire n'importe quelles informations ou paramètres microclimatiques simulés.

5.2.5 Visualisation des résultats d'ENVI-met (LEONARDO) :

LEONARDO est un outil de visualisation qui permet de visualiser les résultats de la modélisation, en 2D comme en 3D (Bruse, 2004). Dans la nouvelle version d'ENVI-met LEONARDO fait une partie intégrante du logiciel. Il permet la visualisation de tous les paramètres microclimatiques déjà simulés, sous forme d'une représentation planaire, dont une distribution des valeurs du paramètre simulé sur l'ensemble de la morphologie ou le tissu urbain simulé (Figure 5.29). Les modes de représentation sur LEONARDO tel que les calques de données, les vecteurs, les contours, et les objets sont très flexibles et offrent beaucoup de fluidité dans l'extraction et l'utilisation des données microclimatiques obtenus.

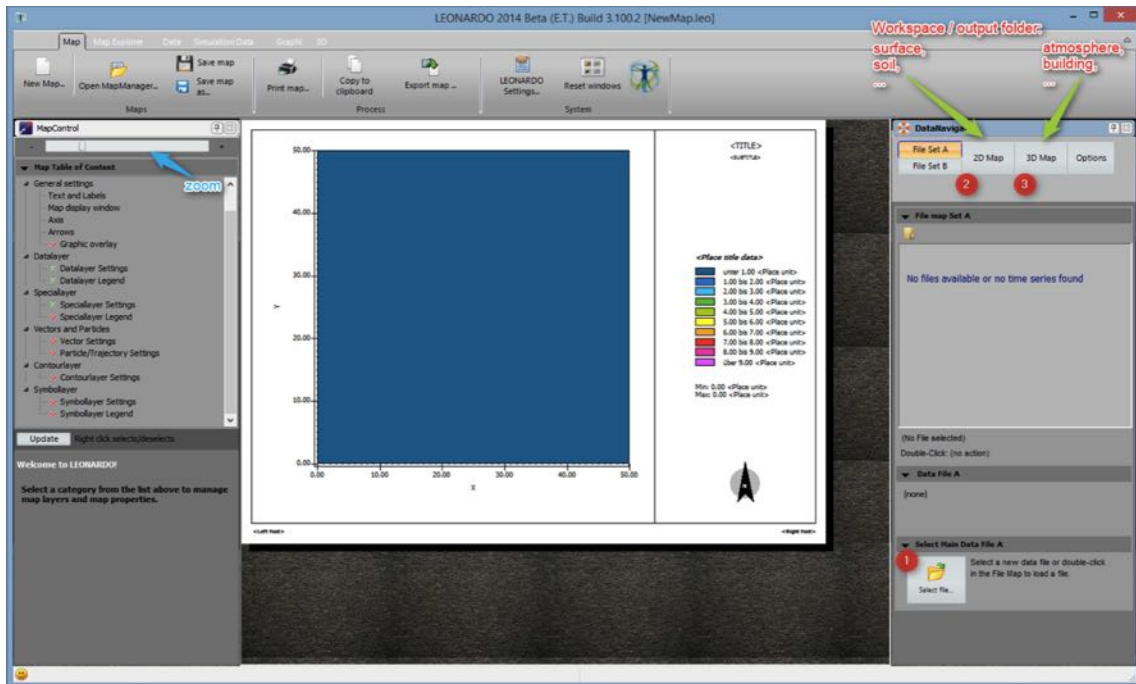


Figure 5.29 : Interface de LEONARDO pour ENVI-met (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).

morphologie urbaine. Une autre option très pertinente dans l'extraction des résultats est la possibilité d'exporter tous les données sous forme de tableau Excel MS, ce qui permet d'autres alternatives de représentation graphique et de comparaison.

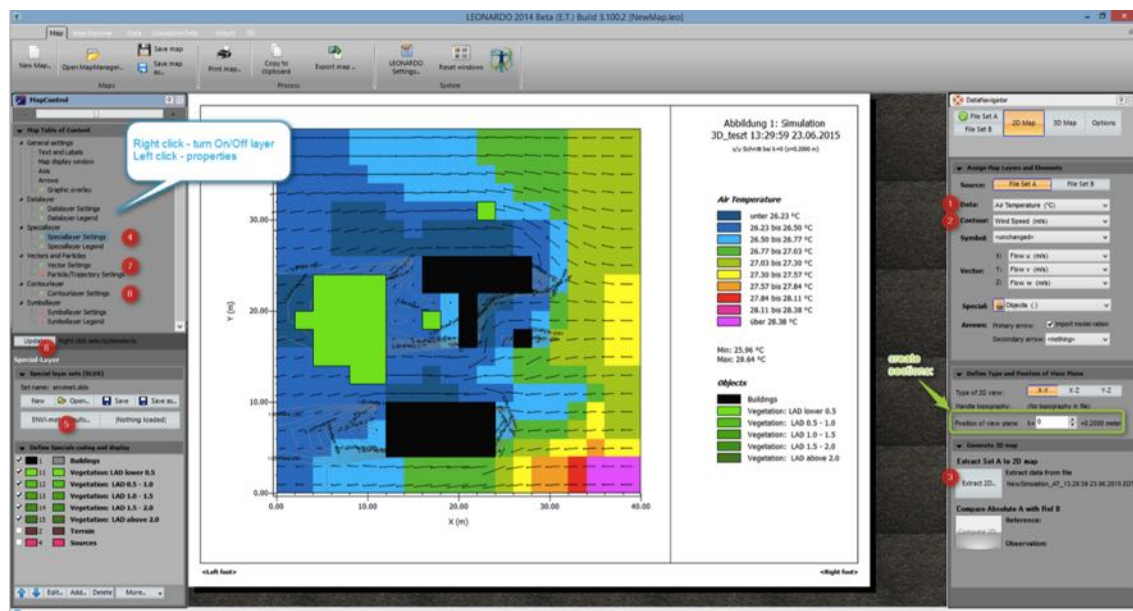


Figure 5.30 : Représentations 2D des résultats dans la fenêtre LEONARDO (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).

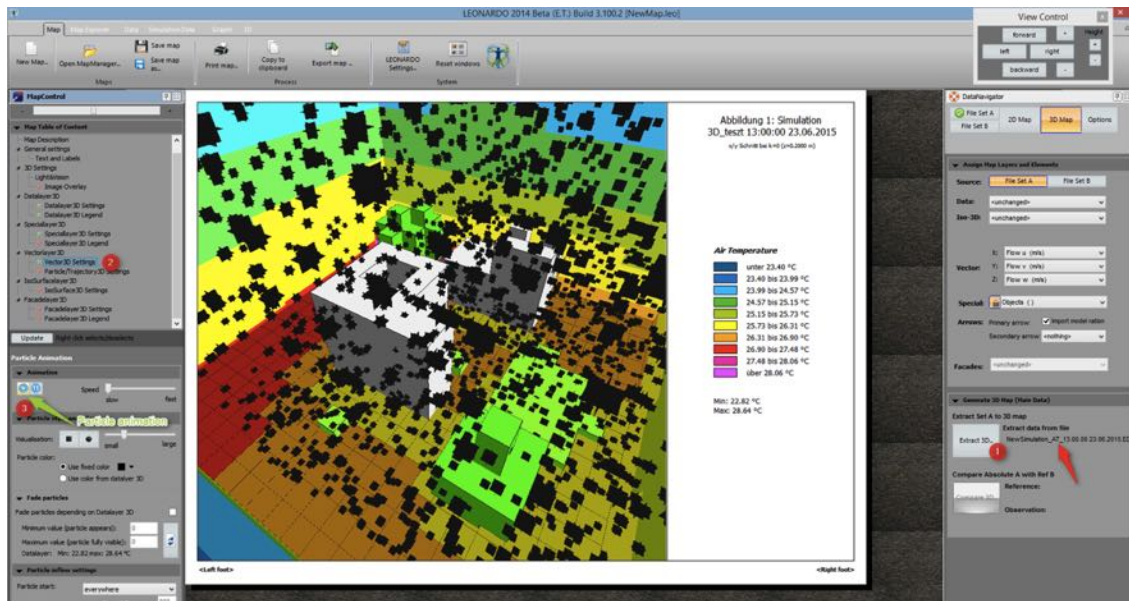


Figure 5.31: Représentations 3D des résultats dans la fenêtre LEONARDO (Source : Guide ENVI-met V 4.0, 2015).

5.2.6 BioMet pour ENVI-met :

5.2.6.1 Définition :

Le « **Biomet** » est un outil de post-traitement pour calculer des indices de confort thermique humaines basées sur les données de simulation. Il interagit directement avec la sortie d'ENVI-met et permet de définir interactivement le paramètre personnes, l'indice de confort thermique et la gamme de calcul. Biomet calcule quatre indices de confort thermique à savoir le **PMV / PPD** (Vote Moyenne Prédite), le **PET** (température physiologique équivalente) et l'**UTCI** (Universal thermique Indice du climat), mais d'autres sont susceptibles d'être intégrées. Les indices varient dans leur niveau de complexité et donc le temps de calcul. Alors que UTCI est une régression basée et rapide, PMV nécessite la solution itérative de l'équation de l'équilibre d'une énergie et PET requiert la solution de deux d'entre eux et est donc beaucoup plus de temps de calcul coûteux (Bruse, 2014).

Pour calculer les indices du confort thermique sur le BioMet il faut avoir déjà les résultats du microclimat obtenus après la simulation. Il aura besoin de quelques sorties de modèle ENVI-met, plus exactement : certains fichiers de sortie atmosphériques ENVI-met (AT). Biomet résume essentiellement l'impact des 4 principales variables atmosphériques : température de l'air, température moyenne radiante T_{mrt} , la vitesse du vent et de l'humidité relative sur la sensation thermique humaine. La qualité ou la fiabilité

des résultats Biomet dépend entièrement de la qualité et la fiabilité des fichiers de données fournis (Bruse, 2014).

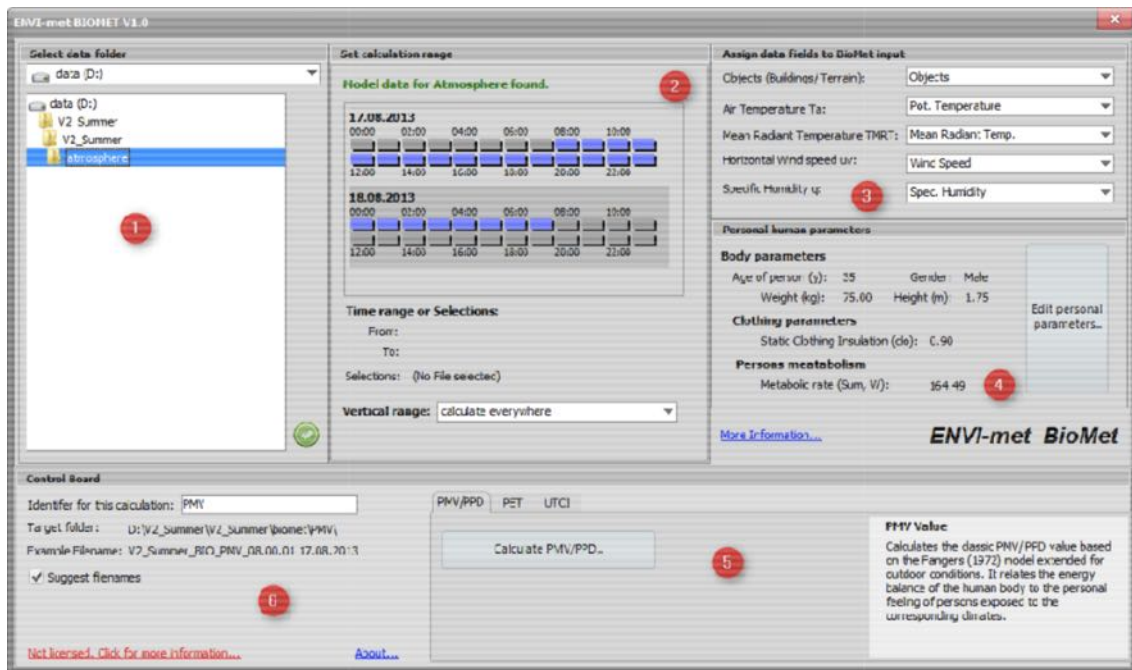


Figure 5.32 : Interface BioMet V 1.0 pour ENVI-met (Source : Bruse, 2014).

5.2.6.2 Calcule des indices du confort thermique extérieur :

Pour calculer n'importe quel indice de confort thermique sous BioMet il faut charger dans ce dernier le fichier atmosphère (AT_files) valide pour ENVI-met. Une fois le fichier atmosphère est chargé dans BioMet, il affiche les heures de la journée pendant laquelle l'indicateur va être calculée, ainsi que la gamme spéciale de calcul.

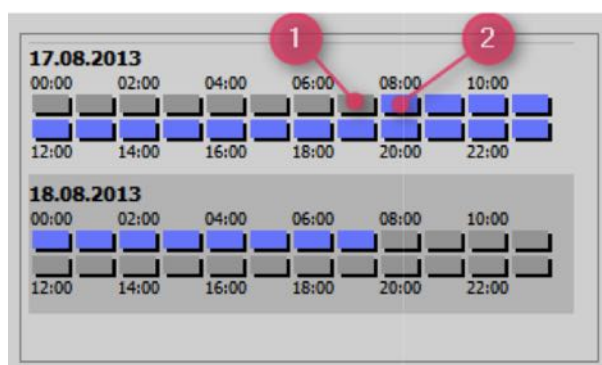


Figure 5.33 : DataFileMap (DFM) pour BioMet (Source : Bruse, 2014).

L'apparition de la série des heures confirme que le fichier atmosphère est bien chargé, il reste seulement de fixé les intervalles des heures à calculer pour les indices du confort (Figure 5.34). Pour le faire il suffit un clic droit pour choisie la série du temps

voulu. Biomet permet aussi de choisir l'intervalle spatiale ou le plan horizontal à partir de le quel les indices du confort seront évalués.

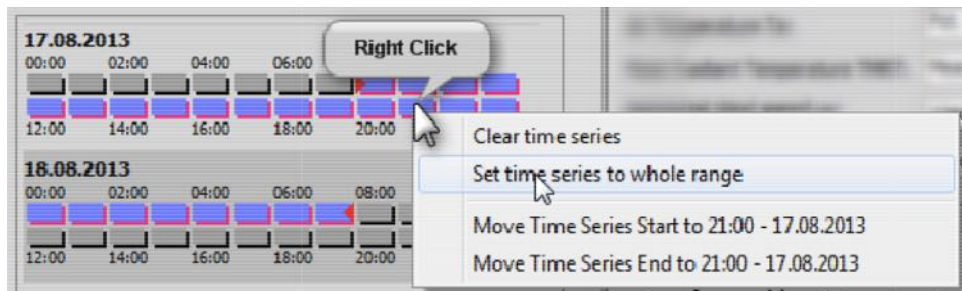


Figure 5.34 : Sélection des heures à évaluer dans le DFM-BioMet (Source : Bruse, 2014).

Par défaut, ENVI-met calcule les indices pour chaque point de grille correspondant au fichier atmosphérique (AT) trouvé. Cependant, comme les indices de BioMet font essentiellement sens dans des endroits où les humains sont la marche ou assis, il n'y a pas beaucoup de sens pour calculer PMV par exemple en 60m au-dessus du sol dans l'atmosphère libre.

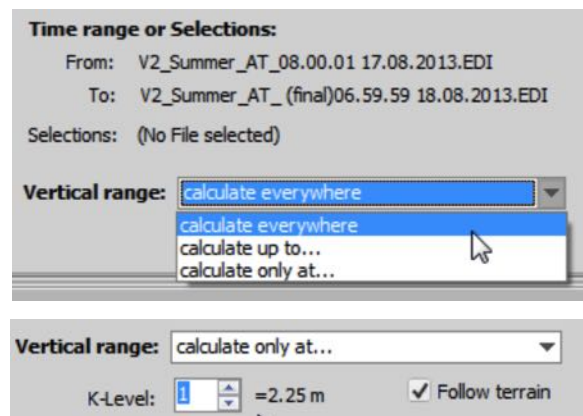


Figure 5.35 : Choix de l'intervalle verticale de calcul pour les indices du confort (Source : Bruse, 2014).

Pour le calcul des indices de confort thermique sous BioMet, le programme a besoin de savoir 5 couches d'information pour chaque cellule de la grille, toutes ces données sont dans le magasin atmosphérique (AT) de fichier ENVI-met. :

- La typologie (cellule libre, bâtiment, terrain...).
- La température de l'air T_a .
- Radiant la température moyenne TMRT.
- La vitesse du vent horizontal.
- L'humidité.

L'être humain est au centre du confort thermique, il s'agit maintenant d'introduire les paramètres du corps humain pour lancer la simulation. BioMat contient par défaut les réglages d'une personne type.

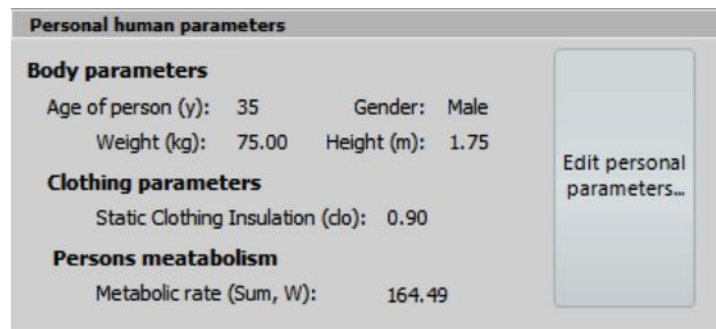


Figure 5.36 : Paramètre de l'être humain introduites pour le calcul des indices du confort thermique (Source : Bruse, 2014).

Conclusion :

Ce chapitre a mis en relief la méthodologie adoptée pour vérifier la réponse préalable de la question de recherche du présent travail. La méthode expérimentale choisie coïncide parfaitement avec l'hypothèse et les objectifs recherchés. L'expérimentation simulée est basée essentiellement sur la modélisation, dans ce sens plusieurs modèles étaient explorés. En parallèle du choix de méthode, le choix du contexte d'étude et des fragments simulés a fait l'objet de plusieurs sections. La ville de Béchar avec son climat chauds et aride et ces variétés de tissus qui présentent un corpus relativement riche en terme de morphologie et forme urbaine. Le choix des fragments des tissus simulés était représentatif à une multitude de variation morphologique. Entre tissu traditionnelle et tissus réglementés, la simulation s'est déroulée dans les conditions météorologiques initiales de la journée la plus chaude de l'année pour simuler le cycle diurne de la journée.

Le choix judicieux d'ENVI-met comme modèle de simulation des variations microclimatiques est venu après une comparaison de plusieurs modèles sur la scène de la recherche en climatologie urbaine. Dans le même palier les avantages qu'offre ce modèle vis-à-vis la génération du cycle diurne du climat dans un micro-échelle, fondent la base de notre choix. En parallèle les paramètres microclimatiques quantifiés par ENVI-met permettent d'évaluer le degré du confort thermique extérieur, par l'application ENVI-met BioMet, cette dernière offre une gamme d'indice d'évaluation du confort thermique extérieur (PMV/PPD, PET et UTCI).

Chapitre 6

Résultats, discussions et interprétations

Introduction

6. Paramètres microclimatiques et indices de confort thermique
 - 6.1 Paramètres microclimatiques
 - 6.2 Indice de confort thermique extérieur
 - 6.3 Résultats et interprétations

Conclusion

Introduction :

Avant d'entamer la présentation et la discussion des résultats de la présente recherche, un rappel sur les paramètres microclimatiques simulés et comparés serait nécessaire. La température de l'air (**T_a**), l'humidité relative (**H_r**), la vitesse du vent (**V_v**), la température moyenne radiante (**T_{mrt}**), ainsi que l'indice de confort thermique extérieur qui est la température physiologique équivalente (**PET**) sont définis de manière brève.

6. Paramètres microclimatiques et indices de confort thermique :

6.1 Paramètres microclimatiques :

6.1.1 Température de l'air :

Selon l'organisation mondiale de météorologie, la température de l'air est la température indiquée par un thermomètre exposé à l'air dans un endroit à l'abri du rayonnement solaire direct. Mais cette définition ne peut pas être utilisée comme définition de la quantité thermodynamique (WMO, 2006).

6.1.2 Humidité relative :

Humidité relative est le rapport en pourcentage de la pression de vapeur observée à la pression de vapeur saturante par rapport à l'eau à la même température et pression (WMO, 2006). Elle est une expression de la condition de l'humidité atmosphérique, c'est le poids de la vapeur d'eau contenue dans un volume d'air.

6.1.3 Vitesse du vent :

Le vent est le mouvement horizontal de l'air. Il se crée à partir des régions de haute pression vers les régions de basse pression. Il est intéressant de connaître sa direction et sa vitesse afin de définir les vents dominants qui ramènent les masses d'air, soit humides (pluies) ou sèches (ex : sirocco).

6.1.4 Température moyenne radiante :

La température radiante moyenne (**T_{mrt}**) est le paramètre microclimatique le plus important qui caractérise l'effet de l'environnement thermique radiatif sur le confort thermique humain (Fanger, 1972). La température moyenne de rayonnement (**T_{mrt}**) est un paramètre qui combine toutes les ondes longues et les flux radiants ondes courtes à une seule valeur. Elle est définie comme la température d'un corps noir

environnant qui provoque les mêmes flux de chaleur rayonnante telle que les flux rayonnants complexes (Fanger, 1972), ou température uniforme d'une enceinte imaginaire dans laquelle le transfert de chaleur rayonnante du corps humain est égal au transfert de chaleur rayonnante dans l'enceinte réelle non uniforme (ASHRAE, 2001). Dans la biométéorologie humaine, T_{mrt} est généralement calculée pour une personne debout standardisée. Puisque les mesures ne sont pas disponibles sur de nombreuses stations météorologiques opérationnelles, différents modèles existent, allant des modèles empiriques simples aux modèles de transfert radiatif complets, ce qui permet la modélisation des flux radiants basés sur des mesures météorologiques standard. (Gosling et al, 2014).

6.2 Indice de confort thermique extérieur :

6.2.1 Confort thermique extérieur :

La sensation du confort thermique humain est une opération à la fois physiologique et perceptuelle, la sensation thermique change d'une personne à une autre et d'un lieu à un autre, mais les bases de cette sensation thermique résident dans la manière avec laquelle le corps humain est physiquement chauffé (Erell, 2011). Malgré que le confort thermique reste toujours une notion subjective, mais on peut admettre la définition donnée par la société Américaine du chauffage, refroidissement et du conditionnement de l'aire (ASHRAE) que le confort thermique humain est défini comme la condition de l'esprit qui exprime sa satisfaction vis-à-vis de l'environnement thermique (ASHRAE, 2010). Le confort ciblé dans notre évaluation est le confort thermique extérieur, ce dernier a connu, lors de cette dernière décennie, une importance primordiale dans les recherches sur le climat urbain et le désigne urbain. Le confort thermique extérieur est un facteur essentiel pour quantifier la qualité du microclimat urbain devant l'intégrer au désigne urbain dans son processus de fabrication de la ville (Coccolo et al, 2016).

Un seul paramètre microclimatique tel que la température de l'air ne peut pas décrire l'impact de l'environnement thermique sur le corps humain, parce que le corps ne possède pas des capteurs individuels pour chaque paramètre microclimatique, ce qui implique que le corps ressent l'environnement thermique dans sa globalité (Ali-Toudert, 2007). C'est pour cette raison que les chercheurs ont développé des indices thermiques basés sur la même idée en combinant plusieurs paramètres (par exemple

Tair, Hr, Vv, flux de rayonnement, etc.) en une seule variable qui résume leurs effets simultanés sur les réactions sensorielles et physiologiques du corps (ASHRAE, 2001).

6.2.2 Température physiologique équivalente (PET) :

Température physiologique équivalente (PET) est un paramètre météorologique bio-humain qui décrit la perception thermique d'un individu. Il est défini comme la température de l'air à laquelle, dans un cadre intérieur typique (sans vent et rayonnement solaire), le budget de la chaleur du corps humain est équilibré avec le même noyau et la température de la peau dans les conditions extérieures complexes à évaluer (Höppe, 1999). Le réglage intérieur typique est une pièce intérieure, avec vitesse du vent (v) = 0,1 ms⁻¹, la pression de vapeur (VP) = 12 hPa et la température radiante moyenne (T_{mr}) égale à la température de l'air (T_a). Le calcul de la température physiologique équivalente PET est basé sur le modèle de bilan énergétique de Munich pour les particuliers (MEMI) (Gosling et al, 2014). La PET peut être utilisée toute l'année et dans des climats différents (Höppe, 1999), elle est jusqu'à présent l'indice le plus couramment utilisé dans les études de confort thermique à l'extérieur (Johansson et al., 2014).

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

Tableau 6.1 : Classes de sensation thermique indiquées par l'indice PET (Source : Kedissa et al, 2010).

Pour calculer l'indice du PET, il est nécessaire de déterminer ces paramètres à une hauteur biométéorologique significative pour l'homme de 1,1 m au-dessus du sol, correspondant à la hauteur moyenne d'un centre de gravité debout d'adultes (Gulyas et al, 2006). Pour comprendre la PET, on prend l'exemple suivant que dans le cas d'une journée d'été, chaude et ensoleillée, la PET peut valoir 43°C, cela signifie qu'un

individu dans une pièce avec une température d'air de 43°C atteint le même état thermique que dans les mêmes conditions à l'extérieur (Musy, 2008).

6.3 Résultats et interprétations :

6.3.1 Série N° 1 : de la variation du rapport H/W selon l'orientation

NE-SO :

Quatre points au milieu de chaque rue sont comparés dans les différents tissus déjà simulés. Le tableau suivant (**Tableau 6.1**) présente les indicateurs morpho-physiques de chaque point choisi dans des rues de la même orientation avec un rapport H/W différent.

Série N° 1 de variation H/W :

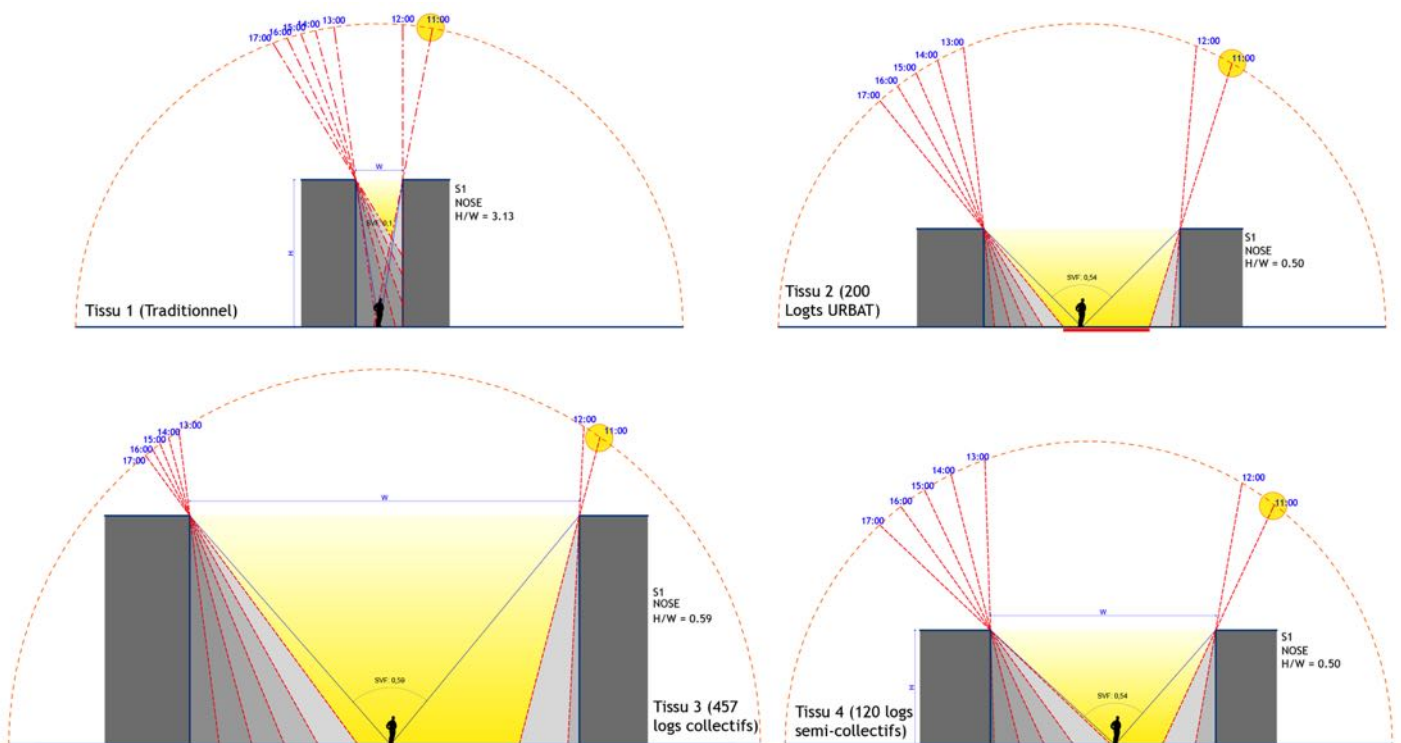
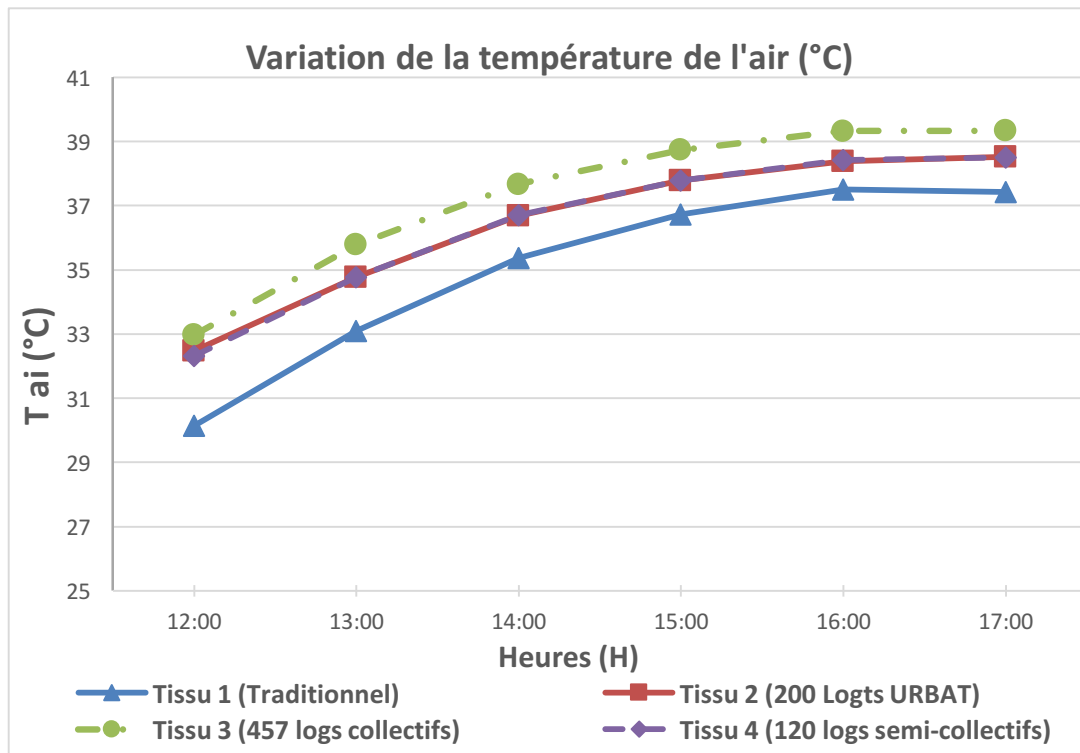


Figure 6.1 : Profils sur les rues dans les différents tissus : série 1 avec l'ombre portée dans chaque rue (Source : Auteur).

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 2 (200 logs URBAT- Bas compacte)	Tissu 3 (457 logs collectifs - Hauteur moyenne)	Tissu 4 (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)
	Orientation	NOSE	NOSE	NOSE	NOSE
	SVF	0,1	0,54	0,59	0,54
	Rapport H/W	3,13	0,50	0,59	0,52

Tableau 6.2 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 1 (Source : Auteur).

6.3.1.1 Comparaison et discussion de la variation de la température de l'air :



Graph 6.1 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).

L'analyse des résultats du graphique 6.1 de la variation de la température de l'air dans les différents tissus à une hauteur de 1,5 m montre l'augmentation de la température de l'air dans cet intervalle critique de la journée avec la même tendance dans les différents tissus, à 17h tous les tissus marquent leurs températures maximales qui ne dépassent pas 39,33°C. La température de l'air est un paramètre variable dans l'espace, et son estimation est compliquée par la multitude de facteurs (radiatifs, convectifs, évaporatifs et même de conduction) qui peuvent l'affecter de manière significative. L'augmentation de la température de l'air dans tous les tissus avec la même tendance pour atteindre les valeurs maximales à 17h, est dû d'un côté à l'effet de la chaleur sensible qui est formée au fil du temps dans les rues des différents tissus par les réflexions des différents rayonnements thermiques (Ondes courtes). Cette chaleur est transférée à l'air par la convection naturelle, car ENVI-met prend en compte l'effet de la température de surface et non pas l'effet de stockage thermique, là où la convection naturelle est entre la surface et l'air libre, et tant que la température de surface augmente, la température de l'air augmente par convection. De l'autre côté, toute

l'énergie excédentaire est convertie en chaleur sensible à cause des taux d'humidité relative très basse qui ne consomme aucun flux latent.

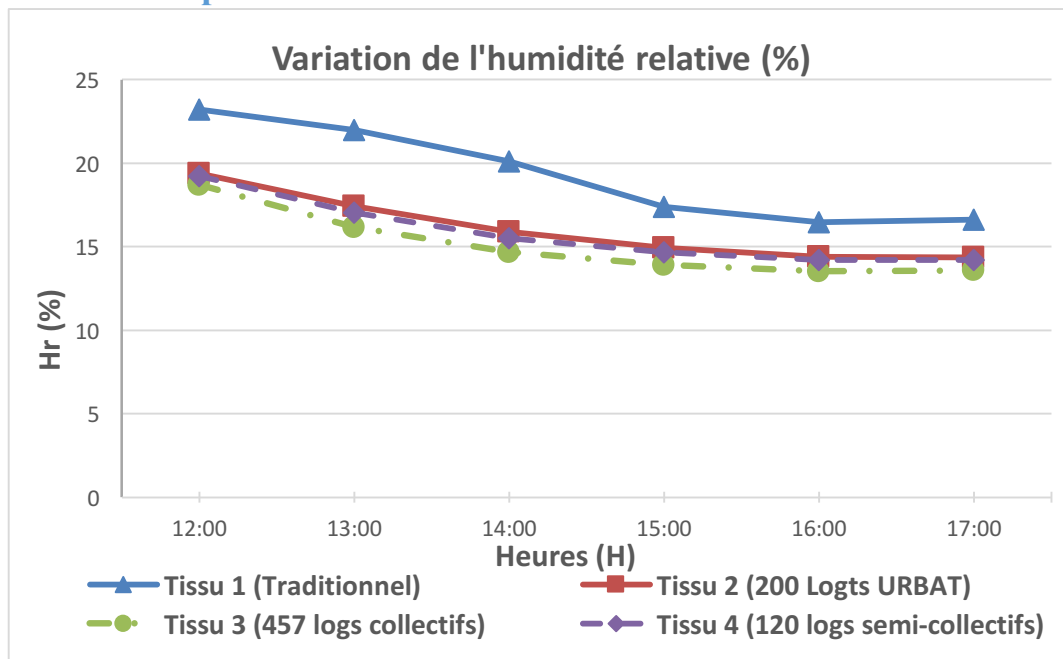
Un écart de 2 à 2,5°C entre le tissu N° 1 (traditionnel) avec une rue profonde dotée d'un rapport H/W = 3,13 et le tissu N° 3 (457 logs) dont la rue est large avec un rapport H/W=0,59, avec une température d'air maximale à 17h de 39,33°C, cet écart est en diminution en fonction du temps. L'écart de température de l'air entre le tissu N° 1 traditionnel et les autres tissus réglementés et spécialement le tissu N° 3, est dû au fait que la température de l'air est influencée d'un côté par l'humidité relative qui est élevée dans le tissu N° 1 (traditionnel) vue l'existence du terrain naturelle. Cette dernière consomme de la chaleur formée dans la rue en termes de chaleur latente qui ne marque aucune variation dans la température. De l'autre côté, la vitesse du vent accentue le flux de chaleur turbulent qui fait augmenter la température de l'air. Quand la vitesse du vent est faible, l'échange par convection est aussi faible, ce qui est le cas pour le tissu traditionnel, alors que les autres tissus l'humidité relative enregistrent des valeurs moins que le tissu traditionnel, ce qui implique moins de consommation de chaleur sous sa forme latente. Par contre, la vitesse du vent est plus forte que dans le tissu traditionnel, ce qui implique un énorme transfert de chaleur sensible par effet de convection.

Les deux autres tissus (N°2 URBAT et N°4 120 logs) présentent les mêmes valeurs de température avec un écart de 1,5 à 2°C par rapport au tissu traditionnel, et un écart relativement réduit de 0,9°C avec le tissu N° 3. Cette superposition des valeurs de température de l'air dans les deux tissus N° 2 et N° 4 est causée par les ressemblances dans les valeurs du rapport H/W et du SVF des deux tissus qui sont très proches, ce qui implique le déclenchement d'un phénomène micro climatique similaire dans les deux tissus.

On remarque la diminution de la température de l'air avec l'augmentation du rapport H/W, ainsi la température diminue avec la diminution du SVF. Cette diminution de la température de l'air par l'augmentation du rapport H/W est justifiée par la génération de l'ombre sur les faces de la rue canyon dans les différents tissus comparés ci-dessus, l'ombre qui est l'une des stratégies de la conception bioclimatique à ici un effet relativement réduit sur la variation de la température de l'air. Cela est dû à l'ombre qui intercepte le rayonnement directe (surtout à onde courte qui transporte l'essentiel de l'énergie absorbée et libérée sous forme de chaleur sensible), ce dernier augmente la température de surface et non pas le stockage thermique qui est exclu dans

ENVI-met, c'est pour cette raison que l'ombre générée par le rapport H/W élevé dans le tissu traditionnel n'a pas un grand effet sur la diminution de la température de l'air et par le même principe, il influence la température dans les autres tissus. L'influence du SVF est aussi minime, car ce dernier contrôle l'absorption du rayonnement à onde longue venant de l'atmosphère et des surfaces adjacentes de la rue, et comme ENVI-met ne stocke aucun rayonnement à onde longue dans les matériaux, il reste celui qui vient de l'atmosphère qui augmente avec l'augmentation du SVF pour enfin augmenter la température de l'air.

6.3.1.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :



Graph 6.2 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).

L'humidité relative simulée dans les quatre rues dans les différents tissus est présentée sur le graphe 6.2. Il est à noter que la variation diurne de l'humidité suit presque le motif inverse à celui de température de l'air (Graphe 6.1). En comparant les points choisis dans les rues étudiées, on a constaté que les quatre tissus ont tendance d'avoir un microclimat sec avec des valeurs minimales vers 17h, vue la diminution considérable dans l'humidité relative qui caractérise cette période diurne de la journée, cette diminution dans le taux d'humidité dans tous les tissus est dû en premier lieu à l'absence de végétation qui a été considérée comme variable étrangère négligeable dans la simulation, ce qui exclut par la suite l'effet de l'évapotranspiration des plantes. En même temps, l'effet d'évaporation des sols naturels est pris en considération dans la

simulation par les profils de sol dans ENVI-met, la masse d'eau inclus dans le sol ne suffit pas pour avoir de grande valeur d'humidité relative.

