

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي والبحث العلمي

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khidher – Biskra

Faculté des Sciences et de la technologie

Département : Architecture

Réf :.....



جامعة محمد خيضر بسكرة

كلية العلوم والتكنولوجيا

قسم: الهندسة المعمارية

المرجع :.....

Thèse présentée en vue de l'obtention

Du diplôme de

Doctorat en sciences

Option : architecture, formes, ambiances et développement durable

**Caractérisation des formes et géométries
urbaines pour un confort aéraulique adapté des
espaces extérieurs.
Cas des villes des hauts plateaux algériens**

Présentée par :

BOUDOUKHA Ayoub

Soutenue publiquement le 16 Février 2022

Devant le jury composé de :

Dr. BOUZAHER Soumia

Pr. ZEMMOURI Nour Eddine

Pr. ALKAMA Djamel

Dr. HAMOUDA Abida

Maitre de Conférences 'A'

Professeur

Professeur

Professeur

Présidente

Rapporteur

Examineur

Examinatrice

Université de Biskra

Université de Biskra

Université de Guelma

Université de Batna 1

Je dédie ce modeste travail

À mes parents vénérés

À Ma chère femme

À Mon petit prince

À Ma sœur

À Mes frères

Remerciements

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

J'adresse mes sincères gratitudes, à toute personne qui de près ou de loin, amie ou anonyme, ont enrichi cette recherche, afin de trouver la lumière du jour ; Merci.

J'exprime ma grande reconnaissance à mon directeur du travail, mon encadreur le Professeur Nour Eddine ZEMMOURI qui m'a enseigné, orienté et guidé, afin de trouver le bon itinéraire pour énumérer ce travail, je n'oublierai jamais également sa confiance en moi, qui m'a permis de dévoiler toute ambiguïté de notre thématique.

Je remercie également Pr ALKAMA Djamel, de l'université de Guelma, Dr, HAMOUDA Abida de l'université de Batna 1, ainsi que Dr, BOUZAHER Soumia, pour m'avoir fait l'honneur d'examiner ce manuscrit, et de faire partie du jury de soutenance.

Je tiens ainsi à remercier les Docteur Djihad BERKOUK, Karim BOUZIR, pour leurs précieuses collaborations.

Je remercie également tous les enseignants du département d'architecture de Biskra ou ailleurs ceux qui m'ont jalonné la piste de cette recherche, en particulier Mr, DJEMOUI Rezig, Sara KACHEF, Adel SAKHRI, Azzedine DAKHIA, sans oublier chère ami Mostafa MEDDOUKI, qui n'ont jamais hésité à répondre à mes interrogations infinies,

Ma sympathie à mes amis intimes : Imad, Zinou, Yacine, etc pour leur assistance indéfectible.

Merci à Mohamed Amine MACHANE

Merci à tous mes amis et collègues de l'université de Biskra et de Sétif.

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

Résumé

En Algérie, l'urbanisation rapide sans se soucier des lignes directrices de la conception urbaine, a entraîné la perte de la conception durable de la vie en plein air. Ceci a également causé une négligence du confort des piétons aux niveaux des espaces urbains. Ces espaces vitaux qui ne sont plus des lieux de transition d'un endroit à un autre, mais ils sont devenus des lieux d'interaction sociale, d'exercice de différentes activités, et même de soulagement psychique. La plupart des constructeurs, comme d'ailleurs certains concepteurs, ne sont pas conscients de la relation entre les configurations urbaines et le confort aérodynamique dans les espaces urbains, ce qui entraîne, dans la majorité des cas, l'abandon de ces derniers.

Pour rendre cette relation plus bénéfique pour l'environnement et aux piétons au niveau des espaces urbains, nous nous sommes intéressés à cette thématique qui s'intéresse à la caractérisation des formes et géométrie urbaines qui mènent à un confort aérodynamique adaptés aux espaces urbains, particulièrement dans les régions des hauts plateaux, comme la ville El Eulma (Wilaya Sétif). Ainsi ce travail se focalise sur l'analyse des caractéristiques des configurations urbaines, et leurs rendements sur le microclimat urbain, notamment l'environnement aérodynamique au niveau des piétons, dans les espaces extérieurs. A ce propos, une méthodologie de recherche basée sur, l'étude comparative entre différentes configurations urbaines existantes, a été proposée. Dans un premier temps, il nous a semblé impératif de faire une analyse typomorphologique du tissu urbain existant. La seconde phase de ce notre travail a été consacrée à une évaluation objective du confort aérodynamique, à l'aide de prise des mesures des différents paramètres microclimatiques des espaces urbains. Par la suite une évaluation subjective a été entamée, en s'appuyant sur un questionnaire comme outil de recherche.

L'analyse et l'interprétation des différents résultats, atteste que la qualité de l'environnement aérodynamique extérieur, est fortement liée à la configuration urbaine, notamment la vitesse et la qualité d'air. Les hautes configurations urbaines favorisent et accélèrent la ventilation naturelle, mais qui peuvent néanmoins entraîner un malaise des piétons, dans certains cas. Cependant cette ventilation accélérée favorise la marche facultative en été, dans le but de rafraîchissement du corps, particulièrement le soir. La forme compacte favorise le piégeage radiatif ce qui n'est acceptable qu'en hiver, néanmoins cet effet doit être diminué ou même éliminé par l'optimisation de l'écoulement aérodynamique, cette dernière dissipe la pollution atmosphérique et diminue la température d'air en été, ce qui favorise la marche facultative.

Mots clé : configuration urbaine, espace urbain, confort aéraulique, microclimat urbain, El
Eulma.

Abstract

In Algeria, rapid urbanization without taking in consideration the guidelines of urban design, has resulted in the loss of sustainable design of outdoor living. This has also caused a neglect of pedestrian comfort in urban areas. These vital spaces are no longer places of transition from one place to another, but they have become places of social interaction, of different activities, and even of psychic relief. Most builders, and even some designers, are not aware of the relationship between urban configurations and wind comfort in urban spaces, which leads, in most cases, to the abundance of these urban spaces.

To make this relationship more beneficial both for the environment and pedestrians at the level of urban spaces, we are interested in the characterization of urban shapes and geometry that lead to aeraulic comfort adapted to urban spaces, especially in the highland regions, such as El Eulma city (Wilaya Sétif). Thus, this work focuses on the analysis of the characteristics of urban configuration, and their consequences on the urban microclimate, in particular the aeraulic environment at the level of pedestrians, in outdoor spaces. In this regard, a research methodology based on, the comparative study between different existing urban configurations, was proposed. Initially, we felt it was imperative to make a typo morphological analysis of the existing urban fabric. The second phase of our work was devoted to an objective evaluation of wind comfort, using measurements of the different microclimatic parameters of urban spaces. Subsequently a subjective assessment was initiated, using a questionnaire as a research tool.

The analysis and interpretation of the various results, attests that the quality of the outdoor aeraulic environment, is strongly linked to the urban configuration, in particular the speed and air quality. Though, high urban configurations promote and speed-up natural ventilation, they may cause pedestrian discomfort, in some cases. Yet, this accelerated ventilation promotes walkability in the summer, in order to refresh the body, especially in the evening. The compact form favours radiative trapping which is acceptable only in winter. However, this effect must be reduced or even eliminated by the optimization of the wind flow which dissipates the air pollution, lowers the air temperature in summer, consequently encouraging the walkability.

Keywords: urban configuration, urban space, urban microclimate, wind comfort, El Eulma.

Table des matières

Résumé	III
Abstract	V
Table des matières	VI
Liste des figures	XIV
Liste des tableaux	XIX

Introduction générale

Introduction	1
Problématique.....	3
Hypothèse.....	3
Objectif du travail.....	3
Méthodologie adoptée	4
Structure de la thèse	4
Etat de l'art	6
1 L'étude de Houda et al 2011	6
1.1 Le model physique	6
1.2 Géométrie et domaine de solution	6
1.3 Résultats et interprétations	6
1.4 Conclusion	7
2 L'étude de Afîq et al 2012.....	8

2.1	Champ d'écoulement aéraulique.....	8
2.2	Dispersion des polluants	9
2.3	Conclusion	11
3	Etude de Bouketta et Bouchahm 2020	11
3.1	Présentation contextuelle de l'étude	11
3.2	Méthodologie de travail	13
3.3	Choix du cas d'étude.....	13
3.4	Compagne des mesures et investigations.....	13
3.5	Résultats de la période hivernal	14
3.6	La simulation numérique	14
3.7	Résultats des simulations et interprétations	15
3.8	Conclusion	15
4	Étude de Aboulata et al 2020	16
4.1	Le développement compact comme approche pour plus des communautés urbaines durables	17
4.2	Le rôle du vent dans les communautés urbaines compactes.....	17
4.3	La simulation via CFD (Ansys Fluent).....	18
4.4	Résultat des simulations et interprétations.....	20
4.5	Conclusions.....	21
Chapitre I :Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains		
	Introduction	24

1	La morphologie urbaine	25
1.1	Notions de la morphologie urbaine.....	26
1.2	Classification des formes et géométries.....	28
1.3	Indicateurs de la forme urbaine.....	29
1.4	Choix des indicateurs	30
2	Les écoulements aérauliques autour des bâtiments.....	32
2.1	Effet de coin :	34
2.2	L'effet de cisaillement	35
2.3	L'effet de passage sous immeuble	36
2.4	Le rouleau tourbillonnaire.....	37
2.5	L'effet de barre.....	38
2.6	Effet Wise	39
2.7	Effet double coin.....	40
2.8	Effet canyon	41
2.9	A retenir :	42
3	Le microclimat urbain	44
3.1	Les échelles de la climatologie	44
3.2	L'action de la morphologie urbaine sur le microclimat.....	47
4	Les actions des formes urbaines sur le confort extérieur des piétons	55
4.1	Formes compactes.....	55
4.2	Formes pavillonnaires	56

4.3	Formes verticales	57
4.4	Formes traversantes	58
4.5	The lift-up design	60
	Conclusion.....	62
 Chapitre II :Confort et santé des usagers dans les espaces urbains		
	Introduction	65
1	Le confort aéraulique	66
1.1	L'importance du confort aéraulique.....	67
1.2	Dispersion de la pollution atmosphérique.....	68
1.3	L'environnement aéraulique et la marchabilité	69
1.4	Effets du vent sur les piétons	70
1.5	Critères de confort aéraulique	73
1.6	Comparaisons des critères.....	75
2	Comportements des piétons	78
2.1	Perception du vent.....	79
2.2	Caractérisation du comportement des usagers des espaces urbains.....	80
2.3	Les facteurs agissant sur le comportement des usagers des espaces urbains.....	81
2.4	L'adaptation des usagers	84
3	Les espaces urbains	85
3.1	L'importance des espaces extérieurs.....	85
3.2	Le besoin des espaces urbains.....	86

3.3	Types des espaces urbains	88
	Conclusion.....	90
Chapitre III :Présentation du cas d'étude		
	Introduction	94
1	Présentation de la ville d'El Eulma	94
1.1	Genèse de la ville :	95
1.2	Les résidences de la ville El Eulma	96
1.3	Genèse La forme urbaine de la ville El Eulma	97
2	Climatologie de la ville El Eulma	98
3	Corpus et argument de choix.....	101
4	Analyse typo morphologique	102
4.1	Classification selon la forme urbaine.....	102
4.2	Typo morphologie de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid.....	104
4.3	Typo morphologie de la cité des 400 logements	106
4.4	Typo morphologie de la cité 1 ^{er} novembre 1954	108
4.5	Typo morphologie de la cité KAHOUL Rachid (AADL)	110
4.6	Typo morphologie de la cité Naaman DJEFFAL	112
5	Caractérisation des configurations urbaines selon les indicateurs morphologiques ...	114
5.1	A l'échelle urbain.....	114
5.2	A l'échelle de l'espace public	121
	Conclusion.....	123

Chapitre IV :Analyse des résultats

Introduction	127
1 Outils d'évaluations.....	127
1.1 Soufflerie.....	128
1.2 CFD.....	128
2 Méthodologie de recherche	129
1.3 Mesures in-situ.....	129
1.4 Questionnaire	132
2 Résultats et Interprétation (mesures in-situ).....	135
2.2 La période hivernale.....	136
2.2.1 Cité BOUSSOUF Abd El Hafid.....	136
2.2.2 Cité des 400 logements	138
2.2.3 Cité 1 ^{er} Novembre 1954	139
2.2.4 Cité KAHOUL Rachid (AADL)	140
2.2.5 Cité Naaman DJEFFEL.....	142
2.3 La période estivale	144
2.3.1 BOUSSOUF Abd El Hafid	144
2.3.2 Cité des 400 logements	145
2.3.3 Cité 1 ^{er} Novembre 1954	146
2.3.4 Cité KAHOUL Rachid (AADL)	148
2.3.5 Cité Naaman DJEFFAL	149

2.4	Analyse comparative.....	150
3	Discussion	155
4	Résultats et Interprétation (questionnaire)	157
4.1	Caractéristiques des usagers	157
4.2	Comportement.....	158
4.3	Confort aéraulique	161
4.4	Aires des jeux.....	165
4.5	Espaces de circulation.....	167
5	Discussion	167
	Conclusion.....	169

Conclusion générale

1	Conclusions	172
2	Recommandations	175
3	Limites de recherche	176
4	Perspectives de recherche.....	176

Références bibliographiques 177

Annexes

1	Effets typiques du vent autour.....	197
1.1	Autour des bâtiments isolés	197
1.2	Autour des groupes de bâtiments.....	200
2	Grille des mesures	204

2.1	La cité BOUSSOUF Abd El Hafid	204
2.2	La cité des 400 logements	205
2.3	La cité 1 ^{er} Novembre 1954.....	206
2.4	La cité KAHOUL Rachid	207
2.5	La cité Naaman DJEFFAL.....	208
3	Questionnaire	209
4	Valeurs numériques des résultats de mesures	213
4.1	Période hivernale	213
4.2	Période estivale	215

Liste des figures

Figure 0-1: Le trace de la morphologie urbaine complexe à Ghardaïa avec AC3D.....	6
Figure 0-2: Résultats de simulation	7
Figure 0-3: situation de la ville du cas d'étude.	12
Figure 0-4: Alternative 1	19
Figure 0-5: Alternative 2	19
Figure I-1: Orientations des vents et zones de flux.	33
Figure I-2: effet de coin.	34
Figure I-3: effet de cisaillement.....	35
Figure I-4: effet de passage sous immeuble.	36
Figure I-5: effet rouleau tourbillonnaire.	38
Figure I-6: effet de barre.....	39
Figure I-7: effet Wise.....	40
Figure I-8: effet de double coin.	41
Figure I-9: effet canyon.	42
Figure I-10: la couche limite d'un environnement bâtie.	46
Figure I-11 : une rue bordée d'immeubles, avec un ratio élevé. (El Eulma).....	47
Figure I-12: paramètres d'un canyon urbain	48
Figure I-13: schéma d'un îlot de chaleur urbain.	49
Figure I-14: contournement d'une structure bâtie par le vent.....	51
Figure I-15: Association des effets : canalisation et Venturi.....	52
Figure I-16: circulation du vent perpendiculaire à une rue canyon	52
Figure I-17: types des écoulements des vents perpendiculaire à la rue canyon.	53
Figure I-18: effet de pyramide sur un configuration urbaine caractère pyramidal	54
Figure I-19 : Un tissu poreux.....	54
Figure I-20 : îlot traditionnel à la ville El Eulma.....	55
Figure I-21: rue canyon du centre-ville historique à Sétif (rue Valée).....	56
Figure I-22: pavillonnaires des Castors à Oran.	57
Figure I-23: HLM à El Harrach (Alger)	58
Figure I-24: La cité 1 ^{er} novembre 1954 El Eulma (Algérie)	59
Figure I-25: Vues sur l'espaces extérieur d'une forme traversante.....	59
Figure I-26: Lift-up design à Hong Kong.....	60
Figure II-1: angle d'inclinaison suivant la force du vent.....	71

Figure II-2: critère de confort selon Lawson	74
Figure II-3: Couvrement des parties des chemins au marché couvert à El Eulma.	88
Figure II-4: espace vert entouré par les bâtiments.....	89
Figure II-5: Promenade Plantée.	89
Figure III-1: Localisation de la ville El Eulma.....	95
Figure III-2: l'intramuros de la ville.....	96
Figure III-3: rayonnement solaire global et diffus de la ville El Eulma.....	98
Figure III-4: Durée d'ensoleillement de la ville El Eulma.....	99
Figure III-5: Températures moyenne de la ville El Eulma.....	99
Figure III-6: vitesses et directions des vents de le ville El Eulma.....	100
Figure III-7: Situation par rapport à la ville.....	104
Figure III-8: Voies et tracés cité BOUSSOUF Abd El Hafid.....	105
Figure III-9: des vues sur l'intérieurs des ilots.....	106
Figure III-10: Situation de la cité des 400 Logts, El Eulma.	106
Figure III-11: voiries de la cité des 400 lgts El Eulma.	107
Figure III-12: des vues sur les espaces extérieurs de la cité des 400 logts, El Eulma. .	108
Figure III-13: situation de la cité 1 ^{er} novembre 1954, El Eulma.	108
Figure III-14: Voiries de la cité 1 ^{er} novembre 1954, El Eulma.	109
Figure III-15: passage sous immeuble de la cité 1 ^{er} novembre 1954.	109
Figure III-16: Situation de la cité KAHOUL Rachid par rapport à la ville.	110
Figure III-17: voiries de la cité KAHOUL Rachid.	111
Figure III-18: vue aérienne sur la cité KAHOUL Rachid.	111
Figure III-19: vues sur les espaces extérieurs de la cité KAHOUL Rachid.	112
Figure III-20: Situation de la cité Naaman DJEFFAL par rapport à la ville.	113
Figure III-21: vue aérienne sur la cité Naaman DJEFFAL.....	113
Figure III-22: des vues à l'intérieur des ilots (Cité Naaman DJEFFAL).....	114
Figure III-23: Exemple de calcules des surfaces Via Autocad (cité KAHOUL Rachid)	115
Figure III-24: Calcul de la rugosité urbaine.	116
Figure III-25: modélisation de : a) la forme des bâtiments, b) la canopée urbaine.	118
Figure III-26: exemple de calcul de la porosité urbaine. Cité 1 ^{er} Novembre 1954.	118
Figure III-27: résultats de calcule des densités bâties	119
Figure III-28: Résultats des calculs des densités végétales	120
Figure III-29: résultats des calculs des rugosités urbaine.....	120

Figure III-30: résultats des calculs des porosités urbaine.....	121
Figure III-31: Comportement du vent en fonction du ratio H/L.....	122
Figure III-32: exemple de calcul cas de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid.....	122
Figure IV-1: L'instrument de mesure utilisé.	131
Figure IV-2: valeurs enregistrées de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid durant le mois de Décembre 2019.	136
Figure IV-3: Comparaison entre les valeurs enregistrées.....	137
Figure IV-4: Valeurs enregistrées de la cité des 400 logements durant le mois de Décembre 2019.	138
Figure IV-5: comparaison entre les valeurs enregistrées.....	138
Figure IV-6 : valeurs enregistrées de la cité 1er Novembre 1954 durant le mois de Décembre 2019.	139
Figure IV-7: comparaison entre les valeurs enregistrées.....	140
Figure IV-8 : Valeurs enregistrées de la cité KAHOUL Rachid durant le mois Décembre 2019.....	141
Figure IV-9: valeurs enregistrées durant le mois de Décembre 2019.	141
Figure IV-10 : Valeurs enregistrés de la cité Naaman DJEFFAL durant le mois Décembre 2019.....	142
Figure IV-11: comparaison des valeurs enregistrées.....	143
Figure IV-12: Valeurs enregistré de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid durant le d'Aout 2019.....	144
Figure IV-13: comparaison des valeurs enregistrées.....	144
Figure IV-14 : Valeurs enregistré de la cité des 400 logts durant le mois d'Aout 2019.	145
Figure IV-15: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.	146
Figure IV-16: valeurs enregistrées de la cité 1er Novembre 1954 durant le mois d'Aout 2019.....	147
Figure IV-17: comparaison des valeurs enregistrées.....	147
Figure IV-18: valeurs enregistrées de la cité KAHOUL Rachid durant le mois d'Aout 2019.....	148
Figure IV-19: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.	149
Figure IV-20: Valeurs enregistrées de la cité Naaman DJEFFAL durant le mois d'Aout 2019.....	150
Figure IV-21: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.	150

Figure IV-22: comparaison des résultats des stations 1,4,5, 7,12 et 15 en hiver.....	151
Figure IV-23: comparaison des résultats des stations aux niveaux des entrées des ilots en hiver.....	152
Figure IV-24: comparaison des résultats aux niveaux des vides sous immeubles en hiver.	153
Figure IV-25: comparaison des résultats des stations 1,4,5,7,12 et 15 en été.	153
Figure IV-26: comparaison des résultats des stations aux niveaux des entrées des cités en été.	154
Figure IV-27: comparaison des résultats des stations aux niveaux des vides sous immeubles en été, (a) R_h , (b) W_s et (c) A_t	155
Figure IV-28: tranches d'âge d l'échantillon.	157
Figure IV-29: tranche d'âge d'échantillon pour chaque cité.....	158
Figure IV-30: type d'activité des usagers des différentes configurations urbaines.	159
Figure IV-31: caractérisation des activités par cité.	160
Figure IV-32: satisfaction des usagers affectés par le vent pendant leurs activités.....	160
Figure IV-33: modes d'adaptation vis à vis le vent.....	161
Figure IV-34: satisfactions par rapport à la ventilation.	162
Figure IV-35: préférences de ventilation.	162
Figure IV-36: Perceptions des températures d'airs par les usagers en hiver.....	163
Figure IV-37: raisons des perceptions selon les usagers en hiver.	164
Figure IV-38: Perceptions des températures d'airs par les usagers en été.	165
Figure IV-39: raisons des perceptions selon les usagers en été.....	165
Figure IV-40: pourcentage de satisfaction des utilisateurs des aires des jeux.....	166
Figure IV-41: préférences des usagers des aires des jeux.	166
Figure IV-42: pourcentage des participants gênés ou pas par les vents pendant la marche.	167
Figure V-1: effet de trous	197
Figure I-2: Effet de coin	198
Figure I-3: effet de sillage.....	198
Figure I-4: Effet de barre	199
Figure I-5: Effet de tourbillon amont.....	199
Figure I-6: Effet Wise	200
Figure I-7: Effet Venturi	201
Figure I-8: Effet de double coin.....	201