L'humidité relative est relativement élevée dans les heures proches de la matinée que les heures proches du soir. Puis, elle diminue progressivement jusqu'à ce qu'elle atteigne les valeurs minimales vers 17h dans tous les tissus. Cette augmentation proche de la matinée s'explique par le régime d'évaporation qui présente une consommation de la chaleur sous sa forme latente. La chaleur fournie dans les heures proche du matin ne suffit pas pour l'évaporation rapide de la masse d'eau contenue dans le sol, mais avec le temps et l'augmentation de la chaleur, le régime d'évaporation s'accélère pour diminuer l'humidité vers 17h.

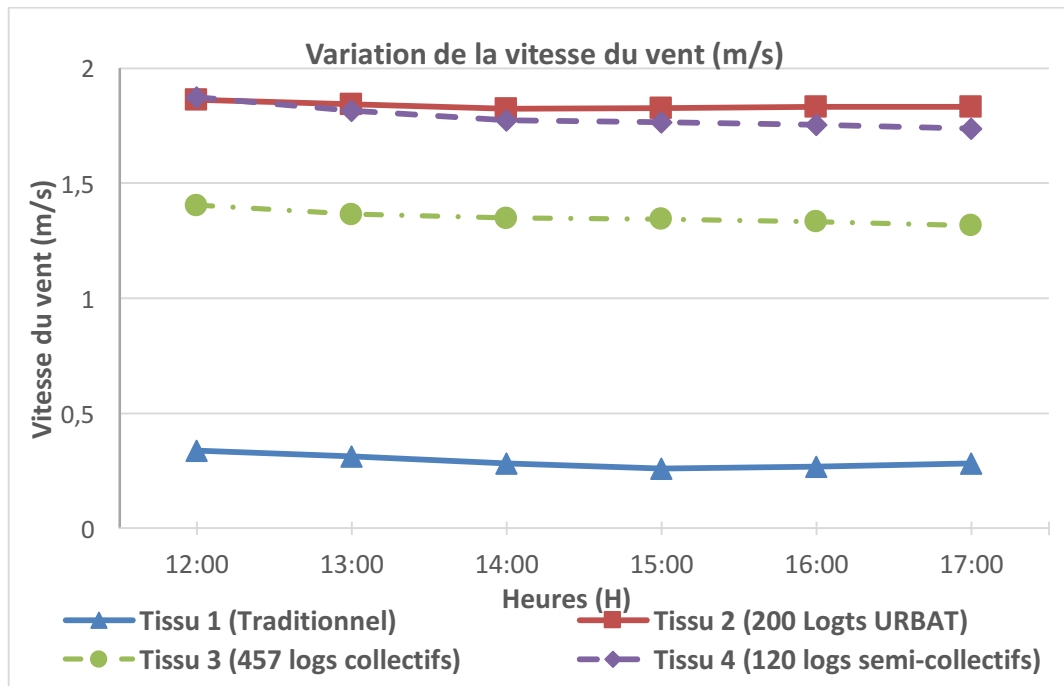
Le tissu N° 1 (Traditionnel) a les valeurs de l'humidité relative les plus élevées que les autres tissus réglementés qui ne dépassent pas les 23%, ainsi le tissu N° 3 marque les valeurs les plus basses environs 13%. Cette différence que présente le tissu N° 1 (traditionnel) par rapport aux tissus réglementés est engendrée par l'existence du sol naturel dans la rue traditionnelle qui possède une masse d'eau prêts à être libérer dans l'air sous l'effet de chaleur latente, et en contrepartie la couverture minérale qui ne contient aucune masse d'eau, dont la rue des tissus réglementés (tissus N° 2, 3 et 4) est revêtus.

On remarque que l'humidité relative est presque la même dans les tissus réglementés, cette similitude dans les valeurs de l'humidité relative est probablement dû au rapprochement morphologique dans ces tissus (H/W et SVF). Les écarts restent minimes entre le tissu traditionnel et les tissus règlementés, ces écarts varient entre 2% et 5,8%, la couverture naturelle dans la rue du tissu N° 1 (traditionnel) n'est pas vraiment suffisante pour augmenter le taux d'humidité de l'air, c'est pour cette raison que les écarts sont minimes par rapport aux trois tissus règlementés.

Les quatre tissus ont tendance d'avoir un microclimat sec vers 17h, vue la diminution considérable dans l'humidité relative qui caractérise cette période diurne de la journée. Ces quatre tissus sont déficitaires en masse d'eau, la minéralisation résultante des opérations d'urbanisation est l'une des causes de ce déficit en bilan hydrique. En termes de variation du rapport H/W la rue profonde d'un rapport $H/W=3,13$ dans le tissu N° 1 enregistre des taux d'humidité plus élevé que les autres rues larges dont leurs rapport H/W qui ne dépasse pas le 0,59. L'effet du rapport H/W et du SVF sur l'humidité se résume dans l'obstruction des rayons directs et la diminution d'absorption des rayons diffus. Ces derniers contribuent à l'augmentation de la chaleur

qui favorise l'évaporation rapide, et dans le cas d'une rue profonde du tissu N° 1 (traditionnel) la chaleur fournie vaporise la masse d'eau dans le sol pour augmenter l'humidité de l'air dans le canyon.

6.3.1.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :



Graph 6.3 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).

Dans le graphique 6.3 qui présente la variation diurne dans la vitesse du vent, on remarque que la vitesse du vent est presque stable dans tous les tissus avec les valeurs propres à chaque tissu. Le régime stable de la vitesse du vent à l'intérieur des différentes rues simulé est justifié par l'absence d'éléments perturbateurs qui peuvent causer des turbulences pour le vent, l'absence d'arbre négligé dans la modélisation, et le manque de détail lors de la modélisation dans ENVI-met rend la rue très basique géométriquement. A cela s'ajoute aussi la logique de grille par modélisation qui ne tient pas en compte la géométrie complexe de forme urbaine.

Le vent souffle avec les mêmes régimes dans chaque tissu, cela est justifié par la stabilité de la vitesse et la direction initiale du vent dans le modèle ENVI-met durant toute la simulation, la bonne ventilation urbaine dans les tissus N°2, 3 et 4 réglementés est bien apparente avec des vitesses de vent les plus élevés d'une valeur moyenne de 1,7 m/s pour les tissus N°2 (URBAT) et N° 4 (120 logts) et 1,5 m/s dans le tissu N°3 (457 logts) par rapport au tissu N°1 qui possède une mauvaise ventilation dont

les vitesses moyennes du vent sont très basses de 0,25 m/s. Cette grande différence en termes de ventilation urbaine entre les tissus réglementés (N° 2, 3 et 4) et le tissu traditionnel (N° 1) est due au facteur de sinuosité qui caractérise ces tissus. Ce dernier influe l'angle d'incidence du vent par le moyen du facteur d'atténuation. Le facteur d'atténuation a une corrélation directe avec l'angle d'incidence et le rapport H/W (Erell, 2001). Les tissus réglementés (N°2,3 et 4) sont des tissus rectilignes qui favorisent la circulation du vent, l'angle d'incidence dans ces trois tissus est estimé à 48° dans le tissu N°2 (URBAT), 55° dans le tissu N°3 (457 lots) et de 38° dans le tissu N°4 ; de l'autre côté le tissu N°1 (traditionnel) présente l'angle d'incidence le plus grand de 65°, la vitesse du vent est plus fortement atténuée à l'angle d'incidence maximal (écoulement transversal du canyon) et moins à des angles d'incidence inférieurs (en parallèle du canyon).

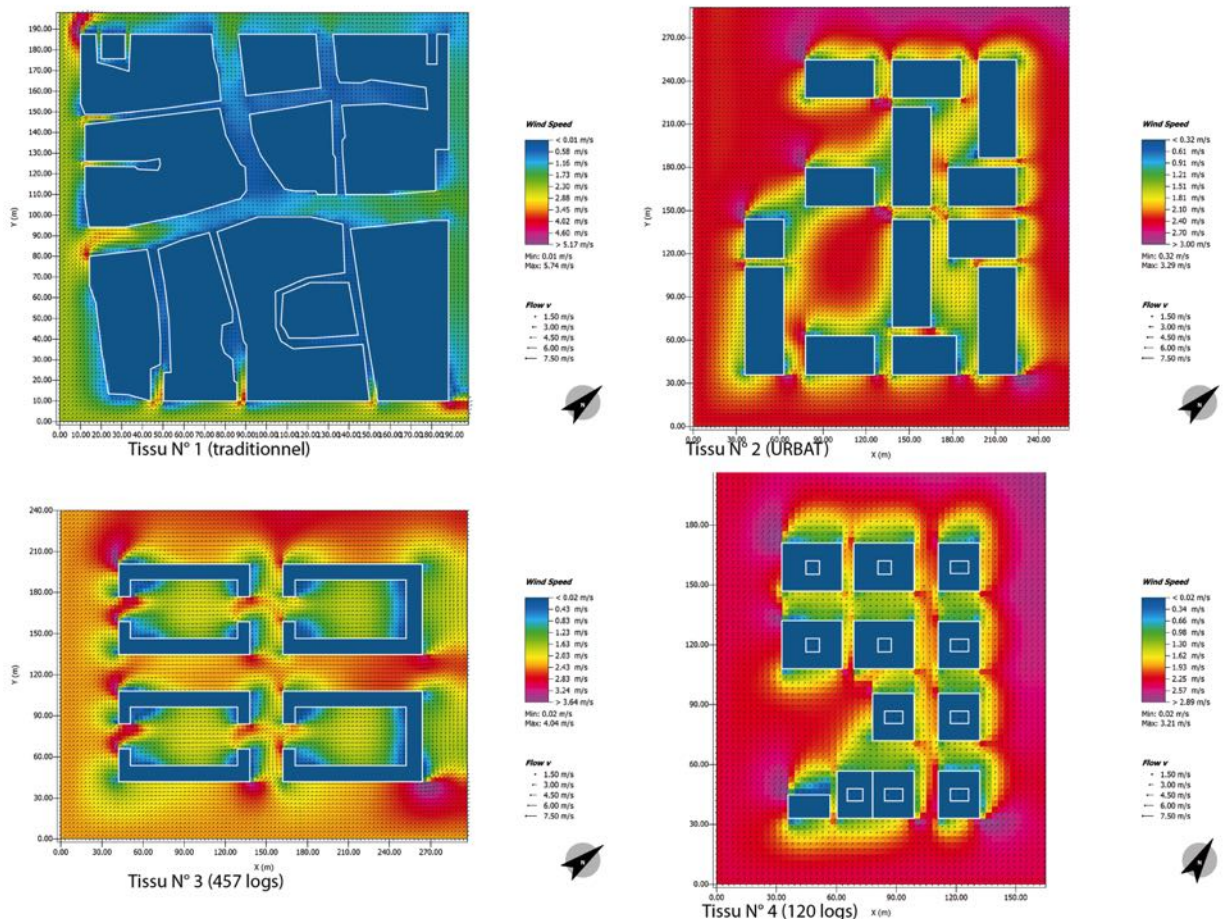


Figure 6.2 : Distribution des vitesses du vent dans les différents tissus à 1,5 m (Source : Auteur).

Cette différence dans les angles d'incidence du vent est la première cause de cette différence dans les vitesses du vent entre les différents tissus testés dans cette recherche. La deuxième cause est la différence dans le rapport H/W entre les tissus, le

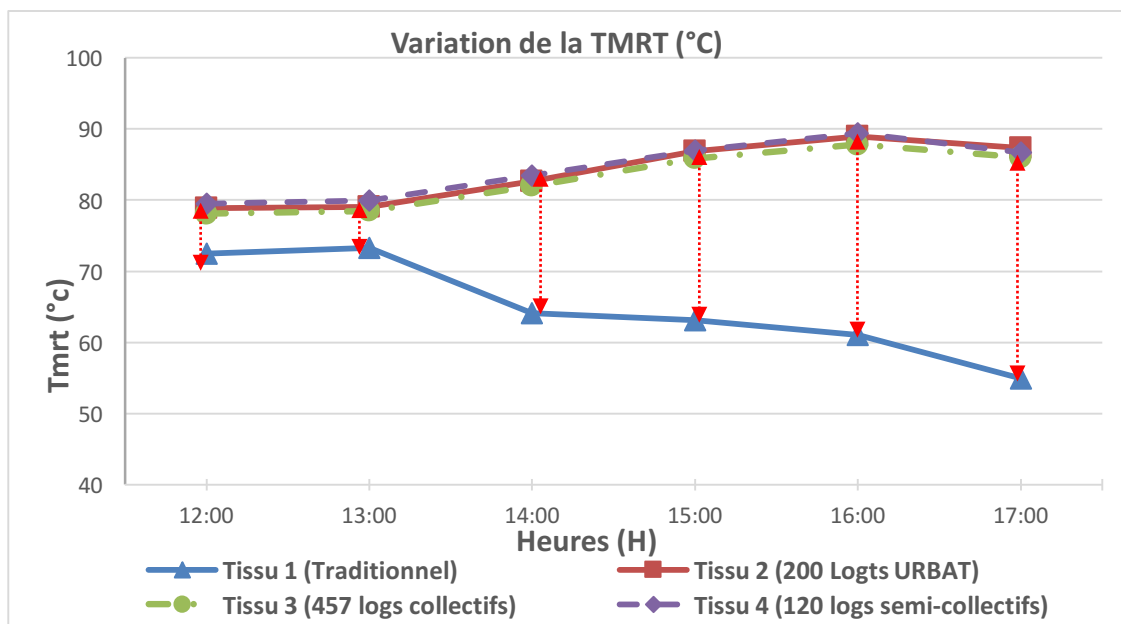
rapport H/W élevé ($H/W=3,13$) dans le tissu N°1(traditionnel) augmente le facteur d'atténuation, car une rue profonde atténue à moins d'un tiers la vitesse du vent avec des angles d'incidence basses et dans notre cas s'ajoute un angle d'incidence élevé ce qui rend la circulation du vent encore plus difficile. Alors que pour un rapport faible de H/W (0,50 - 0,59 - 0,52) dans les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés, l'atténuation est relativement faible. Car dans une rue moins profonde la vitesse du vent dans l'espace est supérieure à la moitié de celle du flux libre qui passe dessus. L'écart de 1,06 à 1,5 m/s dans les vitesses du vent entre le tissu N° 1 (traditionnel) et les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementés) témoigne de cette grande atténuation dans la rue du tissu traditionnel.

6.3.1.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :

Avant d'entamer la discussion de la variation diurne de la température moyenne radiante, il est important de présenter les propriétés thermiques des matériaux qui composent les faces de la rue dans chaque tissu. Le tableau suivant résume l'ensemble de ces propriétés :

Faces	Matériau	Albédo	Emissivité
Sol	Asphalte	0,20	0,90
	Pavage claire	0,80	0,90
	Sol naturel	0,20	0,98
Mur	Béton	0,40	0,90
Toiture	Béton	0,40	0,90

Tableau 6.3 : Propriétés thermiques des matériaux dans les rues de chaque tissu (Source : Auteur).



Graph 6.4 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur).

De manière quantitative, la T_{mrt} inclue l'ensemble du rayonnement à onde courte (directe, diffus et réfléchi) et le rayonnement à onde longue émis par l'atmosphère et les surfaces urbaines murs et sols (Matzarakis, Rutz, et Mayer 2007). Pour un premier coup d'œil sur le graphe de la variation diurne de la température moyenne radiante (T_{mrt}), on observe deux comportements inverses qui se distinguent entre le tissu N° 1 (traditionnel) d'un côté et les tissus réglementés (N° 2, 3 et 4). Les valeurs de la T_{mrt} dans le tissu traditionnel décroissent avec le temps, alors que les valeurs de la T_{mrt} dans les tissus réglementés s'accroissent au fil du temps. A 17h le tissu traditionnel N° 1 enregistre la valeur la plus basse de la T_{mrt} (54,93°C) en revanche les tissus réglementés (N° 2, 3 et 4) présentent des valeurs très élevées (87,29–86,02–86,70 °C respectivement). Ce comportement s'explique par l'interception du rayonnement à ondes courtes (directe et diffus) causé par l'ombre portée sur le sol et les façades de la rue dans le tissu N°1 traditionnel, sachant que l'ombrage de la rue est en fonction du rapport H/W, l'orientation et l'angle d'incidence solaire. Le phénomène inverse qui se développe dans les tissus réglementés sous forme d'une augmentation dans les valeurs du T_{mrt} est dû à l'exposition d'une grande partie de la rue (sol et façades) au rayonnement à ondes courtes (direct et diffus et réfléchis) dont le rapport H/W très faible qui ne dépasse pas 0,59, rend les rues très exposées à ce type de rayonnement qui transporte l'essentiel de l'énergie diurne. L'influence du SVF est aussi prise en compte par l'absorption des rayonnements à ondes longues venant du ciel et des surfaces urbaines de la rue, avec un SVF réduit les gains en rayonnement en ondes longues pour la rue dans le tissu N° 1 traditionnel étaient très bas en comparant par rapport aux gains en termes d'ondes longues dans les tissus réglementés (N° 2, 3 et 4). Ces derniers avec un SVF élevé permettent une grande absorption du rayonnement à ondes longues. Le décroissement des valeurs de la T_{mrt} dans le tissu N° 1 avec le temps est justifié par l'augmentation des surfaces ombragées avec le temps sur tous vers 17h là où la rue est presque masquée d'ombre, alors que dans les tissus réglementés les surfaces de la rue restent exposées au rayonnement à ondes courtes et longues avec le temps et le cumul du rayonnement vers 16h enregistre ces valeurs très élevées.

On remarque dans le tissu N°1 (traditionnel) de midi à 13h, il y a eu une augmentation légère dans la T_{mrt} causée par la pénétration des rayons solaires directs dans le fond de la rue vue la grande hauteur du soleil, et de 13h à 17h la diminution progressive des valeurs de la T_{mrt} est très remarquable, cette diminution très rapide dans les valeurs de la T_{mrt} après 13h est dû d'un côté à l'augmentation de l'ombre portée

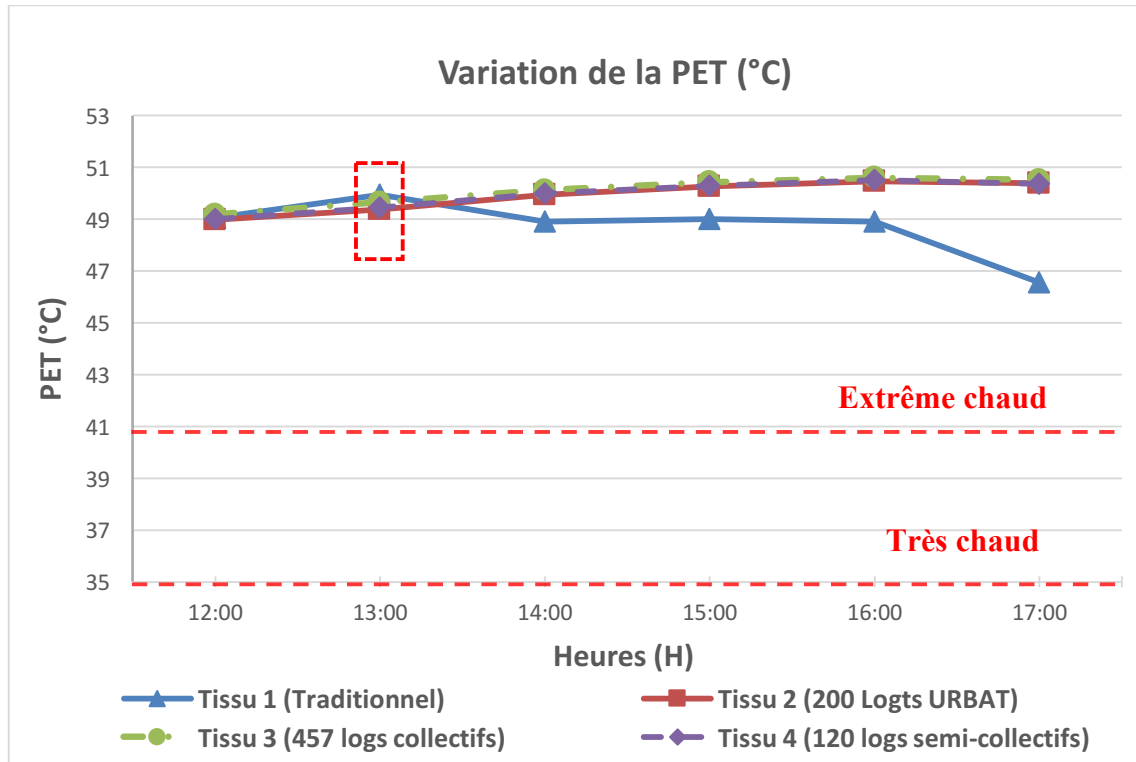
(diminution de l'auteur du soleil) sur les façades et le sol de la rue qui empêche le rayonnement à ondes courtes (directe et diffus) d'être absorbé et réfléchi, et le rayonnement à ondes longues par la valeur du SVF basses d'être absorbé et réfléchi. De l'autre côté, le modèle ENVI-met qui ne tient pas en compte le stockage thermique dans la masse des façades et sol, c'est pour cette raison que la diminution est très remarquable. Par contre, le phénomène inverse se développe dans les tissus réglementés, une légère augmentation de midi à 13h dont l'origine est la variation minimale dans l'ombre portée sur les faces de la rue qui a modifié légèrement le rayonnement à ondes courtes et longues, puis une augmentation considérable de 13h à 17h avec un pic à 16h dont la valeur maximale est perçue dans ces tissus (N°2, 3 et 4) est de 88,94 - 87,82 - 89,41°C (Liang, Mayer et al, 2016 ont trouvé des résultats aussi élevés de la T_{mrt} : 84.4 °C). Respectivement, l'augmentation considérable des valeurs de la T_{mrt} dans cet intervalle du cycle diurne s'explique par le faible rapport H/W qui permet aux grandes quantités de rayonnement à ondes courtes (Directe, diffus et réfléchi) ainsi que le rayonnement à ondes longues d'être reçu par les façades et sol des rues, les valeurs très élevés cité en haut sont surestimées par le modèle ENVI-met vu que la négligence du stockage thermique dans les façades est remplacée par une surestimation du rayonnement à ondes longues émis par les murs, .

Un écart de $\Delta T_{mrt} = 31,74^\circ\text{C}$ entre le tissu N°1 et les tissus traditionnels (N°2, 3 et 4) est de la grande période d'ombrage entre ces tissus, ce résultat coïncide avec le résultat de Mayer et Höpfe en 1987 qui ont montré, par des mesures météorologiques in situ, que la différence entre un canyon de la rue ensoleillée et un canyon de rue ombragée à proximité peut atteindre 30 ° C en début d'après-midi, ainsi que les résultats de Sharmin et Steemers en 2013 dont l'écart est de $\Delta T_{mrt} = 35^\circ\text{C}$.

Les tissus réglementés (N°2, 3 et 4) ont des courbes presque superposées, la tendance de variations dans ces tissus suit la même logique à cause du rapprochement dans les indicateurs morpho-physiques de ces tissus. Le tissu traditionnel développe par le biais du rapport H/W élevé et le SVF bas un bilan radiatif très bas par rapport aux tissus réglementés dont les rues ont des rapports H/W bas et un SVF de valeur élevé. La relation entre l'augmentation du rapport H/W et la diminution des valeurs de la T_{mrt} dans le tissu traditionnel est bien claire dans les valeurs enregistrées.

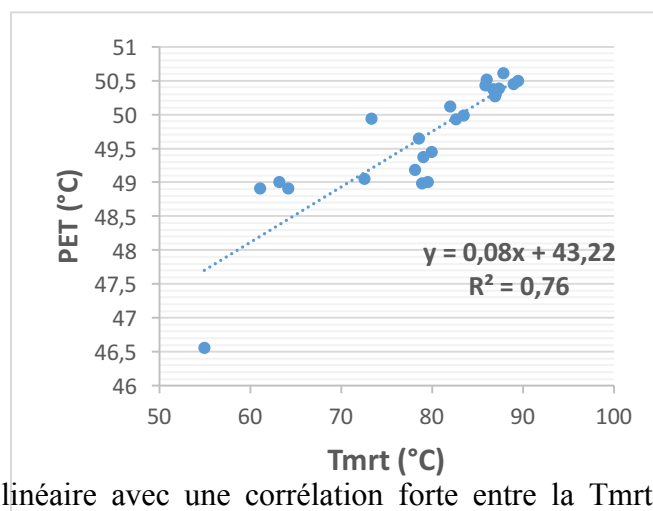
6.3.1.5 Comparaison de la variation de PET :

L'analyse de confort thermique extérieur suivante est basée sur la température physiologique équivalente PET (Höppe, 1999). Le calcul de l'indice PET du confort thermique extérieur était fait par l'application BioMet pour ENVI-met.



Graph 6.5 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 1 (Source : Auteur)

La PET met en évidence l'influence la plus forte de Tmrt sur le confort thermique humain pendant la journée en été (Ali-Toudert, 2005), ce qui est bien claire dans la corrélation entre les valeurs de Tmrt et PET dans cette série.



Graph 6.6 : Relation linéaire avec une corrélation forte entre la Tmrt et la PET (Source : Auteur).

La figure 6.5 de la variation de la PET montre que tous les tissus sont en dehors de l'intervalle du confort thermique, et présentent une situation de stress thermique très élevée (extrême chaud) selon la classification des valeurs du stress thermique faite par Matzarakis et al en 1999.

Le tissu N°1 traditionnel a enregistré les valeurs les plus basses par rapport aux tissus réglementés (N°2, 3 et 4) à partir de 14h jusqu'à 17h mais ces valeurs du PET sont toujours inconfortables, avec un minimum de 46,56°C à 17h et un maximum de 49,65°C, l'écart de 14 h à 17h entre le tissu N° 1 Traditionnel et les autres tissus varie de 2°C à 4°C. Cette différence entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementés) s'explique par la grande influence de la T_{mrt} sur la PET, l'augmentation du rapport H/W qui influe directement la T_{mrt} par l'effet de l'ombrage a par la suite un effet direct sur l'indice PET, qui est sur la base du bilan énergétique, donc la variation diurne du PET peut être interprété par T_{mrt} ce qui confirme les résultats de Lee et al en 2013. Par contre l'influence de la température de l'air est faible sur la PET vue la relation exponentielle avec une corrélation moins bonne que celle observée pour la T_{mrt} (Ali-toudert, 2007). Le pic de la valeur de PET de 49,65°C dans le tissu N°1 (traditionnel) à 13h qui est élevé par rapport aux autres tissus est dû à la grande hauteur du soleil dans cet intervalle, qui a pu pénétrer jusqu'au sol de la rue ce qui a augmenté la T_{mrt} , ainsi l'augmentation de la PET de 12h à 13 dans cette rue avec un H/W élevé est causé par l'augmentation de la T_{mrt} par effet de piégeage du rayonnement à onde courte. Les faibles valeurs de l'humidité relative contribuent aussi à cet état de stress thermique élevé dans les quatre tissus.

Les tissus N°2,3 et 4 (réglementés) présentent des courbes superposées dans les valeurs de la PET avec une augmentation progressive au fil du temps, cette même tendance est engendrée par les ressemblances dans les indicateurs morpho-physiques entre ces tissus, les mêmes rapports H/W et SVF. L'augmentation progressive au fil du temps de la PET dans les tissus N° 2,3 et 4 (réglementés) est causée par l'augmentation de la T_{mrt} . Alors que la diminution de la PET dans le tissu N° 1 traditionnel suit la même logique de la diminution de la T_{mrt} .

L'effet de la vitesse du vent sur les valeurs de la PET réside dans la diminution de l'écart dans la PET entre le tissu N° 1 et les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementés), vue le grand contraste dans le bilan radiatif exprimé par la T_{mrt} entre les différents tissus, l'écart a pu être plus grand de 2 à 4°C entre les tissus, mais avec l'augmentation de la vitesse du vent dans les N° 2, 3 et 4 (réglementés), cet écart est

diminué par rapport à la grande différence dans le bilan radiatif. La PET est sensible au rapport H/W élevé dans le tissu N° 1 (traditionnel) qu’au rapport H/W bas dans les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementés), ce dernier est responsable de la génération de l’ombre qui atténue les hausses dans le bilan radiatif.

6.3.2 Série N° 2 de la variation du rapport H/W selon l’orientation

NO-SE :

Dans cette série la comparaison est faite entre (04) quatre points dans les quatre tissus dont le N° 1 est traditionnel et les autres réglementés (N° 2, 3 et 4). Les points choisis sont dans la rive gauche de la rue représentant le passage des piétons, le tableau 6.4 résume les indicateurs morpho-physiques de chaque point.

Série N° 2 de variation H/W :

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 2 (200 Logts URBAT- Bas compacte)	Tissu 3 (457 logs collectifs - Hauteur moyenne)	Tissu 4 (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)
	Orientation	NOSE	NOSE	NOSE	NOSE
	SVF	0,08	0,45	0,42	0,46
	Rapport H/W	4,6	0,5	0,59	0,52

Tableau 6.4 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 2 (Source : Auteur).

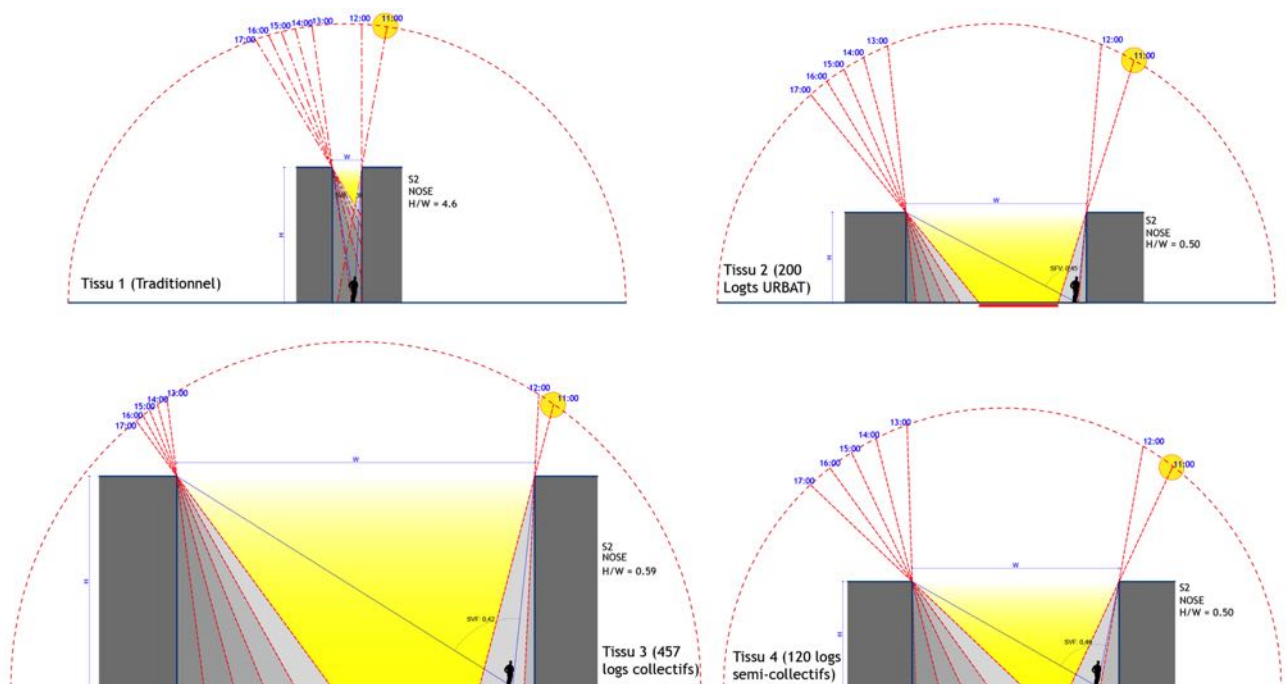
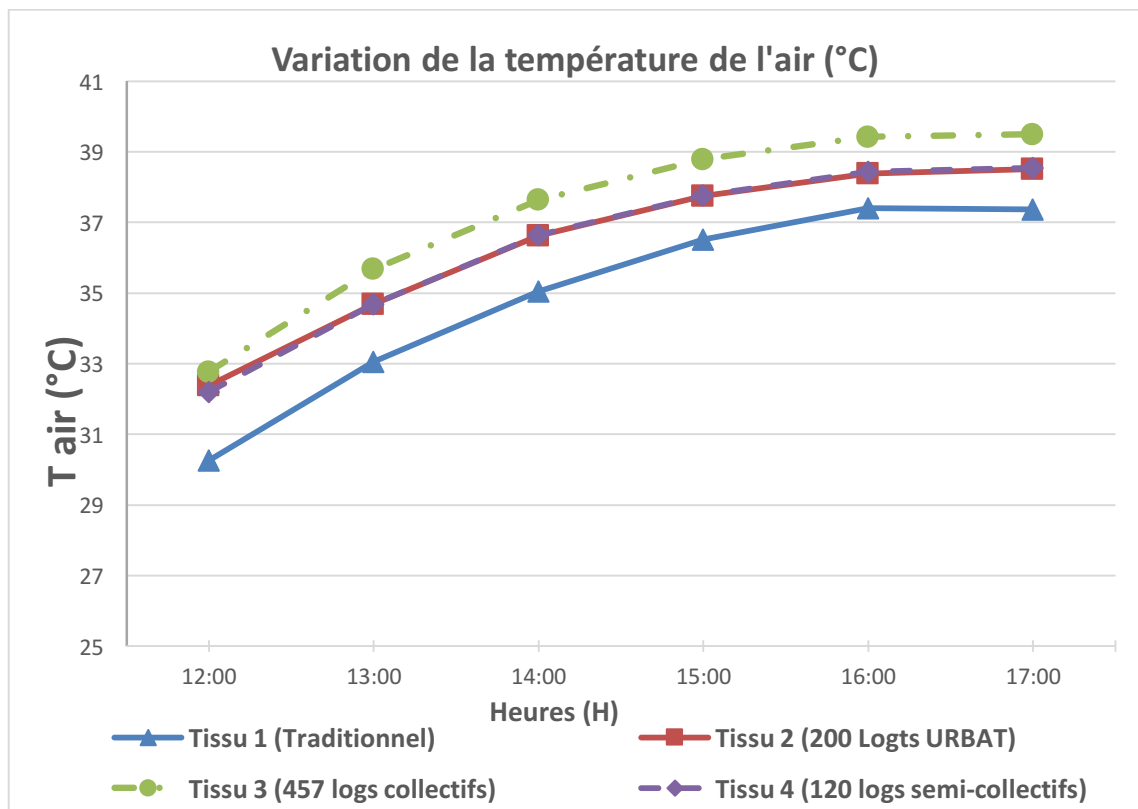


Figure 6.3 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 2 (Source : Auteur).

6.3.2.1 Comparaison de la variation de la température de l'air :



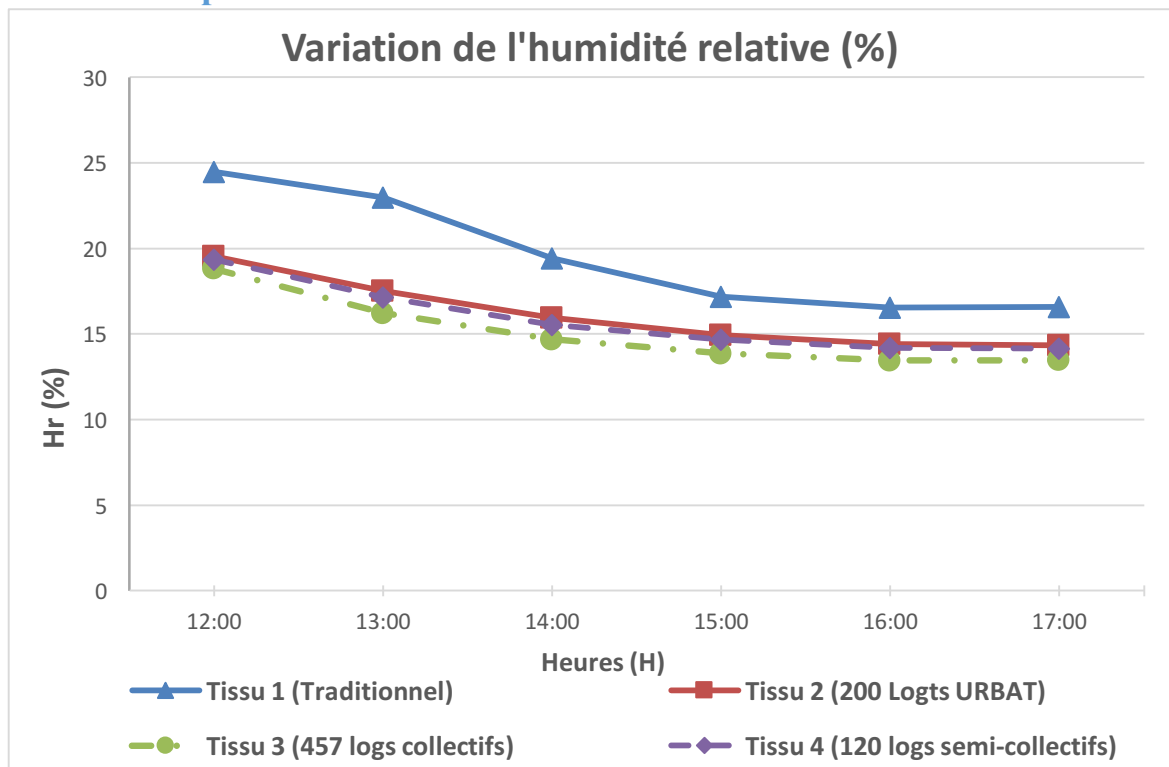
Graph 6.7 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).

L'évolution diurne de la température de l'air dans cette série est représentée dans le graphique 6.7, la température de l'air augmente progressivement dans tous les tissus avec un maximum vers 17h (37,77°C pour le tissu N°1, tissu N°2=38,52°C, tissu N°3=39,41°C, tissu N°4=38,55°C), grâce à la chaleur sensible formée dans la rue par l'effet de convection libre, la température de l'air augmente dans les quatre points, ainsi l'écart entre le tissu N°1 traditionnel et les tissus réglementés est entre $\Delta T_{air} = 2,19^{\circ}C$ à midi, mais il diminue au fil du temps pour atteindre à 17h une valeur de $\Delta T_{air} = 1,4^{\circ}C$, cet écart est dû à l'ombre générée qui intercepte l'essentiel de gain de chaleur fournie par le rayonnement à onde courte d'un côté ; et de l'autre, au taux d'humidité élevé dans le tissu traditionnel qui diminue la chaleur reçue sous forme de chaleur latente par l'évaporation de masse d'eau dans le sol, la diminution de l'écart s'explique par la diminution de l'humidité vers 17h.

La rue dans le tissu N°1 traditionnel avec un rapport H/W=4,6 élevé est moins chaude que les rues dans les tissus N°2, 3 et 4 réglementés, qui ont des rapports

H/W très bas H/W= 0,5 - 0,59 - 0,52 respectivement, la température de l'air qui diminue avec l'augmentation du rapport H/W, s'explique par la génération de l'ombre qui empêche les gains de chaleur dans les surfaces et par la suite la diminution de température de l'air. Le tissu traditionnel présente de bonne diminution dans la température de l'air par rapport aux tissus réglementés.

6.3.2.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :

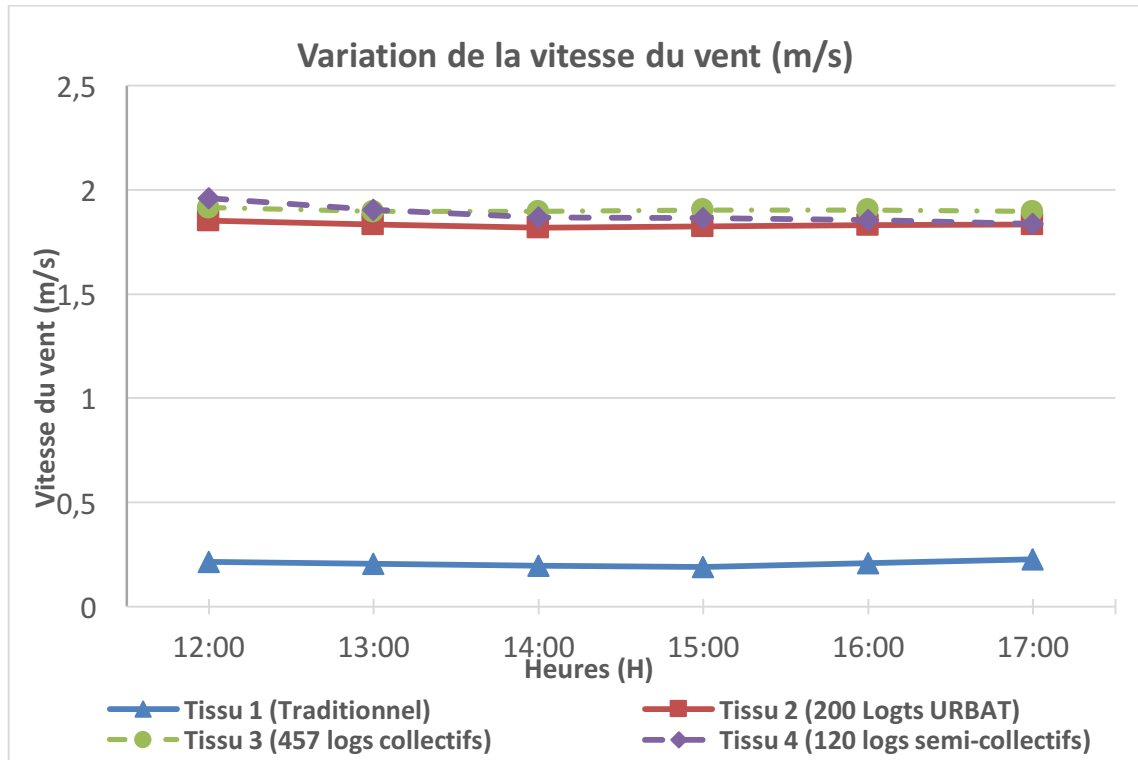


Graph 6.8 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).

Le graphe 6.8 traduit l'évolution diurne de l'humidité relative dans les quatre tissus comparés ci-dessus, cette évolution développe le profil inverse de la température de l'air. Le tissu N° 1 traditionnel enregistre les taux d'humidité relatifs élevés le long de cet intervalle avec une diminution progressive de midi (24%) à 17h (16%). Le sol naturel qui contient des masses d'eau est à l'origine du taux élevé de l'humidité par rapport aux autres tissus qui sont presque identiques dans la variation de l'humidité relative, l'écart entre le tissu traditionnel et les tissus réglementés varie entre 5% à midi jusqu'à 2,4% à 17h, l'écart est dû aux masses de vapeur dégagées par le sol naturel dans le tissu N° 1 traditionnel et l'existence de sol minéral dans les tissus réglementés (Asphalte, et pavage). De l'autre côté, les rapports H/W bas et SVF élevé participent avec l'existence du sol naturel à l'évaporation de la masse d'eau par la

consommation de chaleur formée sous forme de chaleur latente. L'effet de la variation de l'humidité dans cette série est identique à la série N°1 de variation du rapport H/W.

6.3.2.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :

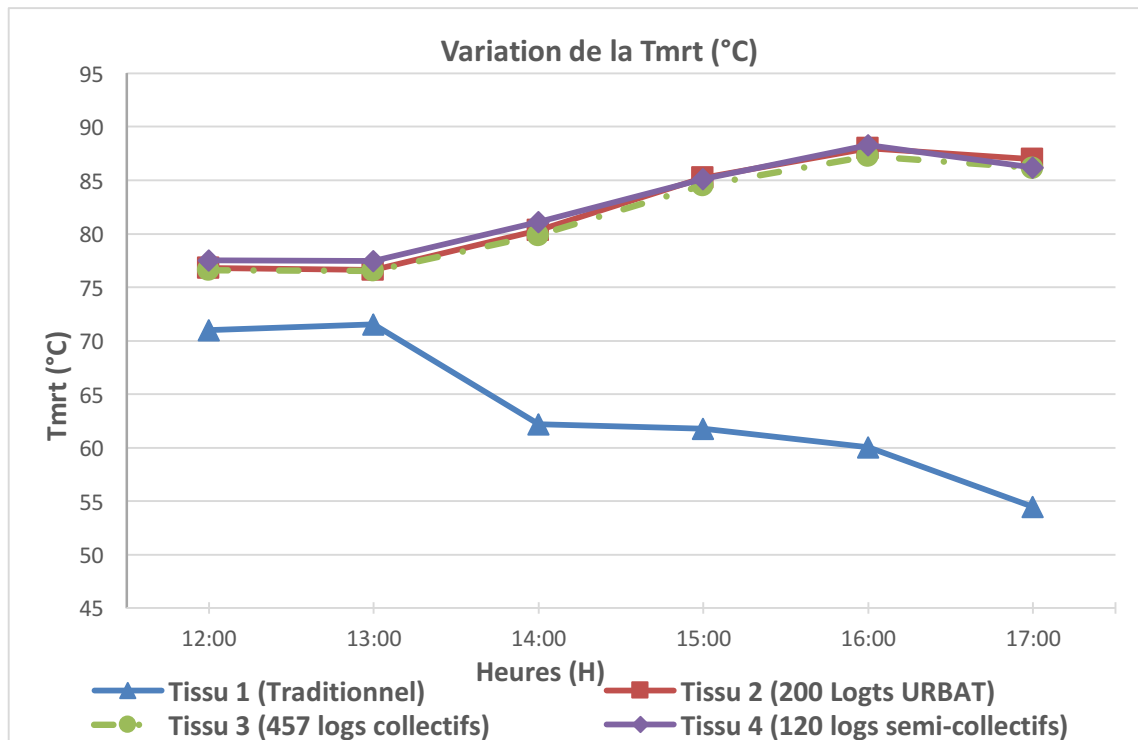


Graph 6.9 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).

Le graphe ci-dessus montre l'évolution de la vitesse du vent dans les différents tissus de notre cas d'étude, deux grandes remarques attirent notre attention dans cette variation. La superposition des courbes des tissus N° 2, 3 et 4 réglementés avec des vitesses élevées de 1,9 m/s qui soufflent de manière presque stable, cela est dû au ressemblance dans les indicateurs morpho-physiques de ces tissus : à savoir le rapport H/W, la naissance des vitesses élevées est dû au caractère rectiligne des rue ainsi le rapport H/W très bas contribue à une bonne circulation des vortex, le caractère stable du vent est causé par la stabilité de la vitesse et la direction initiale du vent dans le modèle ENVI-met durant la simulation. L'autre remarque est le grand écart entre ces tissus et le tissu N° 1 traditionnel dont les vitesses du vent sont très basses de l'ordre de 0,2 m/s, cet écart réside dans le caractère sinueux du tissu N° 1 traditionnel qui influence l'angle d'incidence du vent et le grand rapport H/W qui empêche la bonne circulation du vent. Par l'augmentation du facteur d'atténuation.

Les tissus réglementés avec leurs rapports H/W très bas et leurs trames rectilignes témoignent d'une bonne ventilation urbaine, alors que le tissu traditionnel avec une rue profonde dont le rapport H/W est de 4,6 et un tissu sinueux marque une mauvaise ventilation urbaine.

6.3.2.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :



Graph 6.10 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).

L'évolution diurne de la Tmrt est présentée sur le graphe 6.10, un grand contraste entre la courbe de la Tmrt du tissu N°1 traditionnel et les tissus réglementés (N° 2, 3 et 4), à midi l'écart entre le tissu N° 1 traditionnel et les autres tissus N° 2, 3 et 4 est de $\Delta T_{mrt} = 7^{\circ}C$, il diminue légèrement à 13h pour atteindre $\Delta T_{mrt} = 6^{\circ}C$ puis il augmente de manière remarquable avec le temps pour atteindre une valeur maximale à 17h de $\Delta T_{mrt} = 32^{\circ}C$. L'écart considérable entre la rue avec un rapport H/W élevé dans le tissu N° 1 traditionnel et les rues avec un rapport H/W très faible, est dû à l'ombre généré sur la rue qui intercepte le rayonnement à onde courte (Directe, diffus et réfléchi) ce dernier transporte la quantité d'énergie la plus grande, dans les tissus N° 2, 3 et 4, avec un rapport H/W très faible la rue absorbe la totalité du rayonnement à onde courte (Directe, diffus et réfléchi), et comme la Tmrt regroupe tous les types de rayonnement, le SVF est aussi responsable sur cet écart par l'absorption du

rayonnement à onde longue émis par l'atmosphère et les surfaces urbaines adjacentes, tant que le SVF augmente l'absorption augmente et par la suite la T_{mrt} s'accroît. Les valeurs de la T_{mrt} sous le rayonnement solaire sont surestimées par ENVI-met vue l'exclusion de l'effet du stockage thermique, ce qui implique que le rayonnement direct non stocké est totalement réfléchi pour augmenter la T_{mrt} .

La T_{mrt} diminue avec l'augmentation du rapport $H/W=4,6$ du tissu N° 1 traditionnel, ce qui est le cas inverse pour les autres tissus réglementés là où la T_{mrt} augmente avec la diminution du rapport H/W qui ne dépasse pas 0,59. Cela est expliqué par l'interception du rayonnement à onde courte par le rapport H/W élevé, la figure 6.4 montre l'accès du rayonnement solaire pour les différents tissus, la période d'insolation dans la rue profonde du tissu N° 1 traditionnel est très réduite et le sol est totalement masqué sauf à 13h là où la hauteur du soleil est très élevée, pour les autres heures même les façades sont masquées. La T_{mrt} diminue avec la diminution du SVF et augmente avec son augmentation, le SVF est l'indicateur responsable sur l'absorption du rayonnement à ondes longues émis par l'atmosphère et les surfaces de la rue.

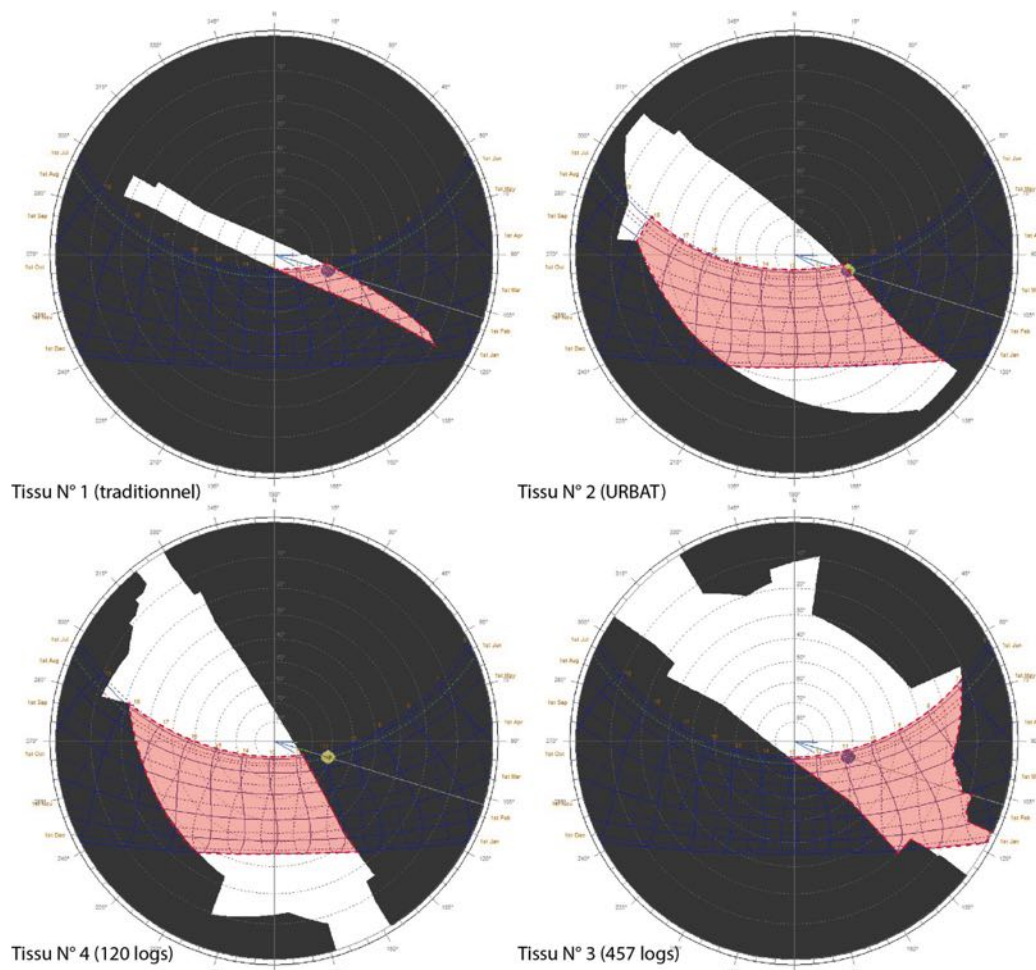
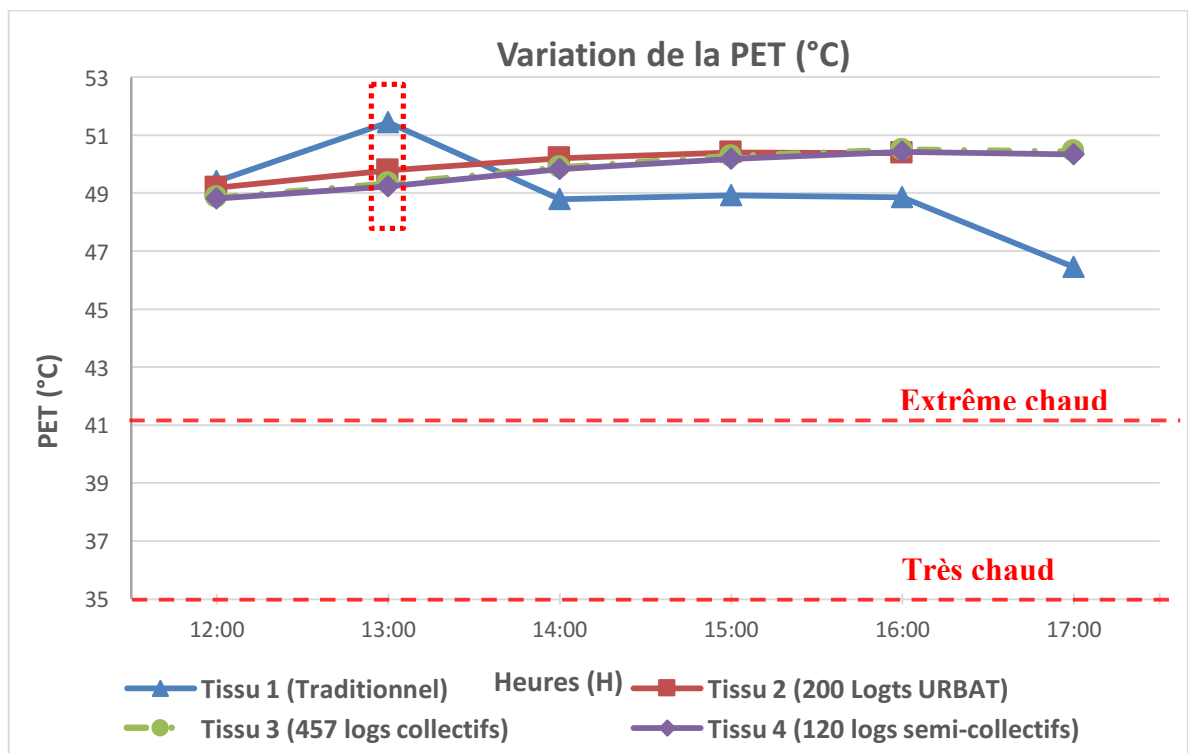


Figure 6.4 : Série N°2 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images FishEye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).

On remarque que la courbe de la Tmrt dans le tissu N°1 traditionnel descend de manière très rapide après 13h, alors que dans la même heure les courbes des autres tissus réglementés accroîtront de manière rapide sont linéaires pour marquer des valeurs maximales de l'ordre de 88°C à 16h avec une diminution minimale de 2°C à 17h. le tissu traditionnel avec un rapport H/W plus élevé offre une bonne atténuation pour le rayonnement à onde courte et longue, en contrepartie les tissus réglementés sont totalement ouverts sur le rayonnement solaire.

6.3.2.5 Comparaison de la variation de PET :



Graph 6.11 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 2 (Source : Auteur).

Le graphe ci-dessus de la variation diurne de la PET, nous donne une vision claire sur la situation du confort thermique dans la rive gauche de la rue. Dans les quatre tissus, la sensation thermique est en dehors de la plage du confort thermique voire même dans une situation d'extrême chaud avec un degré de stress thermique très élevé, car la valeur minimale de la PET est de 46°C enregistré dans le tissu N° 1 traditionnel.

Malgré cette situation d'inconfort, le présent graphe nous offre de bonnes différences dans les valeurs de la PET pour avoir de bonnes atténuations des effets microclimatiques néfastes, la Tmrt reste le paramètre microclimatique qui a la plus grande influence sur la PET à l'extérieur (Ali-Toudert, 2005). A midi, tous les tissus

marquent presque la même valeur de la PET avec un écart de $0,5^{\circ}\text{C}$ entre le tissu traditionnel et les autres tissus réglementés, à 13h le tissu N° 1 traditionnel avec le rapport H/W le plus élevé marque un pic de $51,42^{\circ}\text{C}$ avec un écart de 2°C par rapport aux autres tissus réglementés, cette différence est causée par la pénétration du rayonnement à onde courte (Direct, diffus et réfléchi), ce qui conduit avec les parois plus proches de la rue, un piégeage du rayonnement réfléchi (Kobayashi et Takamura en 1994 ont montré que les effets des réflexions étaient plus importants pour des rapports d'aspect plus élevés et des émissivités plus faibles, avec une vitesse de vent très basse et un air relativement chaud. Dans la même heure 13h, le stress thermique continue à augmenter dans les autres tissus réglementés vu l'augmentation de la température de l'air et la T_{mrt} .

Une fois atteint son pic dans le tissu N° 1 traditionnel à 13h, la PET a tendance à diminuer rapidement avec le temps afin de marquer une valeur minimale de $46,4^{\circ}\text{C}$ à 17h, dans le même intervalle la PET dans les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés continue à augmenter avec une valeur maximale vers 17h de $50,37^{\circ}\text{C}$ - $0,44^{\circ}\text{C}$ - $50,34^{\circ}\text{C}$ respectivement. Cette diminution de la PET dans le tissu traditionnel en comparaison aux tissus réglementés s'explique par la diminution de la T_{mrt} dû à l'ombre généré par le rapport H/W élevé, dans les autres tissus l'augmentation est justifiée par l'augmentation de la T_{mrt} causée par le rapport H/W très bas. L'écart dans la PET entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N°2, 3 et 4 réglementés $\Delta\text{PET} = 1^{\circ}\text{C}$ à 14h et il augmente jusqu'à $\Delta\text{PET} = 3,9^{\circ}\text{C}$ à 17h, cet écart est dû à la diminution de la T_{mrt} dans le tissu N° 1 traditionnel dont le rapport H/W = 4,6 est élevé, et l'augmentation de la T_{mrt} dans les autres tissus avec un rapport H/W bas (0,59), on remarque l'augmentation de l'écart vers 17h, cela peut s'expliquer par l'ombre portée sur une grande partie des façades de la rue, ce qui implique une grande interception du rayonnement à onde courte et avec un SVF une autre interception du rayonnement à onde longue. L'effet de la bonne ventilation des tissus réglementés apparaît dans l'écart minime de la PET malgré le grand écart dans la T_{mrt} , car la vitesse du vent est un paramètre déterminant dans le calcul du PET (Ali-Toudert, 2007).

6.3.3 Série N° 3 de la variation du rapport H/W selon l'orientation

NE-SO :

La série 3 fait la comparaison entre (04) quatre points dans les quatre tissus dont le N° 1 est traditionnel et les autres réglementés (N° 2, 3 et 4) dans une nouvelle orientation à savoir l'orientation Nord, Est - Sud, Ouest (NE-SO). Les points choisis sont dans la rive gauche de la rue représentant le passage des piétons, le tableau 6.5 résume les indicateurs morpho-physiques de chaque point.

Série N° 3 de variation H/W :

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 2 (200 Logts URBAT- Bas compacte)	Tissu 3 (457 logs collectifs - Hauteur moyenne)	Tissu 4 (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)
	Orientation	NESO	NESO	NESO	NESO
	SVF	0,07	0,39	0,42	0,48
	Rapport H/W	3,06	0,66	0,55	0,36

Tableau 6.5 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 3 orientation NE-SO (Source : Auteur).

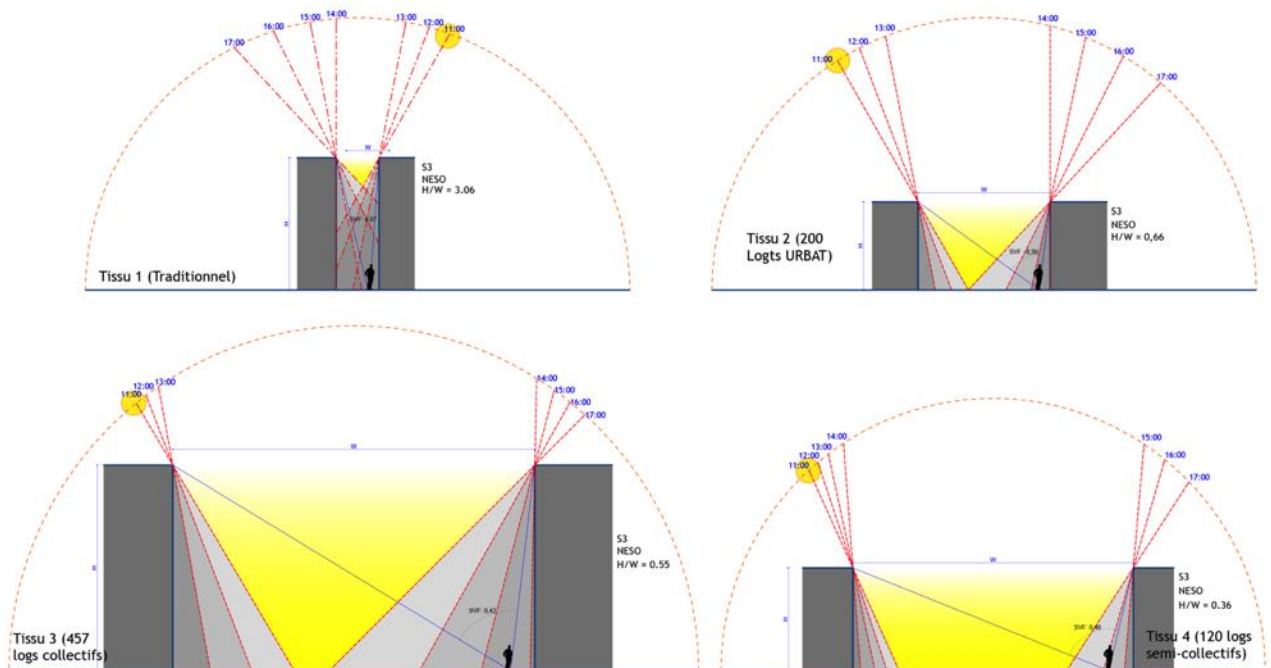
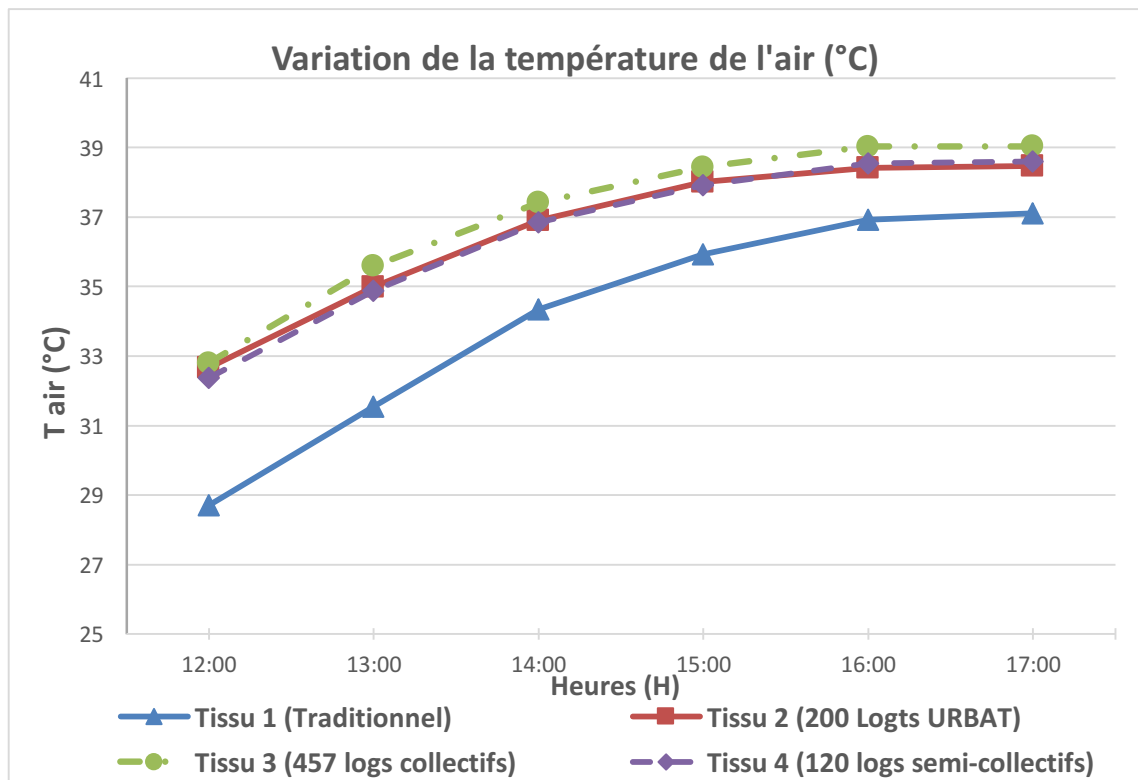


Figure 6.5 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 3 (Source : Auteur).

6.3.3.1 Comparaison de la variation de la température de l'air :

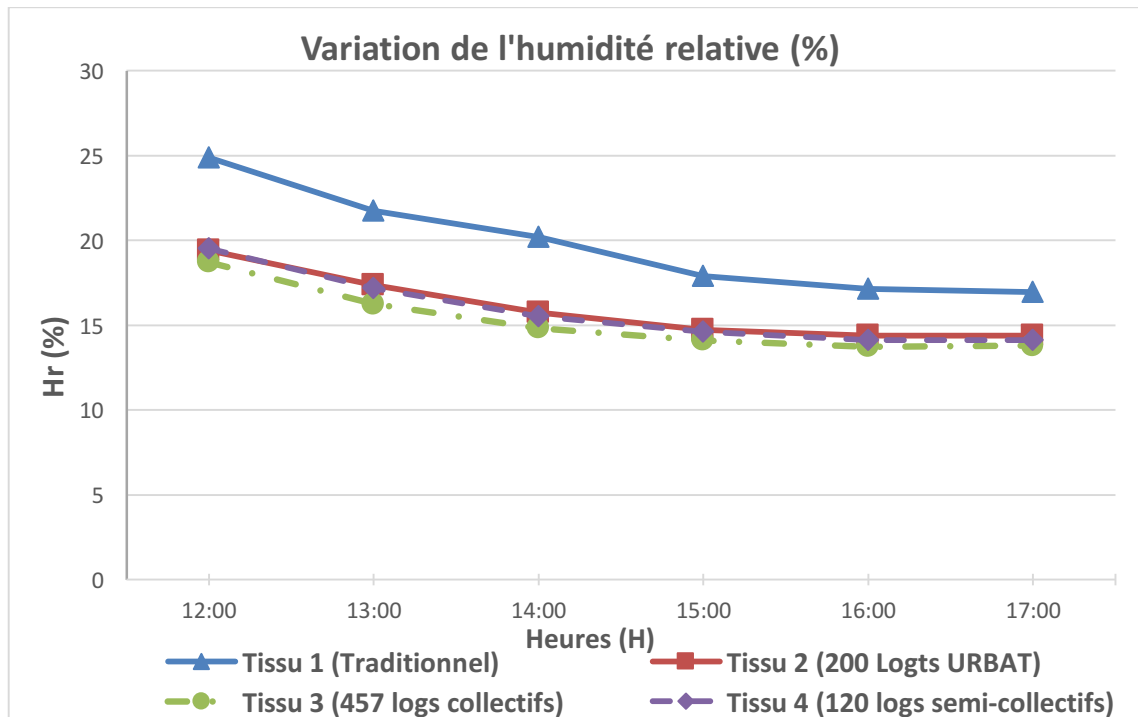


Graph 6.12 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).

La variation de la température de l'air dans cette nouvelle série de comparaison selon l'orientation NE-SO est présentée dans le graphique 6.12. La courbe de la température augmente dans tous les tissus avec la même tendance, les valeurs minimales sont à midi et les valeurs maximales sont atteintes vers 17h. La rue dans le tissu N° 1 traditionnel est la moins chaude, alors que la rue dans le tissu N° 3 est la plus chaude avec les valeurs de la température d'air maximale. L'écart entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus réglementés est bien claire, il varie entre $\Delta T_{air} = 4^{\circ}\text{C}$ à midi puis il diminue jusqu'à $\Delta T_{air} = 1,3^{\circ}\text{C}$ à 17h. L'augmentation progressive de la température d'air est dû au transfert de chaleur par convection libre à l'air depuis les surfaces chaudes. L'écart de température entre le tissu traditionnel et les tissus réglementés s'explique par l'ombrage créé par le rapport H/W qui intercepte le rayonnement à onde courte, on note que la diminution de l'écart vers 17h est dû à la diminution du taux humidité relative dans le tissu traditionnel car le sol naturel contient une quantité limitée de masse d'eau. Le rapport H/W élevé participe à la diminution de la température de l'air dans le tissu N° 1. L'effet de l'augmentation de la vitesse du vent

dans le tissu traditionnel favorise la convection forcée et le flux turbulent fait mélanger l'air chaud avec l'air frais.

6.3.3.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :



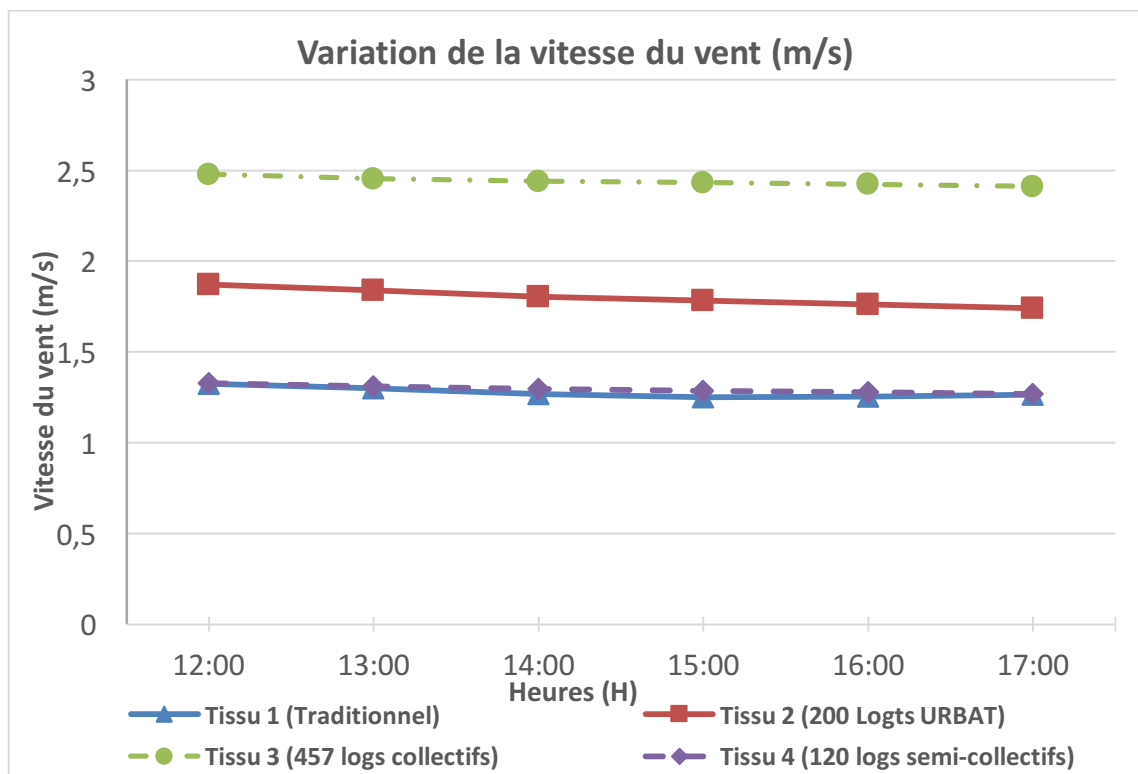
Graph 6.13 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).

Le profil de l'humidité relative des différents tissus est présenté dans le graphique 6.13. Les courbes de la variation de l'humidité nous informent sur l'état de la masse d'eau dans ces tissus. Le tissu traditionnel possède le taux d'humidité le plus élevé qui ne dépasse pas les 24,89% à midi avec une diminution de ce taux jusqu'à 16,96% à 17h, les tissus réglementés développent des courbes presque superposées avec des écarts minimes. La diminution des taux d'humidité relative dans tous les tissus est dû à l'évaporation causée par la consommation de chaleur reçue sous une forme latente. L'écart le plus remarquable est celui entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus réglementés N° 2, 3 et 4, à midi $\Delta Hr = 5,68\%$, au fil du temps cet écart diminue pour atteindre une valeur basse à 17h de $\Delta Hr = 2,85\%$, l'existence du sol naturel qui contient une quantité d'eau plus élevée que les autres revêtements du sol est à l'origine de cet écart. L'absence des sources d'eau telles que la végétation et les espaces verts accentue le caractère sèche des rues dans les différents tissus. L'influence du rapport H/W élevé dans le tissu N°1 traditionnel réside dans l'obstruction du rayonnement à onde courte qui transporte l'essentiel de la chaleur d'évaporation, ce qui empêche l'évaporation

rapide de la masse d'eau dans le sol, par contre dans les tissus réglementés l'évaporation augmente avec la diminution du rapport H/W et l'augmentation du SVF qui fait augmenter la température de l'air, surtout près de la surface là où l'échange de vapeur s'effectue.

6.3.3.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :

Dans cette série de comparaison l'orientation des rues comparées était changée par rapport aux deux premières séries N° 1 et 2 dont l'orientation était NOSE.



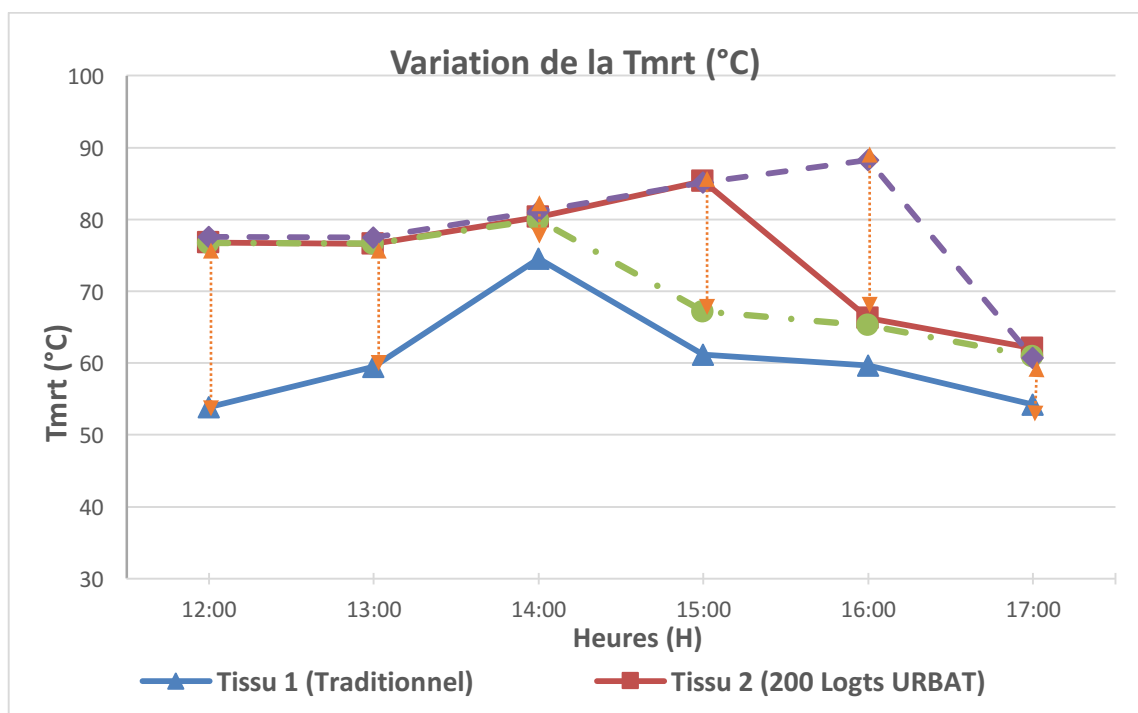
Graph 6.14 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).

Le graphe ci-dessus de la variation de la vitesse du vent nous informe sur le degré de ventilation urbaine dans chaque tissu simulé, le tissu le mieux ventilé est le N° 3 réglementé avec des vitesses du vent les plus élevées parmi les autres de 2,47 m/s avec un régime stable, en second lieu le tissu N° 2 réglementé est en deuxième place dans la ventilation avec une valeur moyenne de vitesse du vent de 1,79 m/s et une courbe presque stable, le tissu N° 1 et 4 ont des courbes presque superposées donc un grand rapprochement dans les valeurs de la vitesse du vent avec une moyenne de 1,27 m/s et 1,29 m/s respectivement, le tissu N° 1 traditionnel est considéré comme bien ventilé par rapport aux séries N° 1 et 2. La bonne ventilation dans le tissu N° 3 trouve

ces origines dans l'angle d'incidence de $34,33^\circ$ qui favorise l'accès libre du vent dans la rue, ainsi le caractère moins sinueux de ce tissu et le rapport H/W très bas favorise la ventilation par la réduction du facteur d'atténuation de la vitesse du vent. Pour le tissu N° 2, la diminution de la vitesse du vent par rapport au tissu N° 3 avec un écart de 0,6 m/s est dû à l'augmentation de l'angle d'incidence et par la suite le facteur d'atténuation, ainsi la rue choisie pour la comparaison se trouve dans une situation profonde dans le tissu, ce qui augmente sa sinuosité dans le tissu.

La superposition presque parfaite du tissu N° 1 et 4 malgré la grande différence dans les angles d'incidence du vent, $28,05^\circ$ dans le tissu N° 1 traditionnel contre $51,75^\circ$ dans le tissu N° 4 est dû à la différence dans le rapport H/W qui augmente le facteur d'atténuation dans le tissu N° 1 par la création d'un régime d'écoulement rasant sur les toitures des bâtiments. Le tissu N° 1 traditionnel reste toujours le tissu le moins ventilé même avec un angle d'incidence petit ($28,05^\circ$).