Figure I-9: effet de liaison	202
Figure I-10: Effet de canalisation	202
Figure I-11: effet de maille	203
Figure I-12: Effet de pyramide	203
Figure I-13 : Emplacement des stations, cité BOUSSOUF Abd El Hafid	204
Figure I-14: emplacements des stations de mesures cité 400 logements.....	205
Figure I-15: emplacements des stations de mesures, cité 1 ^{er} Novembre 1954.....	206
Figure I-16: emplacements des stations de mesures cité KAHOUL Rachid.....	207
Figure I-17: emplacements des stations de mesures cité Naaman DJEFFAL	208

Liste des tableaux

Tableau I.1 : Correspondance entre l'environnement aéroulque et la forme urbaine. ...	31
Tableau I.2: Variables morphologiques urbaines clés décrivant la concertation sur la pollution de l'air au niveau de la rue et les conditions microclimatiques urbaines.	31
Tableau I.3: Indicateurs de la morphologie urbaine choisis.	32
Tableau I.4: Relations rapport H/W et les conditions thermiques.	48
Tableau I.5: Propriétés aérodynamiques typiques pour des configurations urbaines homogènes.	50
Tableau II.1: Echelle de Beaufort	71
Tableau II.2: Température ressentie en fonction de la vitesse du vent.	72
Tableau II.3 : Exemple d'un critère basé sur une probabilité de dépassement.	74
Tableau II.4: Critères de confort pour climats calmes et venteux.	75
Tableau II.5: regroupement des critères selon l'activité.	77
Tableau II.6: critères de confort utilisés	78
Tableau II.7 : définition des Catégories des Activités des Piétons (C.A.P)	81
Tableau II.8: quelque étude des facteurs agissants sur le comportement de la marche..	82
Tableau III.1: Indice d'aridité	101
Tableau III.2: résultats de la classification selon la forme urbaine	103
Tableau III.3 : Classification de la rugosité du terrain d'après Davenport	116
Tableau III.4: résultats des calculs des indicateurs à l'échelle des configurations urbaines	119
Tableau III.5: résultats de calcul des ratios des cités.	123
Tableau IV.1: spécifications techniques TESTO 480.	130
Tableau IV.2: positions et caractéristiques des points de mesure.	131
Tableau IV.3: le questionnaire développé.	134

Introduction générale

Introduction générale

Introduction

Ce travail de thèse s'inscrit dans la problématique générale de l'influence des formes et géométries sur le confort des piétons. Il a été initié au laboratoire LACOMOFA du département d'architecture de Biskra, un laboratoire pluridisciplinaire, où les architectes et les urbanistes, travaillent autour de la thématique des ambiances et leur intégration dans la pratique de la conception architecturale et urbaine. Dans ce travail, nous nous intéressons plus spécifiquement, à l'influence des formes et géométries urbaines, sur le confort aéraulique des piétons dans les espaces publiques, de la ville des hauts plateaux El Eulma.

(Andrade, Alcoforado, & Oliveira, 2011), ont montré dans son étude que 65% des piétons, ont indiqué des types d'inconfort bioclimatique. Le pourcentage d'heures d'inconfort à Sétif, est de 59,4% en hiver (Semahi, Zemmouri, Singh, & Attia, 2019). L'urbanisation rapide sans se soucier des lignes directrices de la conception urbaine a entraîné la perte de la conception durable de la vie en plein air (Ahmed, 2003) (Williams, 2019). La plupart des constructeurs, contrairement aux chercheurs scientifiques, sont mal informés sur la relation entre les configurations urbaines et le confort au vent (Blocken & Carmeliet, 2004). La vitesse élevée des nouvelles constructions en Algérie au cours des deux dernières décennies, a abouti à la négligence du confort des piétons dans les espaces urbains, ce qui modifie nos activités et qualifie les espaces ouverts, notamment les espaces résidentiels (Reiter, 2010).

La qualité des espaces extérieurs urbain, affecte largement la santé et le confort de ses utilisateurs (Massabie, 1996), ainsi que l'interaction sociale entre les habitants de la ville (Farida, 2013). Les paramètres de microclimat urbain définis et modifiés par les configurations urbaines (Ying, 2020), peuvent rendre les espaces ouverts des cités résidentiels, soit confortables et utilisables, soit abandonnés (Rotilio, 2014) (Basantes, 2018). Cette abondance est une réaction de stress psychologique, causée par de mauvaises conditions de microclimats, afin d'atteindre l'équilibre physique ou mental (Nikolopoulou & Lykoudis, 2007). Le processus de perception des composants du microclimat urbain du corps humain, est tributaire de l'intensité de ces derniers.

La marchabilité est une activité nécessaire pour la santé physique, et mentale de l'individu (Organization World Health, 2010), la faisabilité de cette activité généralement, fait suite à la première perception des conditions microclimatiques urbaines. Le comportement (qui est l'ensemble des symptômes apparentes de l'organisme (Moser, 2003)) des usagers pendant leurs activités dans les espaces urbains, qui dépendent de l'interaction avec l'environnement. Ce comportement serait lié à la fois aux caractéristiques des stimulations de l'environnement, et aux actions d'un organisme sur et dans cet environnement pour satisfaire ses besoins. Fournir le confort dans les espaces urbains ouverts en situation d'inconfort se fait par l'adaptation humaine aux conditions environnantes, cela pourrait se produire en limitant le temps d'exposition, en changeant la place assise, en changeant les vêtements, etc. si c'est ne pas le cas, l'abondance de l'espace urbain sera le choix le plus facile.

Les configurations urbaines avec leurs différences et pluralités, affectent de manière différente les unes aux autres, sur le microclimat urbain de ses espaces extérieurs, et plus particulièrement sur son aérodynamisme. Le tissu urbain peut non seulement augmenter ou diminuer la vitesse d'écoulement d'air, mais rendre également sa direction imprévisible (Lei, 2006), (Yuen, 2004). Les espaces interconnectés à haute densité, conduisent à une différenciation du confort, entre les rues et les espaces centraux. La diversité morphologique urbaine, augmente cette différenciation. (Vasilikou, 2020)

Les facteurs géométriques des configurations urbaines, tel que la densité, les rapports surface-volume et hauteur-largeur des bâtiments et des espaces urbains, engendrent des interactions complexes, entre la forme et le microclimat, (Ye, 2019). Dans le cas du canyon rues, pendant la nuit, le vent pénètre et évacue la chaleur vers l'atmosphère en convection, la vitesse d'évacuation dépend de la longueur de la rue (la plus longue la plus lente) (Johansson, 2006). La hauteur des bâtiments est l'un des facteurs morphologiques qui définissent et influencent l'environnement éolien (Huizhi, 2002) (Ji, 2019) (Lima, 2017). Les hauts bâtiments qui bloquent les vues naturelles et augmentent la pollution, sont le résultat de la demande croissante de logements, de la croissance démographique, ainsi que le manque de terrain et son prix croissant (Hayati, 2012).

L'écoulement aéraulique affecte la perception thermique des piétons, dans les espaces ouverts (Cheng, Ng, Chan, & Givoni, 2012). Pendant les jours froids, les utilisateurs des espaces extérieurs préfèrent les faibles vitesses de vent avec le changement de vêtements, contrairement aux saisons chaudes (Hou, Lu, & Fu, 2017). Cette sensation thermique varie du tiède au froid,

selon la vitesse de l'air, et la couverture nuageuse du ciel. Ces deux paramètres dépendent de la hauteur du bâtiment (Coccolo, 2017). Encore, l'écoulement aéraulique comportement du vent est l'un des principaux facteurs qui influent sur la dispersion de la pollution dans les zones urbaines (Yang, et al., 2020).

Problématique

Suite à la complexité et de l'adaptabilité de l'espèce humaine, la façon dont nous concevons et aménageons le tissu urbain, ainsi que l'espace urbain extérieur, a une influence directe sur le degré du confort des usagers de ces espaces, et par la suite le comportement de ces usagers, durant ces activités au sein de ces espaces extérieurs, des tissus urbains. Ce qui définit le succès ou l'échec de la conception. À ce moment, une question se pose :

Est-ce que les configurations urbaines existantes sont adaptées aux conditions climatiques des villes des hauts plateaux, pour créer des écoulements aérauliques favorables pour le bien être des usagers des espaces urbains de la ville El Eulma ?

Hypothèse

Pour répondre à la question posée, on a posé les hypothèses suivantes :

- La forme, la disposition ainsi que la continuité des configurations urbaines, influent d'une manière très importante sur le confort aérauliques des usagers de l'espace urbain, notamment l'écoulement aéraulique.
- La qualité de l'environnement aéraulique extérieur, est tributaire de la configuration urbaine, et est déterminante du comportement des usagers des espaces publics.

Objectif du travail

La thèse se focalise autour de la morphologie urbaine et l'environnement aéraulique. En effet fait, la morphologie urbaine peut être considérée comme la condition initiale qui définit l'espace extérieurs, le microclimat urbain et par conséquence le confort aéraulique.

Donc, l'objectif de ce travail, consiste à analyser les caractéristiques des formes urbaines, et leurs rendements sur le microclimat urbain, notamment l'environnement aéraulique, au niveau des espaces ouverts des cités résidentiels collectives existantes, dans un climat continental semi-aride.

Méthodologie adoptée

Pour atteindre les objectifs cités précédemment, la méthodologie adoptée consiste à recourir à deux méthodes d'investigation et d'analyse, couramment utilisées dans les recherches scientifiques. La première est la prise des mesures in-situ des différents paramètres physiques du microclimat urbain, dans des espaces extérieurs des cités résidentielles collectives. La deuxième est 'la méthode d'enquête par questionnaire'. Le principal intérêt de cette méthode a porté sur, l'évaluation de la qualité aéraulique de ces espaces extérieurs au sein des cités choisies, par l'intermédiaire d'un formulaire de questionnaire composé d'un ensemble de questions construites à partir des modèles précédents.

Finalement des conclusions générales ont été établies, des limites et des perspectives de recherche sont mentionnées pour la présente et futures études.

Structure de la thèse

Cette thèse est structurée en deux parties. La première partie est centrée sur la synthèse bibliographique qui porte sur deux chapitres. Précédée par une introduction générale dans laquelle on a défini notre axe de recherche, la problématique, les hypothèses, les objectifs et la méthodologie. Cette partie constitue le bagage théorique nécessaire pour notre étude. La deuxième partie concerne la prise des mesures, le questionnaire, l'analyse et l'évaluation de l'impact de la morphologie urbaine sur le microclimat des espaces extérieurs des configurations urbaines.

Afin de répondre à la problématique et les objectifs fixé, la thèse est scindée en quatre chapitres.

Le **premier chapitre** présente les formes, géométries et les microclimats urbains. Deux thèmes sont abordés : la morphologie urbaine et le microclimat en ville. Nous abordons dans un premier temps la notion de la morphologie urbaine et la classification des différentes formes urbaines selon plusieurs critères. Ensuite, les échelles de la climatologie, la théorie descriptive de l'écoulement du vent, autours des bâtiments isolés et leurs effets typiques, sont présentés. Les indicateurs de la forme urbaine, qui sont en relation avec les paramètres physique du confort. Les différentes actions de la morphologie urbaine sur le microclimat, et le confort aéraulique, sont identifiées et présentées au cours de ce chapitre.

Le **deuxième chapitre** est centré sur le confort et le comportement des usagers des espaces publics. Nous avons essayé de démontrer l'importance de l'espace public urbain dans la vie quotidienne des individus, ainsi que les types des espaces les plus utilisés. Ensuite, la méthode de caractérisation du comportement humain durant leurs activités, suivant le niveau de confort a été abordée. Les facteurs que soit personnels ou environnementaux, agissant sur ce comportement, en plus de l'adaptations des usagers, ont été développés. À la fin nous avons, décrit l'importance du confort aéraulique, démontrer les écoulements aérauliques et ses effets sur les piétons. Des critères indispensables pour l'évaluation du confort aéraulique, ainsi qu'une comparaison de ces derniers, ont été abordés.

La partie pratique, qui comporte deux chapitres présente les résultats de l'investigations. **Le troisième chapitre** nous avons présenté et analyser le présent cas d'étude. Dans un premier temps, on a présenté la ville, son évolution, sa forme urbaine, sa climatologie, et justifié le choix de ce cas d'étude. Par la suite, nous avons tenté d'analyser la typologie morphologie des cinq tissus urbains existants dans différents emplacements par rapport à la ville d'étude. En fin, une caractérisation des configurations urbaines aux échelles urbaines et celui de l'espace publique a été réalisé.

Le quatrième chapitre sera consacré à l'évaluation qualitative et quantitative du confort aéraulique, basée sur la méthode de recherche adoptée, qui s'appuie sur l'étude comparative. Par la suite, Nous exposerons les résultats de ces évaluations par cité résidentielle, suivis par une comparaison de ces résultats, et par des discussions. Ceci nous a permis de caractériser les formes et les géométries urbaines qui aboutirons un confort aéraulique adapté des espaces extérieurs.

Enfin, nous présenterons une conclusion générale qui résume les résultats obtenus et les perspectives de ce travail, ainsi que et les problèmes rencontrés lors de la réalisation de ce travail de recherche.

Etat de l'art

1 L'étude de Houda et al 2011

Le groupe des chercheurs (Houda, Zemmouri, Athmani, & Belarbi, 2011) ont basé dans leurs travaux sur l'utilisation de la mécanique des fluides numériques (CFD), à travers le programme Phoenix 3.5, afin d'étudier l'effet de la morphologie urbain sur la répartition des vents dans les configurations urbaines denses. Cette simulation est vu que les expérimentations en soufflerie, peuvent êtres longues et coûteuses, en particulier dans le cas des configurations urbaines complexes.

1.1 Le model physique

Le cas d'étude simulé a été préparé étape par étape, en commençant par la capture de la zone d'investigation avec Google-Earth. Cette image a été importé au logiciel AC3D, où les lignes de contour des bâtis ont été définies, tracés et extrudés.



Figure 0-1: Le trace de la morphologie urbaine complexe à Ghardaïa avec AC3D

Source : (Houda, Zemmouri, Athmani, & Belarbi, 2011)

1.2 Géométrie et domaine de solution

A travers le logiciel Phoenix VR, le système de cordonnée cartésienne, la géométrie urbaine, le maillage ont été traités, en plus du domaine. Les dimensions de ce dernier ont été fixées selon les recommandations de (Hall, 1996), Cinq fois les dimensions de la géométrie urbaine. Une vitesse d'aire de 25m/s a été choisie pour représenter les conditions de vent moyennes dans la région.

1.3 Résultats et interprétations

Une étude numérique du champ de vitesse dans un tissu urbain densément vernaculaire a été entreprise et discutée ici. On a constaté que la répartition de la vitesse peut changer

considérablement avec la forme du bâtiment et la configuration urbaine. En utilisant la dynamique computationnelle des fluides (CFD), des informations utiles peuvent être tirées et utilisées par les développeurs urbains, les concepteurs architecturaux et les planificateurs environnementaux pour promouvoir la ventilation naturelle, une bonne mesure pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments et fournir une meilleure qualité de l'air extérieur. Il a également été démontré la capacité de combiner différents outils de capture d'image, de correction d'image à la simulation CFD pour évaluer un phénomène naturel.

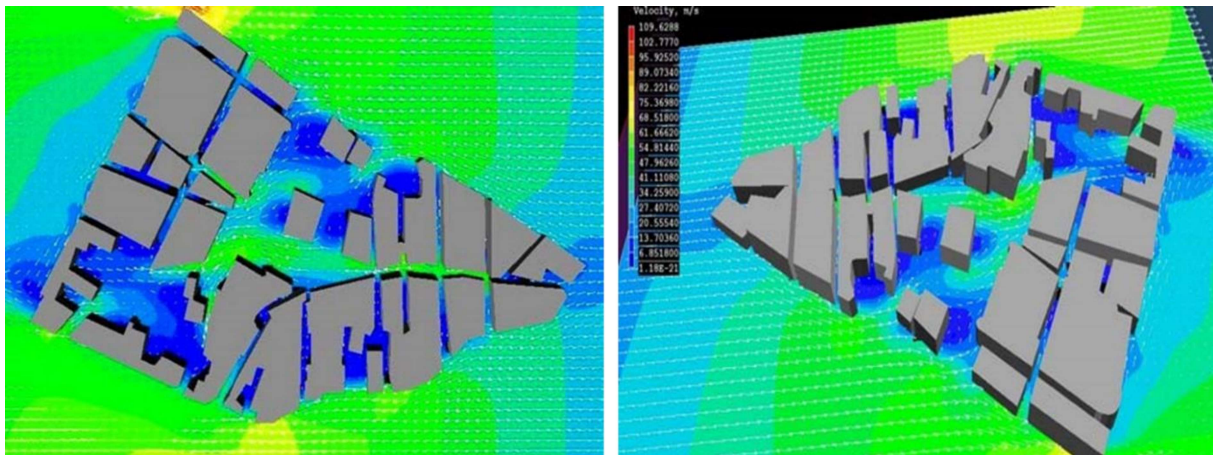


Figure 0-2: Résultats de simulation

Source : (Houda, Zemmouri, Athmani, & Belarbi, 2011)

Dans un premier temps, la simulation a montré que :

- La forme et la disposition des bâtiments, affectent les écoulements aérauliques. Et que la vitesse du vent varie considérablement avec la densité urbaine.
- La configuration urbaine agit comme un pare-vent réduisant la vitesse de l'air à l'intérieur du tissu urbain, alors que les vitesses maximales sont observées aux limites du lot.
- Dans les grands espaces ouverts entre les bâtiments, bien que la direction du vent soit compliquée, la vitesse du vent est relativement faible.
- Les formes denses et organiques semblent créer un environnement extérieur mieux protégé.

1.4 Conclusion

L'étude a constaté que la répartition de la vitesse peut être changé considérablement avec la forme du bâtiment et la configuration urbaine. En utilisant la dynamique computationnelle des fluides (CFD), des informations utiles peuvent être tirées et utilisées par les développeurs

urbains, les concepteurs architecturaux et les planificateurs environnementaux pour promouvoir la ventilation naturelle, une bonne mesure pour réduire la consommation d'énergie dans les bâtiments et fournir une meilleure qualité de l'air extérieur.

Il a également été démontré la capacité de combiner différents outils de capture d'image, de correction d'image à la simulation CFD pour évaluer un phénomène naturel.

2 L'étude de Afiq et al 2012

Cette étude a pour objet de passer en revue les découvertes des méthodes de recherche disponibles, concernant les effets de la géométrie des canyons de rue, de la vitesse et de la direction du vent sur la structure de l'écoulement du vent ainsi que la dispersion des polluants dans les rues canyons symétriques.

2.1 Champ d'écoulement aéraulique

2.1.1 Effet de la géométrie (Rue canyon)

Le rapport d'aspect du bâtiment (hauteur sur largeur) est l'un des éléments les plus importants qui a déterminé le champ d'écoulement à l'intérieur d'un canyon de rue. La formation régimes d'écoulement différents à l'intérieur d'un canyon de rue se divise en trois selon le ratio de la rue canyon. Un écoulement de rugosité isolé ($H/W=0,1667$), un écoulement d'interférence de sillage ($0,25$) et un écoulement d'écrémage ($H/W=1$).

2.1.2 Effet de la vitesse du vent

L'augmentation de la vitesse du vent mène à l'augmentation de la force du vortex qui peut s'expliquer par l'augmentation de l'intensité turbulente. Pour $H/W=1$, à faible vitesse d'écoulement, un petit tourbillon secondaire apparaît au coin inférieur de la construction en amont, et disparaît à mesure que la vitesse augmente. La même situation s'est produite dans un canyon de l'avenue où, à mesure que la vitesse d'écoulement augmente, deux tourbillons identifiés à l'origine de fusionnent et forment un seul tourbillon primaire. Dans une rue canyon profonde, avec faible vitesse de vent, un seul vortex primaire produit au centre de la rue canyon avec deux tourbillons relativement petits alignés horizontalement chacun au coin inférieur de la rue.

2.1.3 Effet de la direction du vent

La structure du flux d'air à l'intérieur de la rue canyon est également affectée par la variation de la direction des vents qui approchent. Dans une rue canyon ordinaire, le déplacement du vortex primaire situé à l'origine au milieu du rue canyon, se déplaçant vers le côté sous le vent du bâtiment en amont lorsque l'angle vertical du vent en approche perpendiculaire est dirigé vers le bas des rues canyons un angle de 30 à 45. Entre-temps, un tourbillon secondaire de plus grande taille avec l'augmentation de l'inclinaison est produit au coin inférieur de la paroi au vent. Pour le flux d'approche perpendiculaire, un tourbillon en forme de portail de double circulation de Foucault, a été formé à l'intérieur de la rue canyon spécifiquement à l'extrémité du côté sous le vent du bâtiment au vent le long de la formation du vortex primaire au centre des rues canyons en raison du cisaillement.

Pour le débit approchant parallèlement à l'axe du canyon de la rue, aucun tourbillon significatif ne s'est formé à l'intérieur de la rue.