6.3.3.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :



Graphe 6.15 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).

L'évolution de la Tmrt pour la série N°3 est présentée dans le graphe 6.15. Dans cette série, chaque tissu a eu un comportement différent des autres selon des intervalles bien précis. En gros modo, le tissu N° 1 traditionnel a enregistré les valeurs les plus basses dans toute la période de simulation, à midi un grand écart de

23°C entre le tissu traditionnel et les tissus réglementés, cet écart diminue avec le temps pour atteindre une valeur minimale de 5,95°C à 14h, puis il augmente légèrement par rapport au tissu N° 3, et considérablement vis-à-vis les tissus N° 2 et 4 avec un écart de 24°C à 15h, puis à 16h l'écart diminue à nouveau par rapport au tissu N° 2 environ 6,5°C et il augmente en comparaison avec le tissu N° 4 pour marquer une valeur maximale de 28,6°C, à 17h l'écart diminue entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés à une valeur de 7°C. Ce changement d'écart et de comportement de la T_{mrt} est causé par la génération de l'ombre portée sur les points comparés dans les rues. A chaque fois l'ombre est suivant la course solaire, ce dernier masque une portion de la rue, ce qui intercepte le rayonnement à onde courte (direct, diffus et réfléchi) qui transporte l'essentiel de la chaleur, le grand écart au début de l'après-midi entre le tissu traditionnel et les tissus réglementés s'explique par les grands masques d'ombres sur les façades de la rue canyon dans le tissu N° 1, ce qui est le cas inverse dans les autres tissus avec une grande exposition des façades aux rayonnements à onde courte (direct, diffus et réfléchi). Le rapport H/W élevé a assuré une grande protection. Le SVF a aussi joué son rôle dans la pénétration du rayonnement à onde longue (diffus et réfléchi des surfaces et de l'atmosphère), dans le tissu N° 1 traditionnel le SVF très bas a minimisé le rayonnement à onde longue (des surfaces et de l'atmosphère), par contre dans les tissus N°2,3 et 4 réglementés il a permis l'accès d'une grande quantité de rayonnement à onde longue (diffus et réfléchi des surfaces et de l'atmosphère).

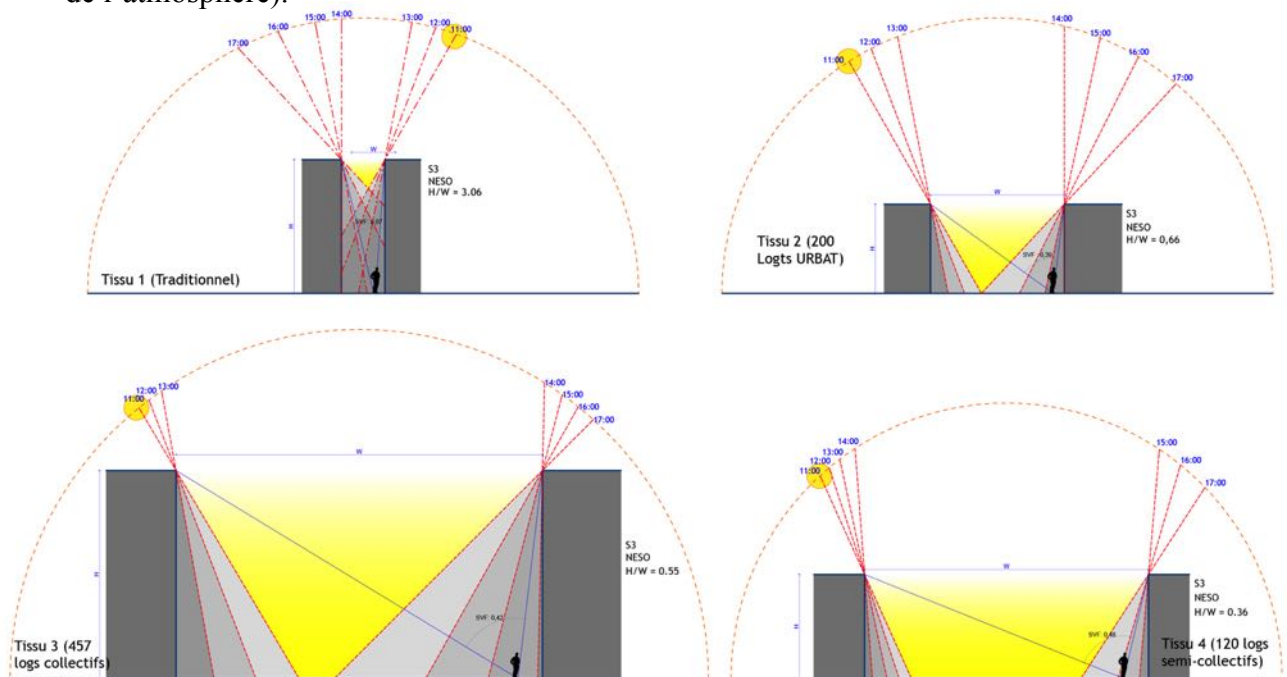


Figure 6.6 : Masque d'ombre porté sur les surfaces urbaines de la rue dans les quatre tissus série 3 (Source : Auteur).

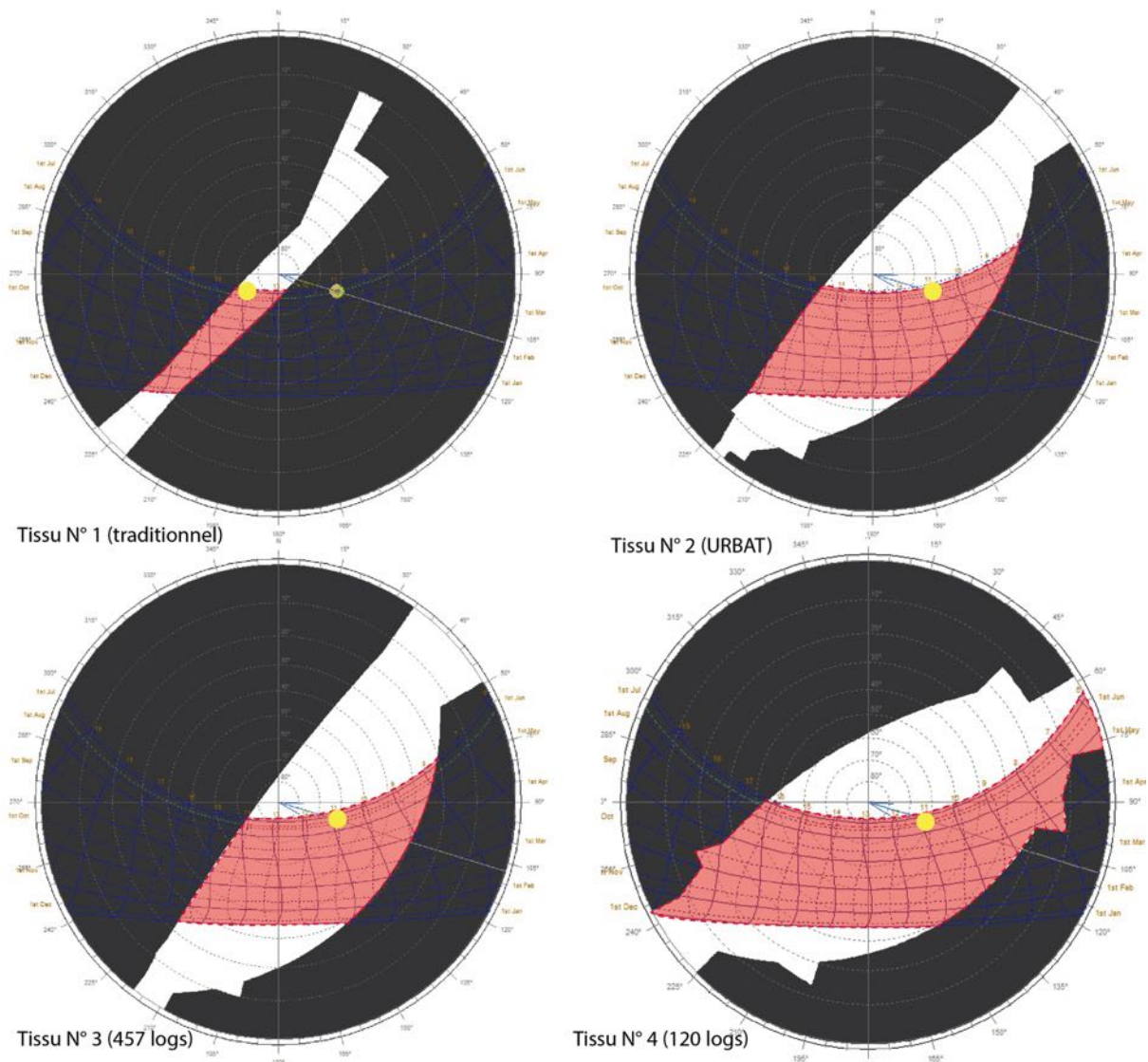


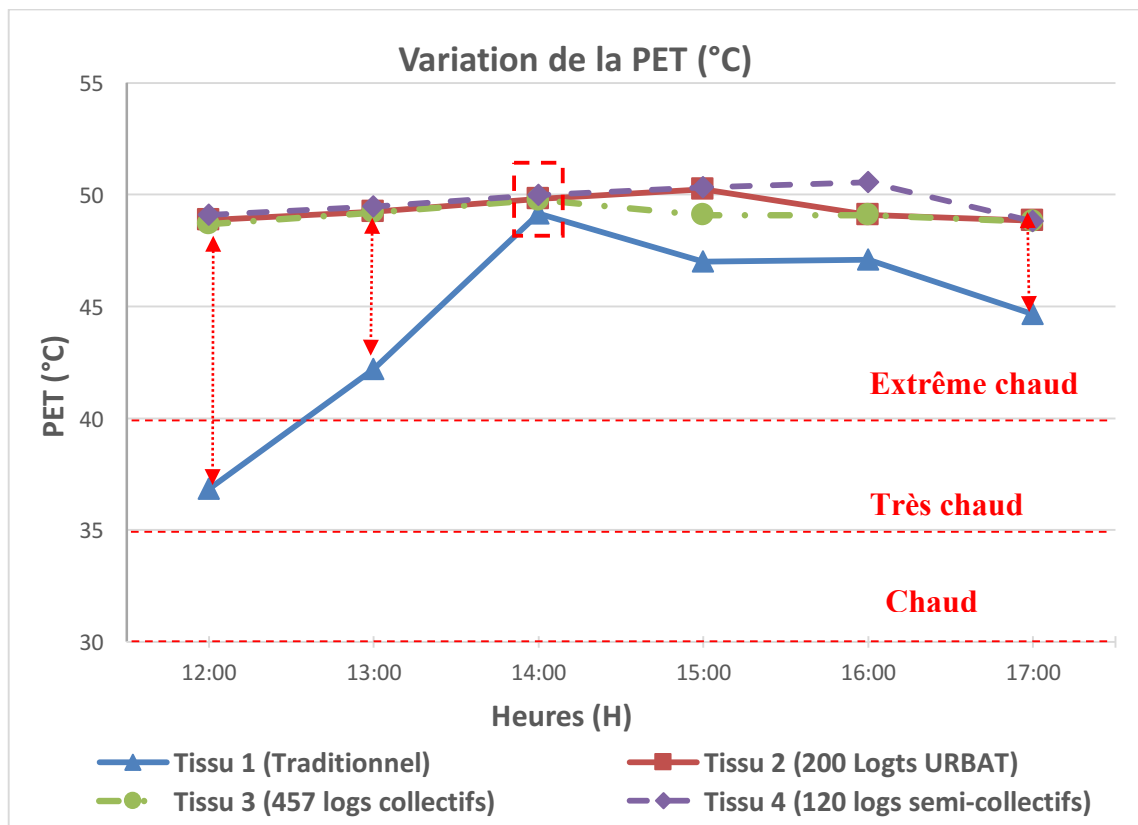
Figure 6.7 : Série N°3 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).

Le pic de 74,51°C dans la Tmrt enregistré dans le tissu N° 1 traditionnel à 14h qui a impliqué une augmentation très rapide dans la Tmrt est causée par la pénétration du rayonnement à onde courte (direct, diffus et réfléchi) jusqu'au sol de la rue avec les réflexions multiples des parois très proches, l'augmentation était très rapide dans la Tmrt, une fois la rue est masquée d'ombre les valeurs de la Tmrt diminuent rapidement, la surestimation d'ENVI-met pour les valeurs de la Tmrt est présente vue l'incapacité du logiciel de prendre en compte l'énergie stockée dans les masses du bâti.

On remarque aussi sur le graphe ci-dessus des écarts très importants entre le tissu N° 3 d'un côté et les tissus N° 2 et 4 de l'autre côté $\Delta Tmrt = 17,96^\circ\text{C}$ à 15h, cet écart est dû à la génération de l'ombre dans le tissu N° 3 à partir de 15h alors que les deux autres tissus restent exposés au rayonnement à onde courte (direct, diffus et

réfléchi), le même écart mais cette fois plus grand de $\Delta T_{mrt} = 23,01^{\circ}\text{C}$ entre les tissus N° 2 et 3 d'un côté et le tissu N° 4 à 16h, il est causé premièrement par la différence dans le rapport H/W et le SVF et deuxièmement la génération de l'ombre portée dans les tissus N° 2 et 3 à 16h, avec l'exposition continue du tissu N° 4 au rayonnement à onde courte (direct, diffus et réfléchi), à 17h tous les tissus réglementés N° 2, 3 et 4 ont la même valeur presque de T_{mrt} avec le même écart par rapport au tissu N° 1 traditionnel.

6.3.3.5 Comparaison de la variation de PET :



Graph 6.16 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 3 (Source : Auteur).

L'évolution diurne de la PET est présentée dans le graphique 6.16. Le choix des points à comparer dans cette série est pris dans la rive droite de la rue dans chaque tissu. Jusqu'à cette série le degré du confort thermique calculé à l'aide d'un indice de confort qui reste toujours en dehors de la plage du confort établie déjà pour cet indice, tous les tissus dans la plage de l'extrême chaud à l'exception de la première heure à midi du tissu traditionnel qui est dans l'intervalle du très chaud, cette diminution représente seulement une atténuation de quelques degrés. Les courbes de la PET dans

tous les tissus reproduit de manière très explicite les tendances des courbes de la T_{mrt} et cela surtout avec des vitesses de vent basse.

Le tissu N° 1 traditionnel doté d'un rapport H/W élevé et un SVF bas présente un grand avantage en terme de confort thermique extérieur par rapport aux tissus réglementés, une valeur minimale de $36,87^{\circ}\text{C}$ à midi avec une augmentation progressive jusqu'à 14h là où la PET marque un pic de $49,99^{\circ}\text{C}$, après cette heure les valeurs de la PET ont tendance à diminuer à nouveau pour atteindre une valeur minimale de $44,66^{\circ}\text{C}$ à 17h. Dans l'autre côté, les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés estiment leurs valeurs de PET = 49°C à midi, au fil du temps cette valeur augmente légèrement.

Bien que le degré du stress thermique soit élevé, on peut noter un écart important à midi dans la $\Delta\text{PET} = 12,04^{\circ}\text{C}$ entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés, cet écart diminue avec le temps à 14h, il aura une valeur très basse de $0,71^{\circ}\text{C}$, puis il augmente avec le temps à 17h le $\Delta\text{PET} = 4,15^{\circ}\text{C}$, cette grande différence à 12h est dû à la différence du rapport H/W qui favorise l'ombrage dans la rue (Sol et façades) ce dernier diminue la T_{mrt} , combiné avec l'effet de l'augmentation de la vitesse du vent qui diminue la PET (Selon Andreou en 2013, l'augmentation de la vitesse du vent de 1 m/s à 2 m/s provoque une diminution de la valeur de l'indice PET de $3,5^{\circ}\text{C}$ pendant les conditions du rayonnement solaire directe, alors que l'effet est beaucoup plus faible dans les conditions d'ombrage). La diminution de l'écart jusqu'à 14h s'explique par la pénétration du rayonnement à onde courte dans la rue du tissu traditionnel vue l'augmentation de la hauteur du soleil en fonction de la latitude de la zone, la nouvelle augmentation après 14h est dû à l'effet de l'ombre qui se génère une autre fois pour intercepter à nouveau le rayonnement à onde courte (direct, diffus et réfléchi), la différence de l'écart avant 14h et après 14h est causée par l'effet de l'ombrage car les points choisis sont proches de la rive droite de la rue.

Le tissu N° 4 a présenté le plus grand stress thermique par rapport au tissu réglementé vue son rapport H/W très bas de 0,36 et son SVF plus grand de 0,48 cela est dû à l'exposition continue de 13h à 17 du sol et façades de la rue au rayonnement à onde courte et à onde longue. L'impact du changement du rapport H/W et du SVF d'un tissu à un autre sur le confort thermique extérieur est très explicite dans cette série de comparaison, la stratégie de l'ombrage a un rôle déterminant dans l'atténuation du stress thermique.

6.3.4 Série N° 4 de la variation du rapport H/W selon l'orientation

NE-SO :

La série 4 fait la comparaison entre (04) quatre points dans les quatre tissus dont le N° 1 est traditionnel et les autres réglementés (N° 2,3 et 4) selon l'orientation Nord, Est - Sud, Ouest (NE-SO). Les points choisis sont au milieu de la rue représentant le passage des piétons, le tableau 6.6 résume les indicateurs morpho-physiques de chaque point.

Série N° 4 de variation H/W :

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 2 (200 Logts URBAT- Bas compacte)	Tissu 3 (457 logs collectifs - Hauteur moyenne)	Tissu 4 (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)
	Orientation	NESO	NESO	NESO	NESO
	SVF	0,12	0,43	0,56	0,62
	Rapport H/W	2,28	0,66	0,55	0,36

Tableau 6.6 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 4 orientation NE-SO (Source : Auteur).

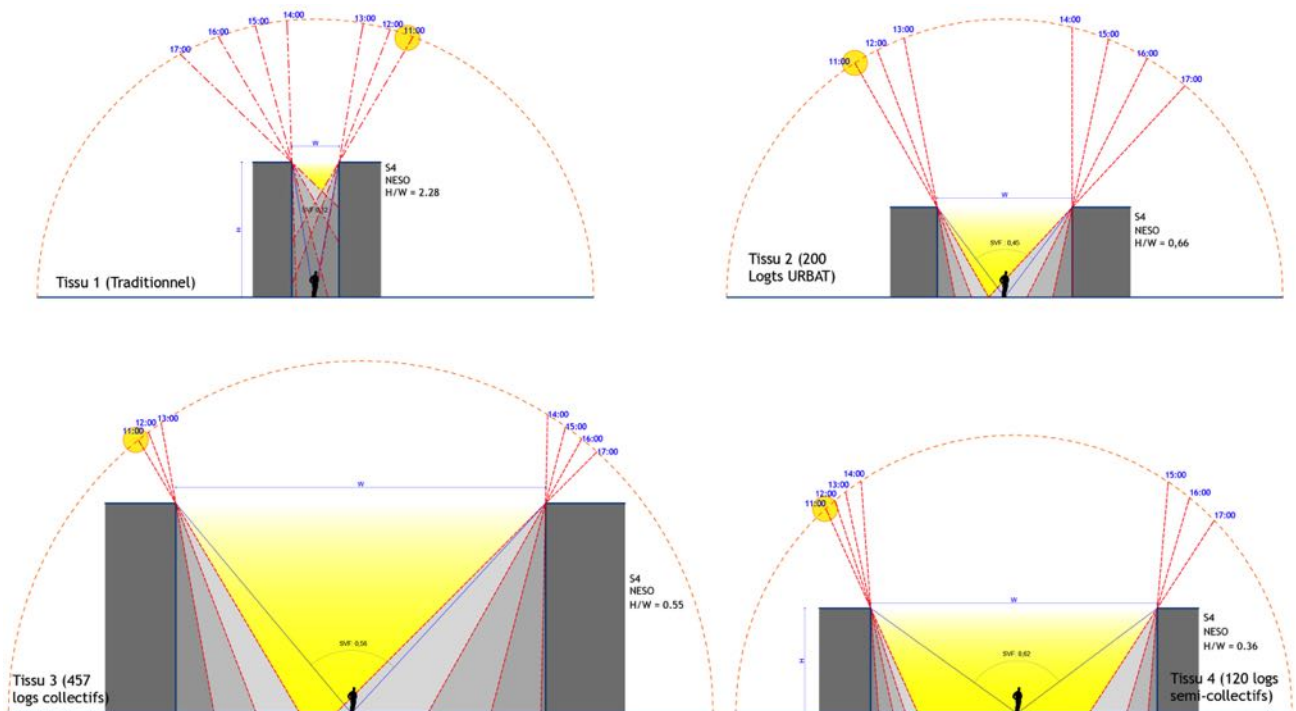
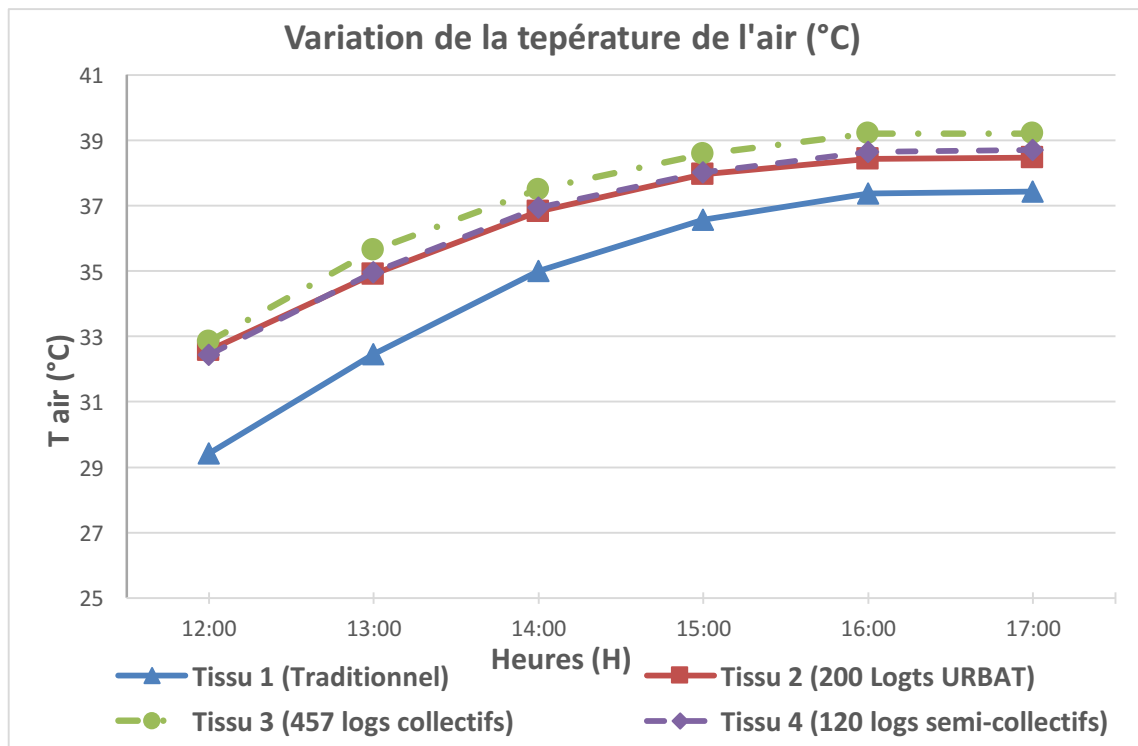


Figure 6.8 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 4 (Source : Auteur).

6.3.4.1 Comparaison de la variation de la température de l'air :



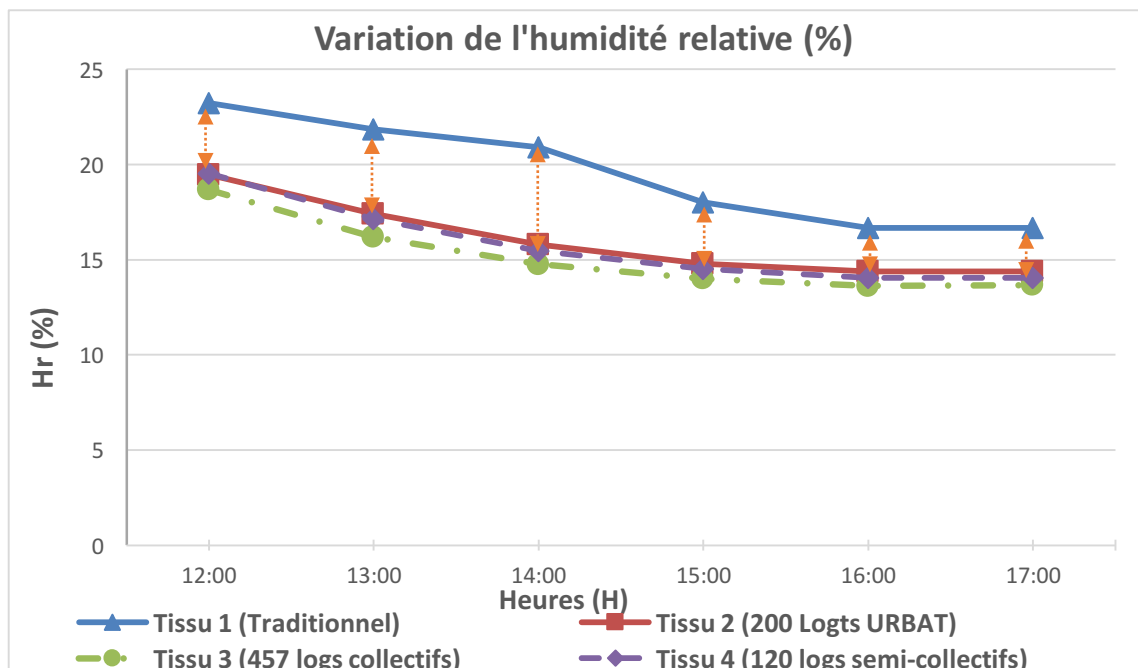
Graph 6.17 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).

Le graphe 6.17 de la variation diurne de la température de cette série est identique à celui de la série N°3, avec des variations dans les valeurs min et max de chaque tissu. L'écart entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementés) est influencé par la différence dans le rapport H/W et le SVF ; l'air est moins chaud dans le tissu N° 1 traditionnel à midi $T_{air} = 29,42^{\circ}\text{C}$, mais avec le temps l'air s'échauffe pour atteindre sa température max $T_{air} = 37,43^{\circ}\text{C}$, cette augmentation est causée par l'effet de la convection libre entre les surfaces chauffées par le rayonnement à onde courte et longue et l'air libre moins chaud, le flux turbulent de la chaleur sensible est moins important vu les vitesses du vent très basses dans ce tissu compacte. L'écart diminue avec le temps, ce phénomène est dû à la diminution de l'humidité relative qui consomme la chaleur formée dans la rue sous forme latente, ce qui implique une diminution de la température de l'air d'une grande partie dans le tissu N° 1 qui contient le taux d'humidité le plus élevé parmi les autres tissus. La différence de température entre les tissus N° 2, 3 et 4 (réglementé) ne dépasse pas le $0,7^{\circ}\text{C}$ entre ces tissus, car ces derniers ont des rapport H/W très bas avec un SVF élevé. La superposition des courbes du tissu N°2 et N°4 malgré la différence dans le rapport H/W

(0,66 et 0,36 respectivement), s'explique par l'augmentation de la vitesse du vent dans le tissu N° 2 qui favorise la dissipation de la chaleur par turbulence, ce qui diminue la température de l'air.

6.3.4.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :

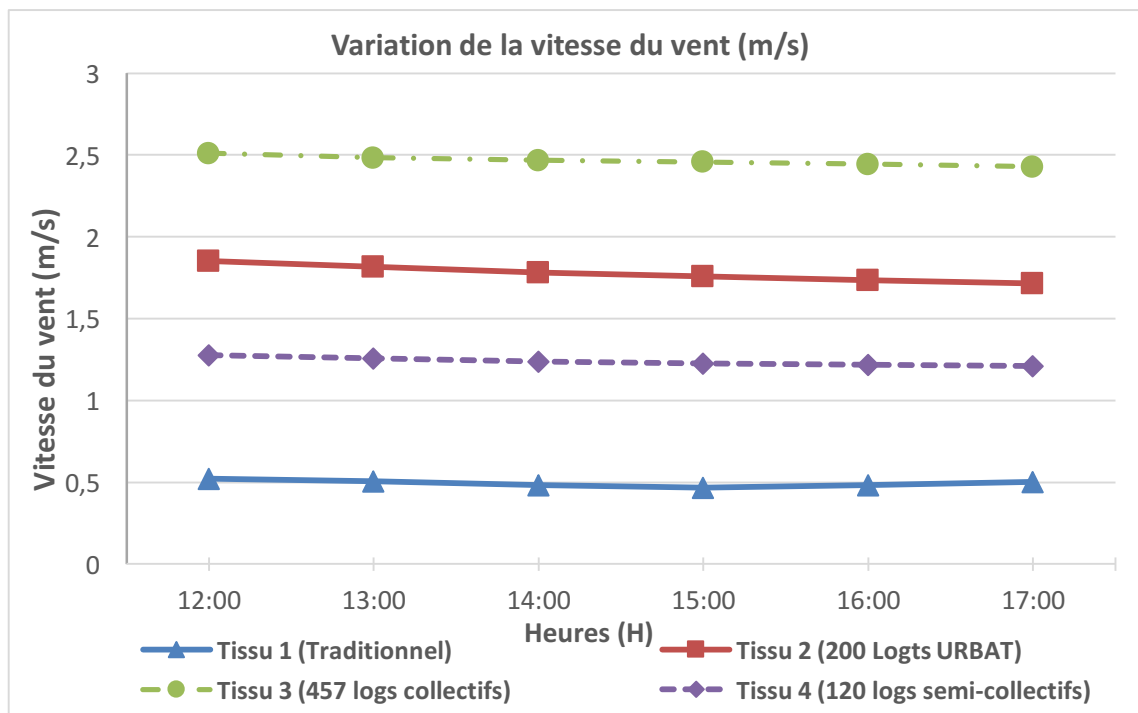
Le graphe 6.18 montre l'évolution de l'humidité relative au cours du cycle diurne, comme les séries précédentes. Cette série de comparaison entre quatre tissus témoigne d'une augmentation dans le taux de l'humidité relative dans le tissu N° 1 traditionnel vue l'existence du sol naturel qui dégage de l'humidité avec l'augmentation de sa température de surface, l'écart est très logique entre le tissu N° 1 et les autres tissus N° 2, 3 et 4 réglementés, cet écart augmente de 3,7% à midi à 5,56% vers 14h dont il est maximale, cela est dû à l'augmentation de la température de surface du sol par la pénétration du rayonnement à onde courte (directe, diffus et réfléchi) dans la rue, la chaleur fournie est utilisée pour l'évaporation de la masse d'eau, après 14h l'écart diminue jusqu'à 17h avec une valeur de $\Delta Hr = 2,65\%$, la diminution est causée par l'existence de l'ombre dans la rue dans ce tissu avec un rapport H/W élevé de 2,28 qui diminue la température de surface du sol, les tissus N° 2, 3 et 4 restent toujours exposés au rayonnement à onde courte et longue et avec l'absence de source d'humidité, assurent cet écart.



Graph 6.18 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).

6.3.4.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :

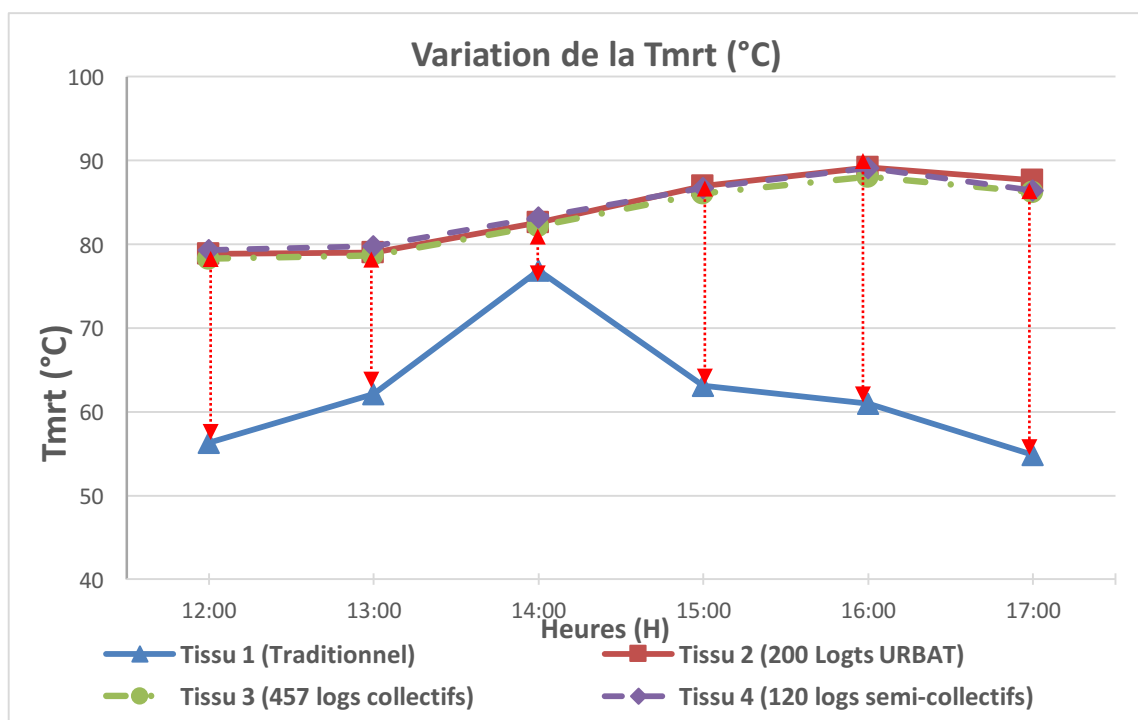
Quatre régimes différents sont présentés dans le graphe ci-dessous de l'évolution de la vitesse du vent dans les quatre rues comparées, le tissu N° 3 se distingue par une grande vitesse du vent et par la suite une meilleure ventilation urbaine, le régime est relativement stable avec une vitesse de 2,49 m/s, en second lieu le tissu N° 2 marque de bonne vitesse avec un écart de 0,65 m/s par rapport au tissu N° 3, le tissu N° 4 est moins ventilé avec des vitesses de vent de 1,27 m/s, alors que le tissu N°1 traditionnel nous annonce la ventilation la plus mauvaise avec des vitesses très basses de 0,52 m/s et un écart très grand de 1,98 m/s par rapport au tissu N° 3, cet écart démunie par rapport au tissu N° 2 dont il est de 1,3 m/s et encore plus moins par rapport au tissu N° 4 avec un écart de 0,73 m/s. ces différences dans la vitesse du vent entre les quatre tissus est en relation directe avec le rapport H/W de la rue et l'angle d'incidence du vent, dans le tissu N° 3 l'angle d'incidence est le plus petit de 34,33° ce qui a permis avec petit rapport H/W une bonne circulation du vent dans la rue et au-dessus de la couche rugueuse du tissu, dans le tissu N° 2 l'écart est dû au facteur d'atténuation du vent qui a augmenté avec l'augmentation de l'angle d'incidence de 41,6°. Ainsi cette rue est un peu profonde dans le tissu, ce qui augmente sa sinuosité.



Graph 6.19 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).

L'écart entre les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés et le tissu N° 1 traditionnel réside dans l'augmentation du facteur d'atténuation du vent qui est en fonction du rapport H/W et de l'angle d'incidence, l'augmentation du rapport H/W = 2,28 dans le tissu N° 1 traditionnel crée un régime rasant du vent alors que dans les tissus réglementés, ce même rapport diminue (H/W=0,66 - 0,55 et 0,36) en créant un zone de circulation du vent qui augmente par la suite sa vitesse et améliore la ventilation dans la rue. On remarque aussi dans l'écart entre le tissu N° 1 traditionnel et le tissu N° 4 que le rapport H/W a une grande influence sur le facteur d'atténuation que l'angle d'incidence, malgré la différence dans l'angle d'incidence du tissu N° 1 avec un angle de 37,75° et un angle de 51,75° dans le tissu N° 4, ce dernier a des vitesses de vent supérieures aux vitesses du tissu N° 1 traditionnel.

6.3.4.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :



Graph 6.20 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).

Les résultats de comparaison de la variation de la Tmrt sont présentés dans le graphique 6.20, qui nous montre une parfaite superposition des courbes de la Tmrt des tissus N° 2, 3 et 4 réglementés, la Tmrt dans ces tissus est en augmentation progressive au fil du temps avec une valeur maximale de 89°C à 16h, et une légère diminution à 17h. la petite différence dans le rapport H/W et le SVF entre ces tissus est à l'origine de

cette superposition des courbes de la T_{mrt} , par contre que l'augmentation continue est justifier par l'exposition continue des rues au rayonnement à onde courte (Directe, diffus et réfléchi) reçu par les façades et sol, plus l'absorption du rayonnement à onde longue venant de l'atmosphère et réfléchi par les façades et sol, les valeurs sont toujours surestimés par le modèle ENVI-met vue l'absence du stockage thermique, ce

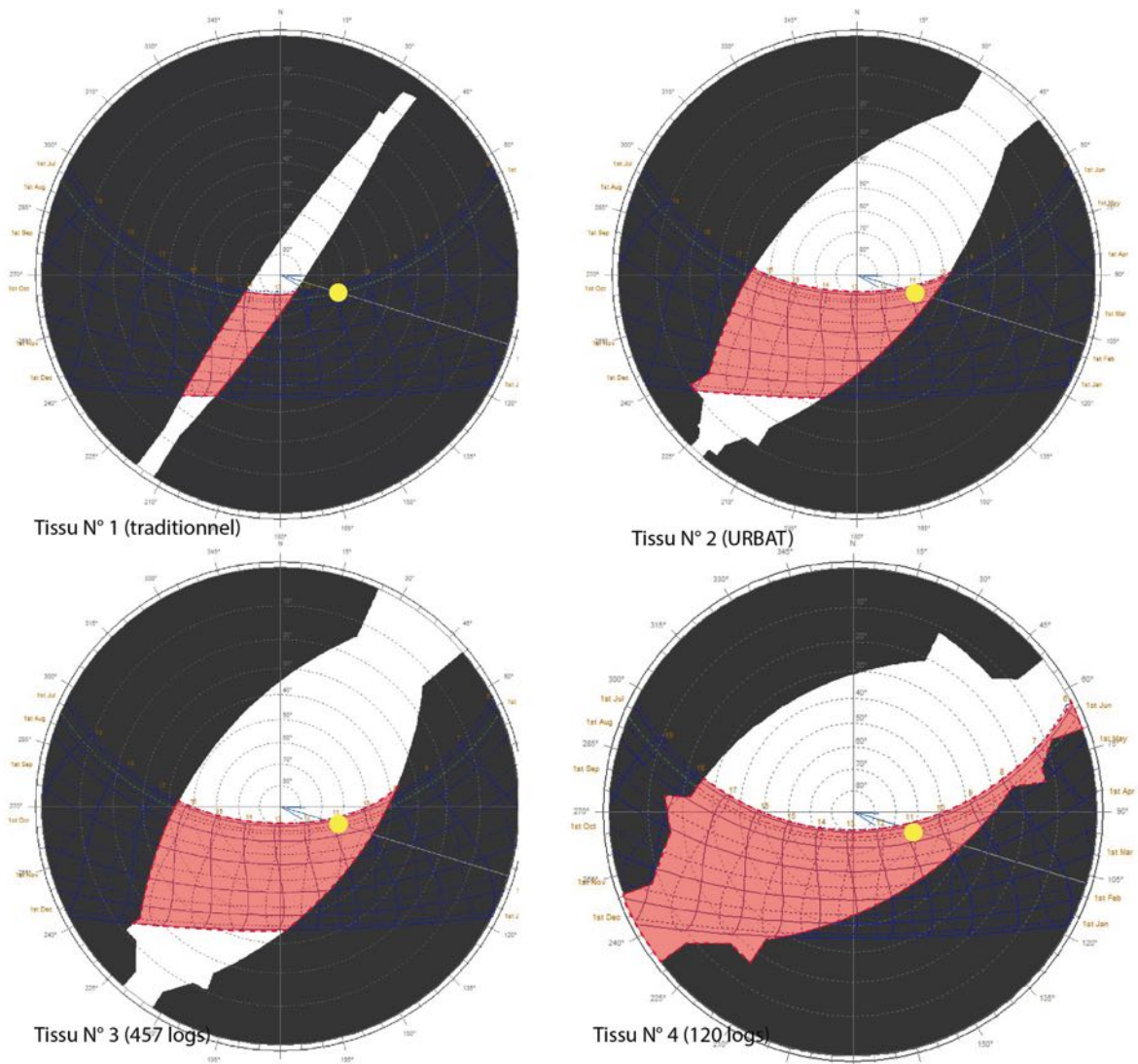


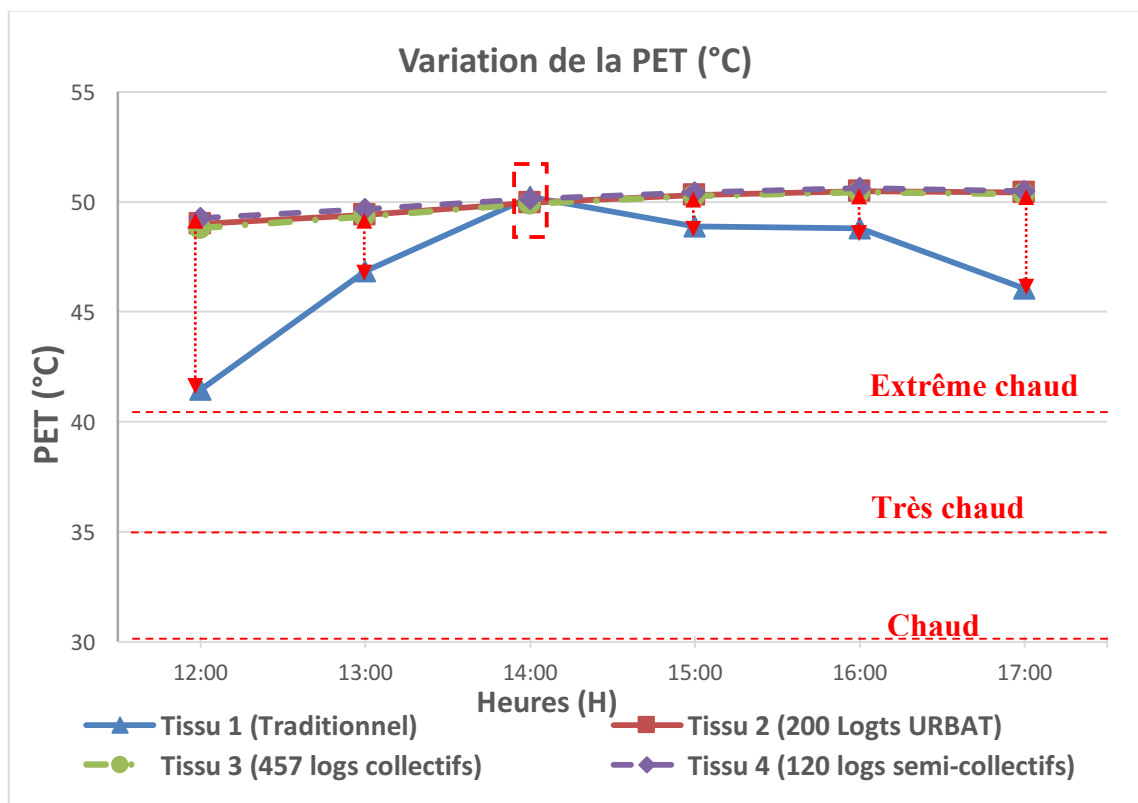
Figure 6.9 : Série N°4 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).

Dans l'autre côté, le tissu N°1 traditionnel développe une courbe totalement différente des tissus réglementés avec des écarts importants, dont le premier est à 12h $\Delta T_{mrt} = 22^{\circ}\text{C}$, puis il diminue jusqu'à 14h avec une valeur minimale de $\Delta T_{mrt} = 5,7^{\circ}\text{C}$. Cette diminution de l'écart entre le tissu N° 1 doté d'un rapport H/W élevé et les autres tissus à H/W bas, trouve son explication dans la pénétration d'une grande énergie qui a augmenté le bilan radiatif exprimé par la T_{mrt} . A partir de 13h le rayonnement à onde

courte et longue commence à franchir les parois de la rue jusqu'à 14h, la nouvelle augmentation de l'écart après 14h est dû à l'interception du rayonnement à onde courte par l'ombre portée du rapport H/W élevé, à 17h l'écart est maximal $\Delta T_{mrt} = 31,89^{\circ}\text{C}$ car la rue est totalement masquée d'ombre et bien protégée des gains en terme de rayonnement à onde courte, la diminution du SVF diminue aussi le gain du rayonnement à onde longue dans la rue.

6.3.4.5 Comparaison de la variation de PET :

Le graphe ci-dessous décrit la situation de l'environnement thermique évalué par l'indice du PET à base de balance énergétique du corps humain, jusqu'à cette série aucun tissu n'a atteint un degré du confort thermique selon la classification du PET, tous les tissus ont une situation d'extrême chaude. Cette situation d'inconfort thermique n'empêche pas qu'il y'a des écarts importants à discuter dans le présent graphe.



Graphe 6.21 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 4 (Source : Auteur).

On remarque deux tendances de variation dans les valeurs du PET dans les quatre tissus simulés. La première tendance est présente dans la courbe du tissu N° 1 traditionnel, à midi le tissu marque une valeur minimale de 41,45°C, cette valeur

augmente avec le temps jusqu'à 14h où la PET devient maximale 50,21°C, puis elle descend progressivement jusqu'à 17h avec une valeur de 46,09°C. La courbe de la PET, dans le tissu N°1 traditionnel, est très influencée par la courbe de la Tmrt, cette grande influence explique bien la tendance de variation de la PET, de midi à 14h l'augmentation de la PET est le résultat de la pénétration du rayonnement à onde courte, ainsi le pic à 14h est causé par la grande durée d'exposition à ce rayonnement à onde courte qui transporte l'essentiel de la chaleur, puis la diminution est dû à l'effet de l'ombre par l'interception du même rayonnement avec l'absorption du rayonnement à onde longue par le SVF. Avec les vitesses basses du vent, la Tmrt domine l'influence sur la sensation thermique plus que la température de l'air, alors que l'humidité accentue le stress thermique avec ces valeurs très basses.

La deuxième tendance est présentée dans les courbes des tissus N° 2, 3 et 4 réglementés, on remarque une superposition parfaite des trois courbes avec une augmentation continue de midi à 17h, cette tendance s'explique par l'exposition continue au rayonnement à onde longue et courte reçu par les façades et sol de la rue dû au rapport H/W très bas et un SVF plus élevé.

L'écart entre le tissu N° 1 d'un côté et les tissus N° 2, 3 et 4 de l'autre côté, traduit l'atténuation du stress thermique offert par l'effet de l'ombrage généré par un rapport H/W élevé, à midi l'écart est plus grand $\Delta PET = 7,5^\circ C$ vu que la rue dans le tissu traditionnel n'a encore reçu aucun rayonnement à onde courte (directe, diffus, réfléchi) puis il diminue jusqu'à 14h là où il devient négatif $\Delta PET = - 0,21^\circ C$ à cause de la pénétration des ondes courtes à la rue combinée à un rapport H/W élevé et une vitesse de vent basse, un piégeage de rayonnement augmente la Tmrt et par conséquent la PET, après 14h, l'écart reprend une nouvelle augmentation causée par l'ombre généré une nouvelle fois dans la rue, ce qui diminue la Tmrt, et le gain en termes de chaleur, les valeurs du PET restent surestimées grâce à la surestimation de la Tmrt par ENVI-met.

On remarque une bonne atténuation de la stratégie de l'ombre dans la rue avec un rapport H/W élevé avant la pénétration du rayonnement solaire, mais une fois le rayonnement à onde courte pénètre un problème de piégeage thermique se pose, ce qui est bien apparent dans la différence de l'écart entre midi et 17h.

6.3.5 Série N° 5 de la variation de l'orientation :

Dans la série N° 5, la comparaison est selon l'indicateur de l'orientation, dans ce sens deux orientations différentes sont choisies. La première est NO-SE dans le tissu N° 1 traditionnel et la deuxième est NE-SO dans le tissu N° 2 réglementé, avec le même rapport H/W et le même SVF. Les points choisis sont dans la rive droite et gauche dans les deux rues représentant le passage des piétons, le tableau 6.7 résume les indicateurs morpho-physiques de chaque point.

Série N° 5 de variation de l'orientation NOSE et NESO :

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 Droite (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 1 Gauche (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 2 Droite (200 Logts URBAT- Bas compacte)	Tissu 2 Gauche (200 Logts URBAT- Bas compacte)
	Orientation	NOSE	NOSE	NESO	NESO
	SVF	0,28	0,28	0,33	0,33
	Rapport H/W	1,02	1,02	1,00	1,00

Tableau 6.7 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 5 (Source : Auteur).

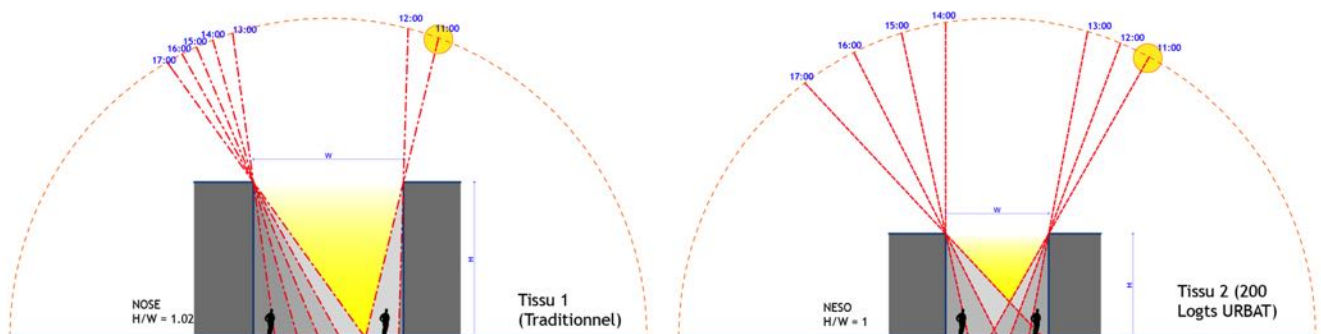
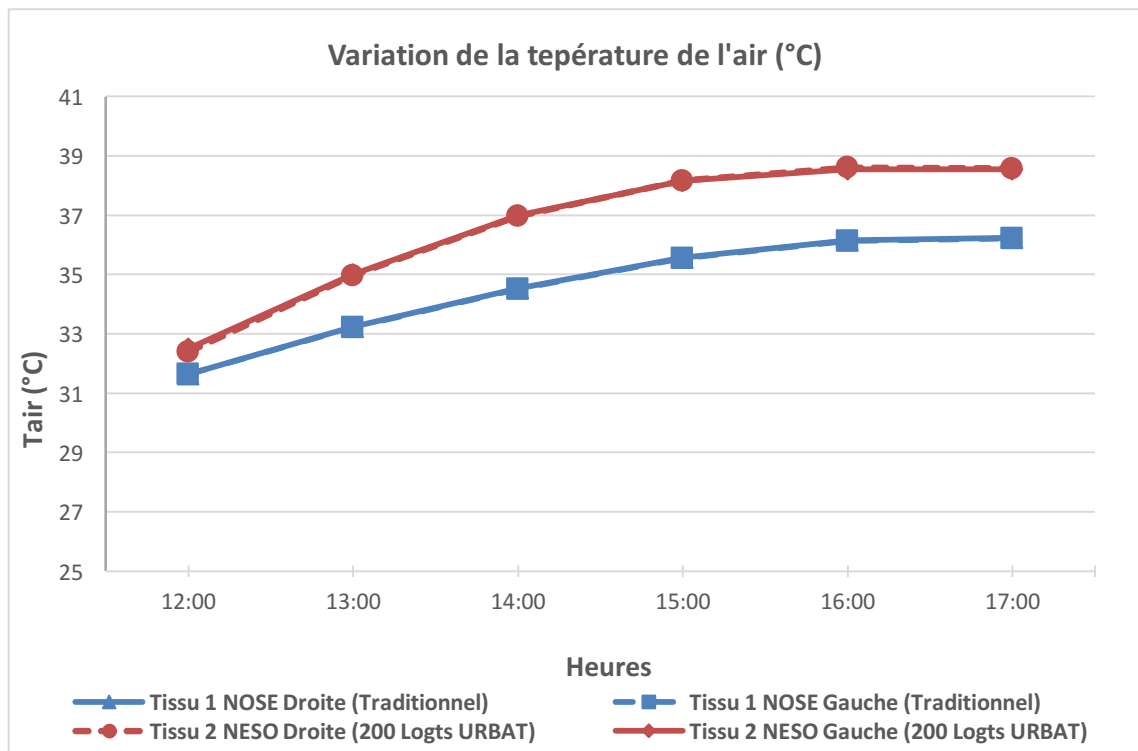


Figure 6.10 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 5 (Source : Auteur).

6.3.5.1 Comparaison de la variation de la température de l'air :

Le graphe 6.22 présente l'évolution diurne de la température de l'air dans deux tissus ayant le même rapport H/W et deux orientations différentes (Tissu N° 1 orienté NO-SE, tissu N° 2 orienté NE-SO). Les deux rives de la rue sont comparées en même temps, on remarque une superposition parfaite de la courbe de la rive droite et gauche dans les deux rues, une augmentation progressive dans le temps, avec des valeurs minimales à midi de $T_{air}=31,63^{\circ}C$ pour le tissu N° 1 traditionnel et $32,50^{\circ}C$ pour le tissu N° 2, les valeurs maximales sont enregistrées à 17h $T_{air}=36,25^{\circ}C$ pour le tissu N° 1 et $38,54^{\circ}C$ pour le tissu N° 2. Cette augmentation de la température de l'air

est causée par l'augmentation de la chaleur sensible formée dans les rues par effet de convection libre entre les surfaces chauffées par l'exposition continue au rayonnement solaire à onde courte et longue et l'air proche de ces surfaces.



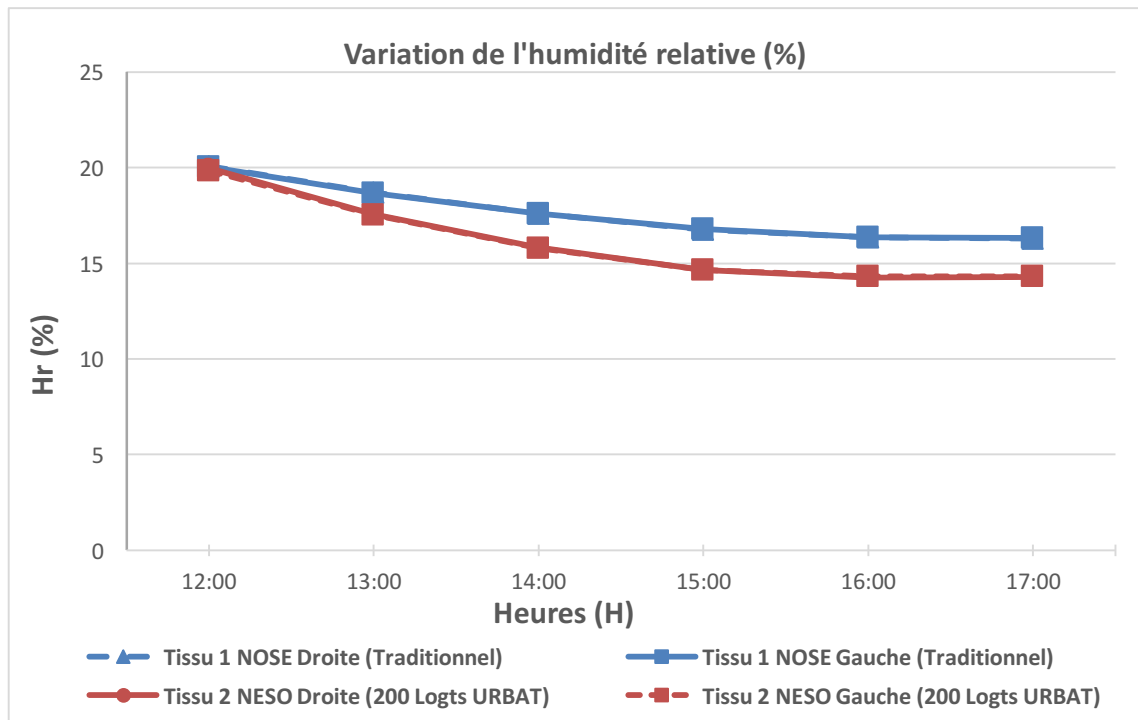
Graph 6.22 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).

On note un écart entre ces deux orientations de 0,86°C à midi, à 15h l'écart est maximale avec une valeur de $\Delta T_{air} = 2,59^{\circ}C$. Puis, il diminue légèrement vers 17h $\Delta T_{air} = 2,29^{\circ}C$. L'écart est probablement dû à la consommation d'une partie de la chaleur sous une forme de chaleur latente d'évaporation de la masse d'eau existante dans le sol naturel du tissu traditionnel. L'effet de l'orientation réside dans l'ombre généré au cours des heures de l'après-midi sur les deux rives droite et gauche de la rue, l'ombre affecte indirectement la température de l'air, c'est pour cette raison que l'effet de l'orientation n'est pas vraiment perceptible dans la variation de la température de l'air.

6.3.5.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :

Le graphique ci-dessous nous montre l'évolution de l'humidité relative dans un cycle diurne. Encore une superposition parfaite entre les rives droite et gauche dans les deux rues, l'humidité relative a tendance à diminuer de midi jusqu'à 17h fin de simulation, l'air est sec dans les deux rues soit le tissu N° 1 et N° 2, avec des valeurs

maximales de 20,06% et 19,83% respectivement, les valeurs minimales de 16,30% et 14,32% respectivement sont à 17h. L'évaporation de la masse d'eau contenue dans les surfaces des rues est à l'origine de la diminution. L'écart noté entre ces deux orientations est très petit à midi voir même négligeable de 0,23%, mais il augmente avec le temps jusqu'à 2% vers 17h, cette augmentation est causée par l'existence d'une source d'humidité dans le tissu N° 1 traditionnel. L'effet du changement de l'orientation est très minime sur l'écart de l'humidité relative.



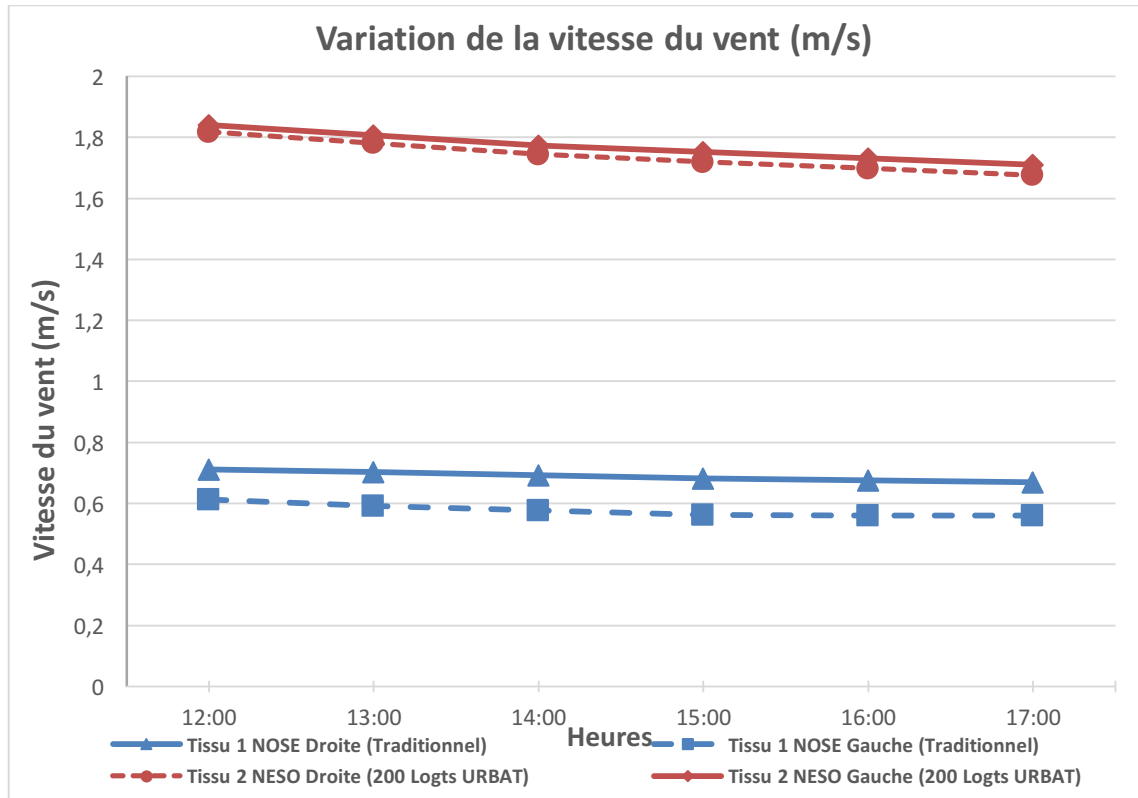
Graph 6.23 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).

6.3.5.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :

L'évolution du régime des vents dans les deux orientations NO-SE et NE-SO est présenté par le graphe 2.24. Le vent dans les deux orientations souffle avec deux vitesses distinctes, la première est élevée de 1,76m/s dans le tissu N° 2 orienté NE-SO dans la rive gauche avec un écart presque négligeable avec la rive droite ; et la deuxième, est basse de 0,68 m/s dans le tissu N° 1 orienté NO-SE dans la rive droite avec une différence minime de 0,11 m/s. La vitesse du vent dans le tissu N° 1 est presque stable, elle ne change pas d'une manière considérable avec le temps. Par contre, on remarque une légère diminution dans la vitesse du vent de midi à 17h qui ne peut pas être un vrai changement dans le régime du vent.

Le plus remarquable entre les deux tissus à orientation différente c'est l'écart le plus important qui varie entre 1,12m/s à 1,04 m/s entre midi et 17h, cette écart

témoigne d'une mauvaise ventilation de la rue dans le tissu N° 1 à orientation NO-SE, contre une bonne ventilation urbaine de la rue du tissu N° 2 orienté NE-SO, l'écart dans ce cas présente l'atténuation dû au changement de l'orientation, car l'orientation influe sur l'angle d'incidence du vent qui est responsable sur le facteur d'atténuation du vent.

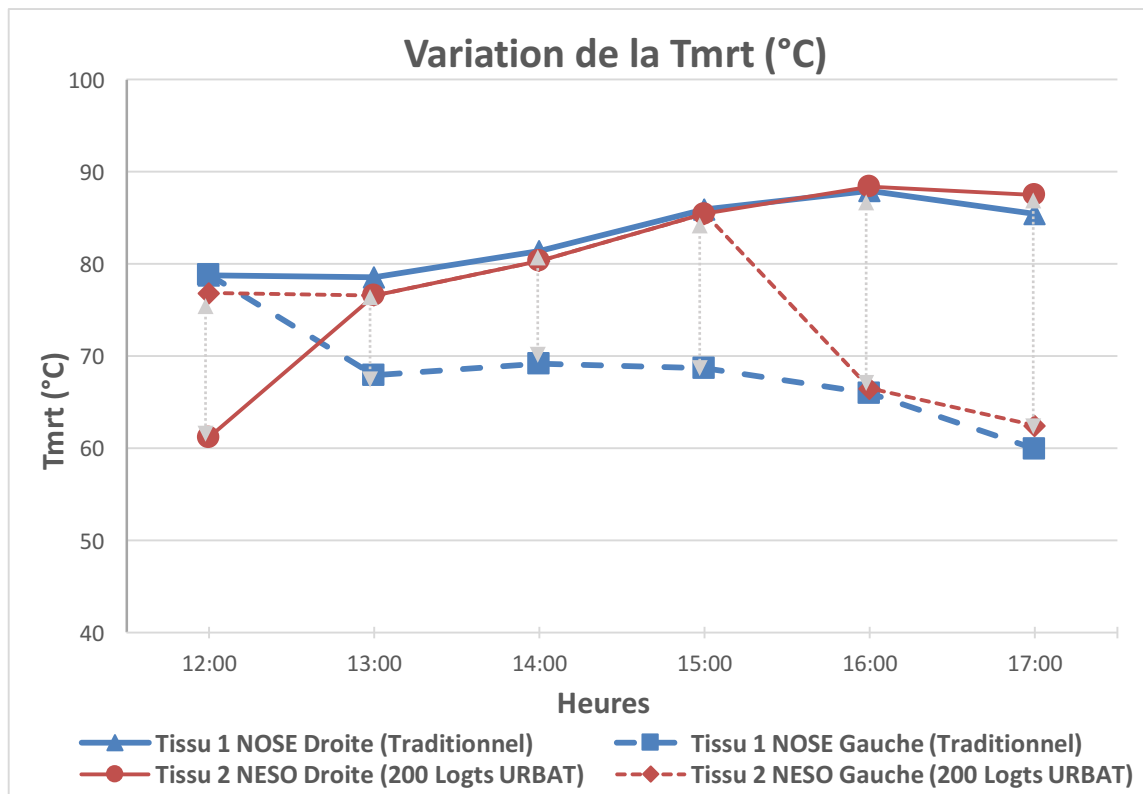


Graph 6.24 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).

Le tissu N° 1 orienté NO-SE a un angle d'incidence très élevé de $62,89^\circ$ par rapport à l'axe de la rue, ce qui implique une diminution des vitesses du vent, alors que dans le tissu N° 2 orienté NE-SO l'angle d'incidence du vent est de $41,6^\circ$ par rapport à l'axe de la rue, un autre paramètre s'ajoute à l'angle d'incidence est celui de la sinuosité de la rue qui augmente aussi le facteur d'atténuation de la vitesse du vent. La rue dans le tissu N° 1 a un caractère plus sinueux que la rue dans le tissu N° 2 ce qui justifie encore l'écart entre les deux tissus. Dans la variation de la vitesse du vent, le changement de l'orientation est un paramètre clé qui influe la ventilation de la rue contrôlée par l'influence sur l'angle d'incidence du vent. Le choix de l'orientation dans ce cas dépend plus du sens dominant de l'écoulement du vent.

6.3.5.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :

La température moyenne radiante (Tmrt) résume tous les types de rayonnement en un seul paramètre microclimatique variable spatialement et temporellement, elle est aussi fortement influencée par le rapport H/W et le SVF, dans cette série ces deux indicateurs sont considérés comme fixes, le seul paramètre changeable est l'orientation de l'axe de la rue.



Graph 6.25 : Variation diurne de la température moyenne radiante (Tmrt) dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).

Le graphique ci-dessus résume l'évolution diurne de la Tmrt dans le tissu N° 1 et N° 2 avec deux orientations différentes NO-SE et NE-SO respectivement et dans les deux rives de la rue (droite et gauche). La Tmrt évolue de manière différente dans les deux rives de la même rue. Faisons la comparaison entre les deux orientations, la rive gauche de la rue du tissu N° 1 présente les valeurs les plus basses à partir de 13h jusqu'à 17h, notons que l'écart à partir de 13h entre la rive gauche du tissu N°1 et celle du tissu N° 2 est de $\Delta T_{mrt} = 8^{\circ}\text{C}$, le maximum de cet écart est à 15h avec $\Delta T_{mrt} = 16,74^{\circ}\text{C}$ puis il diminue rapidement jusqu'à 17h, avec $\Delta T_{mrt} = 2,48^{\circ}\text{C}$. Ces variations sont expliquées par l'effet de l'orientation sur l'interception du rayonnement à onde courte par la génération de l'ombre portée sur la rue, la rive gauche du tissu N° 1 commence à être

masquée à partir de 13h en revanche la rive gauche dans le tissu N° 2 ne reçoit l'ombre qu'à 16h, ce qui engendre une grande réception du rayonnement solaire (Figure 6.11).

Dans la rive droite des tissus N° 1 et 2 avec deux orientations différentes NO-SE et NE-SO respectivement, la seule différence est à midi avec un écart important de 17,56°C, à partir de 13h les deux tissus N° 1 et 2 développent presque la même courbe de l'évolution de la T_{mrt} avec un écart qui ne dépasse pas 2°C à 17h, cette situation est dû à au changement de l'orientation sur la rive droite de la rue dans les deux tissus par la création de l'ombre qui intercepte l'essentiel du rayonnement à onde courte, le seul effet de l'orientation sur la T_{mrt} était à midi pour le reste du cycle les deux orientations sont presque similaires en termes de bilan radiatif.

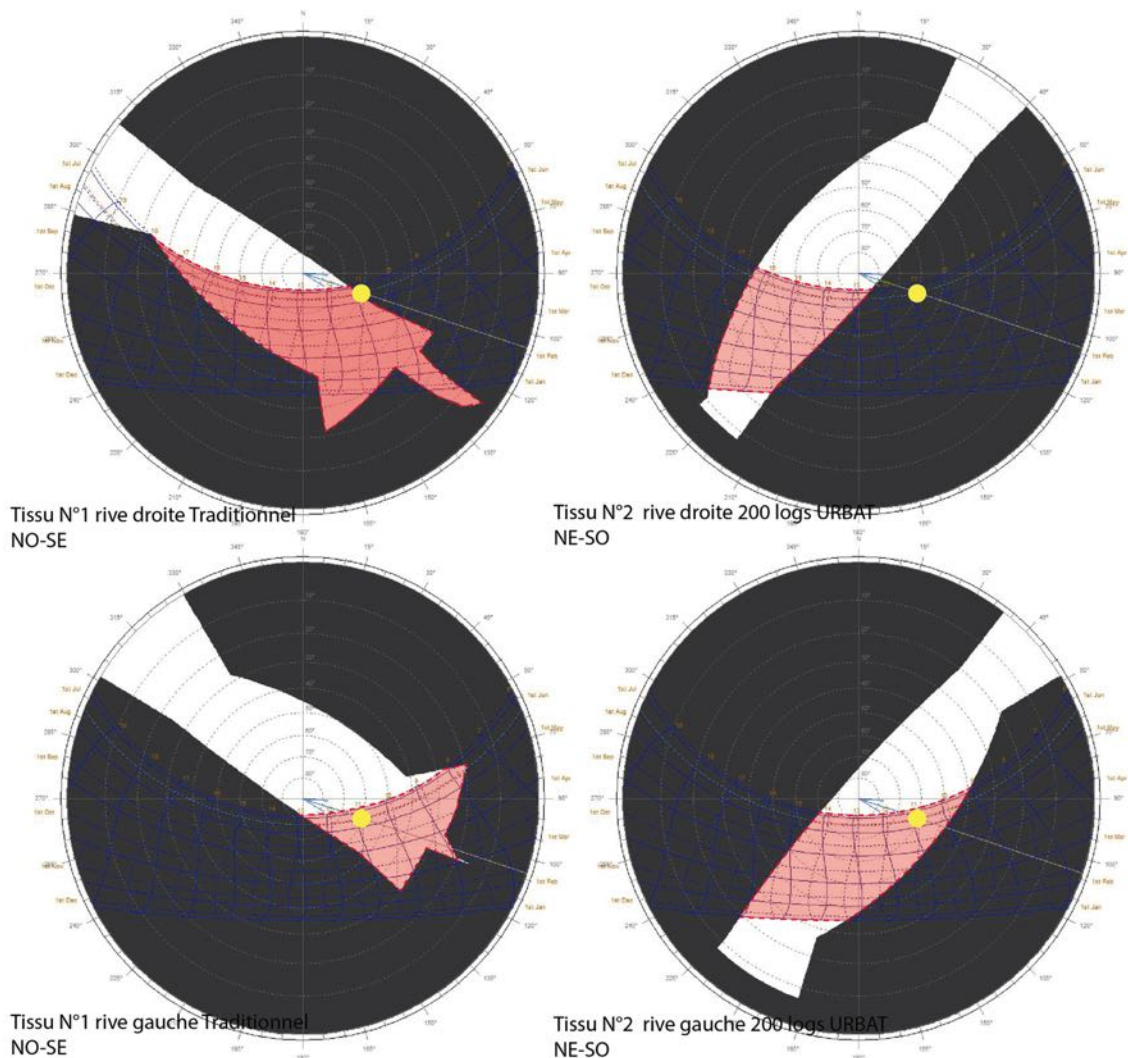
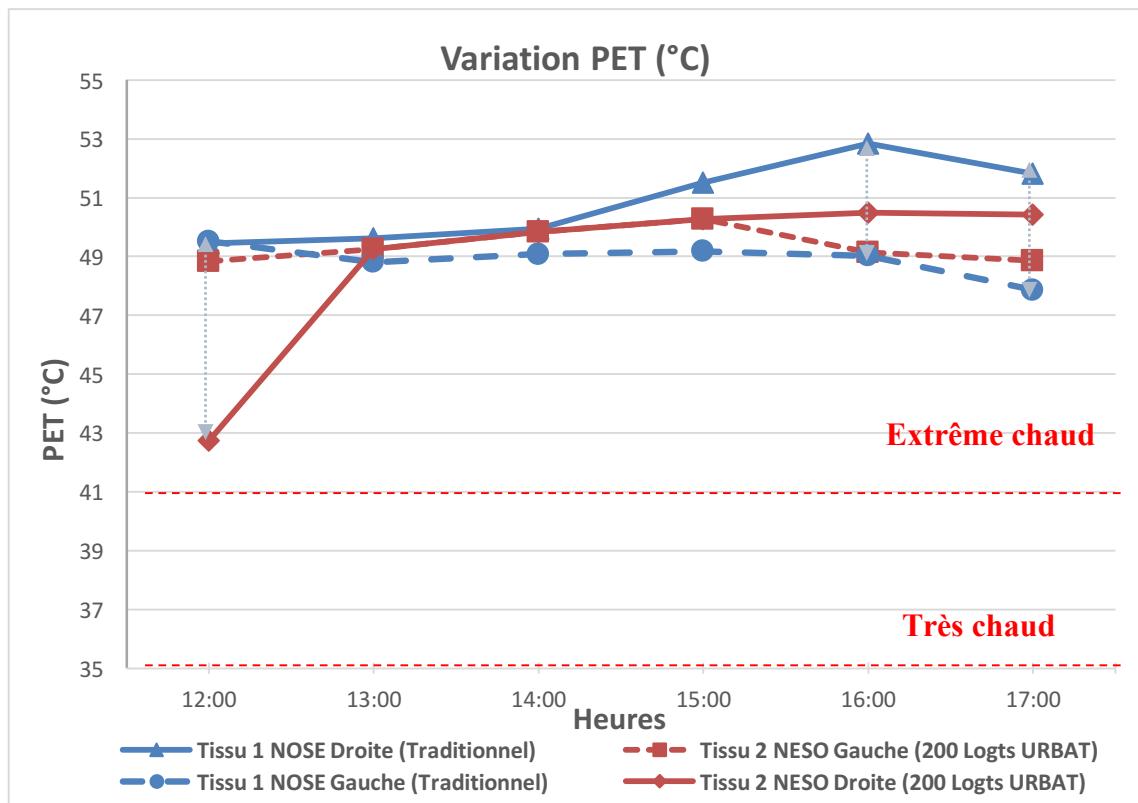


Figure 6.11: Série N°5 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).

6.3.5.5 Comparaison de la variation de PET :



Graph 6.26 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 5 (Source : Auteur).

La sensation thermique dans les tissus N° 1 et N° 2 est présentée dans le graphe 6.26. Selon les valeurs de la PET, les deux rives de la rue dans le tissu N° 1 et N° 2 ayant deux orientations différentes sont dans une situation d'extrême chaud avec un grand stress thermique. La PET dans la rive droite de la rue du tissu N° 1 NO-SE augmente au fil du temps la valeur minimale est à 12h PET=49,43°C et le pic de 52,83°C est marqué à 16h suivi d'une diminution de 1°C à 17h PET=51,81°C. L'évolution de la PET dans la même rive de la rue du tissu N° 2 orienté NE-SO augmente de midi avec une valeur minimale de PET=42,74°C jusqu'à 17h avec une valeur maximale de PET=50,43°C, l'écart le plus remarquable est à midi avec $\Delta PET=6,69^\circ C$ puis il diminue rapidement avec le temps jusqu'à 16h où il augmente légèrement à $\Delta PET=2,35^\circ C$. L'écart dans l'indice du confort thermique entre les deux rives ayant des orientations différentes, est causé par la différence dans les valeurs de la T_{mrt} qui est fortement influencée par la stratégie de l'ombre, la différence dans la PET est aussi influencée par la vitesse du vent qui a atténué la PET malgré le grand rapprochement dans les valeurs de la T_{mrt} entre les deux rives dans les deux tissus

N°1 et N° 2, l'effet de la température de l'air sur la sensation thermique est plus prononcé avec des vitesses de vent plus élevées, ce qui n'est pas le cas dans cette série de comparaison.

La graphie 6.26 montre aussi la comparaison entre la rive gauche de la rue dans les deux tissus N° 1 orienté NO-SE et N° 2 orienté NE-SO, on observe que les deux rives développent des courbes de la PET similaires aux courbes de la Tmrt, l'écart de la PET entre ces deux orientations dans la même rive gauche ne dépasse pas $\Delta PET = 1^\circ C$ à 15h comme valeur maximale, cet écart est dû à la différence de la Tmrt, mais aussi les valeurs minimales de l'écart sont causées par l'effet de la différence dans la vitesse du vent entre les deux orientations vu la grande différence dans les valeurs de la Tmrt surtout dans l'écart après-midi jusqu'à 16h. La rive gauche dans le tissu N° 1 présente une bonne atténuation dans la sensation thermique que la rive droite suivant l'orientation NO-SE, par contre les deux rives suivant l'orientation NE-SO ont la même situation thermique, sauf à midi.

6.3.6 Série N° 6 de la variation de l'orientation :

Une autre comparaison selon l'indicateur de l'orientation est faite dans la série N° 6, les points choisis dans le tissu N° 1 traditionnel avec une rue orientée NE-SO représentent la rive droite et gauche, les points dans le tissu N° 4 réglementé avec une rue orientée NO-SE représentent aussi les deux extrêmes rives de la rue. Les points choisis ont le même rapport H/W et le même SVF, le tableau 6.8 indique les indicateurs morpho-physiques de chaque point.

Série N° 6 de variation de l'orientation NOSE et NESO :

Indicateurs morpho-physiques	Types de tissus	Tissu 1 Droite (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 1 Gauche (Tissu traditionnel - compacte)	Tissu 4 Droite (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)	Tissu 4 Gauche (120 logs semi-collectifs - Bas ouvert)
	Orientation	NESO	NESO	NOSE	NOSE
	SVF	0,35	0,34	0,34	0,34
	Rapport H/W	0,82	0,82	0,82	0,82

Tableau 6.8 : Indicateurs morpho-physiques des rues comparées série 6 (Source : Auteur).