2.2 Dispersion des polluants

2.2.1 Effet de la géométrie (Rue canyon)

Tant que la géométrie du bâtiment est préoccupante, le rapport H/W joue un rôle majeur dans l'entraînement du polluant résultant de la variation de la concentration du polluant dans le canyon de la rue. Les études de mesure ont révélé une réduction graduelle de la concentration de polluants à partir du fond d'une rue canyon ordinaire. De plus, le polluant se concentrait davantage sur les parois sous le vent que sur les parois au vent. Il est également signalé qu'une concentration plus élevée du côté sous le vent, avec une concentration deux fois supérieure à celle du mur au vent, et une diminution le long des deux murs latéraux en fonction de leur mesure dans une rue canyon en Chine.

De nombreux études montrent que la concentration plus élevée de polluants dans la rue canyon correspond à l'accroissement du rapport H/W . une étude sur la concentration de polluants dans les gorges profondes ($H/W > 2$), constate que des résidus élevés de polluants dans le coin inférieur du mur au vent, et diminuent le long de la moitié inférieure du mur au vent. Les concentrations élevées des polluants dans la moitié supérieure de la paroi sous le vent, selon le modèle de turbulence RANS. L'élimination maximale des polluants est à $H/W = 0,8$, bien que

la ventilation soit améliorée à mesure que le H/W diminue. Ceci est dû au retour de polluants particulièrement à $0,2 < H/W < 0,3$ et $H/W > 1$.

2.2.2 Effet de la vitesse du vent

L'augmentation de la vitesse du vent à l'approche perpendiculaire à une rue canyon régulière, réduira la concentration de polluants. Cette constatation a été fortement clarifiée par une mesure effectuée qui a révélé que lorsque la vitesse du vent est inférieure à 1,0 m/s, la concentration sous le vent est de 9 à 16 % plus élevée, alors que lorsque la vitesse du vent se situe entre 2 et 4 m/s, le pourcentage augmente de façon spectaculaire à 64-107 %. Cette tendance a été expliquée en détail par une étude numérique en termes d'intensité turbulente où la vitesse du vent affectant la force du vortex causant les accroissements la moyenne verticale et les flux turbulents dans lesquels les flux turbulents ont contribué jusqu'à dix fois en amplitude de concentration.

2.2.3 Effet de la direction du vent

Outre la vitesse du vent, la direction du vent avait également un effet important sur la dispersion des polluants. Une expérience en soufflerie pour étudier la concentration de polluants à l'intérieur d'une courte et longue rue canyon ($L/W=5$ et 10) à différents angles de vent a trouvé une concentration relativement élevée à l'extrémité des rues canyons longues par rapport aux courtes rues canyons. De plus, les niveaux de concentration dans toutes les directions du vent à l'approche des longues rues canyon sont relativement élevés par rapport au courtes rues canyon. Une étude numérique confirme de telles conclusions selon lesquelles le polluant s'accumule au bout de la rue canyon plutôt qu'au milieu.

Dans l'ensemble, une analyse numérique en plus d'une mesure sur le terrain sont effectuées, montrent que le rapport de concentration des résidus est le plus élevé dans le flux perpendiculaire et le plus bas, car le vent est en direction oblique vers la rue canyon. De plus, la concentration de polluants la plus élevée était relativement faible dans la rue canyon, le débit étant à l'approche oblique par rapport au débit approchant parallèle et au débit perpendiculaire.

La concentration le long du canyon de la rue a augmenté à mesure que la rue canyon se rétrécit lorsque la direction du vent est parallèle à la rue canyon en raison de la formation d'une couche limite le long du mur du bâtiment et de la rue canyon.

2.3 Conclusion

Au cours des deux dernières décennies, des efforts considérables ont été déployés dans l'étude du champ d'écoulement du vent et de la dispersion des polluants à l'intérieur des canyons urbains au moyen d'approches numériques et expérimentales. Cette revue donne un aperçu des découvertes les plus récentes dans la variation de la structure du débit d'air et de la concentration de polluants correspondant à la géométrie des rues canyons, la vitesse, et la direction du vent. Sur la base des examens effectués, la pire qualité de l'air correspond au polluant le plus élevé et la réduction de la ventilation dans la rue canyon est attribuée au vent perpendiculaire dominant à basse vitesse dans la rue canyon profonde.

Donc, les champs d'écoulement du vent et le mécanisme de dispersion des polluants sont fortement influencés par les variations de la géométrie des rues canyons, ainsi que la vitesse et la direction du vent.

3 Etude de Bouketta et Bouchahm 2020

De nombreuses études ont montré l'impact de la géométrie urbaine sur le confort thermique dans les espaces extérieurs, mais peu d'entre elles ont abordé le contrôle des effets néfastes du vent dans les zones urbaines humides. Ce travail porte sur ce contexte particulier. Il vise à mettre en évidence le rôle de la géométrie des espaces urbains dans le contrôle du vent, plus particulièrement la « perspective » H/W , dans la ville de Jijel (Algérie), où le vent est l'élément essentiel à prendre en compte. Il est montré concrètement dans des campagnes de mesures in situ (prises à l'hiver 2016) au cours desquelles des paramètres microclimatiques ont été enregistrés simultanément pour des études de cas de remorquage avec des espaces de géométries distinctes entre les bâtiments en forme de U et en forme de L. Plus précisément, la première étape consiste à identifier les paramètres géométriques les plus importants et à décrire le comportement du vent par simulation numérique à l'aide du logiciel « Envi-met V4 » (sous licence)

3.1 Présentation contextuelle de l'étude

Par sa position sur le littoral nord-est algérien, Jijel offre toutes les caractéristiques climatologiques des régions maritimes méditerranéennes Figure 0-3

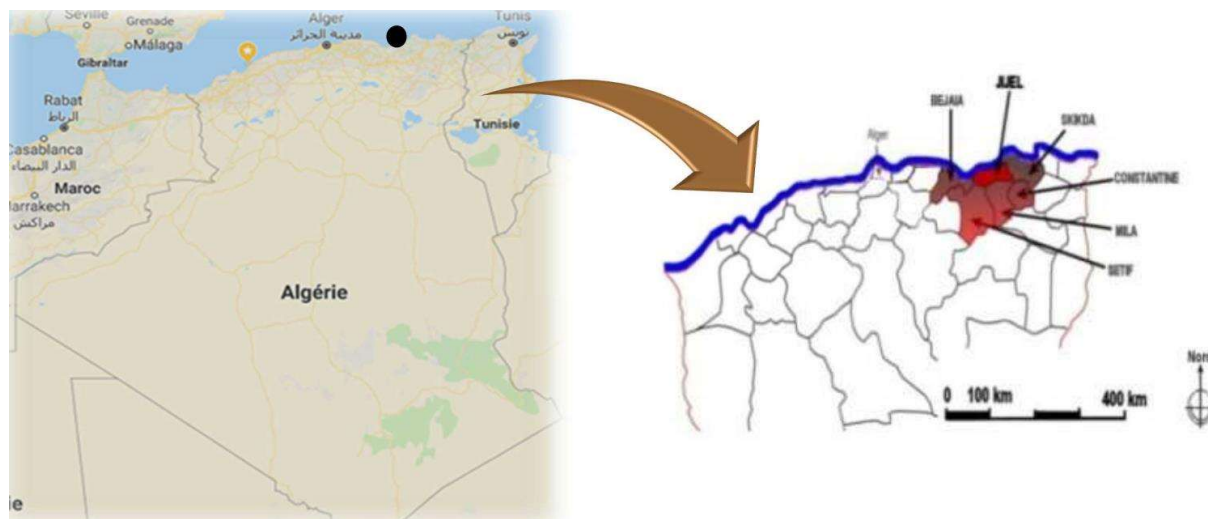


Figure 0-3: situation de la ville du cas d'étude.

Source : (Bouketta & Bouchahm, 2020)

Elle est considérée comme l'une des régions les plus pluvieuses de l'Algérie. Son climat méditerranéen est pluvieux et doux en hiver, chaud et humide en été. L'interprétation des données météorologiques de la ville de Jijel pour la période de 1999 à 2015 donne ce qui suit :

La saison chaude s'étend de juin à septembre et les températures maximales se situent entre 28,2 °C et 31,8 °C. Les températures diurnes et nocturnes mensuelles sont plutôt basses, la plus élevée étant de 26,3 °C, avec un maximum de 31,8 °C et un minimum de 20,6 °C. Les températures relativement froides (douces) saison s'étend d'octobre à avril, avec des températures comprises entre 16,2 °C et 20,9 °C. En janvier, le mois le plus froid, les températures atteignent leur valeur minimale à une moyenne mensuelle de 11,6 °C, le maximum étant de 16,2 °C et le minimum de 6,2 °C.

En ce qui concerne l'humidité de l'air, le taux d'humidité relative est très élevé au cours des deux périodes : en hiver, la moyenne annuelle relative est de 78 %, enregistrée en janvier ; en été, le taux d'humidité relative le plus élevé est de 77 %, enregistré en mai.

En hiver, les vents dominants sont du nord à l'ouest. Les vitesses de vent entre 4 à 6m/s et 6 à 8m/s sont les plus fréquentes et prendre une direction nord-ouest. La fréquence des vents forts est de 1% sur une direction N à N-W, pendant que celle des vents plus calmes est de 50%.

3.2 Méthodologie de travail

Ce travail a été divisé en deux parties : un travail sur le terrain, par la réalisation de mesures et d'enquêtes sur site, et une simulation numérique à l'aide du logiciel. Cela a été fait après avoir choisi le cas d'étude.

3.3 Choix du cas d'étude

Pour le choix du cas d'étude, l'approche typo-morphologique a été adoptée comme un moyen d'analyser tous les blocs d'appartements pour l'hébergement collectif qui existent dans la zone urbaine de Jijel. Afin d'étudier l'espace laissé entre ces bâtiments. Tous les blocs d'appartements devaient être enregistrés et classés étape par étape. Par conséquent, plusieurs classifications successives ont été effectuées afin de dégager le type le plus représentatif. Des critères de classification de pointe ont été retenus pour les différentes phases.

Plusieurs configurations géométriques sont apparues, donnant de la substance à l'étude. Ensuite, se dressent linéaires, parallèles, droites, en forme de U et en forme de L, avec la juxtaposition de plusieurs bâtiments. Quant à l'espace extérieur, il présente une variété de formes et de fonctions, des terrains de jeux, des espaces verts ouverts, aux mètres piétonniers. De cette variété, deux formes géométriques ont été retenues, qui sont répandues dans les anciens modèles de construction : la forme en U et la forme en L, qui se trouvent dans la nouvelle zone résidentielle de la montagne Mezghitane à l'ouest de la ville.

3.4 Compagne des mesures et investigations

La mesure est un outil fiable pour quantifier les paramètres climatiques. L'objectif de l'ensemble de mesures du cas d'étude est de souligner les variations microclimatiques de l'espace extérieur. En premier lieu, les variations microclimatiques de l'étude en question doivent être déterminées par mesure puis comparées aux références de la station météorologique locale. Deuxièmement, l'interaction entre le comportement du vent et les différentes géométries des espaces extérieurs à partir de points de mesure soigneusement sélectionnés, selon plusieurs critères ; à savoir le type et la forme de l'espace extérieur, la direction des vents dominants, la présence de végétation ainsi que la présence de couloirs de ventilation, afin de repérer toute déviation aérodynamique. Les mesures ont été prises à l'aide d'un modèle portable multifonction LM-8000, le 16 février 2017 pour la période hivernale. Les heures de nuit ont été réservées, lorsque la circulation piétonne est importante.

3.5 Résultats de la période hivernal

Le point A enregistre une température de 20 °C qui demeure supérieure à celle des deux autres points B et C (respectivement 19,9 °C et 20 °C). En fait, la largeur d'espace des places B et C est inférieure à celle de la place A, ce qui réduit la quantité et la pénétration des rayons solaires reçus et augmente l'inconfort dans les places. Traitant du même sujet, Andreou a montré que l'augmentation du rapport H/W conduit à un pourcentage plus élevé d'ombre et donc, à des températures plus basses

Le site de cette étude est très proche de la mer, à une altitude comprise entre 60 et 110 m. Par conséquent, l'effet de l'humidité a été constaté car la valeur correspondant à un taux d'humidité élevé a été enregistrée au point C, puis au point B et A (51,2%, 51% et 51,1%). Toutefois, l'effet de l'altitude sur la vitesse du vent n'a pas été ressenti pendant cette séance de mesure avant la tombée de la nuit. En fait, les vitesses mesurées du vent fluctuent entre 1 et 3 sur la mer de Beaufort et n'ont pas atteint le seuil d'inconfort causé par le vent toléré dans la zone urbaine à 5m/s.

En outre, le comportement du vent montre qu'il existe un espace clos avec des espaces ouverts. En effet, ce changement de comportement est dû à la disposition géométrique de l'espace libre entre les blocs formés par la surface bâtie. La vitesse du vent la plus importante, enregistrée au point C, est de 2,4 m/s à 14 h. Ce point est soumis à un effet de canalisation vers les vents dominants en raison de la disposition en forme de U des bâtiments. La présence du passage entre les blocs résultant de la « perspective » réduite (la distance minimale autorisée) a exacerbé l'écoulement du vent. De même, une vitesse de 2,2 m/s a été enregistrée à la même heure pour le point B qui est enfermé dans une intersection serrée de lignes en L et en U de blocs de construction. Le point A n'est pas face au vent, ce qui réduit sa vitesse à 0,8 m/s.

3.6 La simulation numérique

A partir des résultats de l'enquête, le comportement du vent varie selon la géométrie de l'espace extérieur qui joue un rôle clé dans le contrôle du mouvement du vent. Le contrôle du mouvement n'est possible qu'en optimisant la géométrie aux points A, B et C. La simulation numérique s'avère nécessaire pour qualifier le mouvement du vent au niveau des trois points. Il permettra de vérifier les résultats de l'enquête et de proposer une modification ou une amélioration de ce qui existe.

3.7 Résultats des simulations et interprétations

En fait, la vitesse du vent mesurée aux points B et C montre beaucoup plus de turbulence que celle simulée, comme on peut s'y attendre puisque les données d'entrée sont basées sur des moyennes horaires et que la turbulence dans une rue est normalement plus élevée qu'à 53m au-dessus du sol. L'écart maximal entre la vitesse du vent mesurée et simulée pendant la journée est de 2 m/s.

L'analyse des profils H/W des différentes géométries a permis de définir la nature du flux dans les espacements entre les bâtiments. À ce titre, nous reconnaissons les profils de type flux comme le cas des points A, B et C ($H/w > 0,7$). Par définition, le profil du flux de rasage offre de bonnes conditions d'abri, mais réduit le potentiel de mélange d'air. Toutefois, cette évaluation demeure théorique tant qu'elle n'est pas combinée à l'incidence du vent.

Sinon, selon l'incidence du vent, ces profils peuvent être transversaux ou frontaux, le profil transversal est le rapport H/W dans la direction du vent de sorte que le bâtiment soit face au vent. Le profil frontal est le rapport H/W qui correspond aux vides face au vent où les bâtiments ne constituent pas des obstacles. Ces profils étant définis par rapport à l'incidence du vent, il convient de noter qu'une incidence parallèle et perpendiculaire présente des situations de ventilation contrastées entre l'exposition et la protection, alors que l'incidence oblique offre une ventilation plus régulière. Il évite les pipelines directs, les zones d'air stagnant et les tourbillons généralement gênants.

Cela explique l'augmentation de la vitesse du vent au point A qui se caractérise par un profil frontal et une incidence oblique. L'impact de la propagation frontale doit être considéré en combinaison avec la longueur des bâtiments. Lorsque le vent est oblique l'infiltration de l'air est latérale et se fait à la fois par les rues et les toits. Toutefois, la diminution de la vitesse du vent notée aux points B et C s'explique par le fait qu'ils ont tous un espacement transversal.

3.8 Conclusion

L'objet de cette étude a été d'évaluer le rôle de la géométrie urbaine dans le contrôle du vent dans l'espace urbain extérieur. Cette évaluation s'appuie sur une méthode structurée en deux étapes principales : une évolution microclimatique à travers des mesures in-situ et une simulation numérique à l'aide du logiciel ENVI-met afin de faire ressortir le comportement du vent dans et autour de l'espace extérieur. Les simulations réalisées avec cet instrument thermo

hygro-aéraulique ont permis de caractériser l'écoulement du vent autour des bâtiments et l'effet des configurations accumulées sur son comportement dans le cas de cas d'études spécifiques.

Les résultats obtenus à partir de simulations numériques sont relativement proches de la réalité. L'impact de certains indicateurs géométriques réputés avoir une grande influence sur le paramètre du vent, plus particulièrement le « prospect » H/W , s'est avéré pertinent pour tempérer ou élever l'exposition, l'abri ou même le niveau de protection des espaces extérieurs. C'est alors le paramètre géométrique qui a le plus d'impact sur la ventilation urbaine. En fait, l'espace entre les bâtiments doit être calculé en fonction de l'incidence du vent.

La géométrie de l'espace extérieur, façonnée principalement par la disposition des bâtiments environnants, a un impact significatif sur le flux du vent et participe à sa maîtrise. Cela se remarque avec les formes géométriques U et L qui, en fonction de l'espace libre disponible, ont créé des espaces fermés mal ventilés. L'incidence liée au vent peut également jouer un rôle important pour amplifier, canaliser ou bloquer le vent.

4 Étude de Aboulata et al 2020

Le groupe du chercheur ont étudié la relation entre la morphologie urbaine et le comportement éolien, dans les communautés urbaines compactes, afin d'améliorer l'efficacité énergétique, en augmentant le potentiel d'énergie éolienne. La recherche est divisée en deux parties ; la première présente l'impact du développement compact et de l'énergie éolienne sur les communautés urbaines durables, en plus du rôle de la dynamique des fluides computationnelle, CFD dans le microclimat urbain.

La deuxième partie étudie l'impact du comportement et de la vitesse du vent sur les rues droites et brisées avec différentes hauteurs des formes urbaines, en utilisant le logiciel ANSYS Fluent comme application des programmes CFD. Par la fin ils ont formulé des recommandations sur la morphologie urbaine, en utilisant la forme des rues, et la hauteur des bâtiments, pour améliorer le comportement et la vitesse du vent, dans les communautés urbaines compactes.

4.1 Le développement compact comme approche pour plus des communautés urbaines durables

Les nouveaux urbanistes recommandent le développement compact comme approche principale de la croissance intelligente pour réduire l'étalement urbain et promouvoir le développement durable. Ainsi, les villes ont commencé à s'orienter vers des plans de développement qui adaptent les politiques à usage mixte, offrant des espaces publics qui améliorent la qualité de vie et favorisent les modes de transport non motorisés et de transport en commun. Par conséquent, le concept de villes compactes a été développé pour améliorer l'efficacité et la durabilité dans les villes.

Le développement urbain compact se caractérise par une forte densité de bâtiments où les petits blocs et l'utilisation mixte des terres réduisent les infrastructures et favorisent l'accessibilité des résidents aux services. De plus, un système de transport intégré est mis en place afin de réduire au minimum la dépendance aux véhicules privés et d'améliorer la marche à pied, ce qui favorise la santé publique en encourageant les activités physiques quotidiennes. Il conserve également les terres, car il ralentit l'expansion du développement à faible densité, évite la fragmentation de l'habitat faunique et la perte de terres agricoles.

Malgré l'importance du développement compact, sa relation avec la durabilité n'est pas si simple que cela, car une forte densité du bâtiment pourrait également accroître l'effet d'îlot de chaleur, la congestion de la circulation, la pollution atmosphérique locale et réduire le confort thermique en plus de perdre des espaces verts ou ouverts. Par conséquent, l'expression de « ville saine compacte » est apparue qui nécessite un processus de développement caractérisé par une densité plus élevée avec des activités à usage mixte dans la zone centrale en plus d'être sensible aux considérations sociales, économiques et écologiques.

4.2 Le rôle du vent dans les communautés urbaines compactes

Les effets combinés du réchauffement planétaire et de l'urbanisation peuvent accroître l'intensité des îlots de chaleur et diminuer la qualité de l'air dans les villes. Le comportement du vent a un grand impact sur les îlots de chaleur urbains, car la diminution de la vitesse du vent entraîne une réduction importante de la ventilation naturelle et de l'évacuation de la chaleur dans les zones urbaines, ainsi qu'une augmentation de la demande globale d'énergie, en particulier dans les régions chaudes.

De plus, le comportement du vent est considéré comme les principaux facteurs qui influent sur la dispersion de la pollution dans les zones urbaines, en plus d'autres facteurs comme le rapport entre la largeur de la rue et la hauteur du bâtiment, l'orientation des rues, la présence d'intersections et de formes de bâtiments. Des simulations numériques antérieures de la dispersion du flux d'air et de la pollution dans les intersections urbaines ont conclu que la concentration moyenne de polluants dans une rue infiniment longue est beaucoup plus élevée que celle observée le long d'une rue finie.

Étant donné que les densités de bâtiments élevées dans le développement compact provoquent de l'air stagnant qui entraîne de nombreux problèmes de santé et des demandes d'énergie plus élevées pour le refroidissement, de nombreux facteurs doivent être pris en compte dans le développement compact, en particulier dans les régions chaudes telles que l'élimination de la chaleur, ventilation et flux de vent à l'intérieur de la ville.

4.3 La simulation via CFD (Ansys Fluent)

L'écoulement aéraulique, la ventilation à l'intérieur de la ville et l'évacuation de la chaleur dans les établissements humains peuvent être fortement influencés par de nombreux éléments de la morphologie urbaine dans l'environnement bâti, tels que les formes et les orientations des rues, la hauteur des bâtiments par rapport à la largeur des rues ; les réseaux d'espaces ouverts et de passerelles, les formes de bâtiments, l'espacement entre eux et la ration solide à vide.