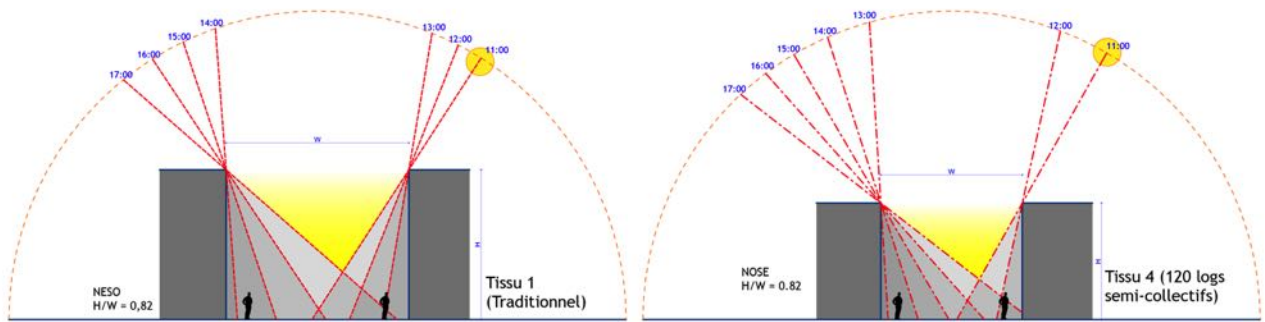
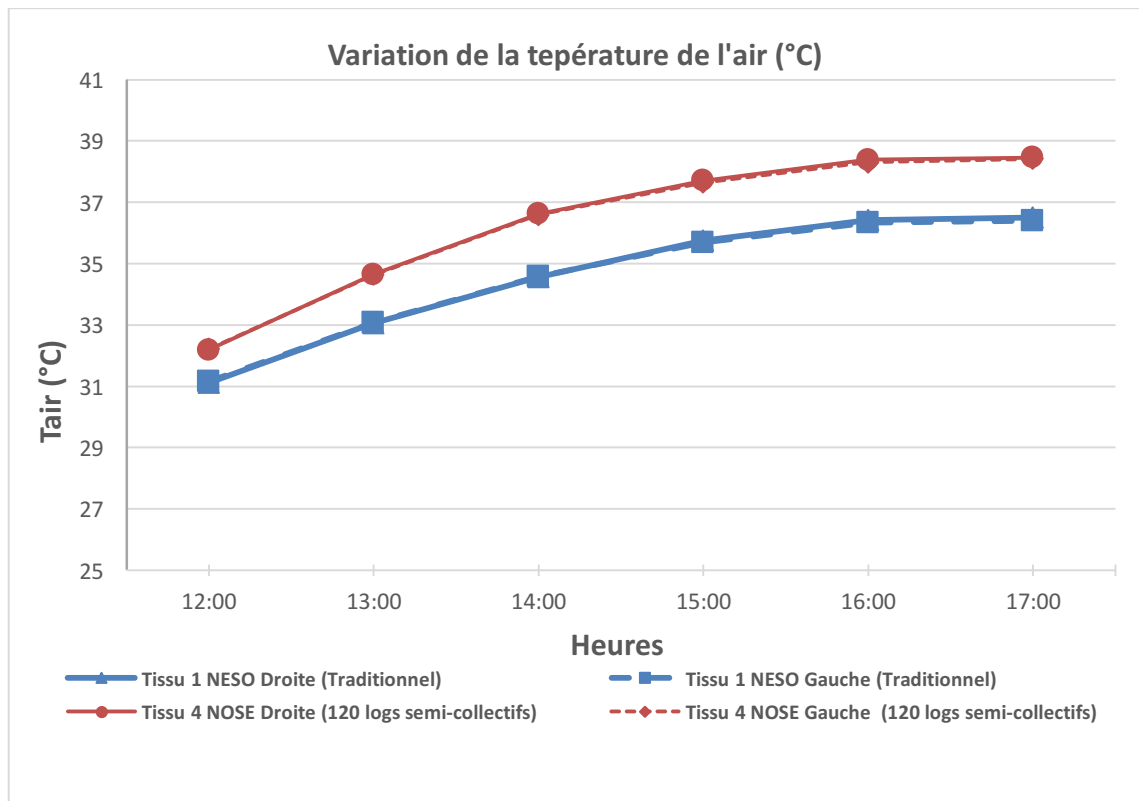


Figure 6.12 : Profils sur les rues dans les différents tissus série 6 (Source : Auteur).

6.3.6.1 Comparaison de la variation de la température de l'air :

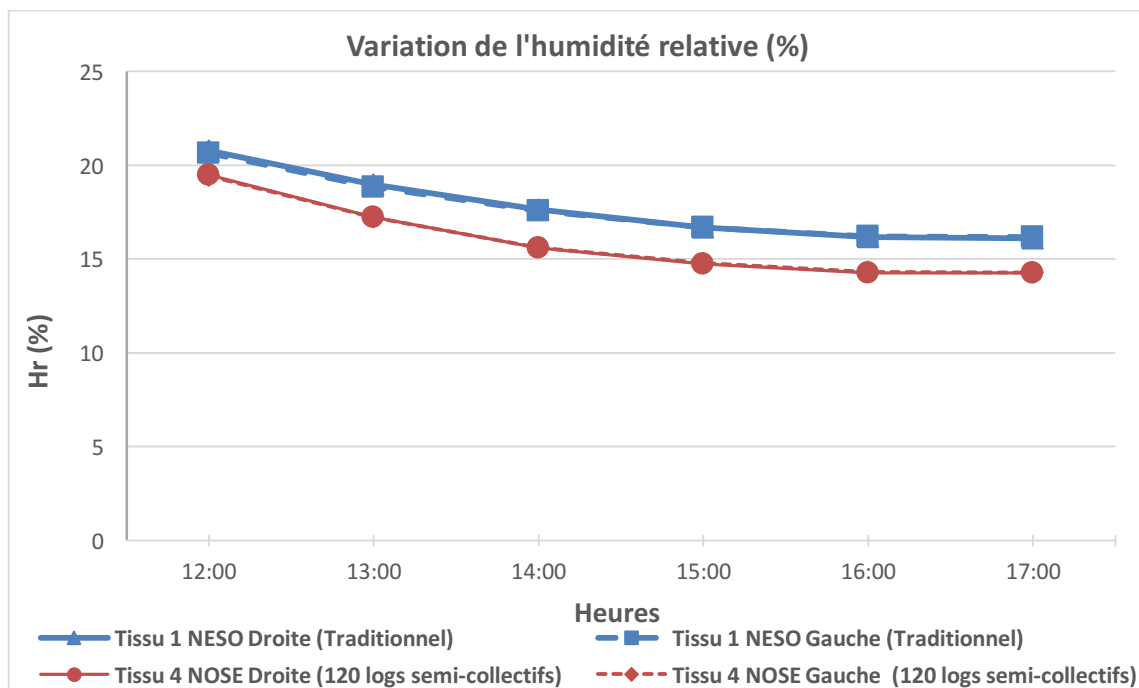


Graph 6.27 : Variation diurne de la température de l'air dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).

De manière semblable à la série N° 5, les courbes de variation de la température de l'air présentées dans le graphe 6.27, augmentent progressivement dans le temps, les rives droite et gauche dans le tissu N° 1 d'une orientation NE-SO ont des courbes parfaitement superposées, possédant l'air le moins chaud durant tout l'intervalle de simulation, le minimum enregistré dans la température de l'air est à midi $T_{air}=31,12^{\circ}\text{C}$, puis elles continuent à augmenter jusqu'à 17h avec une valeur maximale de $36,49^{\circ}\text{C}$, les deux rives droite et gauche du tissu N° 4 orienté NO-SE ont l'air le plus chaud. Dans cette comparaison avec une ressemblance parfaite entre les courbes de

l'évolution de la T_{air} , avec une valeur minimale à midi de $T_{air}=32,19^{\circ}C$, la température continue son augmentation avec le temps jusqu'à atteindre une valeur maximale de $T_{air}=38,46^{\circ}C$ à 17h. L'augmentation dans les deux orientations de la température de l'air est dû à la formation de flux de chaleur sensible par effet de convection libre entre surfaces chauffées et air libre, l'écart entre les deux orientations NE-SO et NO-SE, varie de $\Delta T_{air}=1,06^{\circ}C$ à midi en augmentant dans le temps à $\Delta T_{air}=2^{\circ}C$ vers 17h. L'écart est plus influencé par l'humidité relative que le changement de l'orientation car la même quantité de rayonnement à onde courte est presque reçue selon les deux orientations, ce qui confirme le résultat de Ali-Toudert en 2007 que la température de l'air semble être plus sensible au rapport H/W qu'à l'orientation.

6.3.6.2 Comparaison de la variation de l'humidité relative :

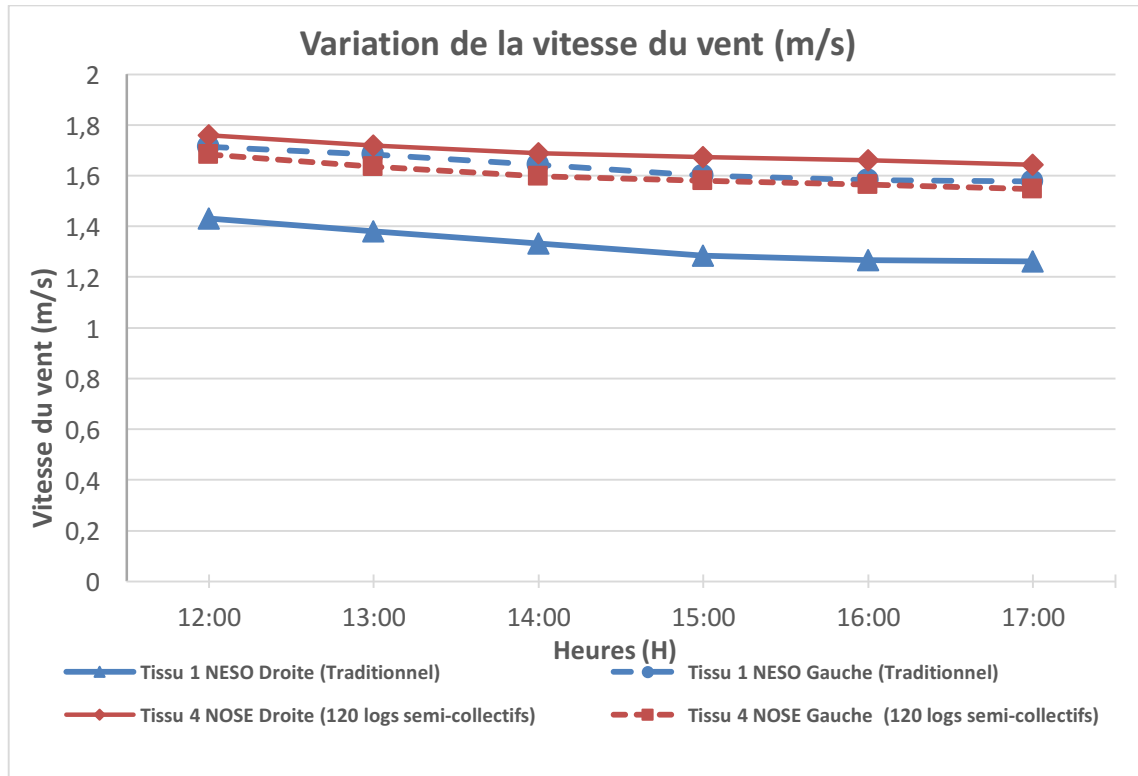


Graph 6.28 : Variation diurne de l'humidité relative dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).

Dans le graphique 6.28, on observe la variation de l'humidité relative dans deux orientations différentes, à savoir NE-SO dans le tissu N° 1 et NO-SE dans le tissu N° 4. Le tissu N° 1 possède le taux de l'humidité le plus élevé dans les deux à la fois avec une diminution dans le temps pour avoir des valeurs basses à 17h, en revanche le tissu N° 4 dans ces deux rives a un écart par rapport au tissu N°1, qui varie de 1,25% à midi et augmente légèrement le long de la simulation avec un maximum d'écart de 2% à 15h, l'existence du sol naturel est à l'origine de cet écart minime, ainsi la distribution de l'humidité est presque uniforme entre la rive droite et gauche dans chaque orientation,

ce qui confirme l'effet secondaire du changement de l'orientation sur l'échange de la masse d'eau dans les deux tissus.

6.3.6.3 Comparaison de la variation de la vitesse du vent :

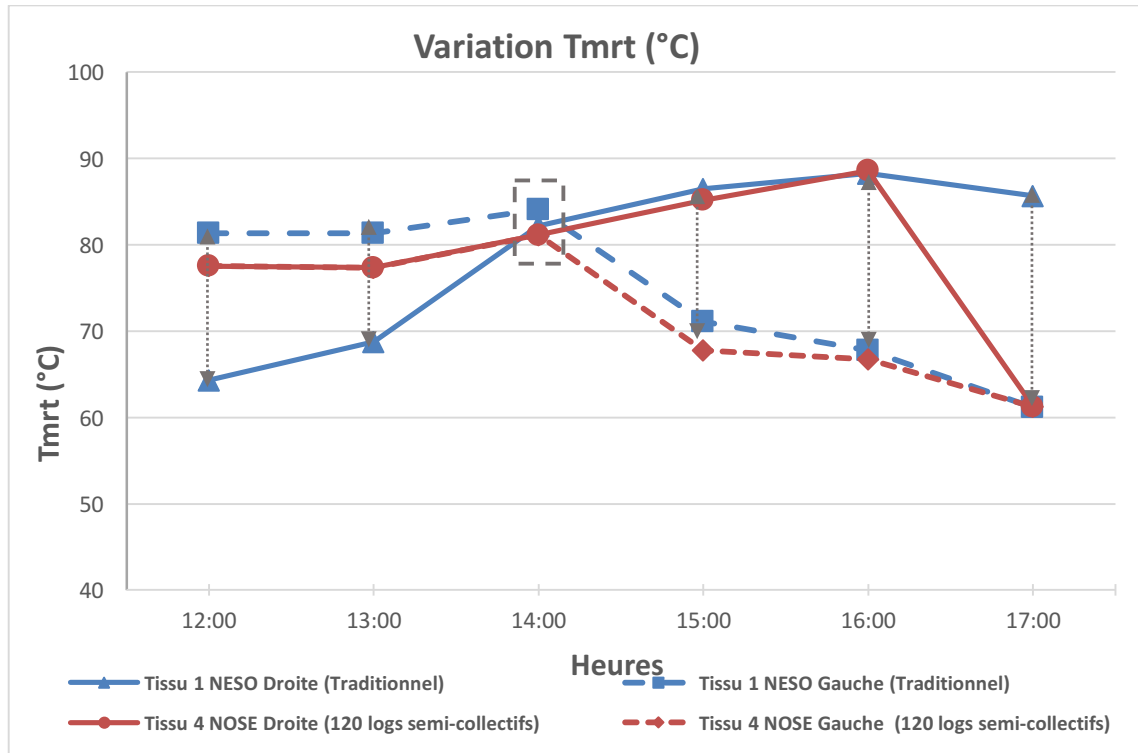


Graph 6.29 : Variation diurne de la vitesse du vent dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).

Le graphe 6.29 indique à la fois une variation temporelle et spatiale de la vitesse du vent dans deux tissus et orientations différentes NE-SO pour le tissu N° 1 et NO-SE pour le tissu N° 4. Dans le tissu N° 1, le changement temporel dans la vitesse du vent est très petit, spatialement la différence commence à apparaître avec un écart de 0,31 m/s, cette différence spatiale dans le régime du vent est dû à la formation de pression à l'entrée de la rue qui se concentre sur la rive gauche plutôt que la rive droite. Dans le tissu N° 4, la pression à l'entrée de la rue est presque uniforme ce qui engendre un écart spatiale minimum de 0,08 m/s. La différence dans la vitesse du vent entre le tissu N° 1 et N° 4 est très petite par rapport à la rive gauche que la rive droite du tissu N° 1. Le rapprochement dans les valeurs de la vitesse du vent dans les deux orientations différentes est dû au rapprochement dans les angles d'incidence du vent dans les deux rues, à savoir un angle d'incidence de 28,29° pour le tissu N° 1 et de 38,25° pour le tissu N° 4, la diminution de la vitesse du vent du tissu N° 1 en comparaison au tissu N°2

est justifiée par le degré de sinuosité qui caractérise la rue dans le tissu N° 1 traditionnel, ce qui augmente légèrement le facteur d'atténuation du vent.

6.3.6.4 Comparaison de la variation de la Tmrt :



Graph 6.30 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).

La variation diurne de la Tmrt dans le tissu N° 1 et N° 4 ayant deux orientations différentes (NE-SO et NO-SE respectivement) et dans les deux rives de la rue est présentée dans le graphique 6.30. La Tmrt évolue d'une manière inverse dans la rive droite et gauche du tissu N° 1, elle augmente dans la rive droite de midi à 17h avec un pic de Tmrt=88,25°C à 16h, dans la rive gauche elle diminue de midi à 14h avec un pic de Tmrt=84,07°C et une valeur minimale de Tmrt=61,18°C à 17h, l'écart à midi est important entre les deux rives $\Delta Tmrt = 17^{\circ}C$ avec des valeurs élevées pour la rive gauche à 14h l'écart est vraiment minime $\Delta Tmrt = 1,9^{\circ}C$, après 14h l'écart augmente rapidement, entre les deux rives avec une supériorité de la rive droite à 17h l'écart atteint son maximum $\Delta Tmrt = 24,45^{\circ}C$. L'importance de l'écart et son inversion après 14h est causée par le changement du positionnement du soleil qui a un impact direct sur le rayonnement à onde courte par l'effet de l'ombre porté sur les deux rives.

Les courbes de la Tmrt dans l'orientation NO-SE sont superposées de midi à 14h car les deux rives, et compte-tenu de la grande hauteur du soleil, sont exposées au

rayonnement à onde courte directe, ce qui augmente la valeur de la T_{mrt} , après 14h la rive gauche reçoit de l'ombre portée jusqu'à 17h ce qui crée un écart vis-à-vis la rive droite qui continue d'être exposée au rayonnement à onde courte directe, la rive droite ne reçoit l'ombre qu'à 17h ce qui diminue son écart par rapport à la rive gauche. L'effet du changement de l'orientation sur l'évolution de la T_{mrt} se résume dans la création de masque d'ombre qui intercepte le rayonnement direct à onde courte et qui affecte par conséquence les valeurs de la T_{mrt} et le bilan radiatif, de midi à 14h la rive droite de la rue orientée NE-SO est masquée, après 14h elle reste exposée au rayonnement jusqu'à 17h, la rive gauche dans la même orientation est exposée jusqu'à 14h, mais elle est protégée jusqu'à 17h, la rive droite selon l'orientation NO-SE est le cas le plus défavorable elle reste exposée jusqu'à 17h, alors que la rive gauche est plus bénéfique en terme d'atténuation de la T_{mrt} à partir de 14h seulement.

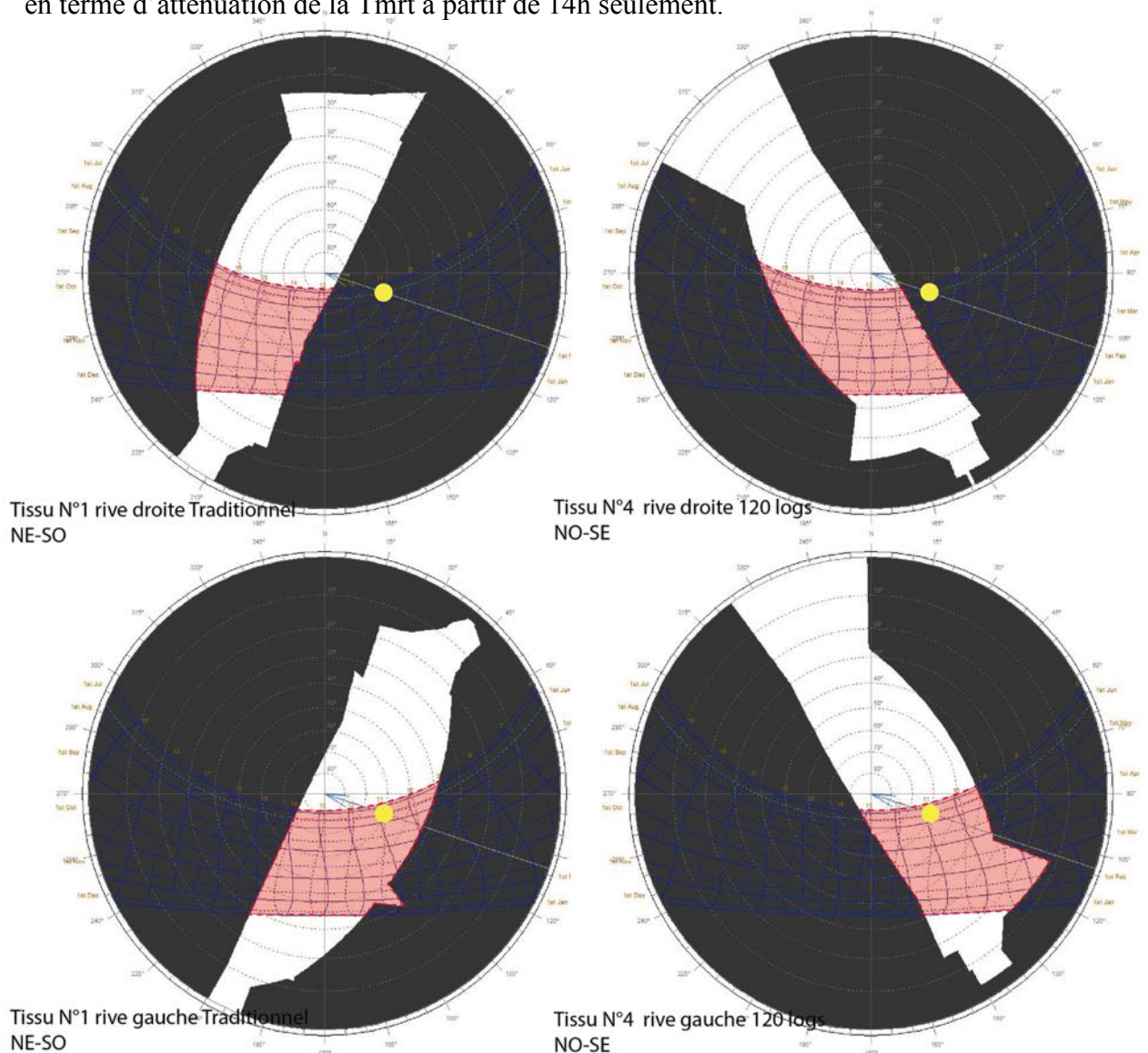
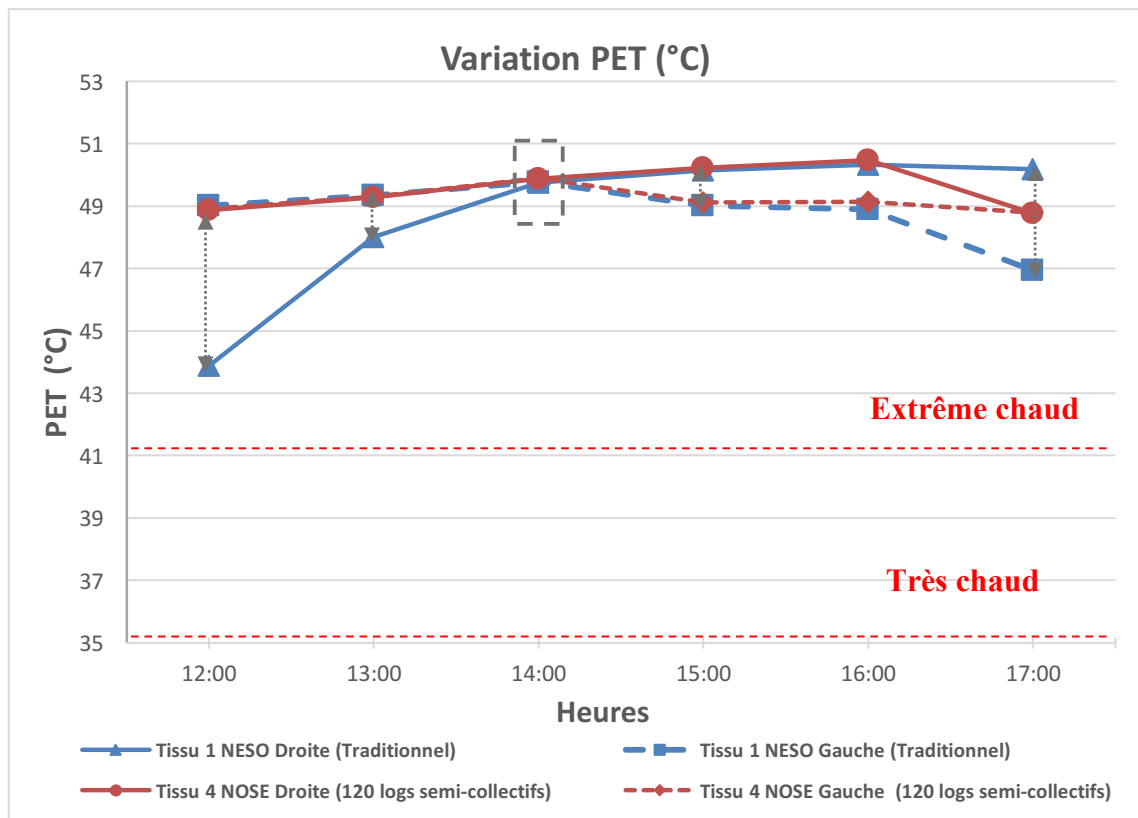


Figure 6.13 : Série N°6 accès du rayonnement solaire dans les rues des différents tissus à l'aide des images Fish-Eye obtenues par Ecotect (Source: Auteur).

6.3.6.5 Comparaison de la variation de PET :



Graph 6.31 : Variation diurne de la PET dans les différents tissus dans la journée du 26/07/2015 série 6 (Source : Auteur).

L'analyse du confort thermique extérieur de la série N° 6 de la comparaison entre deux orientations différentes dans les deux rives de la rue des tissus N° 1 et N°4 est présentée par le graphe 6.31. Les deux orientations sont dans une situation d'extrême chaud selon la classification de l'indice PET. Le confort thermique extérieur dans la rive droite de la rue du tissu N° 1 orienté NE-SO a un écart important à midi de $\Delta PET=5^{\circ}C$ par rapport à la même rive dans le tissu N° 4 NO-SE. Cet écart diminue avec le temps jusqu'à 16h, puis il augmente à nouveau vers 17h, l'ombre créée de midi à 14h a offert une bonne atténuation poussée aussi par les vitesses du vent relativement élevées dans les deux rues, la superposition des courbes de la PET de 14h à 16h est causée par l'absence de l'ombre dans cet intervalle, après 16h l'écart est dû à la génération d'ombre dans l'orientation NO-SE à partir de 16h. Le modèle de la PET est très influencé dans cette série par le modèle de la T_{mrt} avec un impact aussi considérable de la vitesse du vent.

La situation thermique entre la rive droite et gauche dans l'orientation NE-SO se développe selon deux courbes inverses à 14h, cette inversion est l'effet du changement de l'ombre généré sur chaque rive de la rue selon le mouvement du soleil,

de midi à 14h la rive droite offre de bonne atténuation à partir de 14h jusqu'à 17h, c'est la rive gauche qui a le grand avantage en terme de diminution de la PET.

Le stress thermique dans la rive gauche, dans les deux orientations NE-SO, NO-SE, est le même dans l'intervalle de midi à 16h, le seul écart de $\Delta PET = 1,83^\circ C$ est à 17h, engendré par la diminution dans la valeur de la T_{mrt} dû au masque d'ombre qui commence à 16h.

Il reste à noter l'évolution de la PET entre la rive droite et gauche dans l'orientation NO-SE. On constate une parfaite ressemblance des valeurs de la Pet dans l'intervalle de midi à 14h, après 14h jusqu'à 16h un écart de $1,33^\circ C$ est entre les deux rives, à la fin de la simulation la valeur de la PET est la même. La superposition des courbes dans les deux rives de midi à 14h est dû à l'exposition au même rayonnement solaire accompagné par un grand rapprochement dans les valeurs de T_{air} , l'humidité relative, la vitesse du vent et la T_{mrt} , de 14h à 16h. Le seul paramètre qui a changé est la T_{mrt} à cause du changement de rive. L'effet de l'orientation sur l'amélioration du confort thermique extérieur est moins prononcé avec un rapport H/W petit comme dans cette série, l'orientation contrôle plus l'effet de l'ombre porté sur le bilan radiatif, ce dernier est responsable sur la grande partie du transfert de chaleur dans la rue.

Conclusion :

Le dernier chapitre de cette recherche a discuté et interprété l'ensemble des résultats trouvés après la comparaison entre quatre différents tissus qui fabriquent la ville. Le tissu N° 1 traditionnel d'une part et les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés de d'autre part. L'espace ciblé pour observer les variations microclimatiques était la rue, qui est caractérisée par des indicateurs morpho-physiques variables d'un tissu à l'autre simulé par le modèle microclimatique ENVI-met. Les paramètres microclimatiques choisis pour faire la comparaison sont la température de l'air, l'humidité relative, la vitesse du vent et la température moyenne radiante (T_{mrt}). Ces derniers sont à la base du calcul de l'indice d'évaluation du confort thermique extérieur qui est la température physiologique équivalente (PET) choisie dans cette recherche. Les indicateurs morpho-physiques manipulés sont à l'origine du contrôle de la génération de l'ombre sur les surfaces de la rue, l'ombre est l'une des stratégies de la conception bioclimatique urbaine pour atténuer les effets négatifs du climat sur la sensation thermique. Dans ce sens, les conclusions tirées de ces résultats sont les suivantes :

▪ Le tissu N° 1 traditionnel avec des rues profondes dont le rapport H/W est très élevé de 2,28 à 4,6 nous offre une température d'air moins chaude que le rapport H/W offert par les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés dans les deux rives de la rue. En termes de température de l'air, l'ombre générée par un rapport H/W élevé est plus avantageux que le rapport H/W très bas exigé par le règlement urbain.

▪ L'augmentation du rapport H/W au-delà de H/W=2 diminue la température de l'air au moins 2°C, ce qui est bien apparent dans la série N° 4 et confirmé par les séries N° 1, 2 et 3. L'écart est aussi poussé par l'existence du sol naturel comme source d'humidité, alors que les rues très profondes dont le rapport H/W dépasse H/W=4 ont un impact presque similaire sur la température de l'air que les rues avec un rapport H/W supérieur à 2. L'air s'échauffe rapidement dans les rues ayant un rapport H/W moins de 1, ce qui est lisible dans la tendance d'augmentation de la température de l'air dans les tissus réglementés.

▪ La diminution du SVF dans le tissu N° 1 a contribué à la diminution de la température de l'air, ainsi son augmentation dans les tissus réglementés augmente la température de l'air. Les indicateurs morpho-physiques générés par le tissu traditionnel ont eu un impact positif sur la diminution de la température de l'air à l'intérieur de la rue malgré que la diminution est minime car une seule stratégie bioclimatique ne suffit pas pour atténuer les effets néfastes du microclimat urbain. En contrepartie, les tissus réglementés n'ont pas présenté un avantage pour la température de l'air. Il faut noter que vu l'incapacité du modèle ENVI-met à stocker la chaleur dans les matériaux, le modèle sous-estime le réchauffement supplémentaire de l'air adjacent aux surfaces irradiées.

▪ L'absence des sources de l'humidité a rendu l'air sec dans tous les tissus N° 2, 3 et 4 à l'exception du tissu N° 1, qui possède un sol naturel qui dégage avec le cumul de chaleur une masse d'eau de sa surface, cette vapeur dégagée ne suffit pas pour augmenter l'humidité relative de la rue.

▪ En terme de ventilation urbaine caractérisée par la vitesse du vent, les tissus réglementés avec des rapports H/W bas et des tracés rectilignes favorisent la circulation du vent librement et avec moins d'atténuation, en revanche le tissu N° 1 traditionnel a présenté une mauvaise ventilation urbaine, les vitesses du vent sont fortement atténuées par les rapports H/W élevés et le degré de sinuosité de chaque rue qui influe sur l'angle de l'incidence du vent. L'orientation a aussi joué un rôle déterminant dans l'atténuation des vitesses du vent, une bonne orientation dans la direction dominante du vent

accentue la vitesse du vent.

- L'effet des variations dans le rapport H/W et SVF entre le tissu N° 1 traditionnel et les tissus N° 2, 3 et 4 réglementés était très prononcé, les écarts en témoignent sur les grandes différences entre les rues ayant un rapport H/W élevé et SVF bas qui favorisent l'ombrage et les rues très ouvertes ayant un rapport H/W bas et un SVF élevé. Le rapport H/W contrôle parfaitement l'accès du rayonnement à onde courte, dans ce sens la stratégie de l'ombrage est très efficace pour diminuer les valeurs de la T_{mrt} dans n'importe quel tissu. Le seul inconvénient d'un rapport H/W sur la T_{mrt} est le piégeage du rayonnement par effet des réflexions multiples dans le cas d'une grande hauteur du soleil. Le SVF contrôle en revanche l'accès du rayonnement à onde longue émis par l'atmosphère et les autres surfaces qui délimitent la rue. Dans l'évaluation des valeurs de la T_{mrt} , il faut prendre en considération la surestimation d'ENVI-met surtout dans le cycle diurne.

- L'orientation de l'axe de la rue affecte aussi la température moyenne radiante dans une journée ensoleillée. Dans une orientation intermédiaire comme dans notre cas, l'orientation NE-SO diminue considérablement la T_{mrt} à partir de 14h dans la rive gauche de la rue avec un rapport H/W inférieur à 1. L'orientation contrôle essentiellement la génération spatiale et temporelle de l'ombre dans une rue en fonction de la géométrie de la course solaire. La T_{mrt} est très sensible aux indicateurs morpho-physiques tel que le rapport H/W, le SVF et l'orientation de l'axe de la rue.

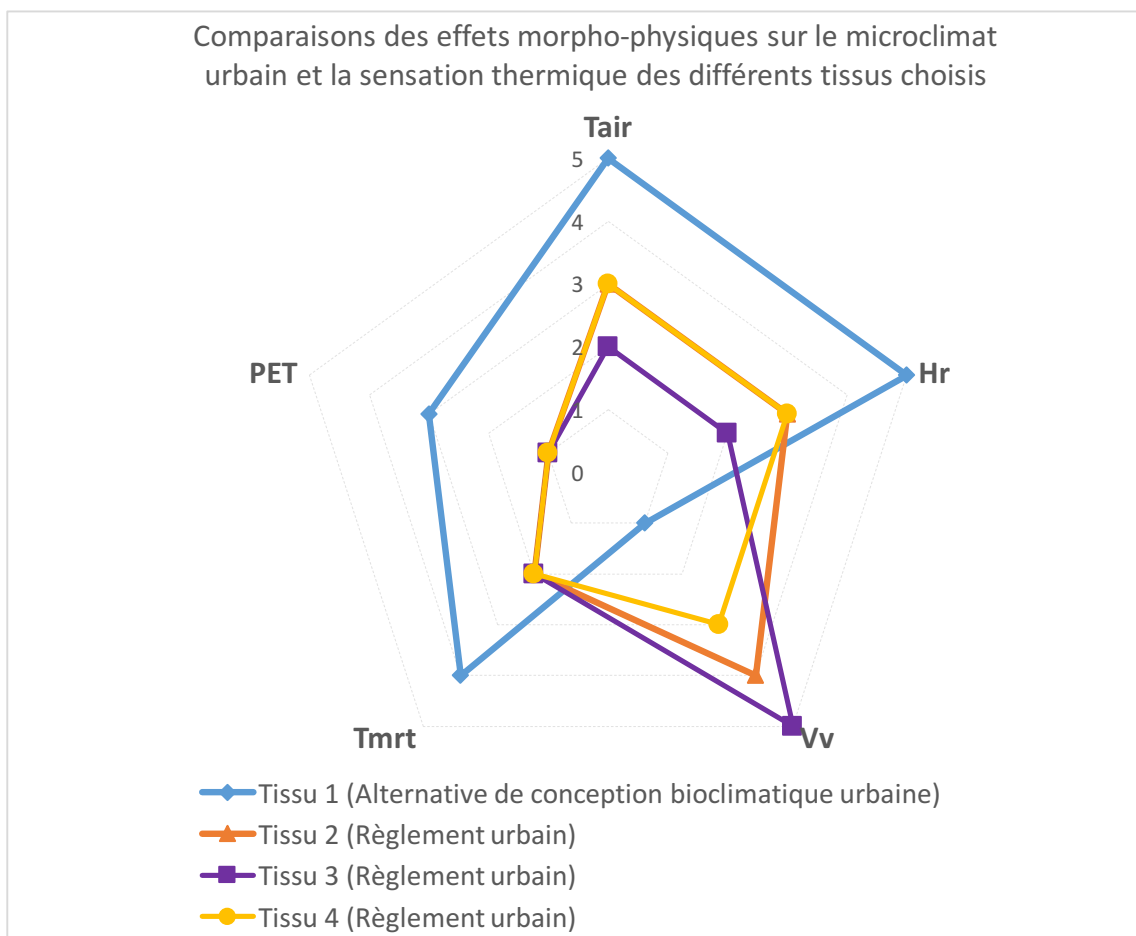
- L'évaluation de la sensation thermique dans toutes les séries de comparaison a dévoilé sur un grand stress thermique, avec un avantage accordé pour le tissu N° 1 traditionnel dans l'atténuation des valeurs de la PET par une stratégie passive comme l'ombre portée dans les rues profondes. Dans un climat chaud et aride comme celui de la ville de Béchar, il est très difficile d'atteindre passivement les plages du confort thermique extérieur. De bonne atténuation du stress thermique exprimé par la PET sont possibles avec un rapport H/W égale ou supérieur à 2, ce qui implique qu'un petit SVF est aussi un bon moyen pour cette atténuation. On note qu'un rapport H/W élevé avec des vitesses de vent très bas n'offre aucune atténuation du stress thermique en comparaison avec un rapport H/W très bas.

- Une forte corrélation entre la T_{mrt} et la PET contre une faible corrélation entre la température de l'air et l'humidité relative d'un côté et la PET de l'autre côté, l'augmentation de la vitesse du vent diminue la PET, mais aucune relation forte n'a pu être trouvée. La distribution spatiale et temporelle de la PET change dans la rue d'une

rive à l'autre en fonction de l'orientation de l'axe de la rue, ce qui a été bien apparent dans les séries N° 5 et N° 6. La PET est aussi sensible aux indicateurs morpho-physiques comme le rapport H/W, le SVF et l'orientation.

▪ On peut conclure aussi qu'un tissu compact comme le tissu N° 1 avec des rues profondes diminue les valeurs de la PET avant la pénétration du rayonnement à onde courte (Direct, diffus et réfléchi), une fois pénétré le tissu compact génère un piégeage du rayonnement ce qui augmente les valeurs de la PET. La ventilation est aussi très mauvaise dans le tissu N° 1 avec un grand degré de sinuosité, à l'opposé les tissus réglementés avec des tissus ouverts et lâches ayant des rues moins profondes accentuent le stress thermique mais favorisent la ventilation urbaine par un réseau de rues rectilignes et ouvertes.

▪ Les indicateurs morpho-physiques qu'offre un tissu traditionnel sont plus adaptés au climat, et offrent de bonnes atténuations pour les effets néfastes du microclimat urbain, ces alternatives sont des solutions bioclimatiques par excellence. Les tissus gérés par le règlement urbain sont mal adaptés au climat, leurs indicateurs morpho-physiques agissent négativement sur les variations microclimatiques urbaines.



Graph 6.32 : Comparaison entre le tissu N° 1 (Alternative bioclimatique) et les tissus N°2, 3 et 4 (Règlement urbain) (Source : Auteur).

CONCLUSION GENERALE

- I. Conclusion générale :
 - II. Limites de la présente recherche :
 - III. Future axes de recherches :
-

I. Conclusion générale :

La présente recherche a touché un ensemble de disciplines, de l'urbanisme à la climatologie urbaine en passant par le désigne urbain, les finalités convergent enfin vers la fabrique de la ville. Cette fabrique d'ordre physique et morphologique s'est présentée comme un nouveau concept importé de la sociologie et de l'histoire. L'essentiel du chapitre 1 met en relief la notion de la fabrique de la ville sous la lumière du domaine de l'urbanisme et du désigne urbain. La revue de littérature autour de la fabrique de la ville, permet de bien cerner la fabrique de la ville comme une démarche morphologique et un aspect physique qui génère les tissus urbains dans la ville. Dans un premier temps, la morphologie urbaine de la ville est un outil double de lecture et de conception à la fois de la forme urbaine qui fabrique la ville. Dans ce sens, beaucoup de tendances théoriques ont jalonné les fondements de ces méthodes de lectures et de conception de la forme urbaine. En retraçant les approches de la morphologie urbaine, un modèle théorique était adopté. Il est développé par Caliskan en 2013 sur la base des travaux de Conzen et Alain Rémy. Le cadre conceptuel offert par Caliskan prend en charge les éléments (Rue, parcelle et bâti) qui composent le tissu urbain et leurs niveaux d'abstraction responsables sur les règles qui génèrent une forme urbaine organisée dans un tissu urbain. Le modèle adopté converge parfaitement dans notre recherche vers le concept fabrique de la ville sous une optique du désigne urbain.

La rencontre de la forme urbaine incluse dans un tissu urbain selon des logiques de la morphologie urbaine, avec le climat forme le concept du climat urbain. Ce dernier fait l'objet du chapitre II, le climat urbain dans tous ses échelles, est en interaction continue avec la forme et le tissu urbain. De grandes variations sont engendrées par la forme et le tissu urbain à l'intérieur du microclimat urbain. Chaque élément de la forme urbaine ou le tissu urbain modifie les paramètres microclimatiques d'une manière différente que les autres, du bâtiment isolé au réseau de rue, le microclimat urbain est variable dans l'espace et dans le temps. Les investigations scientifiques dans cet axe de l'influence de la morphologie urbaine sur les variables microclimatiques, ont conduit à ériger des méthodes et stratégies de conception bioclimatique au niveau de l'urbain. Le dernier passage du même chapitre met l'accent sur ces méthodes dites de conception bioclimatique urbaine dans le but d'éliminer les effets atroces et négatifs du microclimat urbain sur l'occupation de l'être humain.

D'un côté, les méthodes et registres de conception bioclimatique urbain ordonnent considérablement la genèse de la forme urbaine Et de l'autre, le règlement urbain, qui traduit la volonté publique en terme de fabrique de la ville, agissant ainsi directement sur la forme et le tissu urbain, est développé dans le chapitre III. Le règlement urbain comme l'outil favorable des pouvoirs publics, le rendre dans la plupart des cas impératif et obligatoire. Le règlement urbain dans la pratique urbanistique est associé aux échelles de la ville, ce qui a conduit à l'émergence d'un règlement au niveau de l'agglomération et au niveau du quartier, tel est l'exemple du PDAU et POS. Le règlement du POS coïncide avec l'échelle du microclimat urbain, et son influence est très grande sur la création de la forme urbaine à l'échelle micro-urbain, ce dernier dicte un ensemble de règles ayant un grand impact sur la forme urbaine. Le caractère impératif et obligatoire qui caractérise le règlement urbain, traduit ce dernier en un système de contraintes qui remplacent souvent les autres règles de création de forme urbaine.

A ce stade, la fabrique de la ville est gérée par le règlement urbain, comme moyen rationnel de production de la forme urbaine par le pouvoir public, donc la forme urbaine résultante possède ses propres retombées sur les variations microclimatiques. L'un des objectifs de cette recherche est la qualification de ces variations. Selon l'autre volet, la conception bioclimatique urbaine modifie la forme urbaine pour qu'elle soit adaptée au climat. Dans ce sens, le chapitre IV a exploré l'ensemble des catégories d'indicateurs, qui tissent les liens entre la forme urbaine et le microclimat urbain. Les indicateurs morpho-physiques étaient les plus adaptés à ce propos, suivis par un état de l'art des travaux déjà effectués pour observer l'influence de la forme urbaine sur le microclimat. Une grille d'indicateurs morpho-physiques a été établie et par la suite utilisée dans l'investigation.

Notre démarche scientifique, afin de vérifier l'hypothèse de la présente recherche, s'appuie sur le protocole expérimental, dans son volet de simulation à base de modèle microclimatique « ENVI-met 4 ». Ce dernier apparaît le plus convenable pour notre expérience, il nous offre les paramètres microclimatiques de sortie pour faire un ensemble de séries de comparaison entre les variations microclimatiques des tissus qui fabriquent la ville de Béchar, qui s'insère dans un climat chaud et aride. Le volet du confort thermique extérieur n'a été utilisé que dans un but pour démontrer notre hypothèse.

La rue, l'une des formes urbaines, était choisie pour quantifier les variations microclimatiques engendrées par les différents tissus sélectionnés selon leurs

typologies d'habitats et classés suivant le classement de Stewart et Oke en 2009 par zones climatiques. Différentes rues avec des indicateurs morpho-physiques extraits de chaque tissu, font l'objet de Six (06) séries de comparaison entre les paramètres microclimatiques (Tair, Hr, Vitesse du vent et Tmrt) d'un côté, et la sensation thermique (PET) de l'autre côté à l'intérieur des rues dans la période d'été sous un cycle diurne. Quatre (04) séries ont un rapport H/W et SVF variable selon deux orientations fixes, et deux (02) séries avec un rapport H/W et SVF identique et d'orientation variable entre le NE-SO et NO-SE.

Tous d'abord, les résultats obtenus témoignent d'une situation thermique très critiques créée par nos tissus urbains, spécialement les tissus réglementés qui sont très exposés au rayonnement à onde courte qui transporte la grande quantité de chaleur exprimée par le bilan énergétique. Le confort thermique extérieur est difficile à assurer avec une seule stratégie passive dans le contexte d'un climat chaud et aride. L'alternative bioclimatique illustrée par le tissu N°1 traditionnel ayant un rapport H/W élevé et une SVF bas, a présenté de bonnes atténuations concernant la température de l'air, l'humidité relative et la température moyenne radiante (Tmrt) par le moyen d'un ombrage généré sur les surfaces recevant le rayonnement à onde courte et longue. Par contre, avec les mêmes indicateurs, ce tissu offre une mauvaise ventilation urbaine, ce qui a influencé la sensation thermique. Les tissus réglementés N° 2, 3 et 4, modifient le microclimat négativement, surtout au niveau de la température moyenne radiante (Tmrt), qu'influe largement l'indice du confort thermique extérieur (PET), en revanche ces tissus offrent une bonne ventilation urbaine. Les tissus réglementés ont eu un seul avantage en terme de modification du microclimat de la rue sous l'onglet de la ventilation urbaine.

Sur la piste du confort thermique extérieur, on a seulement noté des améliorations, mais qui n'assurent pas le confort thermique suggéré par les spécialistes du domaine. Le tissu N° 1 comme alternative bioclimatique, a eu les meilleures atténuations du stress thermique dans la majorité des séries comparées, en même temps les tissus réglementés accentuent avec leurs morphologies le degré du stress thermique, sans aucune adaptation au contexte climatique.

Ces résultats indiquent que les codes et les règlements urbain dans le contexte Algérien étaient mal adaptés aux conditions climatiques locales qui agissent souvent comme des obstacles à la conception urbaine consciente du climat. Donc on finit par démontrer que la conception bioclimatique urbaine fabrique mieux la ville par une adaptation de la forme urbaine aux exigences bioclimatiques que les règlements urbains dans le contexte Algérien.

II. Limites de la présente recherche :

La recherche présentée dans ce manuscrit est limitée par les points suivants :

- Seulement le cycle diurne dans la période d'été a fait l'objet de l'intervalle climatique de notre investigation, le cycle nocturne et la période d'hiver n'ont pas pu être testés. Ainsi les mesures in-situ ne sont pas pris en considération dans le schéma expérimental de cette recherche.

- L'effet de la végétation était complètement exclu de la simulation des différents tissus, cet indicateur a une importance primordiale dans l'amélioration du confort thermique extérieur.

- A cause de l'orientation préfixée par les corpus choisis, cette étude n'a pas pu comparer les deux orientations principales Nord-Sud et Est-Ouest (N-S et E-O).

- La nature des matériaux et leurs caractéristiques physiques tel que l'albédo des surfaces, qui modifient le microclimat n'ont pas fait l'objet d'une variation dans notre recherche.

- La grille de modélisation offerte par la version Basic du logiciel ENVI-met (4) et en fonction de la résolution choisie pour modéliser les tissus urbains, nous a obligé de limiter la taille des tissus choisis.

- Les variations microclimatiques sont observées seulement au niveau de la rue, les autres espaces urbains ne sont pas pris en considération dans cette recherche.

- L'évaluation du confort thermique était fait seulement à l'aide de l'indice de la température physiologique équivalente PET, les autres indices comme l'indice universel du confort thermique (UTCI) ou le PMV/PPD ainsi qu'une évaluation à l'aide de la technique du questionnaire sur site n'ont pas été utilisés pour affiner les résultats.

III. Future axes de recherches :

Toutefois et vue les limites envisagées par cette recherche, d'autres axes de futures recherches apparaissent comme une priorité : telles que:

- Il est aussi important d'observer le comportement de la forme urbaine réglementée dans un cycle nocturne et par temps froid comme la période d'hiver pour en tirer des avantages s'il y en a lieu.

- D'autres recherches peuvent être menées en introduisant la végétation et les matériaux dans les tissus urbains comme de nouvelles variables, en observant le volet dicté par le règlement urbain, ainsi ces variations devront faire les places publiques en tant que corpus d'études pour développer de nouvelles connaissances.

- L'exploitation des nouveaux paramètres microclimatiques dans la comparaison entre les tissus à l'aide d'ENVI-met tels que les températures de surface, les quantités de rayonnement à onde et longues et le bilan énergétique, offrent de nouvelles lectures, toutefois une validation des résultats d'ENVI-met est à conseiller.

- Une autre piste dans ce même axe du microclimat urbain, pourrait aider les chercheurs pour mieux comprendre les aspects du confort thermique extérieur est l'évaluation du confort thermique par le moyen d'enquête sur terrain et des autres indices rationnels d'évaluation du confort thermique.

Bibliographie

Bibliographie :

- Addad et al, M. C. (2013). L'aménagement urbain et l'architecture à l'aube du 21 siècle , l'expérience Algérienne. Annaba: Dar El Ouloum.
- Adolphe, L. (2001). A simplified model of urban morphology: application to an analysis of the environmental performance of cities. *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 28, 183-200.
- Ait-Ameur, K. (2002). Vers une méthode multicritère de caractérisation du micro climat dans les espaces publics : validation d'un système d'indicateurs « morpho-climatiques » et d'un indicateur de confort. Nantes: sciences pour l'ingénieur université de Nantes.
- Alexander, C. (1979). *The Timeless Way of Building*. New York: Oxford University Press.
- Alexander, C. (2004). *The Nature of Order : An Essay on the Art of Building and the Nature of the Universe*. Oxford University Press,.
- Ali Toudert, F. (2005). *Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate*. Freiburg.
- Allain, R. (2004). *Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville*.
- Almusaed, A. (2004). *Biophilic and Bioclimatic Architecture Analytical Therapy for the Next Generation of Passive Sustainable Architecture*. New York: Springer London Dordrecht Heidelberg.
- Alvarez, S. e. (1995). *Guía básica para el acondicionamiento climático de Espacios Abiertos* .
- Anderson, W. P. (1996). *Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy*. *Urban Studies*, 33, 17–35.
- Arnal, F. (2005, septembre 22). *Glossaire de géographie urbaine*. Récupéré sur hgeofm.over-blog: <http://hgeofm.over-blog.com/article-887978.html>
- Arnfield, J. (1990). Canyon geometry, the urban fabric and nocturnal cooling: a simulation approach. *Physical Geography*, 11:3, 220-239.
- Assis, E. S., & Frota, A. s. (1999). Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. *Atmospheric Environment*, 4135-4142.
- Athamena, K. (2008). *Indicateurs pour l'analyse de la contribution d'un projet urbain à l'îlot de chaleur*. Nantes, France.
- Attia, S., & Duchhart, I. (2011). *Bioclimatic landscape design in extremely hot and arid climates*. Landscape Architecture Group.
- Austen, K. (2013). *Oases of cool: taking the heat out of urban living* . *New Scientist* 2913.
- Bailey, W. (2004). *Encyclopedia Of World Climatology - Microclimatology* -. JOHN E. OLIVER Indiana State University : Springer Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York.

Bibliographie

- Ball, P. (2009). *Nature's Pattern: A Tapestry in Three Parts*. New York: Oxford University Press.
- Balling, R. C., & S., R. (2004). Winds and wind systems. Dans J. E. Oliver, *Encyclopedia of world climatology (Vol. Encyclopedia Of Earth Sciences Series)*. New York: Indiana State University : Springer.
- Balocco, C., & Grazzini, G. (2000). Thermodynamic parameters for energy sustainability of urban area. *Solar Energy*, Volume 69, Issue 4, 351–356.
- Baro, J. (2015). Modélisation multi-échelles de la morphologie urbaine à partir de données carroyées de population et de bâti. *Géographie Université Paris-Est*.
- Batty, M. (2008). The Size, Scale, and Shape of Cities. *Science* 319, 769.
- Belkaïd, A., & Ben Saci, A. (2010). Système multi-agents pour la fabrication de la forme urbaine.
- Benedikt, M. L. (1979). To take hold of space: isovists and soviet fields. *Environment and planning B* Vol 6, 47-65.
- Benkheira, A. (2007). *Kit Pédagogique sur l'environnement dans les zones arides* .
- Bentley, I., & Butina, G. (1990, October). Urban design. *Architects Journal* v.192, no.17, 61-71.
- Bentley, I., Alcock, A., & Murrain, P. M. (1985). *Responsive Environments: A Manual for Designers*. London: Architectural Press.
- Benzerzour, M. (2004). Transformations urbaines et variations du microclimat : application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur "morpho-climatique". Université de Nantes.
- Bitan, A. (1988). The Methodology of Applied Climatology in Planning and Building. *Energy and Buildings*, 11, 1-10.
- Bitan, A., & Potchter, O. (1995). Theory and methodology of climatic planning and its application to the new city of Bet-Shemesh. *TPR*, 66 (1) .
- Bonan, G. B. (2000). The microclimates of a suburban Colorado (USA) landscape and implications for planning and design. *Landscape and Urban Planning* , 49 , 97–114.
- Borges, P. A. (2014). *Urbanismo bioclimático de la ciudad histórica a la ecociudad. RIO DE JANEIRO*.
- Borie, A., & Danieul, F. (1980). *Méthode d'analyse morphologique des tissus urbains traditionnels Etudes et documents sur le patrimoine culturel. UNESCO* .
- Boucheron, P. (2004). *Les villes d'Italie (vers 1150 - vers 1340)*. Historiographie, bibliographie, enjeux (Belin Sup Histoire, Paris).
- Bourbia, F., & Awbi, H. (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate Part 1: Air and surface temperature measurements. *Renewable Energy* 29 , 249–262.
- 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. Nantes, France: Ecole polytechnique de Nantes; Ecole D Architecture de Toulouse.

- Bouyer, J. (2009). Modélisation et simulation des microclimats urbains Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments. Nantes.
- Bowler, D. E., Buyung-Ali, L., Knight, T. M., & Pullin, A. S. (2010). Urban greening to cool towns and cities: A systematic review of the empirical evidence. *Landscape and Urban Planning* 97 , 147–155.
- Bozonnet, E. (2005). Impact des microclimats urbains sur la demande énergétique des bâtiments - Cas de la rue canyon. France: Université de la Rochelle .
- Brasebin, M. (2014). Les données géographiques 3D pour simuler l'impact de la réglementation urbaine sur la morphologie du bâti. France: Computer Science Univserité Paris-Est.
- Brasebin, M., & Perret, J. (2012). Towards a 3D geographic information system for the exploration of urban rules: Application to the French local urban planning schemes. *Urban and Regional Data Management UDMS Annual 2011*.
- Braudo, S. (1996). dictionnaire juridique. Récupéré sur <https://www.dictionnaire-juridique.com/serge-braudo.php>
- Brazel, A. J., & Quatrocchi, D. (2004). *Encyclopedia of world climatology - urban climatology -*. (J. E. OLIVER, Éd.) Springer Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York.
- Brown, G. Z., & Mark DeKay. (2001). *Sun, Wind, and Light: Architectural Design Strategies*, 2nd ed. New York: John Wiley and Sons.
- Bruse, M. (2004). Bleeding edge: The most-recent doc you can have. Retrieved 16.03.2011. URL <http://envi-met.com/documents/Envimet30.PDF>.
- Bruse, M. (2014). Using ENVI-met BioMet met - A quick guide.
- Bruse, M., & Fleer, H. (1998). Simulating surface–plant–air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model. *Environmental Modelling & Software* 13, 373–384.
- Bryson, R. (2004). *Encyclopedia of world climatology -archeoclimatology-*. Springer Dordrecht, Berlin, Heidelberg, New York.
- Budyko, M. I., & Miller, D. H. (1974). *Climate and life* (Vol. International Geophysics Series Volume 18). New York and London: Academic Press.
- Caliskan, O. (2013). *Pattern formation in urbanism, a critical reflection on urban morphology, planning and design*. Turkey.
- Caniggia, G. M. (1979). *Architectural Composition and Building Typology: Interpreting Basic Buildings*., Florence: Alinea.
- Caouette, P. J., & DeGayner, J. (2008). *Broad-Scale Classification and Mapping of Tree,Size and Density Attributes in Productive,Old-Growth Forests in Southeast Alaska's Tongass National Forest*., Society of American Foresters.
- Capeluto, G. S. (2001). On the use of solar volume for determining the urban fabric. *Solar Energy* Vol. 70, No. 3,, 275-280.
- Carmona, M., S. M., & S., Q. (2006). Design codes: their use and potential. *Progress in Planning* 65, 209–289.
- Carmona, M., Tiesdell, S., & Heat, T. O. (2010). *Public Places - Urban Spaces*. Oxford: Architectural Press.

Bibliographie

- Cermak, J. E., Davenport, A. G., Plate, E. J., & Viegas, D. X. (1995). *Wind Climate in Cities*. Germany: Springer Science+Business Media Dordrecht.
- Chandler, T. J. (1976). *Urban climatology and its relevance to urban design* (Vol. TECHNICAL NOTE No. 149). Geneva: World Meteorological Organization.
- Cherqui, F. (2005). *Methodologie d'evaluation d'un projet d'aménagement durable d'un quartier méthode ADEQUA*. Université de La Rochelle.
- Chimklai, P., Hagishima, A., & Tanimoto, J. (2004). A computer system to support Albedo calculation in urban areas. *Building and Environment* 39 (10), 1213-1221.
- Ching, F. D. (1979). *Architecture: Form, Space and Order*. New York: Van Nostrand Reinhold.
- Chiou., C.-R., Hsieh, T.-Y., & Chien, C.-C. (2015). Plant bioclimatic models in climate change research. *Botanical studies*.
- Choay, F., & Merlin, P. (1996). *Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement*, 2^{ème} édition. Paris: Presses Universitaires de France .
- Colombert, M. (2008). *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*. Engineering Sciences. Université Paris-Est.
- Convercité, .. (2006). *L'agence de valorisation urbaine Campus de l'Université de Montréal et secteur adjacent : Étude typo-morphologique*”. Chaire de recherche de Canada en patrimoine bâti. Montréal : Université de Montréal.
- Cowan, R. (2005). *The dictionary of urbanism*. Streetwise Press.
- Cullen, G. (1961). *Concise Townscape*. New York,, USA: Architectural Press is an imprint of Routledge.
- Dávila, C. R. (2008). *Les images de la ville. Une approche à la sémiotique urbaine. Penser la ville – approches comparatives*, 237.
- De Rogalski, B. L. (2014). *La fabrique matérielle et symbolique de la ville : le cas de Villeur- banne de 1900 à 1950*. History.
- De-Boe, P. (1990). *Aménagement du territoire : le schéma de structure communal, concept, contenu, procédures*. Edition plan .
- DeKay, M., & Brown, G. Z. (2014). *sun, wind & light architectural design strategies third edition*. New Jersey: John Wiley & Sons, Inc.
- DeKay, R. M. (2004). *Climatic urban design: configuring the urban fabric to support daylighting, passive cooling, and solar heating* .
- DePaul, F. T., & Sheih, C. M. (1986). *Measurements of wind velocities in a street canyon*’. *Atmospheric Environment*, vol 20, no 3, 455–459.
- Duan, J., & Qiu, G. (2008). *The emergence and development of overseas morphology studies*.
- Dubayah, R., & Loechel, S. . (1997). *Modeling topographic solar radiation using GOES data*. *Applied Meteorology*, 36, 141–154.
- Dupont, S. (2001). *Modélisation dynamique et thermodynamique de la canopée urbaine: réalisation du modèle de sols urbains pour SUBMESO*. Université de Nantes.

Bibliographie

- Egerházi, L. A., Attila, K., & János, U. (2013). Application of Microclimate Modelling and Onsite Survey in Planning Practice Related to an Urban Micro-Environment. *Advances in Meteorology*.
- Egli, E. (1951). *Die Neue Stadt in Landschaft und Klima*. Verlag für Architektur, .
- El Hozayen, A. (2013). Le traitement des espaces urbains dans les villes au climat chaud et sec pour diminuer leurs problèmes climatiques. Etude de cas : la ville du Caire. Nantes, France: Agricultural sciences.
- Eliasson, I. (2000). The use of climate knowledge in urban planning. *Landsc. Urban Plan.* 48, , 31–44.
- Elnabawi, M. H., Neveen, H., & Steven, D. (2015). Numerical modelling evaluation for the microclimate of an outdoor urban form in Cairo, Egypt. *Housing and Building National Research Center HBRC Journal*, 11, 246–251.
- Erell, E. (2008). The Application of Urban Climate Research in the Design of Cities. *Advances in Building Energy Research*, 2:1, 95-121.
- Erell, E., Pearlmutter, D., & Williamson, T. (2011). *Urban Microclimate Designing the Spaces Between Buildings*. New York: Earthscan.
- Escourrou, G. (1991). *Le climat et la ville* . Nathan.
- Evans, J. M. (2007, September). The comfort triangles: a new tool for bioclimatic design.
- Feng Li, C., & Rusong Wang, J. P. (2005). Comprehensive concept planning of urban greening based on ecological principles: a case study in Beijing, . *Landscape and Urban Planning* 72 , 325–336.
- Folaranmi, A. O., P., A., S., O., & A., B. (2013). Bioclimatic Design Principle a Solution to Thermal Discomfort in Minna Residences, Niger State Nigeria. *Environment and Earth Science*, Vol. 3, No.12, 45-51.
- Francescato, G. (1994). Type and Possibility of an Architectural Scholarship' in (eds) *Ordering Space: Types in Architecture and Design*. 345-372.
- Fund, M. (2012). Usage d'indicateurs 3D et aménagement urbain vers l'automatisation de l'analyse séquentielle.
- Günay, B. (1999). *Urban Design is a Public Policy*. Ankara: Metu Faculty of Architecture Press.
- Ganitseva, J., & Coors, V. (2010). Automatic landmark detection for 3d urban models. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XXXVIII-4/W15.
- Gauthier, P., & Gilliland, J. (2006). The study of urban form in Canada. *Urban Morphology* 10, 51-66.
- Gauthiez, B. (2004). *Espace urbain, vocabulaire et morphologie* . Patrimoine .
- Giannopoulou, M. (2012). Bioclimatic Principles and Urban Open Spaces: The Case of Xanthi. *International Journal of Social, Education, Economics and Management Engineering* , Vol:6, No:7,, 280-283.
- Givoni, B. (1998). *Climate Considerations in Building and Urban Design* . New York: Van Nostrand Reinhold.
- Givoni, B. (1989). *Urban design in different climates*. WCAP-10, WMO/TD, No. 346.

Bibliographie

- Givoni, B. (1994). Urban design for hot humid regions. *Renewable Energy*, Vol.5, PartII, 1047-1053.
- Godfrin, G. (2007). L'écriture de l'article 13 des règlements de zone du plu / fiche 1. Écriture du PLU, GRIDAUH .
- Golany, G. S. (1996). Urban design morphology and thermal performance . *Atmospheric Environment* Vol. N° 3, 30, 455-465.
- Gosling, S. N., & Wanka, E. K. (2014). A glossary for biometeorology. *Int J Biometeorol*, 58, 277–308.
- Gosling, S. N., Bryce, E. K., Dixon, P. G., Gabriel, K. M., Hanes, J. M., Hondula, D. M., & Liang, L. (2014). A glossary for biometeorology. *Int J Biometeorol*, 58, 277–308.
- Grimmond, C., & Oke, T. (1999). Heat storage in urban areas, local-scale observations and evaluation of a simple model. *J. Appl. Meteorol.* 38, 922-940.
- Groleau, D., & Miguet, F. (2002). A daylight simulation tool for urban and architectural spaces- application to transmitted direct and diffuse light through glazing. *Building and Environment* 37, 833-843.
- Guérois, M. (2003). Les formes des villes européennes vues du ciel. Une contribution de l'image CORINE Land cover à la comparaison morphologique des grandes villes d'Europe occidentale. Paris: Université Panthéon-Sorbonne.
- Guerroudj, T. s. (2013). L'urbanisme en Algérie: échec des instruments ou instruments de l'échec ? Alger: Alternatives urbaines.
- Habraken, N. J. (1985). *The Appearance of Form*. Cambridge: Massachusetts: Awater Press.
- Hang, J., Mats, S. b., & Yuguo, L. (2009). Effect of urban morphology on wind condition in idealized city models. *Atmospheric Environment* 43, 869–878.
- Hankey, S., & Marshall, J. (2010). Impacts of urban form on future US passenger-vehicle green house gas emissions. *EnergyPolicy*38, 4880–4887.
- Harman, I. N., Best, M. J., & Belcher, S. E. (2004). Radiative Exchange In An Urban Street Canyon . *Boundary-Layer Meteorology*, 110, 301–316.
- Hattab, S., & Ziane, M. (2003). Le coefficient d'occupation du sol cos et la promotion des techniques modernes de la gestion urbaine -cas de la ville d'alger-. *Courrier du Savoir – N°04*, 29-33.
- Hebbert, M. (2014). Climatology for city planning in historical perspective. *Urban Climate*.
- Hernández, A. (2013). *Manual de diseño bioclimático urbano. Recomendaciones para la elaboración de normativas urbanísticas*. Bragança, Portugal: Instituto Politécnico de Bragança.
- Hilberseimer, L. (1944). *The New City: Principles of Planning*. . Paul Theobald,.
- Hillier, B. (1996). *Space is the Machine: A Configurational Theory of Architecture*. Cambridge:: Cambridge University Press.
- Hillier, B. (2009). Spatial sustainability in cities: organic patterns and sustainable forms. *Proceedings of the 7th international space syntax symposium*, 16–35.
- Hillier, B., & Hanson, J. (1984). *The Social Logic of Space*.

Bibliographie

- Hillier, B., & Lida, S. (2005). Network and psychological effects in urban movement. *Spatial Information Theory*.
- Hornby, A. S. (2000). *Oxford Advanced Learners Dictionary*. New York: Oxford University Press.
- Huttner, S., & Bruse, M. (2009). Numerical modeling of the urban climate – a preview on envi-met 4.0. *The seventh International Conference on Urban Climate*.
- Hwang, J. (1994). *The Reciprocity Between Architectural Typology and Urban Morphology*. University of Pennsylvania.
- ILAM. (1999). *The Institute for Leisure and Amenity Management Open Space Terminology – ILAM Fact Sheet*. 00/99. Reading: ILAM.
- Inserguet, J.-F. (2007). *L'écriture du règlement : problèmes généraux*. Écriture du PLU, GRIDAUH .
- Jacquot, H. (2007). *Écriture du PLU - Présentation*. Écriture des PLU, GRIDAUH.
- Jauregui, E. (1993). Urban bioclimatology in developing countries. *Experientia* 49.
- Jenks, M., & Jones, C. (2010). Dimensions of the Sustainable City,. *Future City 2*.
- Jim, C. (2004). Green-space preservation and allocation for sustainable greening of compact cities. *Cities*, Vol. 21, No. 4, , 311–320.
- Jirousek, C. (1995). *Rhythm: Art, Design and Visual Thinking*.
- Jirón, L. C., Azar, S., & Teller, J. (2004). Thermal characterisation of urban fabrics using GIS and Townscope modelling tool.
- Kastner-Klein, P., Berkowicz, R., & Britter, R. (2004). The influence of street architecture on flow and dispersion in street canyons. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 87, 121-131.
- Katzschner, L. (2011). *Urban Climate Strategies Against Future Heat Stress Conditions*. *Environmental Meteorology*.
- Kim, J., & Baik, J. (2004). A numerical study of the effects of ambient wind direction on flow and dispersion in urban street canyons using the rng k-e turbulence model. *Atmospheric Environment* 38, 3039-3048.
- Kondo, A. (2001). The influence of the urban canopy configuration on urban albedo. *Boundary Layer Meteorology*, v. 100, n. 2, 225-242.
- Kostof, S. (1991). *The City Shaped: Urban Patterns and Meanings Through History*. London: Thames & Hudson.
- Kostof, S. (1992). *The City Assembled*. London: Little Brown and Company.
- Kratzer, A. (1937). *Das Stadtklima*. Verlag Vieweg revised edition 1956.
- Krier, R. (1979). *Urban space : Forword by Colin Rowe*. London: Academy Edition.
- Kropf, K. (2009). Aspects of Urban Form. *Urban Morphology* 13 (2), 105-120.
- Kropf, K. (2011). Coding in the French Planning System: From Building Line to Morphological Zoning. *Dans S. Marshall, Urban Coding and Planning* (pp. 158-179). New York, USA: Routledge.
- Kropt, P. (2005). The handling characteristics of urban form, in Evans. *Urban Morphology, Urban Design*, Winter, Issue 93.
- Kuttler, W. (2008). The Urban Climate – Basic and Applied Aspects. J.M. Marzluff et al., *Urban Ecology*., 233-248.

Bibliographie

- Lakhdar Hamina, Y., & Abbas, L. (2015). Évolution des instruments de planification spatiale et de gestion urbaine en Algérie. *Cinq Continents* 5, 11, 104-129.
- Lamb, H. (1972). *Climate: Past, Present and Future*. vol. 1.
- Landsberg, H. E. (1979). Atmospheric changes in a growing community. *Urban Ecology*, 4, 53-81.
- Landsberg, H. E. (1981). *The urban climate* (Vol. 28). New York: Academicpress, Tnc.
- Larkham, P. (2005). Understanding urban form? *Urban Des* 93, 22–24.
- Lévy, A. (2005). Formes urbaines et significations : revisiter la morphologie urbaine. *Espaces et sociétés* 2005/4 (n o 122), 25-48.
- Liebard, A., & De Herde, A. (2006). *Traité d'architecture et d'urbanisme bioclimatiques. Concevoir, édifier et aménager avec le développement durable*. Le Moniteur.
- Liu, C., & Shen. Q. (2011). An empirical analysis of the influence of urban form on household travel and energy consumption. *Computers, Environment and Urban Systems* 35, 347–357.
- Lozano, E. E. (1991). *Community Design and the Culture of Cities*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Lynch, K. (1981). *L'image de la cité*. USA.
- Maarouf, A., & Munn, R. (2004). *Encyclopedia Of World Climatology. ENCYCLOPEDIA OF EARTH SCIENCES SERIES*, Springer.
- Marshall, S. (2005). *Streets and patterns*. New York: Spon Press.
- Marshall, S. (2011). *Urban Coding and Planning*. New York: Routledge.
- Martin, L., & L. March. (1972). The Grid as Generator Urban Space and Structure,. 6-27.
- Martinez, M. P. (2012). *Bioclimatic Architecture*. Denmark: VIA University College.
- Masnavi, M. R. (2000). The New Millenium and the New Urban Paradigm : The Compact City in Practice in . 64-73.
- Matthey, A. D. (2007). *La ville et l'urbain: des savoirs émergents*. Lausanne, Suisse: Presses polytechniques et universitaires romandes.
- Matzarakis, A., Rutz, F., & Mayer, H. .. (2007). Modelling Radiation fluxes in simple and complex environments – Application of the RayMan model. *International Journal of Biometeorology* 51, 323-334.
- Mazouz, S. (2013, Mrars). *Fabrique de la ville en algerie et perennisation d'un modele: le cas de la nouvelle ville ali mendjeli a constantine*. *Courrier du Savoir*, 15, 23-30.
- McArthur, L. B. (2004). Solar radiation. Dans J. E. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (Vol. *Encyclopedia Of Earth Sciences Series*). New York: Indiana State University : Springer .
- McGuffie, K., & Henderson-Sellers, A. (2005). *A Climate Modelling Primer*. Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd, The Atrium, Southern Gate, Chichester,.
- Merlin, P. (1988). *Morphologie urbain et parcellaire*. Presses Universitaires de Vincennes, *Espaces : Colloque d'Arc-et-Senans . associés avec Ernesto D'Alfonso et Françoise Choay*.

Bibliographie

- Merlin, P., Choay, F., & D'alfonso E. (). (1988). Morphologie urbaine et parcellaire, ouvrage collectif. Saint-Denis: Presses Universitaires de Vincennes,.
- Middel, A. ., Hüb, K., Brazel, A. J., Martin, C. A., & Guhathakurta, S. (2014). Impact of urban form and design on mid-afternoon microclimate in Phoenix Local Climate Zones. *Landscape and Urban Planning* 122 , 16–28.
- Mills, G. (2008). Urban climatology and its relevance to urban design . *Passive and Low Energy Architecture*, Dublin.
- Mills, G. (2010). Cubes and canyons: Different perspectives on the urban climate: City Weathers meteorology and urban design 1950-2010. (V. J. Michael Hebbert, Éd.) Manchester Architecture Research Centre, University of Manchester.
- Mokhtari, A., Brahim, K., & Benziada, R. (2008). Architecture et confort thermique dans les zones arides Application au cas de la ville de Béchar. *Revue des Energies Renouvelables* , Vol. 11 N°2, 307 – 315.
- Monin, A. S. (1986). An introduction to the theory of climate. TOKYO: D. Reidel Publishing Company.
- Moughtin, J. (2003). Urban design: street and square. . Burlington: Architectural Press/Elsevier.
- Murrain, P., & Bolgar, B. (2004). Design Codes. A Suggested Definition and Description. London: The Prince's Foundation for the Built Environment.
- Nakata, C. M., & Souza, L. C. (2013). A review of methods of urban climate's representation and simulation. *Proceedings of the International Conference On Urban Climate And History Of Meteorology*.
- Ng, E., Liang, C., Yingna, W., & Chao, Y. (2012). A study on the cooling effects of greening in a high-density city: An experience from Hong Kong. *Building and Environment* 47, 256-271.
- Nikolopoulou, M. (2002). Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique. Grèce: Centre for Renewable Energy Sources (C.R.E.S.).
- Noizet, H. (2004). La fabrique urbaine de Tours : une analyse dialectique entre sociétés et espaces urbains (IXe-XIIIe siècle). *La fabrique urbaine de Tours : une analyse dialectique entre sociétés et espaces urbains (IXe-XIIIe siècle)*. *Urban History*, 19-37.
- Noizet, H. (2008). La fabrique urbaine de Tours : une analyse dialectique entre sociétés et espaces urbains (IXe-XIIIe siècle). *Urban History*.
- Noizet, H. (2009). Fabrique urbaine : a new concept in urban history and morphology. *Urban Morphology* 13, 55-66.
- Noizet, H. (2014). Fabrique urbaine, *Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés*. 389-391.
- O'Connell, M. J. (1996). A Bioclimatic Approach to Integrated Design Form, Technology, and Architectural Knowledge. Philadelphia,: Massachusetts Institute Of Technology.
- Offerle, B., Eliasson, I., Grimmond, C. S., & Holmer, B. (2007). Surface heating in relation to air temperature, wind and turbulence in an urban street canyon. *Boundary-Layer Meteorol* 122 , 273–292.

Bibliographie

- Oke, T. (1976). Inadvertent modification of the city atmosphere and the prospects for planned urban climates. 151–75.
- Oke, T. (1987). *Boundary layer climates* 2nd ed. Vancouver: Routledge, Taylor & Francis Group.
- Oke, T. (1988). The urban energy balance. *Progress in Physical Geography*, 12: 471.
- Olgay, V. (1962). *Design with climate : bioclimatic approach to architectural regionalism*. New jersey: Princeton University Press.
- Oliveira, V. (2016). *Urban Morphology An Introduction to the Study of the Physical Form of Cities*. Earth Sciences & Geography Geography.
- Oliver, J. E. (2004). Humidity . Dans J. E. Oliver, *Encyclopedia of world climatology*, (Vol. Encyclopedia Of Earth Sciences Series). New York : Indiana State University : Springer .
- Ouameur, F. A. (2007). *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics etude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*. Québec: Université Laval.
- Panerai, P., & J., L. (2001). *ormes urbaines, Tissus urbains. Essai de bibliographie raisonnee 1940-2000*. Paris: Direction generale de L'Urbanisme, de l'Habitat et de la Construction.
- Pereira, F. O. (2001). A Methodology For Sunlight Urban Planning : A Computer-Based Solar And Sky Vault Obstruction Analysis,. *Solar Energy* Vol. 70, No. 3, 217–226.
- Peyman, Z.-R., & Spronken, R. S. (2004). Air Pollution Climatology. Dans J. E. Oliver, *Encyclopedia of world climatology* (Vol. Encyclopedia Of Earth Sciences Series). Indiana State University : Springer.
- Pont, M. B. (2009). *Space-density and Urban-Form*. Pays-Bas: TU l'université de technologie de Delft.
- Porta, S., Mehaffy, M., Rofè Y., & Salingaros, N. (2010). Urban Nuclei and the Geometry of Streets: The Emergent Neighborhoods Model . *Urban Design International*, 15, 22-46.
- Proharam, F. a. (2008). How to define a "bioclimatic" Construction? *International Gas Union Research Conference*, 1-10.
- Pultar, M. '. (1977). Structural Morphology as a Field of Architectural Inquiry. *METU Journal of the Faculty of Architecture* 3(2), 201-13.
- Pumain, D., Paquot, T., & Kleinschmager., R. (2006). *Dictionnaire La ville et l'urbain*. *Anthropos Economica*.
- Rabie, J. (1991). Towards the simulation of urban morphology. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 18, 57-70.
- Raboudi, K., A., B., & A., B. S. (2012). Satisfaction of the Solar Bounding Box constraints. *PLEA Opportunities, Limits & Needs Towards an environmentally responsible architecture*.
- Robitu, M., Marjorie, M., Christian, I., & Dominique, G. (2006). Modeling the influence of vegetation and water pond on urban microclimate. *Solar Energy* 80 , 435–447.