Deux alternatives de morphologies urbaines compactes avec presque le même rapport solide-vide sont introduites pour les rues droites et brisées avec différentes hauteurs de blocs urbains et des tailles de blocs relativement petites (pour améliorer la connectivité et encourager la marche). L'alternative 1 indiquée à Figure 0-4 ci-dessous, montre une rue droite où la hauteur de deux bâtiments est plus élevée que l'environnement.

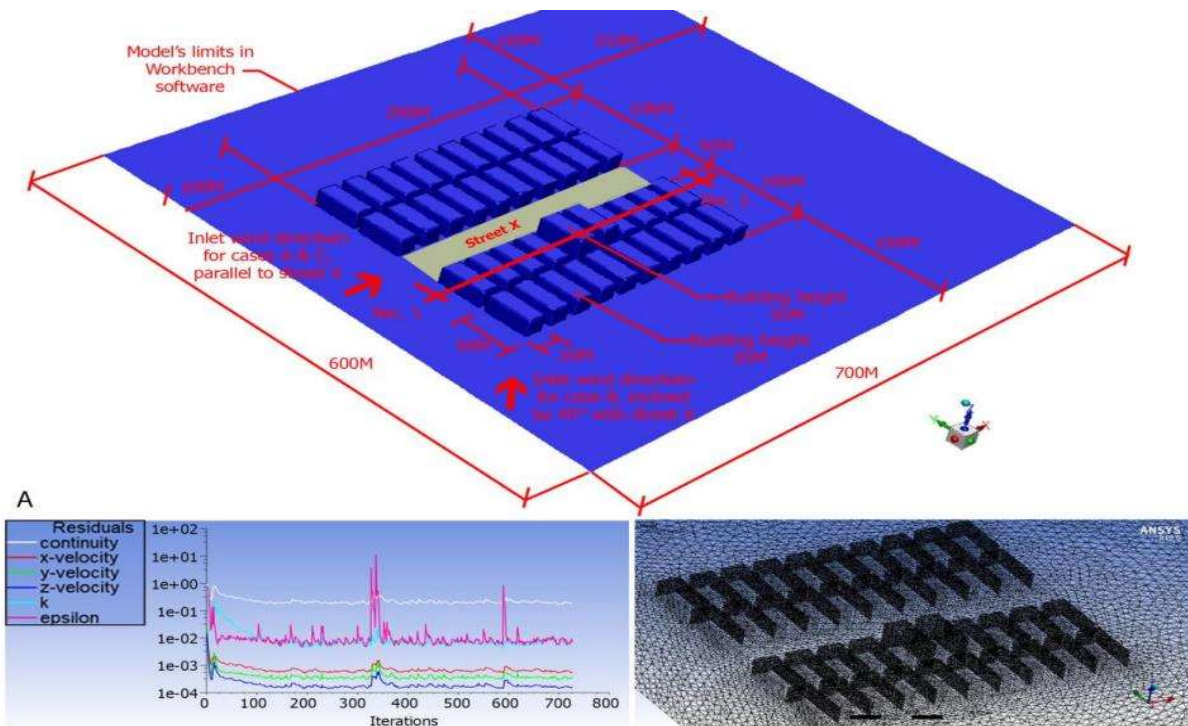


Figure 0-4: Alternative 1

Source : (Aboulata, Zayed, & Elmassah, 2020)

L'alternative 2 indiquée à Figure 0-5 montre une rue brisée avec un angle d'inclinaison de 45 avec des hauteurs de bâtiment à l'angle d'inclinaison plus élevé que les environs.

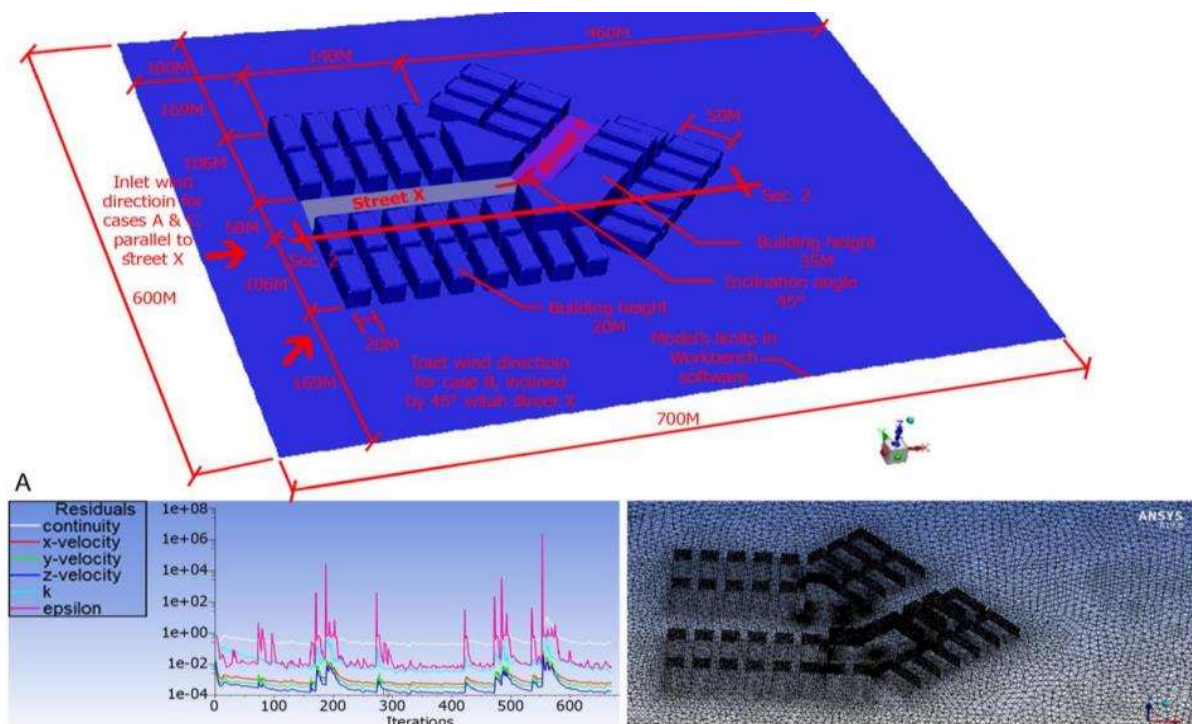


Figure 0-5: Alternative 2

Source : (Aboulata, Zayed, & Elmassah, 2020)

- Cas (A), vitesse du vent d'entrée 7 m/s, direction du vent parallèle à la rue principale.
- Cas (B), vitesse du vent d'entrée 7 m/s, direction du vent inclinée 45 avec la rue principale.
- Cas (C), vitesse du vent d'entrée 9 m/s, direction du vent parallèle à la rue principale.

4.4 Résultat des simulations et interprétations

- Cas A et C :

Bien que la vitesse du vent d'entrée soit respectivement de 7 et de 9 m/s, la vitesse maximale du vent détectée au début de la rue principale atteint 10 m/s dans le cas A et 13 m/s dans le cas C en raison du plein (bâtiments) à vide (rue) ration et la relation entre la direction du vent d'entrée et la direction de la rue principale qui augmente le potentiel d'énergie éoliennes, ce qui améliorera également la ventilation au-dessus du niveau de la rue et les résultats de l'élimination de la pollution provenant des véhicules.

La vitesse du vent a des magnitudes relativement faibles entre les bâtiments en raison de leur largeur relativement étroite (6-10 mètres) par rapport aux dimensions du bloc en plus de la relation entre leur orientation et la direction du vent dominante.

La vitesse du vent diminue graduellement à mesure que la rue X (dans l'alternative 1) s'allonge et dans la rue Y (dans l'alternative 2) en fonction de la hauteur du bâtiment environnant, car le flux du vent est bloqué par les bâtiments dans la direction du vent d'entrée.

- Cas B :

Dans l'alternative 1, et dans la rue X dans l'alternative 2 : changement de direction du vent avec angle 45° avec la rue principale conduit à réduire la vitesse du vent à moins de 2 m/s (car le flux du vent est bloqué par les bâtiments dans la direction du vent d'entrée) mais à améliorer la vitesse du vent dans les rues intermédiaires entre les bâtiments par rapport aux cas A et C.

Dans la rue Y de la solution de rechange 2 : La vitesse du vent augmente à 7 m/s comme indiqué dans la zone de vent 2 (car la direction du vent dominante est parallèle à la rue Y) ce qui améliore la ventilation au-dessus du niveau de la rue et l'élimination de la pollution causée par les véhicules.

4.5 Conclusions

Cette recherche visait à étudier la relation interactive entre la morphologie urbaine et le comportement éolien dans les communautés urbaines compactes afin d'améliorer l'écoulement aéraulique.

En analysant les résultats des simulations réalisés par le logiciel ANSYS Fluent sur deux alternatives différentes avec trois cas de vent pour chacune, il a été vérifié que le changement de la forme des rues et de la hauteur des bâtiments (en tant qu'échantillon de morphologie urbaine changeante) a un impact majeur sur le comportement et la vitesse du vent, en plus de leur effet sur la ventilation, l'élimination de la chaleur, la réduction de l'effet d'îlot de chaleur (en particulier pour ceux situés dans les zones à climat chaud) et la dispersion de la pollution à l'intérieur de la ville.

Cette étude souligne l'importance d'utiliser les applications CFD (telles que le logiciel ANSYS Fluent) dans les zones urbaines comme une approche qui pourrait aider les concepteurs urbains et les urbanistes à travers le processus de conception et de planification pour améliorer le comportement éolien dans les communautés urbaines compactes. Cela permettra l'amélioration de la qualité de l'air et de l'environnement à l'intérieur de la ville, et par conséquent, la santé humaine.

Partie 1 :

Cadre théorique

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements
aérauliques dans les espaces urbains.

Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains.

Introduction

Dans la planification urbaine, les espaces extérieurs urbaines ont un rôle important dans la vie publique quotidienne. Ainsi, les espaces publics ouverts adéquats et bien entretenus peuvent promouvoir la santé en soulageant la fatigue mentale (Kaplan, 2001), réduisent les niveaux de stress (Nielsen & Hansen, 2007), diminuent les taux de mortalité (Gelormino, Melis, Marietta, & Costa, 2015), et favorisent les niveaux d'activité (Wang, Dai, Wu, Wu, & Nie, 2019). Dans la conception urbaine chinoise récente, la conception paysagère des espaces publics urbains à grande échelle a reçu beaucoup plus d'attention qu'auparavant, notamment en mettant l'accent sur ses composants et fonctions plus complexes (Chen, Liu, & Liu, 2016).

Les espaces urbains sains sont des endroits praticables, mieux mesurées par la façon dont les piétons agissent et se sentent lorsqu'ils marchent le long de celles-ci. En se promenant dans des rues saines, les piétons se sentent détendus. Ils aiment marcher dans cet environnement auquel ils se sentent connectés à leurs environnements. Les piétons dans un environnement de rue sain se sentent en confiance et en contrôle et ne se sentent pas menacés lorsqu'ils rencontrent des étrangers. (Burden, Davis, Sprowls, Zykofsky, & Wallwork, 2002)

Dans le milieu urbain, la création des espaces extérieurs praticable et confortable, est l'objectif principale de chaque processus de conception et d'aménagement urbain. Contrairement aux espaces intérieurs, les configurations urbaines avec leurs différences et pluralités, affectent de manières différentes les unes aux autres, sur le microclimat urbain de ses espaces extérieurs, et plus particulièrement sur son aérodynamique. A ce moment-là, la compréhension de l'interaction entre la morphologie urbaine et les paramètres microclimatique à cette échelle, est impérative

Le long de ce chapitre, on s'intéressera aux configurations urbaines et leurs relations avec le microclimat urbain. Dans un premier temps, une définition de la morphologie urbaine est

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains présentée. Puis nous présenterons les notions et les classifications, selon plusieurs critères tel que :la densité, la situation, religion, etc. Des indicateurs de la forme urbaine sont également présentés. Après cela, nous montrons les indicateurs de la forme urbaine, et nous aborderons les indicateurs les mieux adaptés à notre cas de figure.

Dans la partie suivante, on exposera la théorie d'écoulement aéraulique dans le tissu urbain, ainsi que des travaux antérieurs, qui mettent en relation le microclimat urbain et la forme bâtie ou forme urbaine. Nous allons focaliser notre approche sur : la relation entre l'écoulement du vent et la configuration urbaine, tel que, les différentes zones de vent autour d'un bâtiment, les différents effets du vent autour d'un ou de plusieurs bâtiments.

Globalement dans ce chapitre nous allons répondre aux questions suivantes :

- C'est quoi la morphologie urbaine et comment peut-on les classer ?
- Quels sont les paramètres de la morphologie urbaine qui nous intéresse ?
- Comment la morphologie urbaine influe sur l'écoulement d'air ?
- Quelles sont les effets de ces écoulements dans les espaces extérieurs des configurations urbaines ?

1 La morphologie urbaine

La morphologie urbaine désigne : la forme tridimensionnelle d'un groupe de bâtiments, ainsi que les espaces qu'ils créent autour d'eux. (Steane, 2004). Pour (ALLAIN, 2004), la morphologie urbaine est l'étude de la forme physique de la ville, de la constitution progressive du tissu urbain, ainsi que les rapports mutuels des éléments de ce tissu. Selon (Adolphe L. , 2001), La forme urbaine de la ville est la résultante d'une interrelation très complexe entre plusieurs paramètres, tels que la situation géographique, la situation socio-économique, la géométrie, la typologie, la culture, etc.

L'objectif de recherche de la morphologie urbaine, est d'établir une lecture sur la ville, ou des configurations urbaines, « une technique analytique pour "lire" la ville en comprenant l'évolution de la forme urbaine en relation avec les changements sociaux, économiques et démographiques » (Merlin, D'Alfonso, & Choay, 1988). Deux types de facteurs influencent La morphologie urbaine, qui se focalise sur la forme bâtie : physiques et non-physique. La topographie, la géologie et le climat, sont des facteurs physique, qui ont des effets facile à définir et à évaluer. Le deuxième type qui contient : la religion, la défense du territoire et des facteurs

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains socio-économiques, explique les relations avec les formes batie à un echelle plus large, que celui de la forme physique. (Sharag-Eldin, 1998). Cependant, Vittorio Gregotti pense que la morphologie ne concerne pas directement les aspects socio-économiques mais que ceux-ci s'expriment et exercent des influences sur les formes physiques. (Merlin, D'Alfonso, & Choay, 1988).

La morphologie urbaine est couramment utilisée pour les problèmes d'aménagement : l'analyse du transport (Millot, 2003), l'environnement climatique (Shashua-Bar, 2006), ou des situations sociales et économiques. (Bardhan, Kurisu, & Hanaki, 2011)

Il existe deux méthode de recherche sur la morphologie urbaine. La première s'appelle la méthode synchronique. Elle s'intéresse à la description des formes urbaines concrètes. La deuxième, qui est la méthode diachronique, est liée à la théorie morphogénétique de l'occupation de l'espace qui précise les processus de formation – déformation – transformation des configurations urbanisées. (Merlin, D'Alfonso, & Choay, 1988)

La variation de la morphologie urbaine à l'échelle « microscopique », a un effet direct sur le climat extérieur et intérieur : la vitesse du vent, la température de l'air, l'échange du rayonnement solaire et la lumière naturelle. À l'échelle « macroscopique » cette variation influence les conditions du confort extérieur, modifie l'équilibre thermique et éclairage artificiel des bâtiments, amplifie l'effet d'îlot de chaleur urbain et le confinement de la pollution atmosphérique.

Dans le cadre de cette recherche, et comme nous avons l'intention de, caractériser les cnfigurations urbaines existantes, et leurs impactes sur les ambiances aéraulique. Ils nous semble que l'utilisation de la méthode synchronique est favorisée.

1.1 Notions de la morphologie urbaine

1.1.1 Typologie urbaine

L'utilisation de ce terme a commencé au sujet des approches structurelles et linguistiques de l'analyse des formes urbaines. Son objectif serait de réduire à quelques grandes catégories, la variété des formes urbaines existantes. Plusieurs typologies sont possibles mais étant une branche de la morphologie, elle se situerait à un niveau plus élevé de détail que l'analyse des tissus urbains.

1.1.2 Composition urbaine

C'est la partie de l'urbanisme qui traite de la forme urbaine, et qui s'occupe particulièrement de la mise en forme de l'espace extérieurs public, des pratiques qu'il sous-tend et de son rapport avec l'espace privé. (Genestier, 1996)

1.1.3 Syntaxe spatiale

C'est un ensemble de théories et de techniques, destiné à l'analyse des configurations spatiales. Il fournit un outil pour aider les architectes, à simuler les impacts sociaux de l'organisation spatiale de leurs bâtiments, comme l'accessibilité des lieux ou leurs configurations. (Hillier, 2007)

1.1.4 Structure urbaine

L'étude de la structure urbaine est effectuée essentiellement en termes économiques, sociaux et démographiques avec plusieurs modèles, en expliquant où les différentes classes sociales et les différentes industries ont tendance à s'implanter dans le milieu urbain.

1.1.5 Tissu urbain

C'est une superposition de trois ensembles : le réseau des voies, les découpages fonciers et les constructions. Il s'agit d'une composition cohérente de la morphologie (espaces ouverts, bâtiments) et des fonctions (activités humaines) de quartier.

1.1.6 Forme urbaine

Il y a trois niveaux pour la forme urbaine :

- Le dispositif topologique : la distribution urbaine qui « cristallise un modèle idéologique de cité ».
- La configuration géométrique : la conformation urbaine (axialités, tracés, etc...), qui régularisent et soutiennent l'implantation urbaine.
- L'expression physique : le tissu urbain, qui serait un système dont les éléments physiques constitutifs sont le réseau viaire, le parcellaire, le bâti, l'espace ouvert et le climat du site (Merlin, D'Alfonso, & Choay, 1988)

1.2 Classification des formes et géométries

Dans la littérature, on trouve plusieurs méthodes, pour classer les différentes configurations urbaines, avec une variabilité des critères : la structure d'espace, les types de bâtiments, les évolutions au fil du temps, la densité des logements, les cultures et les régions, la position dans la ville ou l'usage des sols.

1.2.1 Selon densité et forme

La densité est généralement, l'indicateur le plus considéré dans l'indentification de la forme urbaine. (Bordes-Pagès, 1995) a étudié les densités de plus de 20 ilots, de différentes formes urbaines. Il a calculé la densité nette (qui égale à la surface du plancher par rapport à la surface de l'ilot), avec la prise en compte du CES (Coefficient d'emprise au sol), et la hauteur moyenne des bâtiments. Les résultats dévoilent que le classement précis des formes urbaines, dans une catégorie ou autre, ne peut être qu'avec la densité. Cela est à cause des variations des valeurs des autres indicateurs dans la même catégorie.

Donc, il sera favorisé de classer les formes et les configurations urbaines, selon la hauteur ainsi que la densité des bâtiments, en rajoutant la consommation énergétique, au lieu de classifier les configurations urbaines uniquement par la densité. (Stewart, 2009)

1.2.2 Selon la situation dans la ville

Par rapport à ce critère on trouve :

- Centre-ville (noyau ancien, zone de centre commercial ou ancienne habitation).
- Zone urbaine (espace pour les établissements, bureaux, dense résidences et collectives, parcs),
- Périphérie (grand espace vert, espace industriel et d'activité, résidences individuelles).

1.2.3 Selon l'utilisation des sols

Dans ce cas-là, les classe sont :

- Terrain d'habitations,
- Terrain d'équipements publiques,
- Terrain d'industries,

- Terrain d'entrepôts,
- Terrain de transports,
- Terrain verdure publique, etc...

1.2.4 Selon la religion et culture

Selon (ALLAIN, 2004), les formes urbaines peut être identifiées selon la culture et la religion du territoire :

- Ville islamique : maillage spécifique fait de rues étroites et de maisons basses avec patio, « serrées comme des grains de grenade » et organisées autour des points de convergence,
- Ville européenne : densité du bâti élevée, compacité relative et centralité associée à la monumentalité religieuse, économique et politique, souvent limitée au centre historique, îlots délimités par les façades en formant des « rues-corridors »,
- Ville nord-américaine : marquées par la prédominance des processus économiques, uniformité des maillages en damier, constructions de caractère éphémère, moindre place de la centralité sauf du point de vue des affaires symbolisées,
- Ville sud-américaine : densité élevée, compacte, immeubles élevés, rue-corridors, places principales bordées d'arcades, monuments, dualité récente marquée de verticalisation des centres, étalement périphérique et forts contrastes entre de riches « communautés » et des bidonvilles,
- Ville africaine : précoloniales et même préislamiques, souvent polynucléaires, basses, faites d'argile, sans monuments, ports développés, centre d'origine coloniale autours par des lotissements en mosaïque,
- Ville asiatique : basse, quadrillé et faible espace public, villes politiques avec des caractéristiques socialistes marqués par des larges avenues de parades, des places immenses et des maisons du peuple, villes dynamiques avec des grandes tours, des habitats structurés, des grandes zones industrielles.

1.3 Indicateurs de la forme urbaine

1.3.1 Indicateurs morpho- physique

Ce type d'indicateur permettre la caractérisation dans le cadre bâtis, ce qui influe sur les phénomènes physiques.

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

(Groleau, 1995) a étudié les propriétés solaires des configurations urbaines : la hauteur moyenne des immeubles, la densité urbaine, le niveau d'homogénéité (forte ou faible), orientation, largeur moyenne, et le prospect des rues. Ainsi que l'exposition moyenne des façades, et la typologie de l'espace ouvert.

(Grimmond, 1999) a travaillé sur les aspects aérodynamiques de la forme urbaine avec trois indicateurs : la fraction de surface du toit par la surface du plan de l'élément, la fraction de surface de la paroi au vent par la surface du plan, et la fraction de la hauteur de bâtiment par la profondeur du dégagement.

(Adolphe L. , 2001) a travaillé sur les variations « microscopiques » d'un fragment urbain : densité, rugosité, sinuosité, porosité, compacité, continuité, admittance solaire et minéralisation.

(AitAmeur, 2002) a étudié les effets microclimatiques à l'échelle du tissu urbain : densité du bâti, pourcentage de minéralisation, taux de percement horizontal d'un tissu urbain , rugosité. À l'échelle de l'espace urbain : prospect équivalent d'un espace, longueur équivalente, facteurs d'obstruction minérale, facteur d'ombre portée, fraction de masque, densité minérale, densité végétale, taux d'emprise des obstacles urbains dans l'espace, taux de vitrage de la façade et albédo des surfaces.

1.3.2 Les indicateurs morpho - physico – sensibles

Cette catégorie vise à définir, ce qui est ressenti par les usagers des espaces extérieurs des configurations urbaines. Ils sont souvent appliqués dans : l'acoustique physique, l'architecture et l'urbanisme, la sociologie et la culture du quotidien, l'esthétique musicale, la psychologie et la physiologie de la perception et les supports écrits et médiatiques.

1.3.3 Les indicateurs morphologiques graphiques

Ce type est utilisé pour décrire la forme urbaine, et les performances qualitatives (ensoleillement, vue du ciel, etc....) de cette dernière.

1.4 Choix des indicateurs

(Grosso, 1998) a donné des relations entre les paramètres de l'environnement, et ceux de la forme, (la forme et la disposition des bâtiments induisent différents motifs d'ombrage et

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains différents modes de circulation du vent). (Cheng V. S., 2006) a présenté la caractérisation de la forme urbaine qui influence le microclimat. Tableau I.1

Tableau I.1 : Correspondance entre l'environnement aéraulique et la forme urbaine.

Source : (Cheng V. S., 2006)

Paramètres de l'environnement aéraulique	Paramètres de la forme urbaine
Orientation des vents	Sens des rues ou de l'espace
Dispersion de la pollution	
Vitesse moyenne	Pas de paramètre
Turbulence	Angle, espace entre bâtiments, rugosité de la façade, végétation
Ventilation générée par chaleur	Orientation, ratio H/W

(Edussuriya, 2015) a adopté plusieurs paramètres de morphologie urbaine pour analyser des situations de pollution dans des arrondissements de Hong Kong. Tableau I.2

Tableau I.2: Variables morphologiques urbaines clés décrivant la concertation sur la pollution de l'air au niveau de la rue et les conditions microclimatiques urbaines.

Source : (Edussuriya, 2015)

Groupes	Caractéristiques morphologiques	Variables morphologiques	
Facteurs du développement urbain	A1	Indicateur de l'utilisation du terrain	<ul style="list-style-type: none"> - Densité de la superficie du plan - Facteur de minéralisation
	A2	Indicateurs de l'intensité d'utilisation du terrain	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport surface murale/volume - Rapport d'aspect complet - Facteur de contiguïté moyen - Densité de surface frontale - Porosité - Sinuosité - Rugosité - Longueur de rugosité - Hauteur de déplacement du plan zéro - Volume par bâtiment

Facteurs de configuration de la forme urbaine	A3	Géométries des rues et des bâtiments	<ul style="list-style-type: none"> - Rapport de canyon (H/W) - Rapport d'aspect (L / H) - Rapport de largeur - Ratio de bloc (rue) - Distance entre les bâtiments - Hauteur moyen immeuble.
	A4	Orientations des rues et des bâtiments	Angle du vent par rapport à l'axe du bâtiment le plus long.

(Cionco, 1998) a donné une méthode de création, d'une base des données de morphologie urbaine, pour la simulation numérique du flux aéraulique dans la ville. Il a fourni une liste de propriétés physiques, dont les plus attirants pour notre recherche sont : le type de zone urbaine, la densité de construction, la hauteur du bâtiment, l'orientation du bâtiment.

Pour cette étude, nous avons sélectionné quelques indicateurs de la morphologie urbaine, indiqué dans le travail de (Colaninno, 2011). Dans le cadre de la simulation du vent dans la ville, notamment à des hauteurs assez importantes où l'énergie éolienne est généralement importante, la classification de la forme urbaine est plutôt concentrée sur la forme physique et les interactions entre les différents éléments et le vent. (Wang B. , 2015)

A partir de nombreuses variables et d'indicateurs de morphologie urbaine, nous pouvons déduire ceux qui sont adaptés à notre sujet. Tableau I.3

Tableau I.3: Indicateurs de la morphologie urbaine choisis.

Echelle	Attributs de la morphologie	Indicateurs
Espace urbain	- Forme de l'espace ouvert	<ul style="list-style-type: none"> - géométrie et taille de la cour - Orientation de l'espace - Ratio (h/w)
Configuration urbaine	- Forme de l'ilot	Densité, porosité, rugosité, orientation du tissus, agencement des batiments.

2 Les écoulements aérauliques autour des bâtiments

La recherche sur l'environnement aéraulique est indispensable, pour le confort des ambiances extérieurs, ainsi que pour la bonne ventilation des espaces extérieurs, dans les différentes configurations urbaines. A cause de la complexité de la turbulence en

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains aérodynamique urbaine, l'écoulement autour des bâtiments reste complexe à évaluer. D'un autre côté, et grâce à la simplicité de la géométrie et au développement de la technique CFD, de plus en plus de résultats intéressants ont été produits au cours des dernières décennies.

Des études ont montré que, pour la forme du bâtiment, le changement d'orientation de ce dernier, résulte le changement d'écoulement et des turbulences s'ils existent. Dans le cas où la longueur du bâtiment est parallèle à la direction du vent (type a), il y a peu de turbulence ; dans le cas où la longueur du bâtiment est perpendiculaire au vent (type c), les turbulences sont nombreuses mais plutôt en 2D et restent en bas ; mais quand le bâtiment est haut et face au vent (type b), les turbulences sont nombreuses et accompagnées d'un fort tourbillon frontal (Beranek, 1984)

Dans le même axe de recherche, des travaux de simulation ont montrés que la direction originale du vent est un facteur déterminant zone une autre simulation a montré que : la zone de flux de coin sous un vent oblique (45°), est plus grande et sa puissance est plus forte, que sous le vent normal (0°) ou parallèle (90°) (Bottema, 1993). Les ambiances aérauliques au niveau des piétons se différent, en raison des champs de vent asymétriques, des caractéristiques d'écoulement déplacées, et des variations dans les zones de vitesses de vent élevées et faibles. (Tse K. T., 2017)

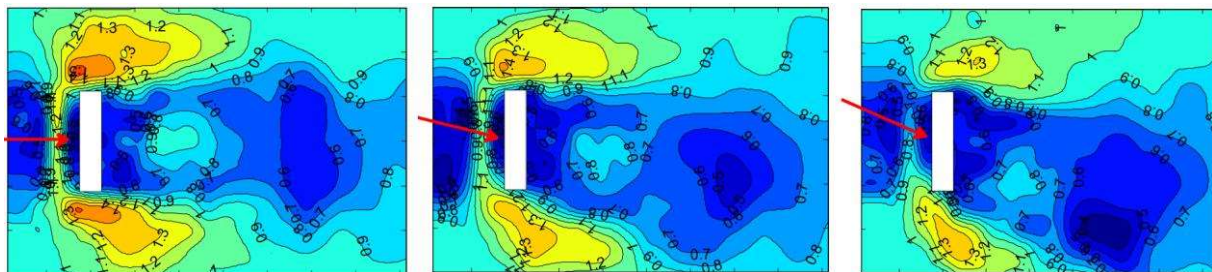


Figure I-1: Orientations des vents et zones de flux.

Source : (Tse K. T., 2017)

Les effets aérauliques dans l'environnement sont largement expliqué par plusieurs chercheurs (CHATELET, 1998), (Adolphe L. C., 2002), etc.

(Gandemer & Barnaud, Inconfort dû au vent aux abords des bâtiments: étude aérodynamique du champ de vitesse dans les ensembles bâtis: étude complémentaire, 1975) a répertorié cinq (05) différents types d'écoulements aérauliques, pour des bâtiments isolés avec une simple géométrie (Voir annexe p197). (Reiter, 2007) a évaluer des survitesses

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains d'écoulements d'air autour des bâtiments, à l'aide des simulations afin de quantifier et de comprendre les effets suivants :

2.1 Effet de coin :

Le graphique ci-dessous (Figure I-2) montre l'effet de coin autour d'un bâtiment, pour un angle d'incidence du vent de 0° . On voit bien les survitesses engendrées au niveau des coins au vent du bâtiment et leur prolongement dans un sillage à vitesse élevée.

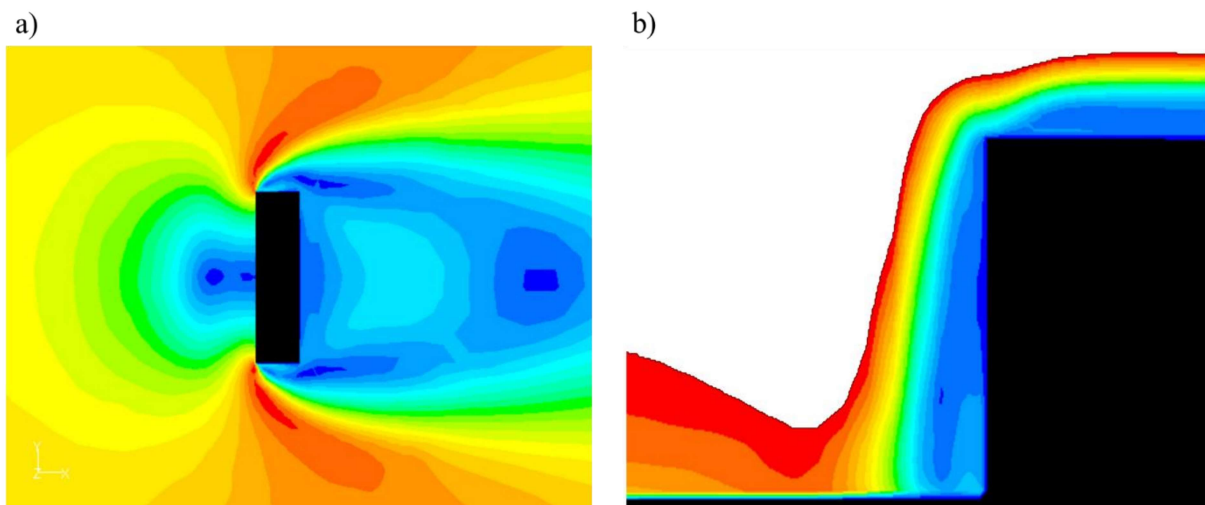


Figure I-2: effet de coin.

a) Ecoulements en vue plan, b) écoulements en coupe.

Source : (Reiter, 2007)

Pour minimiser l'effet de coin au pied des bâtiments exposés au vent, des conseils architecturaux sont donné :

- Diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout à proximité des coins. (Gandemer & Barnaud, 1975)
- Densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé par des constructions moins élevées, dont le rapport de hauteur devrait idéalement se situer dans l'intervalle suivant : $1.6 \leq H/h \leq 2.5$
- Créer de larges débords sur toute la façade au vent du bâtiment.
- Couper les angles du bâtiment élevé à 45° , ou créer des arrondis afin de diminuer le gradient horizontal des vitesses moyennes au niveau du coin.

- Prévoir des éléments poreux près des angles du bâtiment élevé. Ces dispositifs ralentiront la vitesse moyenne de l'air et atténueront l'effet du gradient de vitesse.

2.2 L'effet de cisaillement

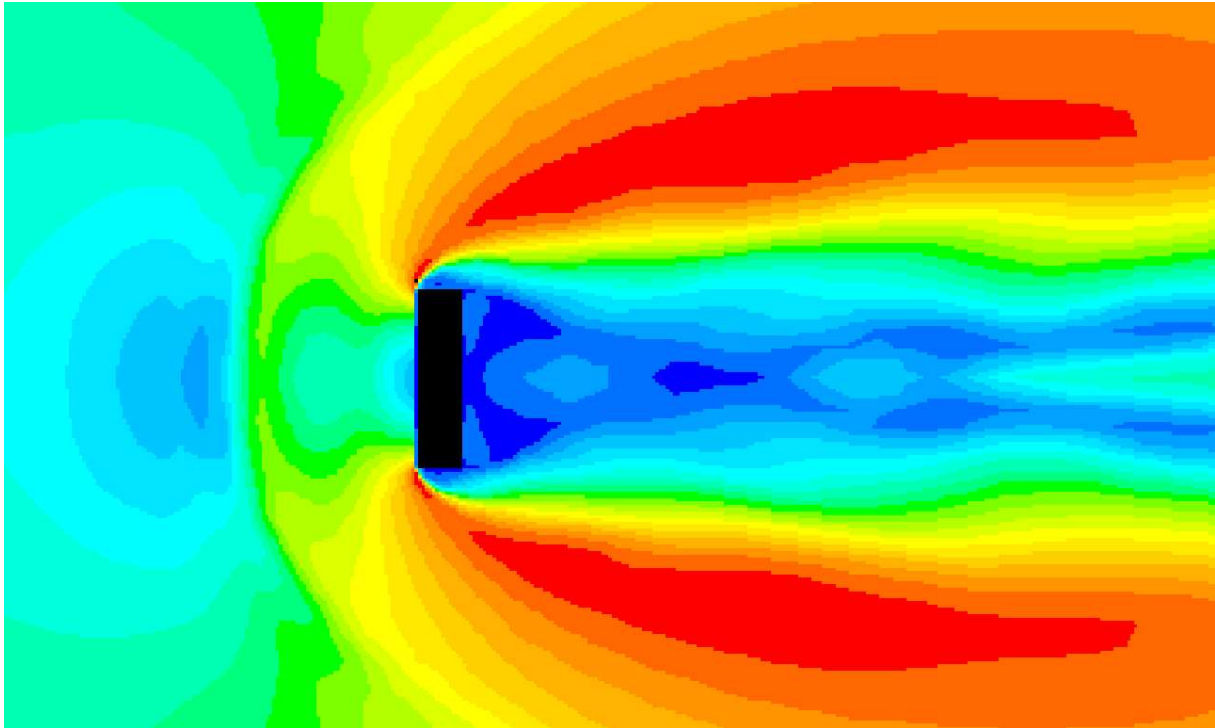


Figure I-3: effet de cisaillement.

Source : (Reiter, 2007)

L'effet de cisaillement couvre les zones à fort gradient de vitesse de vent qui entourent la zone de protection due au sillage du bâtiment. Ces couches de cisaillement présentent de taux de turbulence élevés. Dans le cas de l'effet de cisaillement, la valeur quantitative des survitesses n'a pas été analysée puisque le point le plus critique se trouve au niveau du coin du bâtiment et a été étudié sous le terme d'effet de coin. On peut estimer que la vitesse de l'air dans les couches de cisaillement est peu influencée par l'angle d'incidence du vent par rapport au bâtiment élevé et que la hauteur du bâtiment est le paramètre essentiel qui influence l'effet de cisaillement pour un bâtiment isolé. Au plus la hauteur d'un bâtiment est élevée, au plus les risques d'inconfort pour les piétons augmentent au niveau de son sillage. Signalons que l'accroissement de la hauteur des bâtiments n'a pas seulement un effet de renforcement des survitesses au niveau du coin et dans la zone de cisaillement mais qu'il augmente également la longueur de la zone de cisaillement où les survitesses sont importantes.

Conseils pratiques : Pour limiter l'effet de cisaillement dans le sillage des bâtiments exposés au vent, les conseils architecturaux suivants sont données :

- Diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout à proximité des coins.
- Densifier le voisinage immédiat du bâtiment élevé (à la fois en amont de celui-ci et dans les zones de cisaillement) par des constructions moins élevées. En effet, plus l'environnement bâti est dense, plus l'effet de sillage est atténué.
- Prévoir des éléments poreux près des angles du bâtiment élevé et dans la zone de cisaillement. Des aménagements végétaux brisent aisément l'effet de cisaillement.
- Orienter le bâtiment élevé de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant par rapport à la façade principale soit compris entre 60° et 120° , avec une position idéale du bâtiment parallèlement au flux du vent dominant (c'est-à-dire pour une incidence du vent de 90°).

2.3 L'effet de passage sous immeuble

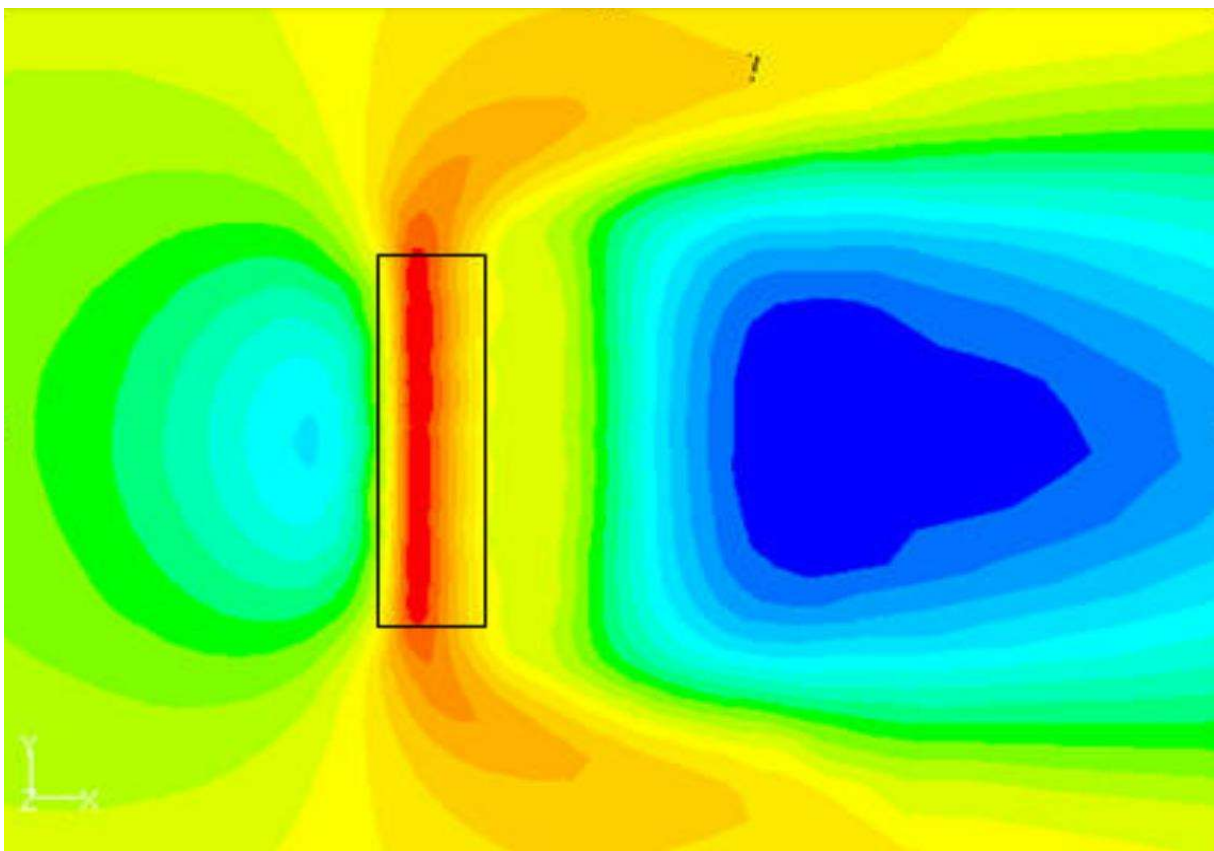


Figure I-4: effet de passage sous immeuble.

Source : (Reiter, 2007)

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

La zone critique de l'effet de passage sous immeuble commence quelques mètres avant le passage et se prolonge à l'arrière du bâtiment sur une longueur environ égale à la longueur du passage (= profondeur du bâtiment) et une largeur égale à la largeur du passage, quel que soit la hauteur du bâtiment et la largeur du passage. Les bâtiments sur pilotis présentent une accélération du vent au niveau du passage sous immeuble supérieure à la vitesse du vent dans un passage étroit mais cette différence diminue avec l'accroissement de la hauteur du bâtiment.

Conseils pratiques : Pour limiter l'effet de passage sous immeuble, les conseils architecturaux suivants sont proposés :

- Diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, surtout du côté du passage sous immeuble le plus exposé au vent dominant.
- Orienter le bâtiment de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant soit compris entre 70° et 90° par rapport à la façade au vent percée par le passage sous immeuble. L'orientation idéale correspond à un vent parallèle à la façade percée par le passage pour piétons.
- Protéger le passage sous immeuble par un bâtiment d'une hauteur au moins égale à la distance qui le sépare de l'entrée du passage sous immeuble ($h/W \geq 1$).
- Protéger le passage sous immeuble par un auvent de plusieurs mètres devant la face au vent percé du passage.
- • prévoir des éléments poreux à l'entrée du trou sous immeuble ou à l'intérieur de celui-ci.
- Diviser le passage en hauteur de manière à créer un couloir de déviation du vent au-dessus du passage pour piétons.

2.4 Le rouleau tourbillonnaire

Le plan et la coupe, (Figure I-5) ci-dessous montrent bien que, l'effet tourbillonnaire au pied des bâtiments très élevés, reste toutefois largement moins critique que l'effet de coin, généré par un bâtiment de même hauteur.

Le rouleau tourbillonnaire est un effet du vent qui ne crée des survitesses locales que pour les bâtiments très élevés, d'une hauteur supérieure à 60m. D'autre part, au-dessus de 100m de haut, l'effet semble totalement déployé et n'augmente plus que très légèrement avec l'accroissement de la hauteur du bâtiment. Cependant, il faut souligner le fait que cet effet est important spatialement puisqu'il s'étend tout le long de la face au vent du bâtiment, et sur une

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains
profondeur de 50m pour un bâtiment de 100m de haut. Ce phénomène peut augmenter les probabilités cumulées d'inconfort par rapport à d'autres effets critiques du vent mais il ne sera la seule cause de problème aérodynamique que pour des bâtiments très élevés ($H > 60\text{m}$) ou des climats très venteux.