Bibliographie

- Sad de Assis, E., & AneH sia Barros, F. (1999). Urban bioclimatic design strategies for a tropical city. *Atmospheric Environment* 33 (), 4135-4142.
- Saidouni, M. (2000). *Eléments d'introduction à l'urbanisme*. Alger: Casbah.
- Sanaieian, H., Tenpierik, M., Linden, K., Seraj, F., & Shemrani, S. (2014). Review of the impact of urban block form on thermal performance, solar access and ventilation. *Renew. Sustain. Energy Rev.* 38 (1), 551–560.
- Scheer, B. C. (2010). *The Evolution of Urban Form: Typology for Planners and Architect.* Chicago: American Planning Association.
- Sharag-Eldin, A. M. (1998). Predicting natural ventilation in residential buildings in the context of urban environments. Berkeley: UC Berkeley.
- Sidi Boumediene, R. (2013). *L'urbanisme en Algérie: échec des instruments ou instruments de l'échec ?* Alger: Alternatives urbaines.
- Solène, M., & Delabarre, M. (2011). Naturalité urbaine : l'impact du végétal sur la perception sonore dans les espaces publics. *la revue électronique en science de l'environnement*, Volume 11 Numéro 1.
- Southworth, M. a. (1993). The evolving metropolis: Studies of Communities, neighborhood, and street form at the urban edge. *the American Planning Association*, 59 .
- Spronken-Smith, R., & Oke, T. (1999). Scale modelling of nocturnal cooling in urban parks. *Bound-Layer Meteorol* 93, 287–312.
- Steadman, P., & Brown, F. R. (1991). Studies in the Morphology of the English Building Stock. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 18, 85-98.
- Stefulesco, C., & Cabanel, J. (1993). *L'urbanisme végétal*. (M. d. paysage, Éd.) France: Institut pour le développement forestier diffusion.
- Stewart, I., & Oke, T. (2009). Classifying Urban Climate Field Sites by : Local Climate Zones. *International Association for Urban Climate*, v. 1, 1-10.
- Svensson, M. K. (2004). Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences. *Meteorol. Appl.* 11, 201–211.
- Swaid, H., & Hoffman, M. E. (1990). Prediction of Urban Air Temperature Variations using the Analytical CTTCModel. *Energy and Buildings*, 14 , 313 - 324.
- Swaid, H., Bar-El, M., & Hoffman, M. E. (1993). A Bioclimatic Design Methodology for Urban Outdoor Spaces. *Theor. Appl. Climatol.* 48 , 49-61.
- Swanwick, C., Dunnett, N., & Woolley, H. (2003). Nature, Role and Value of Green Space in Towns and Cities: An Overview. *Built Environment Vol 29 No 2*, 94-106.
- Szokolay, S. V. (1995). *Bioclimatic design: strategy to details*. 71-83.
- Szokolay, S. V. (2008). *Introduction to architectural science : the basis of sustainable design*. – 2nd ed. (Elsevier, Éd.) London: Architectural Press.
- Tannier., C. (2009). Formes de villes optimales, formes de villes durables. *Réflexions à partir de l'étude de la ville fractale*. *Espaces et sociétés* 3 (138), 153–171.
- Tarn. (1980). *Housing Reform and the Emergence of Town Planning in Britain*” in Sutcliffe A. Mansell, London: *The Rise of Modern Urban Planning 1800-1914*.
- Taylor, E. (1950). *Climate in relation to planning*. *Town and Country Planning Textbook*.

Bibliographie

- Tekeli, I. (1980). *Türecekiye'de Kent Planlamasi'nin Tarihsel Kökleri in Türkiye'de İmar Planlamasi*. Ankara: ODTÜ.
- Treloar, G., Fay, R., & Iyer-Raniga, U. (2000). Life-cycle energy analysis of buildings: a case study . *Build Res Inf* 28, 31–41.
- Trewartha, G., & Horne, L. (1980). *An Introduction to Climate* 5th edn. New York.
- Tsoka, S. (2011). *Relations entre morphologie urbaine, microclimat et confort des piétons : application au cas des écoquartiers*. (dumas- 00762674). Architecture, aménagement de l'espace.
- Tuli, S. M., & Islam, N. (2014). Impact of Vegetation in Urban Open Spaces in Dhaka City; In Terms of Air Temperature. 30Th International PLEA Conference.
- Tyrväinen, L., Tahvanainen, L., Ihalainen, M., Vuorela, N., & Kohlemainen, O. .. (2001). Forest management and public perceptions – visual versus verbal information. 53–70.
- Unlü, T. (1999). *Urban Coding as a Tool to Control Urban Form*. Ankara: Middle East Technical University.
- Van Esch, M., Looman, R., & Bruin-Hordijk, G. d. (2012). The effects of urban and building design parameters on solar access to the urban canyon and the potential for direct passive solar heating strategies. *Energy and Buildings* 47 , 189–200.
- Van Esch, P. M. (2015). *Designing the Urban Microclimate A framework for a design-decision support tool for the dissemination of knowledge on the urban microclimate to the urban design process*. Delft University of Technology, Faculty of Architecture and the Built Environment,.
- Vidmar, J. (2013). Evaluation of simulation tools for assessment of urban form based on physical performance. *Environmental Physics For Architects*.
- Vieira, H., & Vasconcelos, J. (2003). Urban morphology characterization to include in a GIS for climatic purposes in Lisbon. Discussion of two different methods. *Proceeding 5th Int Conf on Urban Climate* , 2, 417–420.
- Villadiego, B. K. (2014). *Une lecture de la forme urbaine et des microclimats Le cas de Barranquilla*. Aix marseille universite.
- 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. *Sciences de l'ingénieur [physics]*. Université de Nantes.
- Wang, B. (2015). Les impacts de la morphologie urbaine sur le vent : performance d'énergie éolienne à l'échelle de quartier. *Energie électrique*. INSA de Toulouse.
- Watson, D. (2012). Bioclimatic Design. *Encyclopedia of Sustainability Science and Technology*, 893-920.
- WeatherSpark. (2015). WeatherSpark . Récupéré sur <https://weatherspark.com/averages/28522/Bechar-Algeria>
- Williams, K. B. (2000). *Achieving Sustainable Urban Form*. E & FN Spon, .
- Withead, J. W. (2001). British urban morphology: the Conzenean tradition In: *Urban Morphology* 5. 103-109.

Bibliographie

- Wong, N., Tan, A., Chen, Y., Sekar, K., Tan, P., Chan, D., . . . Wong, N. (2010). Thermal evaluation of vertical greenery systems for building walls . *Building and Environment*, 45, 663-672.
- Yahia, M., & Johansson, E. (2013). Influence of urban planning regulations on the microclimate in a hot dry climate: The example of Damascus, Syria. *Hous and the Built Environ* 28, 51–65.
- Yao, R., & Steemers, K. (2013). *Urban Microclimates and Simulation. Design and Management of Sustainable Built Environments*,.
- Yao, R., Qing, L., & Li, B. (2011). A simplified mathematical model for urban microclimate simulation. *Building and Environment*, 46, 253-265.
- Yener, B. (2003). *Designing urban space with the tools of the development legislation. The Middle East Technical University*.
- Zakhour, S. (2006). *Field study and simulation of the influence of urban form on the microclimate and thermal comfort in the city of aleppo*.
- Zhenbo, Y. (2013). *Regulation of urban character: style, colour and historic character in a modern chinese city - the case of harbin. University of Manchester*.

ANNEXES

Annexe 1 :

Le modèle atmosphérique d'ENVI-met :

Dans cet annexe les équations qui modélisent les principaux paramètres microclimatiques sont présentés : la température de l'air, l'humidité, le profil du vent, la turbulence, gaz et particules, l'irradiation solaire et le processus d'échange entre sol-surface et bâtiments.

Température de l'air et humidité :

Le calcul de la distribution de la température et l'humidité est fait à l'aide de l'équation combinée d'advection et diffusion (Huttner, 2012).

$$\frac{\partial \theta}{\partial t} + u_i \frac{\partial \theta}{\partial x_i} = K_\theta \left(\frac{\partial^2 \theta}{\partial x_i^2} \right) + \frac{1}{c_p p} \frac{\partial Q_{lw}}{\partial z} + Q_\theta$$

$$\frac{\partial q}{\partial t} + u_i \frac{\partial q}{\partial x_i} = K_q \left(\frac{\partial^2 q}{\partial x_i^2} \right) + Q_q$$

Profil du vent :

L'évolution spatiale et temporelle du champ éolien est calculée en utilisant l'équation tridimensionnelle non-hydrostatique de Navier-Stokes. Avec une densité d'air constante (Bruse, 1999).

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u_i \frac{\partial u}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial x} + K_m \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x_i^2} \right) + f(v - v_g) - S_u$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u_i \frac{\partial v}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial y} + K_m \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x_i^2} \right) - f(u - u_g) - S_v$$

$$\frac{\partial w}{\partial t} + u_i \frac{\partial w}{\partial x_i} = -\frac{\partial p'}{\partial z} + K_m \left(\frac{\partial^2 w}{\partial x_i^2} \right) + g \frac{\theta(z)}{\theta_{ref}(z)} - S_w$$

$$\frac{\partial u}{\partial x} + \frac{\partial v}{\partial y} + \frac{\partial w}{\partial z} = 0$$

Turbulence :

La simulation numérique des conditions de flux turbulent est faite par le moyen du modèle de fermetures. Les turbulences dans ENVI-met sont paramétrées à l'aide d'un E-e 1.5 modèle de fermeture d'ordre. Le modèle E-e se compose essentiellement de deux équations pronostiques, l'une décrivant la production pour l'énergie turbulente et l'autre sa dissipation (Bruse, 1999).

Irradiation :

Les rayonnements incidents à ondes longues et à ondes courtes sur le bord supérieur du domaine du modèle sont calculés en fonction d'une approximation à deux flux et d'une formule empirique (Bruse et Fleer, 1998).

De cette façon, le rayonnement d'ondes longues entrantes peut être approchée en utilisant la somme d'absorption et d'émission en fonction de la température des couches d'atmosphère superposée N (Bruse, 1999).

$$Q_{lw}^{\downarrow} = \sum_{n=1}^N \sigma T^4(n) [\epsilon_n(m + \Delta m) - \epsilon_n(m)]$$

Le rayonnement entrant à ondes courtes en haut du modèle est calculé en intégrant le rayonnement du soleil I_0 pour les longueurs d'onde entre $\lambda = 0.29\mu\text{m}$ et $\lambda = 4.0\mu\text{m}$ en tenant compte de la masse optique m en fonction de la hauteur du soleil, la dispersion Rayleigh α_R et la diffusion Mie α_M (Bruse, 1999).

$$Q_{sw}^* = \int_{0.29}^{4.0} I_0(\lambda) \exp\{-\alpha_R(\lambda)m + \alpha_M(\lambda)m\} d\lambda$$

$$Q_{sw,dir}^0 = Q_{sw}^* - Q_{sw,abs}$$

Le fuseau entrant utilise le rayon d'ondes courtes Q^0 en haut du modèle pour les conditions d'un ciel claire est calculé après Brown et Isfält (1974) (Bruse, 1999) :

$$Q_{sw,dif}^0 = Q_{sw,dir}^0 \sin h \left(\frac{\Upsilon(h)}{1 - \Upsilon(h)} \right)$$

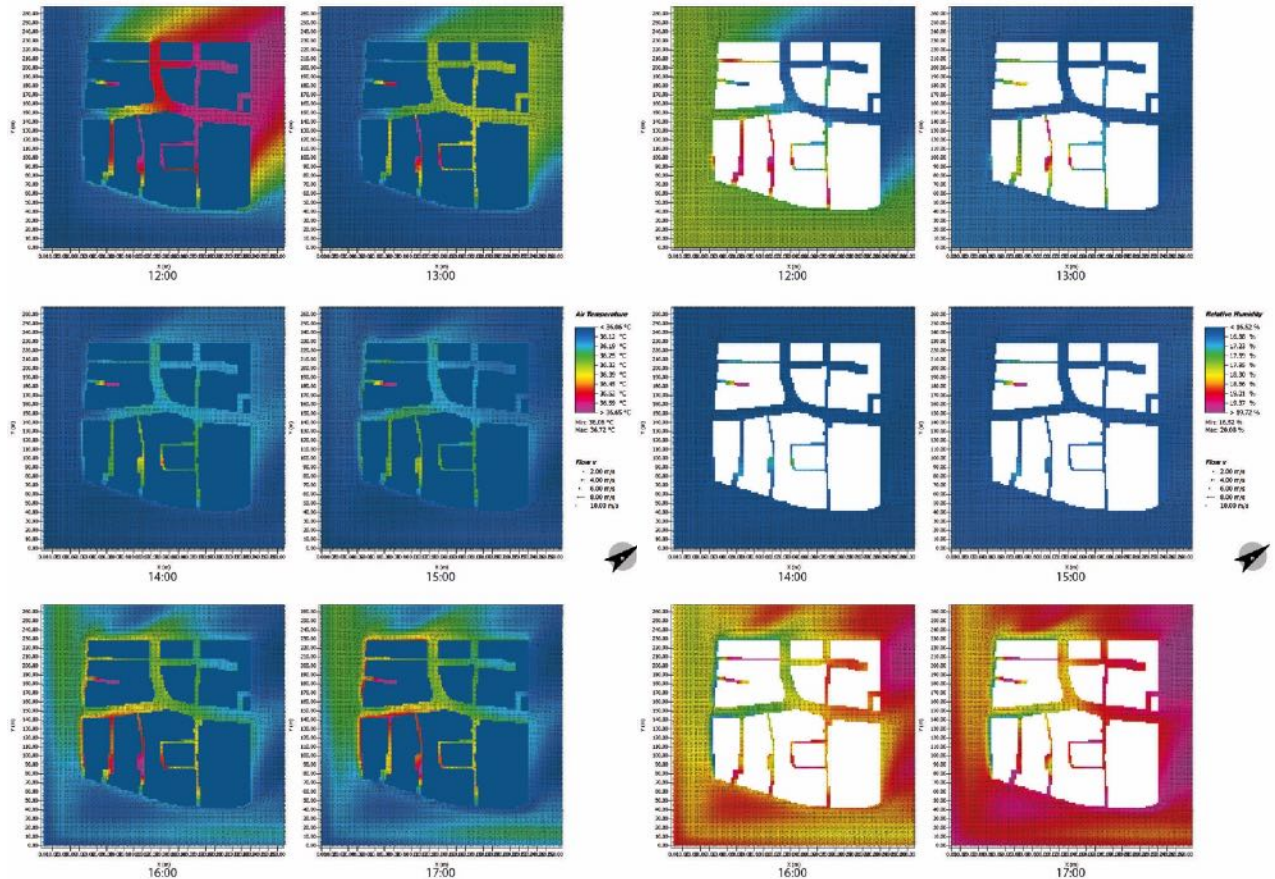
Gaz et particules :

Pour calculer la dissipation de divers gaz et particules dans la zone du modèle, ENVI-met simule le dépôt ainsi que les réactions chimiques des gaz NO, NO₂ et O₃ à l'aide de l'équation advection-diffusion (Bruse, 2007).

$$\begin{aligned} \frac{\partial \chi}{\partial t} + u \frac{\partial \chi}{\partial x} + v \frac{\partial \chi}{\partial y} + w \frac{\partial \chi}{\partial z} = \\ \frac{\partial}{\partial x} \left(K_x \frac{\partial \chi}{\partial x} \right) + \frac{\partial}{\partial y} \left(K_x \frac{\partial \chi}{\partial y} \right) + \frac{\partial}{\partial z} \left(K_x \frac{\partial \chi}{\partial z} \right) + \\ Q_{\chi}(x, y, z) + S_{\chi}(x, y, z) \end{aligned}$$

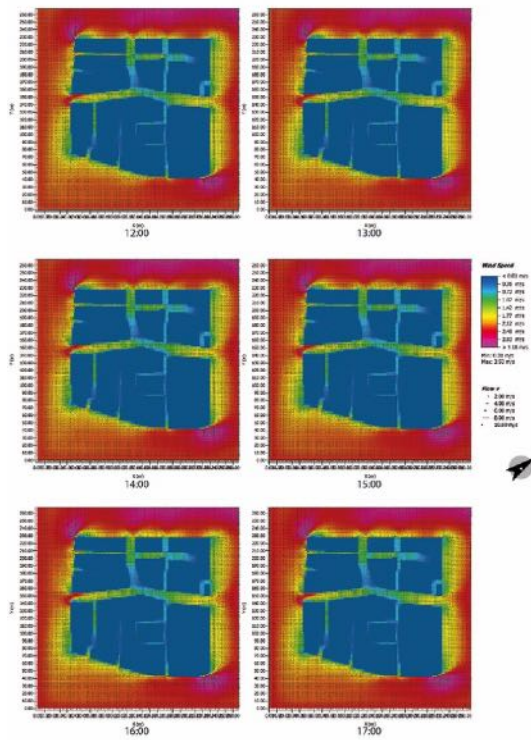
Annexe 2 :

L'annexe N° 2 regroupe les vues en plan de la distribution spatiale et suivant chaque heure du cycle de simulation, dans les différents tissus simulés.

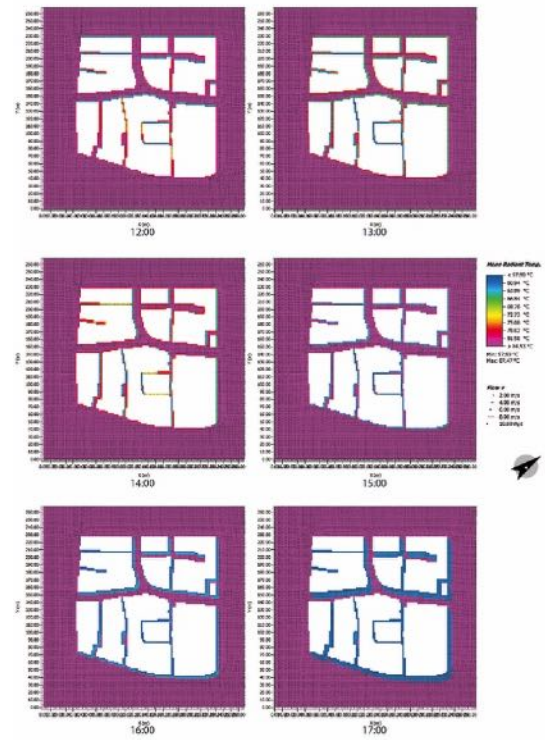


L'évolution spatio-temporelle de la température de l'air dans le tissu N°1 traditionnel journée 26/07/2015

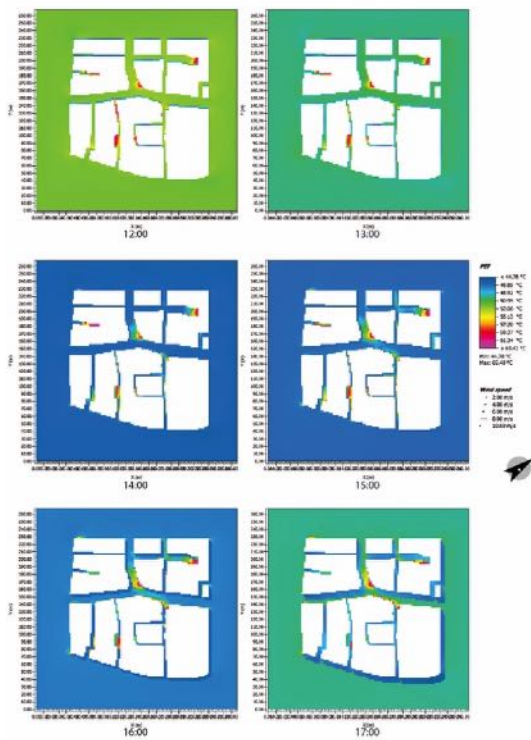
L'évolution spatio-temporelle de l'humidité relative dans le tissu N°1 traditionnel journée 26/07/2015

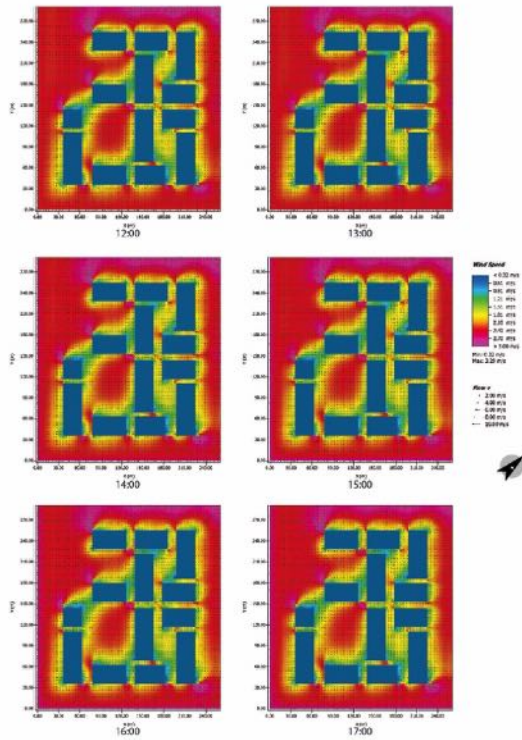


L'évolution spatio-temporelle de la vitesse du vent dans le tissu N°1 traditionnel journée 26/07/2015

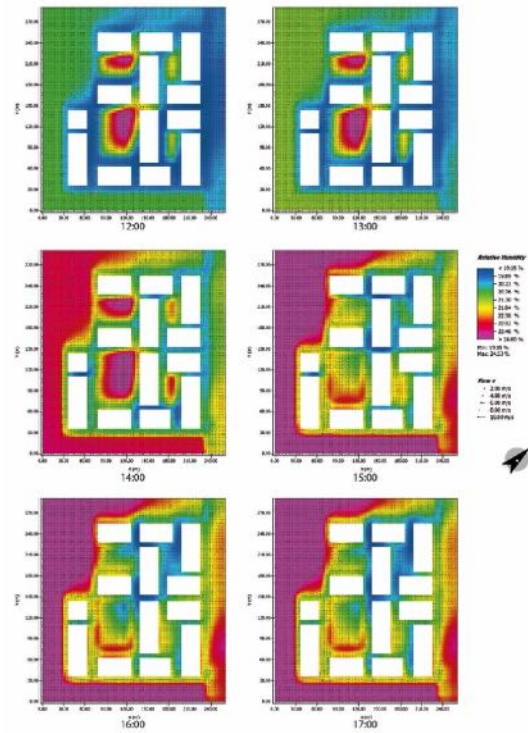


L'évolution spatio-temporelle de la Tmrt dans le tissu N°1 traditionnel journée 26/07/2015

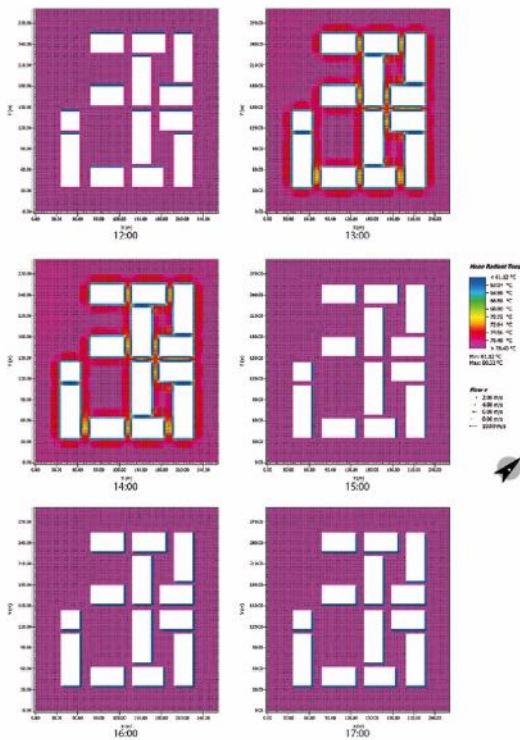




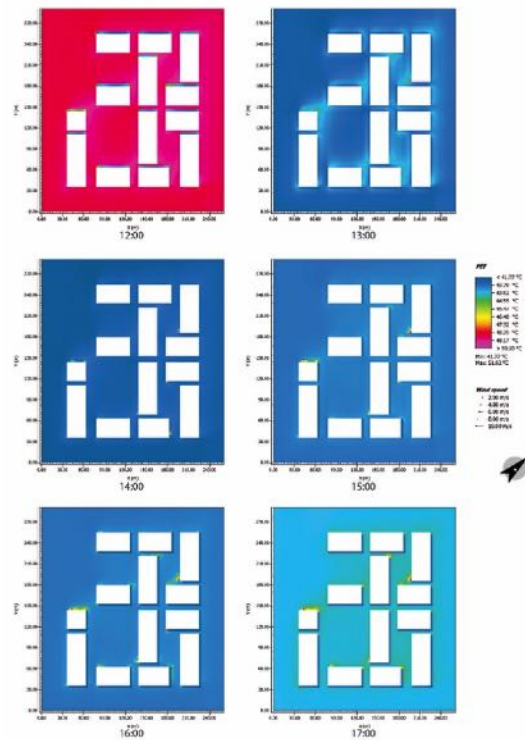
L'évolution spatio-temporelle de l'humidité relative dans le tissu N°2 200 logs URBAT réglementé 26/07/2015



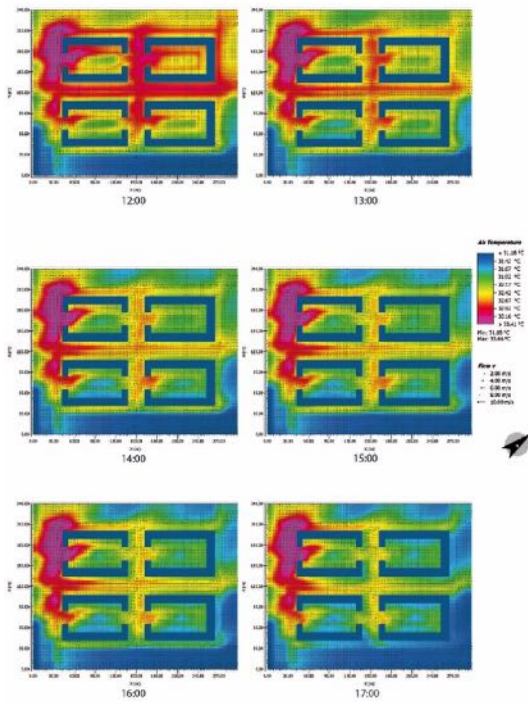
L'évolution spatio-temporelle de la vitesse du vent dans le tissu N°2 200 logs URBAT réglementé journée 26/07/2015



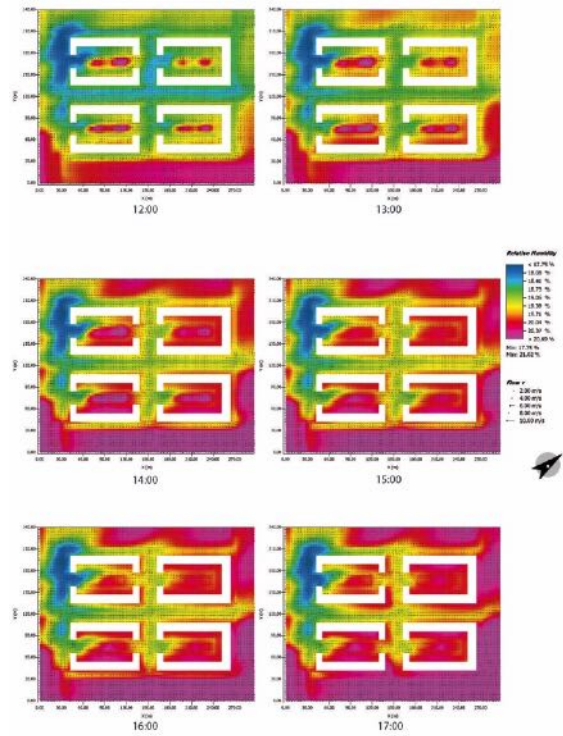
L'évolution spatio-temporelle de la Tmrt dans le tissu N°2 200 logs URBAT réglementé 26/07/2015



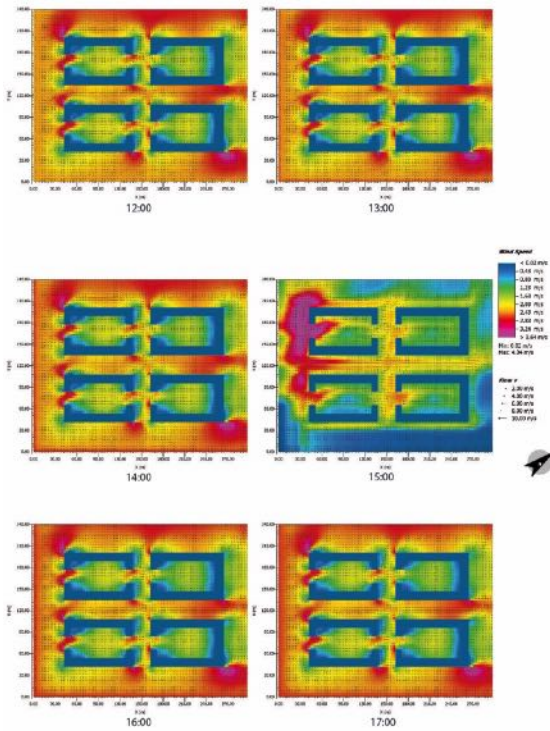
L'évolution spatio-temporelle de la PET dans le tissu N°2 200 logs URBAT réglementé journée 26/07/2015



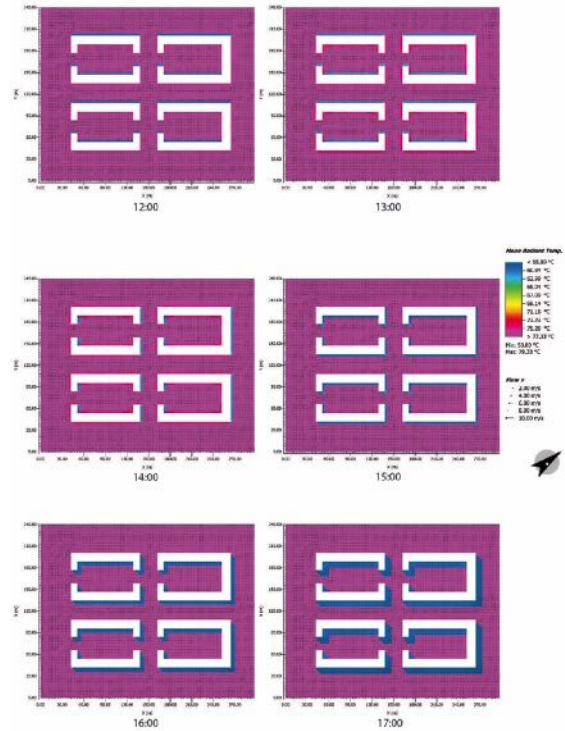
L'évolution spatio-temporelle de la température de l'air dans le tissu N°3 457 logs Collectifs réglementé journée 26/07/2015



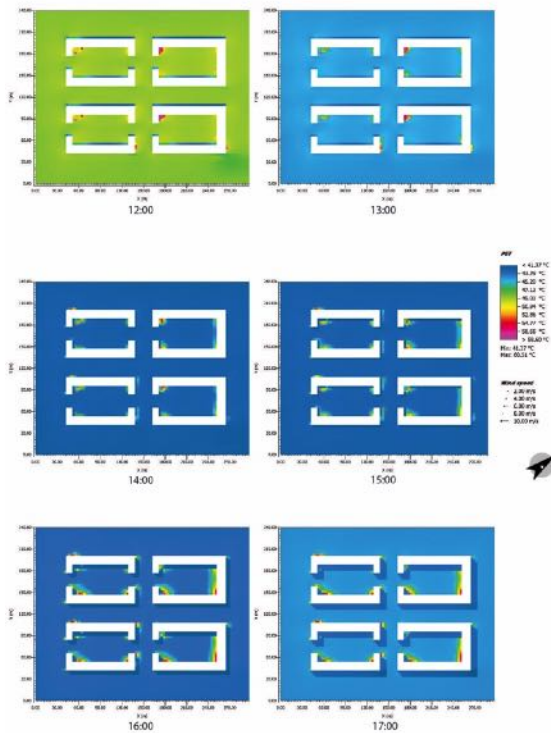
L'évolution spatio-temporelle de l'humidité relative dans le tissu N°3 457 logs Collectifs réglementé 26/07/2015



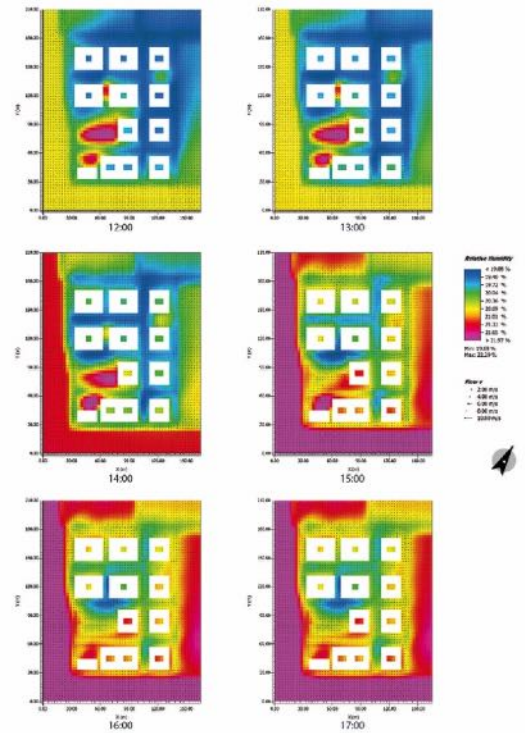
L'évolution spatio-temporelle de de la vitesse du vent dans le tissu N°3 457 logs Collectifs réglementé 26/07/2015



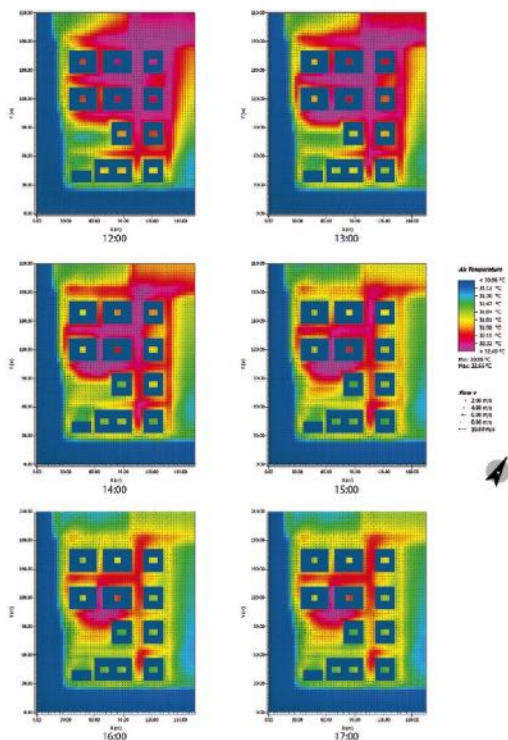
L'évolution spatio-temporelle de la Tmrt dans le tissu N°3 457 logs Collectifs réglementé 26/07/2015



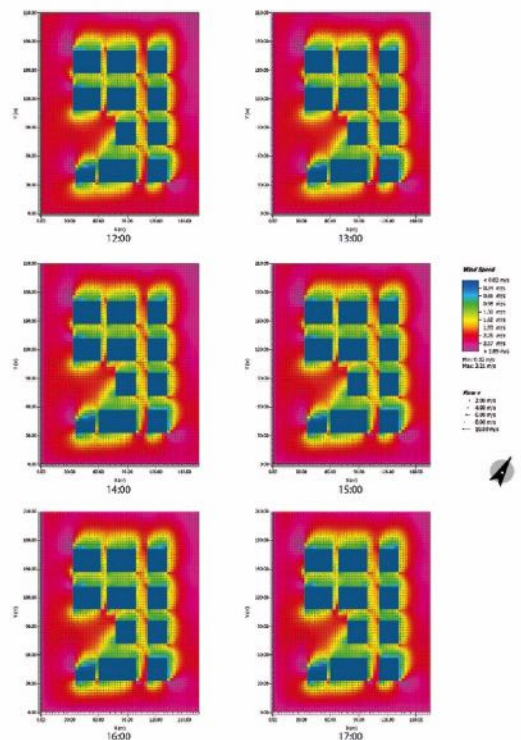
L'évolution spatio-temporelle de la PET dans le tissu N°3 457 logs Collectifs réglementé journée 26/07/2015



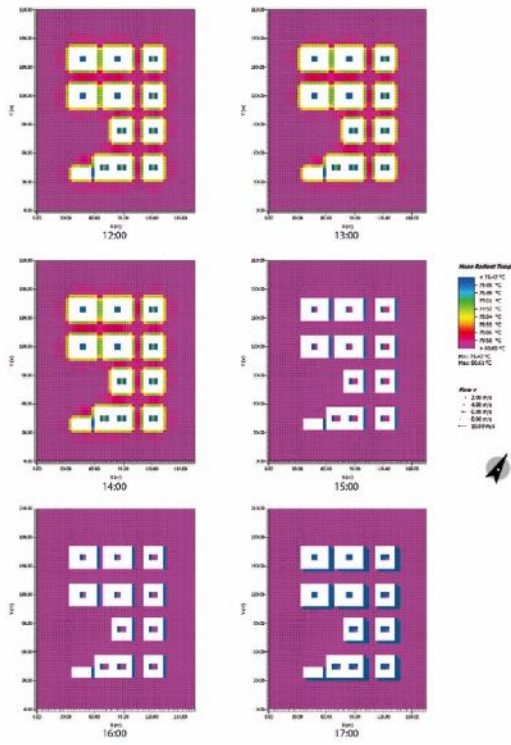
L'évolution spatio-temporelle de la température de l'air dans le tissu N°4 120 logs semi-collectifs réglementé journée 26/07/2015



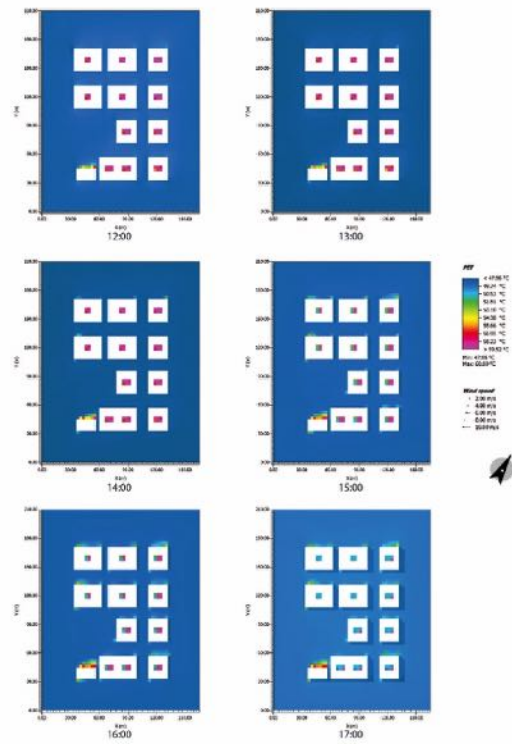
L'évolution spatio-temporelle de l'humidité relative dans le tissu N°4 120 logs semi-collectifs réglementé 26/07/2015



L'évolution spatio-temporelle de la vitesse du vent dans le tissu N°4 120 logs semi-collectifs réglementé journée 26/07/2015



L'évolution spatio-temporelle de la Tmrt dans le tissu N°4 120 logs semi-collectifs réglementé 26/07/2015



L'évolution spatio-temporelle de la PET dans le tissu N°4 120 logs semi-collectifs réglementé 26/07/2015