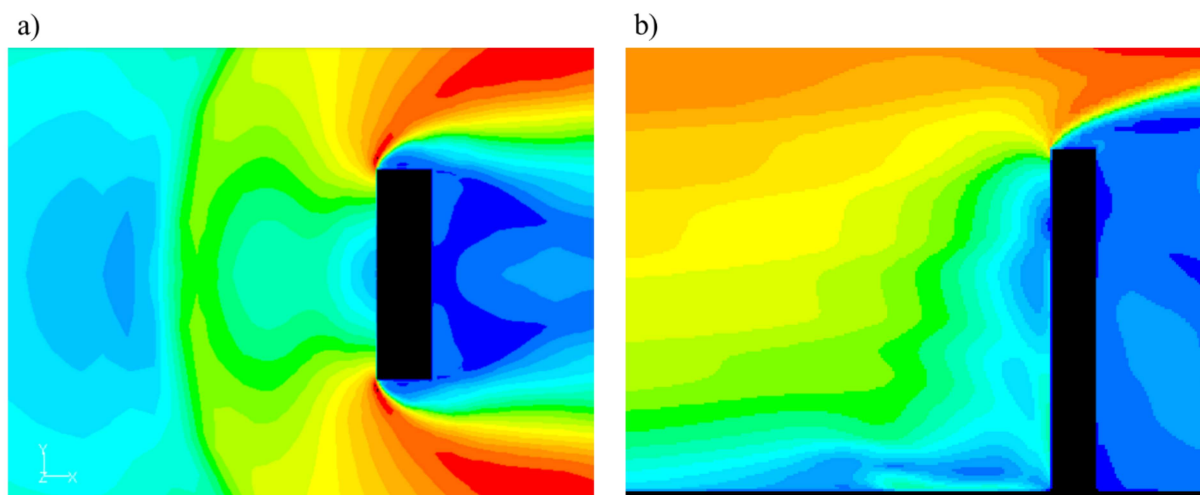


Figure I-5: effet rouleau tourbillonnaire.

Source : (Reiter, 2007)

Conseils pratiques : Pour limiter l'effet de rouleau tourbillonnaire au pied des bâtiments très élevés ($H > 60\text{m}$), on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- Diminuer la hauteur du bâtiment le long des espaces publics, par exemple en créant un jeu de niveaux en gradin.
- Intégrer des toits à versants inclinés dans la direction du vent dominant.
- Augmenter la porosité ou la rugosité des façades exposées directement au vent. D'une part, des trous peuvent être créés dans la façade pour casser le tourbillon d'air descendant. D'autre part, les balcons et les décrochements d'au moins 2m de profondeur freinent les courants descendants, assurant une vitesse de l'air confortable au niveau piéton.

2.5 L'effet de barre

L'effet de barre est un effet du vent qui se produit exclusivement pour une incidence du vent plus ou moins égale à 45° par rapport à la façade, (Figure I-6 ci-dessous). L'effet de barre ne génère pas d'inconfort au niveau piéton. Il annule toutefois l'effet de protection dû au sillage du bâtiment. Il est donc judicieux d'éviter de placer des bâtiments de grande longueur dans une

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains
orientation de 45° par rapport aux vents dominants, surtout si la zone de sillage par rapport aux vents dominants est conçue pour abriter des zones de détente pour les piétons. La position de l'effet de barre est d'autant plus éloignée de la façade arrière du bâtiment que sa hauteur est importante.

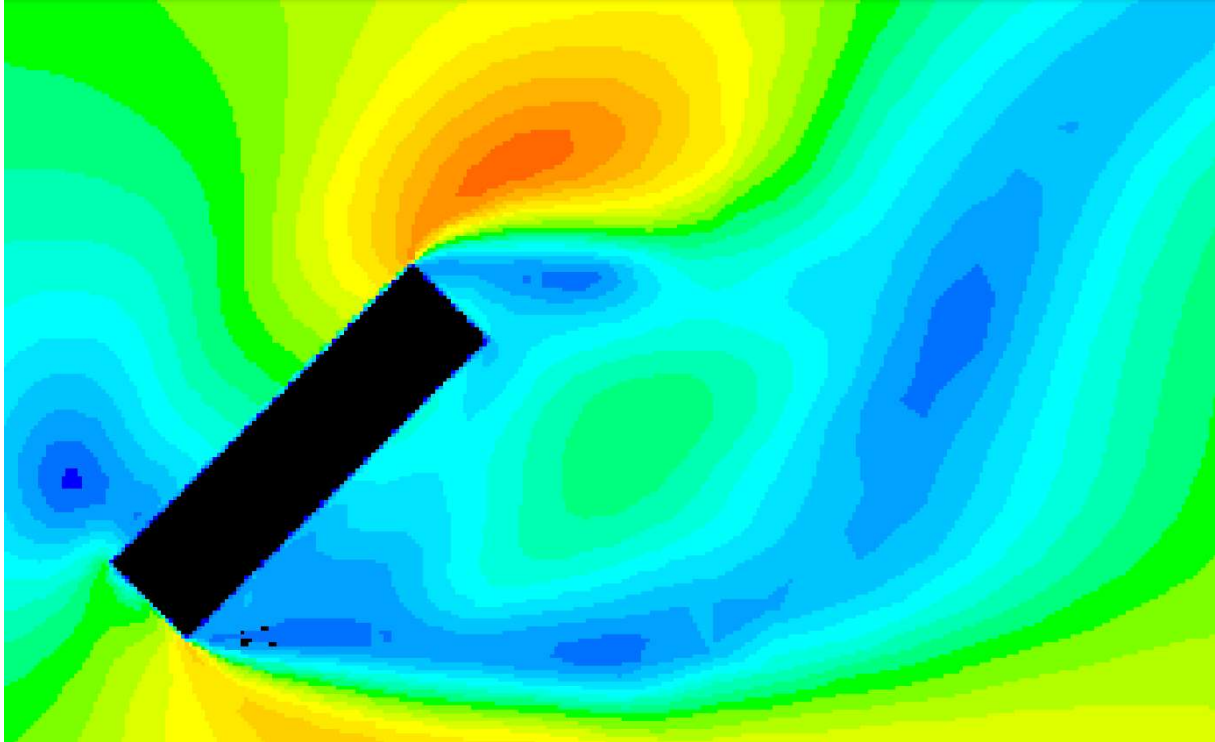


Figure I-6: effet de barre.

Source : (Reiter, 2007)

Conseil pratique : Pour limiter l'effet de barre dans le sillage d'un bâtiment de grande longueur, il faut éviter d'orienter le bâtiment à 45° par rapport au vent dominant.

2.6 Effet Wise

Il s'agit d'un rouleau tourbillonnaire qui apparaît devant un bâtiment élevé lorsque celui-ci est précédé d'un petit bâtiment, une zone d'accélération de l'air au niveau piéton est bien visible entre les deux bâtiments : il s'agit de l'effet Wise. (Figure I-7, ci-dessous)

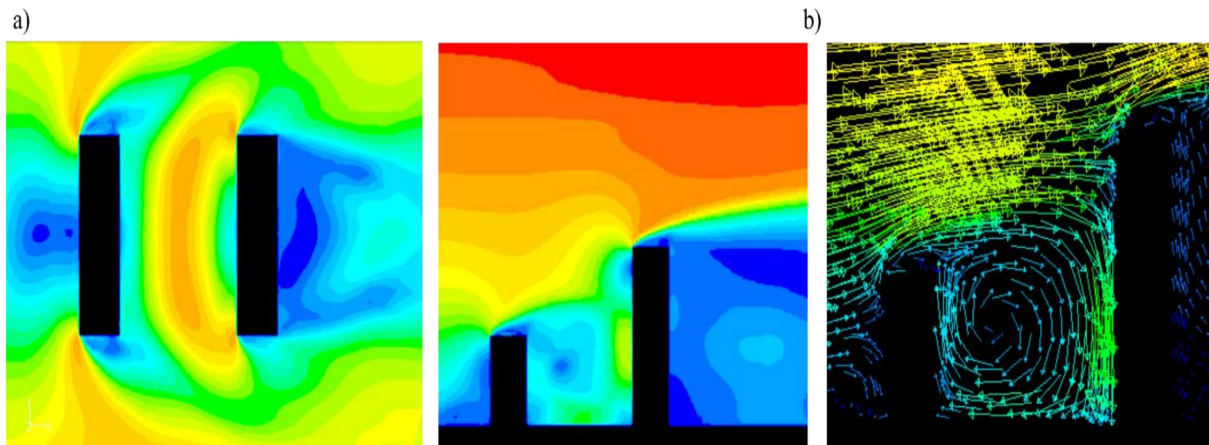


Figure I-7: effet Wise.

a) vue en plan de l'effet, b) vues en coupe de l'effet.

Source : (Reiter, 2007)

Conseils pratiques : Pour limiter l'effet Wise, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- Diminuer la hauteur et même la longueur du bâtiment élevé.
- Augmenter la taille du petit bâtiment de telle sorte que $h \geq 0.6 H$
- Augmenter l'inter-distance entre les deux bâtiments de telle sorte que $W \geq 2 H$
- Densifier l'environnement proche.
- Protéger l'espace entre les bâtiments par un auvent, de la végétation, ...
- Introduire une porosité au-dessus du niveau piéton.

2.7 Effet double coin

La zone entre les deux bâtiments est très critique du point de vue de l'inconfort au vent. De plus, la zone d'inconfort se prolonge à l'arrière des bâtiments par un jet d'air venant du passage entre immeuble sur une distance environ égale à la largeur des bâtiments formant le passage, (Figure I-8 ci-dessous). La zone critique de l'effet de double coin est nettement plus longue pour une orientation du vent à 45° par rapport à l'axe entre les bâtiments.

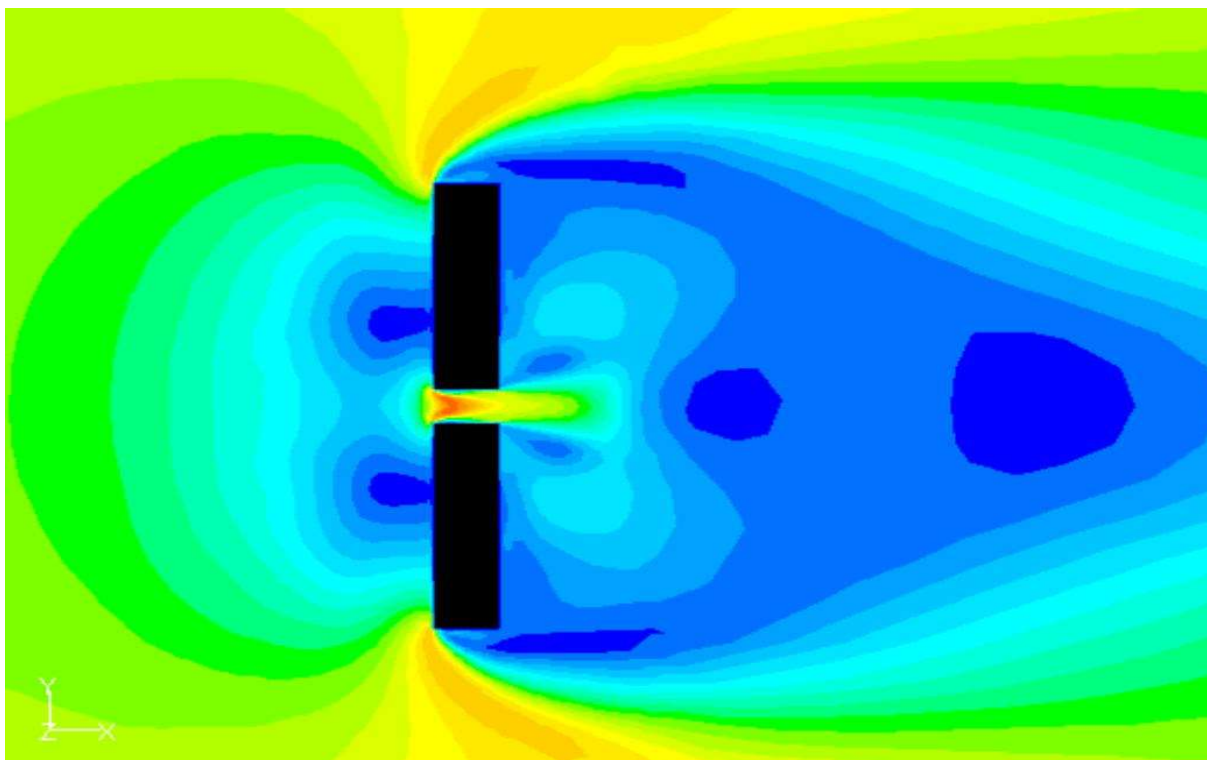


Figure I-8: effet de double coin.

Source : (Reiter, 2007)

Conseils pratiques : Pour limiter l'effet de double coin, on peut donner les conseils architecturaux suivants :

- Diminuer la hauteur des bâtiments formant le passage.
- Orienter le bâtiment de manière à ce que l'angle d'incidence du vent dominant soit compris entre 70° et 90° par rapport à la façade au vent percée par le passage entre immeubles. L'orientation idéale correspond à un vent perpendiculaire au passage pour piétons.
- Protéger le passage entre immeubles par un bâtiment, et/ou un auvent qui divise le flux d'air à l'intérieur du passage et crée ainsi un couloir de déviation du vent au-dessus du passage pour piétons.
- Prévoir des éléments poreux (végétation, écrans perméables, ...) à l'intérieur du passage.

2.8 Effet canyon

Lorsque les bâtiments sont construits en mitoyens, ils forment des rues qui créent un effet de masque supplémentaire par rapport au vent : l'effet canyon (Figure I-9 ci-dessous). Pour que

cet effet existe, il faut toutefois que la distance entre les deux côtés de la rue ne soit pas trop élevée. Pour limiter au maximum les vitesses de vent dans les rues, il est utile d'assurer l'effet canyon qui est très confortable pour les piétons, en appliquant la règle géométrique suivante : le rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue doit être supérieur ou égal à 0.7 (c'est-à-dire pour $H/W \geq 0.7$)

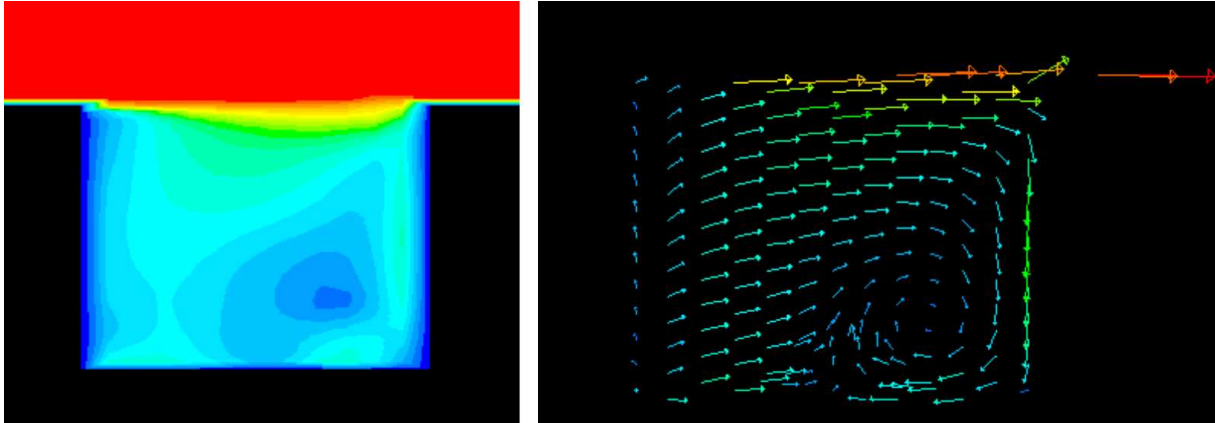


Figure I-9: effet canyon.

Source : (Reiter, 2007)

2.9 A retenir :

(Reiter, 2007) a défini et conclu des pertinentes recommandations pour les effets démontrés antérieurement dans sa recherche:

- La vitesse maximale de **l'effet de coin** est peu influencée par l'angle d'incidence du vent par rapport au bâtiment élevé (différence de 15%). En revanche, la position de cet effet critique dépend fortement de l'angle d'incidence du vent. La hauteur du bâtiment est le paramètre essentiel qui influence l'effet de coin pour un bâtiment isolé. Au plus la hauteur du bâtiment est élevée, au plus l'inconfort se fait sentir. Dans le cas de deux bâtiments parallèles, un effet de protection au pied des coins des deux bâtiments apparaît lorsque le premier bâtiment présente une hauteur comprise entre 0,4 et 0,6 fois la hauteur du second bâtiment dans la direction du vent.
- Si on réduit les survitesses au niveau de l'effet de coin, on obtiendra forcément une diminution des vitesses de l'air dans les couches de cisaillement. La hauteur du bâtiment influence fortement **l'effet de cisaillement** pour un bâtiment isolé, tant au niveau de l'intensité des survitesses qu'au niveau de la taille de la zone critique pour les piétons. Au plus la hauteur du bâtiment est élevée, au plus l'inconfort se fait sentir. Placer des obstacles (bâtiments, végétation, ...) dans la zone de cisaillement réduit fortement cet effet critique.

Une orientation de l'axe principal des bâtiments élevés dans le sens des vents dominants est la position idéale pour limiter leur effet de cisaillement.

- La zone d'inconfort liée à la présence d'un passage sous immeuble débute quelques mètres avant la façade au vent du bâtiment et se prolonge au-delà du passage par un jet d'air à grande vitesse. La hauteur du bâtiment influence fortement **l'effet de passage sous un immeuble isolé**. Les survitesses dans le passage augmentent très légèrement avec l'accroissement de la largeur de l'ouverture. L'effet critique généré dans les passages étroits est très sensible à la direction du vent, ce qui n'est pas toujours le cas pour des bâtiments sur pilotis. Cet effet est surtout critique pour des incidences du vent de 0 à 45° par rapport à l'axe du passage étroit. Pour une incidence du vent supérieure à 70°, le passage étroit devient une zone protégée par rapport à l'écoulement du vent. Les pilotis peuvent jouer dans certains cas le rôle de brise-vent. Un bâtiment placé en amont du passage crée une zone de protection par rapport au vent dans le passage sous immeuble lorsque la hauteur du petit bâtiment est supérieure ou égale à la distance qui sépare les deux bâtiments.
- **L'effet de rouleau tourbillonnaire** a lieu sur une hauteur équivalente à la moitié de la hauteur du bâtiment à partir du sol. Le rouleau tourbillonnaire n'est réellement critique que pour des bâtiments très élevés ($H > 60\text{m}$) ou des climats très venteux. Pour les bâtiments très élevés, l'augmentation de la turbulence dans la zone du rouleau tourbillonnaire doit être prise en considération comme un élément qui accroît l'inconfort des piétons. Pour les bâtiments inférieurs à 50m de haut, il y a une zone de protection au vent marquée devant la face au vent d'un bâtiment isolé.
- **L'effet de barre** ne génère pas d'inconfort au niveau piéton. Il annule toutefois l'effet de protection dû au sillage du bâtiment. Il est donc judicieux d'éviter de placer des bâtiments de grande longueur dans une orientation de 45° par rapport aux vents dominants, surtout si la zone de sillage par rapport aux vents dominants est conçue pour abriter des zones de détente pour les piétons.
- **L'effet Wise** est un phénomène qui n'est critique que pour de très hauts bâtiments ($H > 40\text{m}$) dont la longueur est également importante. L'effet Wise augmente fortement avec l'accroissement de la hauteur du second bâtiment. Le rapport de hauteur entre les deux bâtiments et leur inter-distance ont un effet majeur sur la formation de l'effet Wise. L'effet Wise n'apparaît que pour une inter-distance entre les deux bâtiments comprise dans l'intervalle $W = [0.4 H ; 2 H]$ et pour une hauteur du petit bâtiment comprise dans l'intervalle $h = [0.1 H ; 0.6 H]$. L'inter-distance la plus critique vaut $W = 3/4 H$. La hauteur du petit bâtiment la plus critique vaut $h = H/2$. Pour les bâtiments très élevés, l'effet Wise

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains s'étend largement de part et d'autre du groupe de bâtiments, sur une longueur environ égale à $2L$ où L , est la longueur du bâtiment élevé.

- L'intensité de **l'effet de double coin**, augmente avec l'accroissement de la hauteur des bâtiments et plus légèrement avec l'augmentation de leur longueur. Une largeur minimale du passage de 6m est nécessaire pour que l'effet de double coin soit supérieur à l'effet de coin d'un bâtiment isolé. En revanche, la largeur du passage a peu d'influence sur l'intensité de l'effet de coin, une fois que celui-ci est établi. Des bâtiments décalés créent un effet de double coin identique par rapport à des bâtiments parallèles.
- Les rues étroites ($H/W \geq 0.7$) créent un effet de masque important : **l'effet canyon**.

3 Le microclimat urbain

Il est bien entendu que le climat urbain diffère considérablement du climat au lieux rurales, où se trouve les stations météorologiques, ceci est causé par des facteurs physiques. La réduction de la végétation, l'augmentation des surfaces thermiques massives et non poreuses, la présence de systèmes de drainage et l'émission de chaleur et de pollution, contribuent à modifier le microclimat urbain. Peut-être le plus intéressant, de point de vue de la planification et de la conception, est que la géométrie de la forme urbaine a également un effet important sur le climat à l'échelle urbain.

Les facteurs géométriques comprennent la densité, les rapports surface-volume et hauteur-largeur des bâtiments et des espaces urbains. Tels complexes d'interactions, entre la forme et le microclimat, sont habituellement réduits à une discussion sur la différence de température, ou sur les niveaux de pollution, etc. (Ye, 2019)

Nombreuses sont les disciplines scientifiques, qui s'intéressent aux conséquences de l'écoulements des vents dans les milieux urbains, notamment les configurations urbaines (pollution d'air, ventilation naturelle, énergie éolienne, condition aéraulique au niveau des piétonne, etc...). (Blocken B. &., 2012).

Dans ce qui suite, la relation entre l'écoulement du vent et les configurations urbaines.

3.1 Les échelles de la climatologie

Avant d'analyser les éléments du microclimat, il est important de citer les quatre différentes échelles d'étude en climatologie (Vinet, 2000) :

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

- L'échelle globale ou échelle "macro" qui se situe en quelques 10^3 km, loin de la surface terrestre qui convient aux phénomènes définitifs pour les principales variations climatiques et saisonnières.
- L'échelle régional ou l'échelle "més" qui se prolonge jusqu'à quelques centaines de kilomètres. Les reliefs et l'emplacement de la région par rapport aux déplacements d'air affecte le climat à ce niveau.
- L'échelle locale qui se prolonge à quelques dizaines de kilomètres correspond aux changements climatiques régionaux créés par la présence d'une vallée et de la mer. C'est l'échelle des modifications de régime du vent et des brises thermiques.
- L'échelle microclimatique est limitée à quelques centaines de mètres. C'est l'échelle où l'influence de l'homme peut impacter les paramètres microclimatiques.

A l'échelle de la ville, l'interaction entre la forme urbaine et le climat produit différentes échelles de couches d'air superposées dans l'atmosphère. La couche de surface (qui s'étend sur plusieurs dizaines de mètres au-dessus des bâtiments) : est composé de deux couches. La sous-couche inertielle (ISL) a des flux turbulents homogènes, verticaux et dépend essentiellement de la vitesse de frottement et de la hauteur des bâtiments (Taha, 1999). Quant à la deuxième couche (sous couche de rugosité), elle se trouve au-dessous de la première, son épaisseur varie entre 1,5 et 3,5 fois la hauteur moyenne des configurations urbaines. (Rotach, 2000)

La couche de canopée urbaine (UCL Figure I-10), qui correspond à l'échelle d'étude de cette recherche, et fait référence au configurations urbaines, intégrant le sol urbain (rue, espaces verts), les structures bâties (bâtiments, îlot ou quartier) et les espaces extérieurs urbains (cours ou places publiques). Est toujours en perturbation, vue les mouvements turbulents provoqués par, la réaction des paramètres microclimatiques avec les différentes configurations urbaines.

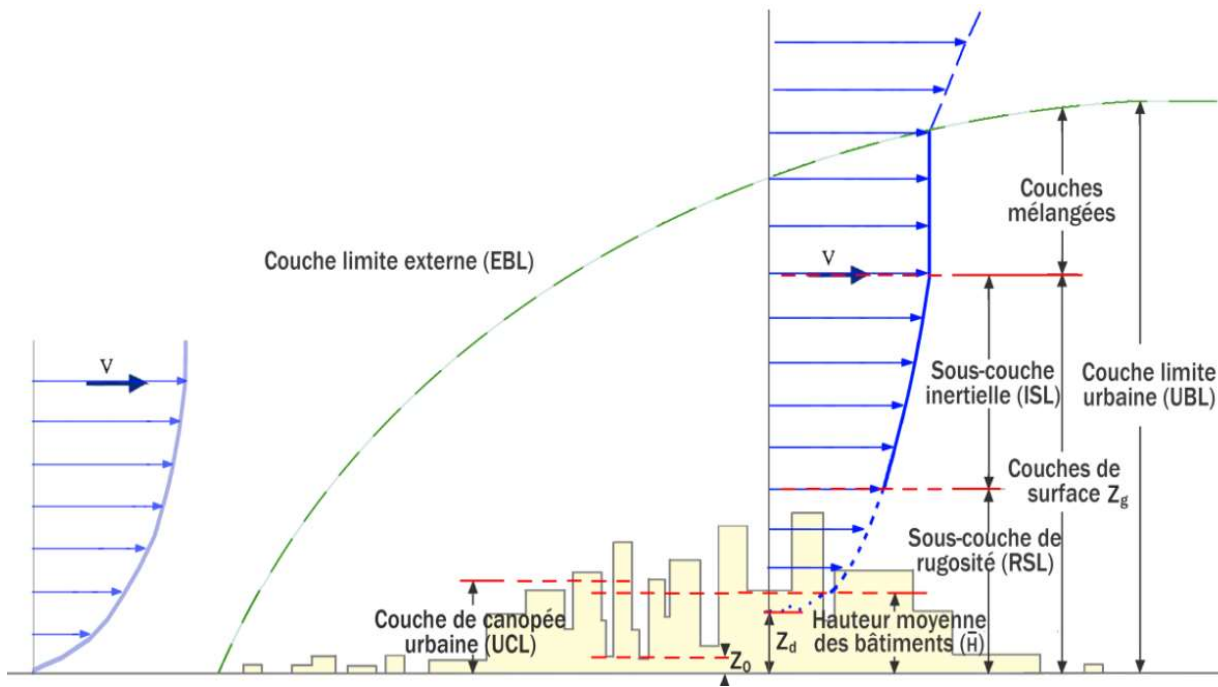


Figure I-10: la couche limite d'un environnement bâti.

Source: (Ng, Yuan, Chen, Ren, & Fung, 2011)

À l'échelle locale ($0,1\text{Km} < d < 5\text{Km}$) équivalente à une ville, on se concentre plutôt à l'évaluation des conditions thermo-aéraulique, à la consommation d'énergie ou à la diffusion du polluant dans la ville. (Golany, 1996) a déterminé des règles empiriques des configurations urbaines, et a indiqué l'importance du rôle de la morphologie urbaine sur la performance climatique, a aussi indiqué des relations simples entre le vent et la morphologie urbaine. Il a ajouté de plus que, pour l'orientation des rues, on constate que les rues droites et parallèles « accompagnent » le mouvement de l'air dans la ville ; au contraire, les rues perpendiculaires les unes aux autres peuvent abaisser la vitesse du vent. Dans la même perspective, les conditions aérauliques à l'échelle du quartier, peuvent être améliorées par l'adaptation de l'orientation des bâtiments, en profitant de l'effet de Venturi et de canalisation du vent. (Huang, 2012). La perméabilité des configuration urbaines a une importance action sur l'écoulement des vents et la ventilation, au niveau des piétonnes, dans les espaces publics extérieur. (Ng, Yuan, Chen, Ren, & Fung, 2011)

A l'échelle microscopique ($10^{-2}\text{m} < d < 10^3\text{m}$), on concentre sur l'analyse de l'écoulement du vent autour d'un ou de plusieurs bâtiments. A travers la CFD et les essais en soufflerie, et dans le but de l'analyse des conditions microclimatique, notamment aéraulique dans les longues rues (Longueur supérieur à 50 fois la largeur). (Hang, 2010) A montré qu'à l'échelle du quartier, l'effet de ventilation de la rue avec des immeubles hauts, est plus important que celui qui est

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains obtenu avec des rues ayant des immeubles bas, les mêmes résultats ont été obtenu par (Kitous, 2012), qui a évalué les paramètres du vent, en faisant des mesures in-situ dans la ville du Ghardaïa, au sud de l'Algérie, en climat chaud et sec, et a analysé les impacts de la longueur et de la symétrie des rues sur l'effet de canalisation du vent.

3.2 L'action de la morphologie urbaine sur le microclimat

Le processus de perception du corps humain, est tributaire de l'intensité des paramètres microclimatiques. La détermination du confort est tributaire des relations entre l'environnement extérieur et son usager. La prise en compte de l'environnement extérieur, durant le processus de la conception des configurations urbaines, nécessite la compréhension des paramètres du microclimat urbain : le flux solaire incident, la température de l'air, la vitesse du vent et l'humidité de l'air. (Vinet, 2000)

3.2.1 Facteurs morphologiques influant sur la température de l'air

3.2.1.1 Ratio H/W

La rue canyons est l'un des ingrédients constituant des configurations urbaines, les plus typiques. La Figure I-11 représente une rue bordée d'immeubles Cas de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid, El Eulma, Algérie.), dont la hauteur des immeubles est au minimum deux fois supérieure à la largeur de la rue.



Figure I-11 : une rue bordée d'immeubles, avec un ratio élevé. (El Eulma)

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

Comme illustre la Figure I-12, le canyon urbain est déterminé par trois éléments : la hauteur des bâtiments (H), la largeur (W) et la longueur (L) de la rue. A partir de ces grandeurs, la définition géométrique du canyon urbain, peut être effectuée par les indicateurs morphologiques, tel que le rapport d'aspect H/W (Ratio). Celui-ci influe considérablement, la quantité de rayonnement solaire incidente ou absorbée par un canyon urbain. Cette quantité absorbée peut être réduite de 27% à 13%, en passant d'un ratio H/W de 0,5 à 2. (Aida, 1982). De plus, une étude menée au Sud d'Algérie, une rue avec un rapport H/W égale à 0,5 reçoit un flux solaire important, qui résulte une température de surface pic de 53°C, ce pic sera réduit à 46°C, si le ratio du canyon urbain passe à 2. (Bourbia & Awbi, 2004)

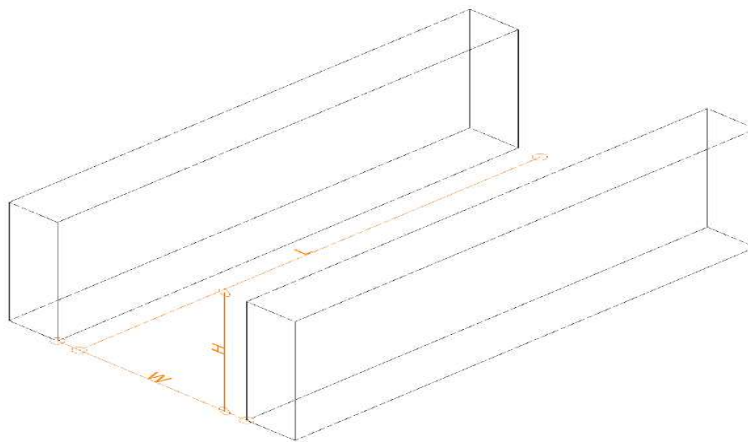


Figure I-12: paramètres d'un canyon urbain

En revanche, le faible ratio H/W génère un piégeage thermique, au sein de la rue. Plus le rapport est grand, plus le phénomène de stockage de chaleur est marqué. (Sakakibara, 1996). Une synthèse sur l'influence des différentes ratio H/W sur les conditions thermiques, est présenté dans le Tableau I.4

Tableau I.4: Relations rapport H/W et les conditions thermiques.

	H/W	Avantages
Accessibilité solaire	0,5 à 2	L'absorption solaire est comprise entre 13 % (H/W = 0,5) et 27 % (H/W = 2) lorsque l'albédo de surface est égal à 0,4
	0,58	Le rapport H/W est représentatif des villes de latitude 45°N
Gain de chaleur	0,4	Le gain de chaleur est de 30 % par rapport à une situation de surface dégagée (H/W = 0)
	0,7	Le gain de chaleur est de 50 % par rapport au cas H/W=0.
	1,0	Le gain de chaleur est de 70 % par rapport au cas H/W=0.

3.2.1.2 La densité Bâtie

Les échanges thermiques produites entre les surfaces urbaines et l'atmosphère, influent sur la température d'air, dans les espaces extérieurs des configurations urbaines. L'écart de 05°C à 10°C, est toujours recensé entre les configurations urbaines et la périphérie de la ville, notamment au niveau des stations météorologique. (Akbari, 1997). Cet écart démontre l'effet énergétique de l'urbanisation sur la température d'aire, connu par l'Ilot de chaleur urbain. (Figure I-13)

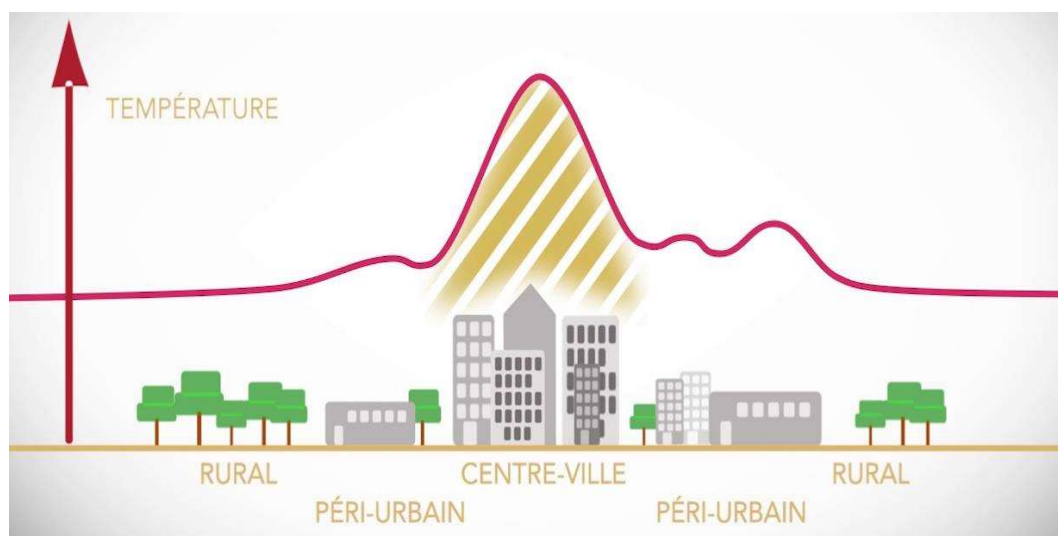


Figure I-13: schéma d'un îlot de chaleur urbain.

Ce phénomène résulte un avantage en hiver, suite à la diminution la consommation énergétique du chauffage. Simultanément, il augmente la production de brouillard. Mais, dans les climats chauds notamment arides, l'augmentation de la température engendre une augmentation de la demande énergétique de conditionnement d'air.

3.2.2 Facteurs morphologiques influant sur la vitesse du vent

3.2.2.1 La rugosité urbaine

La rugosité urbaine dépend principalement de l'ouverture du tissu urbain à l'atmosphère ci-dessus, et de la répartition des hauteurs des bâtiments. Elle conditionne les échanges verticaux à travers la canopée. Il détermine le potentiel du flux à pénétrer dans l'UCL

En milieu urbain, la forte rugosité des configurations urbaines, produit des forces de frottement qui diminuent ou précipitent la vitesse du vent, (en plus de l'amplification de la turbulence). Les changements de pression entre les différentes zones des bâtiments résultent

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains ces tourbillons. La forte rugosité rend la formulation du profil de vent très difficile. (Plate E. J., 2001) Les caractéristiques des configurations urbaines, déterminent la hauteur de déplacement et la longueur de rugosité (Grimmond, 1999). (Tableau I.5). Donc, La rugosité urbaine fait référence à des paramètres géométriques et dimensionnels.

Tableau I.5: Propriétés aérodynamiques typiques pour des configurations urbaines homogènes.

Source : (Grimmond, 1999)

Types des configuration urbaine	Hauteur de déplacement (m)	Longueur de rugosité (m)
Faibles densité et hauteur (01 ou 02 étages)	2 – 4	0,3- 0,8
Faibles densité et hauteur (02 ou 03 étages)	3,5 – 8	0,7 – 1,5
Forte densité et grandes hauteur (06 étages)	7 – 15	0,8 – 1,5
Immeuble de grande hauteur	Supérieur à 12	Supérieur à 2

3.2.2.2 La volumétrie

Des interactions entre les structures bâties et le vent, apparaissent lors l'écoulement de ce dernier autour des bâtiments. La disposition et la formes des éléments constituant de la configuration urbaine, gèrent l'existence et la distribution des zones de pression sur les faces au vent. Les zones de sous pression sont également présentes, elles sont caractérisées par un contournement de l'écoulement vers le haut et sur les côtés du bâtiment et l'apparition d'un rouleau tourbillonnaire résultant de l'interaction avec le sol. Figure I-14. Au niveau des angles des bâtiments, des zones de décollement naissent, caractérisées par leurs dépressions proportionnellement constantes avec la hauteur du bâtiment. Toutefois, sous la face du bâtiment. À l'origine du sillage, le vent crée des actions tourbillonnaires. Ces derniers s'affaiblissent en aval du bâtiment où l'écoulement retrouve ses caractéristiques en amont. (Gandemer J. , 1981)

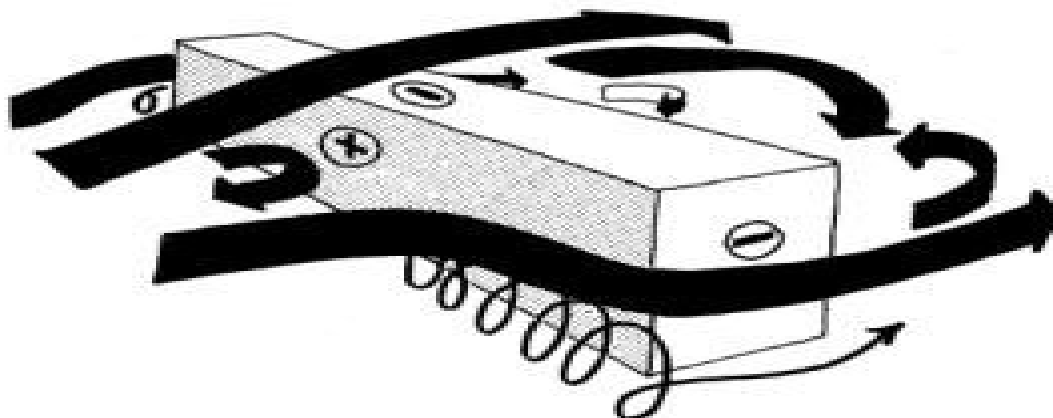


Figure I-14: contournement d'une structure bâtie par le vent

Source: (Gandemer J. , 1981)

3.2.2.3 Agencement des bâtiments

La façon d'agencement des composants des configurations urbaines, peuvent engendre des gênes et malaises des piétons, suite aux écoulements des vents que soit ils dominants ou pas. Les dimensions, les formes et même le rapprochement des constituants des formes urbaines, conditionnent l'intensité turbulente autour des obstacles, et bien évidemment la distribution de la vitesse du vent. La compréhension des actions des vents sur les composants de la configuration urbaine, permet la bonne connaissance de l'aspect aérodynamique des espaces extérieurs, et la conception des tissus urbains, générateurs des états de confort ou le contraire (Gandemer J. G., 1976).

3.2.2.4 L'orientation des tissus urbains par rapport aux vents incidents

Le régime ainsi que la vitesse du vent, sont déterminés par l'orientation des structures bâties. En effet, si l'orientation est parallèle, la vitesse augmente d'avantage que si les structures sont perpendiculaires au vent. La rue canyon fait l'objet de plusieurs études afin de démontrer la nature du régime du vent, selon l'orientation de cette rue (Nakamura, 1988). D'ailleurs, La canalisation est observée, si l'écoulement est parallèle à la direction de la rue. Pour que cet effet soit regardé, le couloir canalisant doit être étanche et composé de parois peu perméables, doté d'une largeur inférieure ou égale à l'épaisseur des bâtiments, et enfin la hauteur des bâtiments doit être supérieure ou égale à 6m. La canalisation ne constitue pas une gêne en soi. Elle devient problématique lorsqu'elle est associée à une anomalie aérodynamique, lors d'une association canalisation-Venturi. (Gandemer J. G., 1976) (Figure I-15).

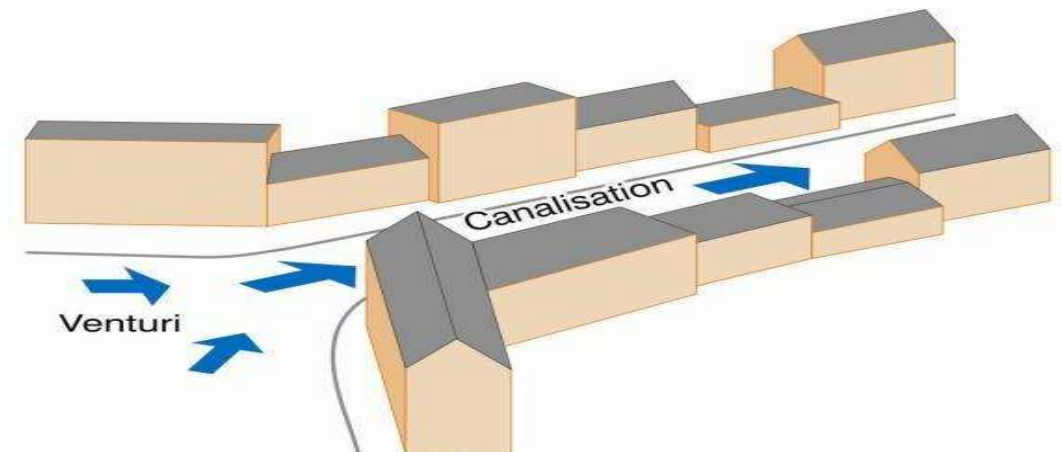


Figure I-15: Association des effets : canalisation et Venturi.

Source : (Gandemer J. G., 1976)

Mais, lorsque l'orientation d'écoulement du vent est perpendiculaire à la direction de la rue, plusieurs vortex de mouvement spirale, se crée. Ce mouvement spiral peut être précipité par l'accroissement de la vitesse de vent, ainsi par les effets thermiques liés aux faces chauffées par le rayon solaire incident. En effet, l'air chaud remonté est remplacé par l'air plus frais qui circule au-dessus des toits permettant d'évacuer la chaleur de la rue. Figure I-16

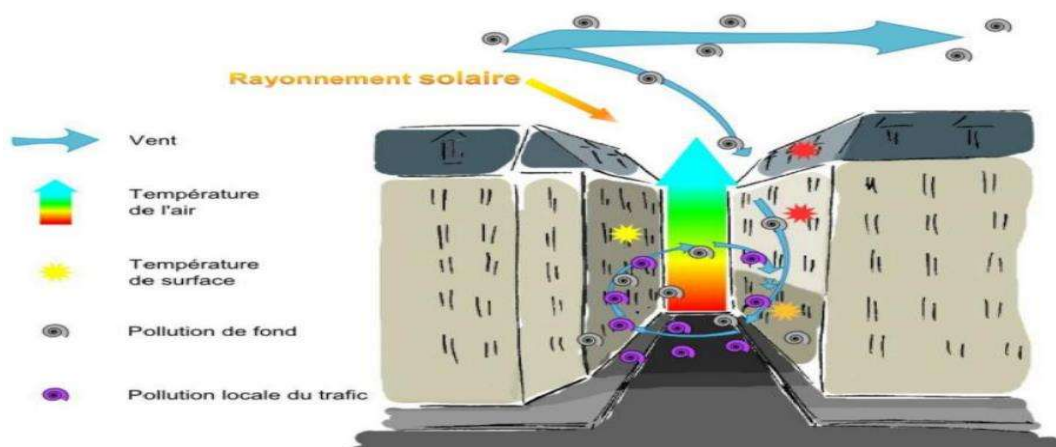


Figure I-16: circulation du vent perpendiculaire à une rue canyon

Source : <http://www.iau-idf.fr/>

Trois types d'écoulements sont déterminés, selon le rapport d'aspect H/W d'une rue canyon (Nakamura, 1988):

- Un écoulement de rugosité isolé lorsque ce rapport est inférieur à 1,54. (Figure I-17.a)
- Un écoulement à interface de sillage lorsque le rapport est compris entre : 1,54 et 2,5. (Figure I-17.b)
- Un écoulement rasant lorsque le rapport est supérieur à 2,5. (Figure I-17.c)

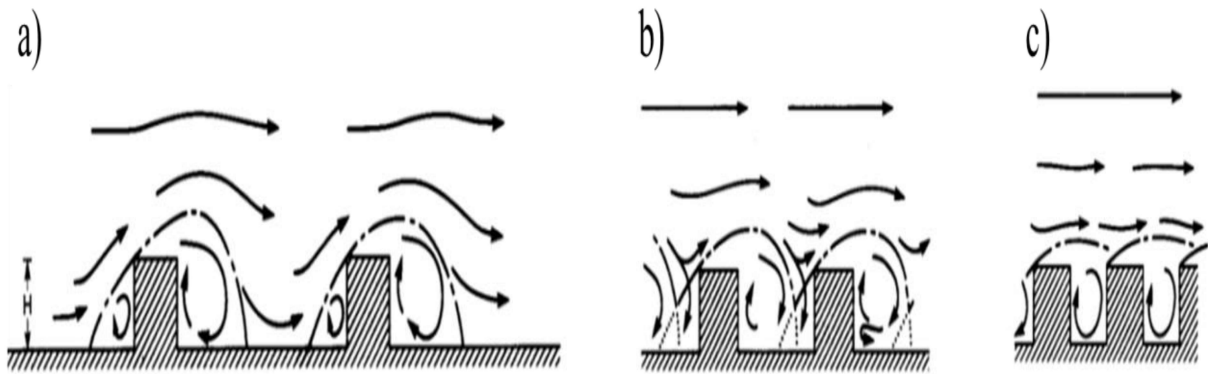


Figure I-17: types des écoulements des vents perpendiculaire à la rue canyon.

Source : (Nakamura, 1988)

A travers, une expérience avec plusieurs arrangements caractéristiques de bâtiments a été établie par (Bottema, 1993). Le chercheur trouve que :

- Pour le cas de deux bâtiments décalés, la vitesse moyenne du vent autour de bâtiments, à la hauteur des piétons (1,75 m) (U), est supérieure à celle donnée à la hauteur de bâtiment (U_{H_0}). Ce résultat apparaît sur la plus grande surface du passage en flux oblique (-45°).
- La vitesse U est environ 20% plus importante, que dans le cas d'un bâtiment isolé. Dans le cas d'un flux normal (0°),
- La vitesse U est à peu près égale à $0,75U_{H_0}$, qui correspond à 30% de plus, que dans le cas d'une construction isolée.

Il résulte que l'indicateur U/U_{H_0} est plus approprié que U/U_0 (U_0 la vitesse du vent donné à la hauteur $z=10$ m), dans la détermination du confort aéraulique au niveau des piétons.

3.2.2.5 La densité ou porosité d'un tissu urbain

La porosité urbaine concerne les échanges horizontaux potentiels à l'intérieur de l'UCL. Elle conditionne les trajectoires de flux, les effets d'interférence ou le piégeage de flux. Par conséquent, il détermine la capacité du flux à circuler à travers l'UCL d'une manière presque horizontale. Ces flux internes peuvent être canalisés, déviés, tourbillonnés ou bloqués en fonction des caractéristiques du réseau d'espaces ouverts, qui peuvent différer par leur orientation, leur continuité, leur connectivité et leur largeur, ainsi que par la géométrie globale et la disposition des bâtiments.

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

La mesure de la densité urbaine d'une configuration urbaine, permet l'évaluation de sa porosité par rapport au vent. Pour les formes compactes, seuls les toits et les terrasses constituent des probables zones d'inconfort. La verticalité d'un groupement de bâtiment à décrochement peut favoriser l'effet de pyramide. Ce type de configuration semble judicieuse, puisqu'elle ne produit pas d'inconfort. Par contre, elle disperse le maximum d'énergie éolienne dans tous les azimuts et réduit les survitesses aux niveaux inférieurs des immeubles. (Figure I-18) (Gandemer J. G., 1976)

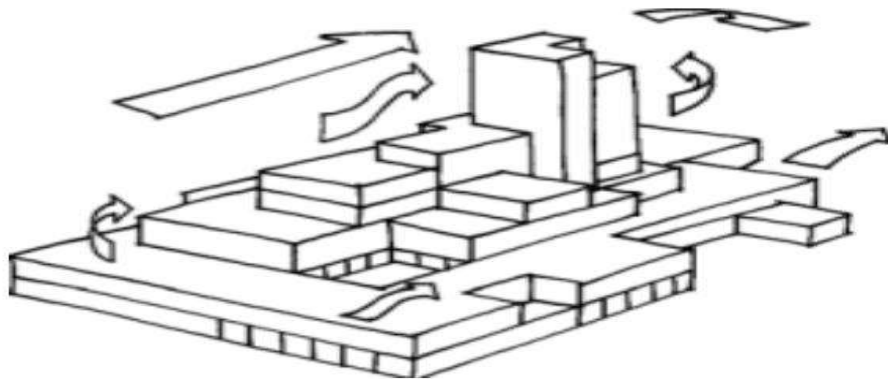


Figure I-18: effet de pyramide sur un configuration urbaine caractère pyramidal

Source : (Gandemer J. G., 1976)

Néanmoins, les configurations urbaines poreuses, génèrent des perturbations qui s'étendent sur de longues distances. En effet, que soit la porosité horizontale ou verticale des tissus urbains et des immeubles, change l'écoulement de l'air, et engendre des zones à critiques liées à de forts ventilation. Pour limiter ces risques, il faut que l'ouverture d'un tissu urbain soit inférieure à 0,25 fois son périmètre et qu'il soit constitué de bâtiments de hauteurs voisines. (Figure I-19) (Gandemer J. G., 1976)

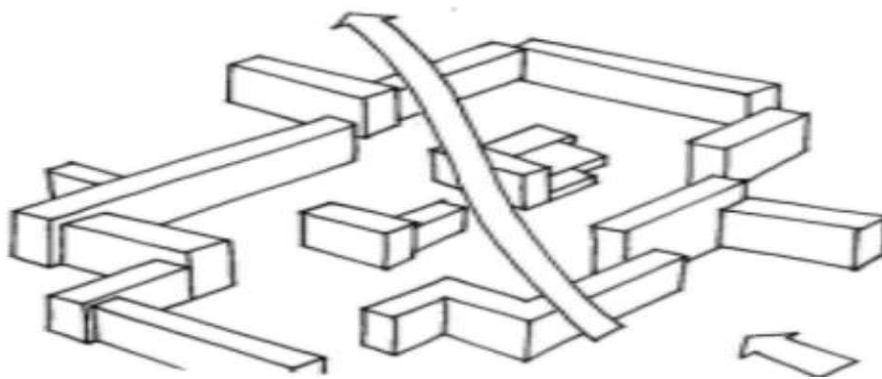


Figure I-19 : Un tissu poreux.

Source : (Gandemer J. G., 1976)

4 Les actions des formes urbaines sur le confort extérieur des piétons

4.1 Formes compactes

Une configuration urbaine compacte est souvent étroite et profonde, caractérise les centre villes souvent. Elle empêche les rayons solaires d'atteindre les espaces centraux extérieurs, et engendre des ombres qui participent à l'augmentation du confort de ces espaces (Figure I-20). D'un autre côté, par temps stable et chaude, les espaces centraux extérieurs encouragent le phénomène du piégeage radiatif, et augmente les températures de l'air, ce qui augmente le risque d'inconfort. Ce piégeage radiatif est suite aux multi-réflexions des rayons solaires par les surfaces urbaines. (Terjung, 1973) (Zhang J. X., 2019)



Figure I-20 : ilot traditionnel à la ville El Eulma.

Source : Google Earth

La mesure du flux de chaleur sensible, sur une configuration urbaine en forme d'ilot traditionnel, d'un centre-ville de Marseille a montré que : durant le jour, 49% de la chaleur sensible totale, est transférée des toitures vers l'atmosphère. Les façades ne contribuent qu'à 39%, les cours intérieures de 5% et les rues de 7%. Ces résultats montrent que le piégeage de la chaleur est augmenté dans les rues et les cours intérieures. Néanmoins, ce piégeage peut être diminué par la ventilation naturelle. En effet, les profondes rues canyon des centres-villes historiques (Figure I-21), favorisent l'effet aérodynamique de canalisation, ainsi que le renouvellement d'air. Ce renouvellement est maximalisé lorsque le vent est parallèle à l'axe des

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains
rues, en plus d'une vitesse suffisamment grande, afin de créer un effet de canalisation.
(Xiaomin, Zhen, & Jiasong, 2006) (Aboulata, Zayed, & Elmassah, 2020)



Figure I-21: rue canyon du centre-ville historique à Sétif (rue Valée)

Source : www.gettyimages.com

Une étude numérique menée, pour évaluer le potentiel éolien d'une place intérieure, entourée d'immeubles de formes compactes. Durant l'évaluation, la topographie de l'environnement a été prise en considération dans la simulation numérique, pour ne pas négliger les effets du tissu urbains voisins. Ce dernier est caractérisé par une hauteur de 18m. Les résultats ont montré que la vitesse de l'écoulement est réduite, et devient plus turbulente à l'intérieur de la place, lorsque la direction du vent s'écarte de l'orientation principale des rues. Par ailleurs, la taille de l'espace et les dimensions des bâtiments avoisinants, ont une action significative sur l'écoulement du vent. En effet, la taille de la place et les dimensions des bâtis, ont une relation de corrélation directe avec l'intensité du vent et son mouvement turbulent. (Kang, 2019)

4.2 Formes pavillonnaires

Les cités qui représentent les formes pavillonnaires se trouvent généralement à la périphérie de la ville. Le mode d'organisation de ces derniers, est similaire à celui de la campagne adjacente. Le tissu urbain de forme pavillonnaire est moins dense, avec des constructions individuelles qui s'implantent sur des vastes parcelles où les surfaces libres sont consacrées aux jardins, et des espaces verts. (Figure I-22)



Figure I-22: pavillonnaires des Castors à Oran.

Source : <http://oran1950.free.fr>

Les formes pavillonnaires symbolisent des éléments de rugosité, influenceurs les paramètres microclimatiques, suite à leurs situations dans les périphéries des villes. Le climat local ressenti dans les espaces extérieurs de ce type de configuration urbaine, est intermédiaire entre les conditions du climat urbain et celui du climat rural. Ces formes urbaines engendrent une zone de protection, face à l'effet des brises de campagne, pour la ville. L'implantation et la disposition de ces formes pavillonnaires, sont favorables pour réduire les effets aérodynamiques dus aux vents dominants. De plus, la densité élevée des espaces vert de ces configurations, joue un rôle de brise vent contre les fortes rafales de vent et de rafraîchissement de l'air par évapotranspiration. (AitAmeur, 2002)

4.3 Formes verticales

Ce concept a fait son apparition dans le milieu urbain, après la seconde guerre mondiale afin de réduire la crise du logement. Les constructions sont achevées entre les années 50 jusqu'au milieu des années 70 du XX^{ème} siècle. Les formes verticales symbolisent la matérialisation parfaite des principes de l'architecture moderne. (Figure I-23)



Figure I-23: HLM à El Harrach (Alger)

Source : www.algeriemesracines.com/

Les immeubles de grande hauteur, forment des géométries isolées, et augmentent les surfaces exposées aux changements climatiques. La variabilité du bilan thermique, est tributaire de la nature et les propriétés des matériaux des façades, et plus particulièrement leur inertie et leur réflexion (Hang, 2010). Néanmoins, la ventilation fournie entre les hauts bâtis compense constamment l'augmentation des températures d'air, ainsi qu'elle assure le rafraichissement des espaces (Kun, 2011).

La dispersion des formes urbaines isolées de ce type de tissu urbain, favorise des perturbations, et produisent des accélérations d'air, au niveau des angles des bâtiments. Cette augmentation de la vitesse donne naissance à des effets aérodynamiques indésirables, et des mouvements tourbillonnaires. Ces écoulements aérauliques deviennent critiques pour le confort des piétonnes, et décroît les activités aux niveaux des espaces extérieurs des configurations urbaines.

4.4 Formes traversantes

Les îlots de forme traversante constituent une réponse au désordre social et urbain, généré par l'urbanisme classique des formes compactes, et modernes des grands ensembles (PORTZAMPARC, 1996), et est utilisée couramment dans les nouveaux aménagements des écoquartiers. Ce type d'îlot se distingue des îlots compacts, par sa forme qui permet sa

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains traversée. Cette forme regroupe des bâtiments autonomes, reliés les uns aux autres par des traversés publics et des espaces ouverts. (Figure I-24)

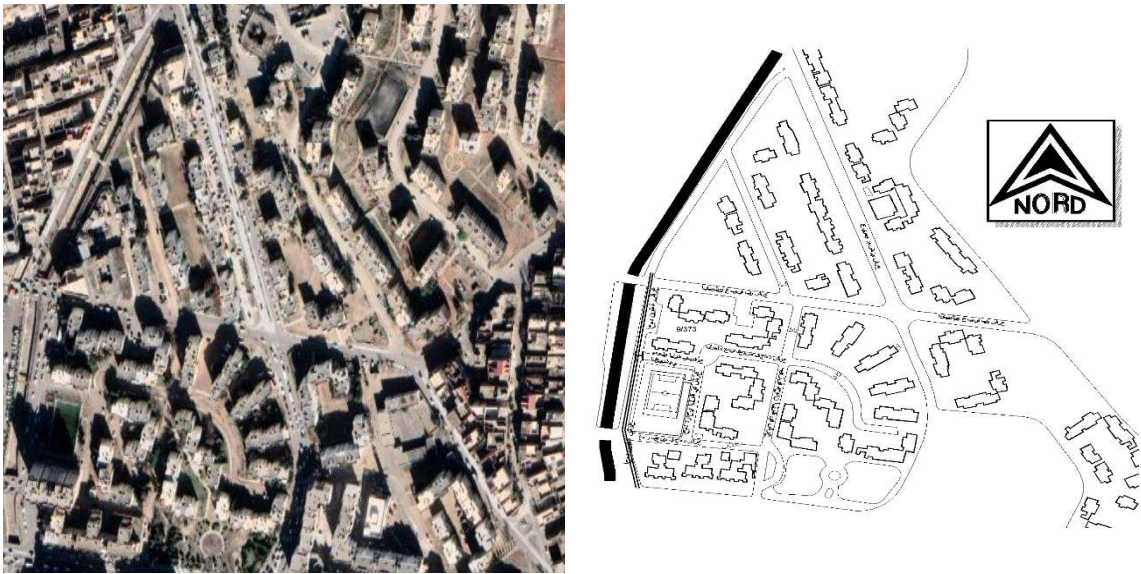


Figure I-24: La cité 1^{er} novembre 1954 El Eulma (Algérie)

La hauteur des immeubles est limitée et hétérogène (Figure I-25). Dans cette configuration, la voisinage complète et continue, est rejetée afin de créer des espaces dotés d'expositions solaire et lumineuse optimales, et de créer des vues traversantes.



Figure I-25: Vues sur l'espaces extérieur d'une forme traversante.

(Cité 1^{er} novembre 1954 El Eulma)

Les perturbations dans les tissus traversants sont plus importantes (Gandemer J. G., 1976). Les îlots de formes traversantes offrent l'avantage de façades, par leur rejet de la mitoyenneté. Ce nombre de façades engendre une absorbance élevée de l'énergie thermique par du piégeage radiatif. Cependant, la porosité de ce type de configuration urbaine, accroître la ventilation et le renouvellement d'air au sein des espaces extérieurs centraux. Cette ventilation est toujours combinée à un rafraichissement thermique, suite aux pertes de chaleur par convection.

4.5 The lift-up design

Dans la conception des bâtiments surélevés— The lift-up design — (Figure I-26), la structure principale est surélevée par rapport au sol, et soutenue soit par des colonnes, des voiles, des noyaux centraux ou une combinaison de ceux-ci. Un vide est créé dans la partie inférieure d'un bâtiment surélevée. Le vide, aussi appelé la zone d'élévation, permet à l'air de circuler avec un minimum d'obstacle, où un bâtiment avec des étages inférieurs impénétrables ne permet pas. Ce vide offre de l'espace pour créer des aires de repos ou de loisirs pour les usagers. Des chemins peuvent également être posés dans le vide pour accéder à d'autres zones dans les environs du bâtiment. (Chew & Norford, 2019)



Figure I-26: Lift-up design à Hong Kong.

Malgré son effet sur l'amélioration de la circulation de l'air au niveau du sol, la conception surélevée classique, n'est pas recommandée par les ingénieurs éoliens, en raison de conditions de vent inacceptables ou dangereuses à l'intérieur de la zone d'élévation (Stathopoulos, Wu, & Bédard, 1992). Les vents à grande vitesse qui traversent une zone de

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains

soulèvement peuvent éventuellement être réduits si une conception du noyau de soulèvement modifiée sur le plan architectural semblable à celle d'un grand bâtiment est adoptée, les coins modifiés tels que les coins arrondis, sont efficaces pour réduire les zones de vitesses de vent élevées à proximité des grands bâtiments. (Jamieson, 1992)

A travers une recherche menée sur, l'influence des bâtiments surélevés avec différents rapports d'aspect (hauteur/largeur), sur les vitesses d'air au niveau des piétons, et leurs niveaux de confort aéraulique. Cinq bâtiments surélevés avec des rapports d'aspect (4:1 à 0,5:1), ont été testés dans une soufflerie de couche limite. Les résultats ont été comparés avec ceux de cinq bâtiments de dimensions similaires, mais sans conception élévatrice. Les résultats révèlent une forte dépendance, de la vitesse maximale du vent dans les zones de soulèvement avec hauteur de bâtiment, ce qui entraîne par la suite une petite zone de conditions de vent acceptables à proximité de bâtiments surélevés hauts et minces. La conception des bâtiments surélevés adopté pour les bâtiments courts et larges, produise de plus grandes zones de confort pour les piétons. Les noyaux centraux modifiés avec des modifications d'angle, sont efficaces pour augmenter le confort du vent piéton dans la zone d'élévation des bâtiments hauts et minces. (Zhang X. T., 2017)

La conception novatrice d'un bâtiment surélevée, s'est révélée prometteuse, pour ce qui est d'éliminer les obstacles et de faciliter la circulation du vent à basse hauteur dans les zones urbaines (Tse K. T., 2017). Une série d'essais en soufflerie menés par (Xia, 2017), ont indiqué que l'environnement éolien au niveau des piétons, à proximité d'un seul bâtiment et d'une rangée de bâtiments surélevés, a une meilleure circulation du vent que les autres bâtiments. En combinant les données de la soufflerie et les mesures sur le terrain, les résultats ont démontré que les modèles de surélevée sont efficaces pour créer un confort éolien et thermique à l'intérieur et à proximité des zones de surélevées (Du Y. M., 2017).

L'amplification du vent existe dans l'espace semi-extérieur sous le bâtiment surélevé dans toutes les conditions, bien que cet effet soit partiellement amoindri, par les bâtiments environnants (Liu J. Z., 2019), où un faible débit d'air, ou une mauvaise ventilation extérieure dans un tissu dense et compacte, peut influencer négativement, la dispersion des polluants dans l'environnement et la qualité de l'air intérieur, et augmenter les risques de transmission aérienne de maladies infectieuses. (Xia, 2017)

Conclusion

Ce chapitre a souligné l'importance de la morphologie urbaine dans la détermination de l'ambiance aéraulique, qui a fait son apparition après la deuxième guerre mondiale. La morphologie urbaine permet l'étude et l'analyse des formes urbaines des bâtiments et des espaces urbains également. Actuellement, la morphologie urbaine est utilisée pour résoudre les problèmes d'aménagement tel que : l'analyse des transports et l'évaluation de l'environnement aéraulique.

Il existe plusieurs critères de classement des formes urbaines dans la littérature. Dans le cadre de notre travail, les critères d'analyse de la morphologie urbaine correspondent à une combinaison des sites dans la ville, à la nature de l'utilisation du sol en aménagement et à différentes formes, avec différentes situations dans la ville.

Pour les indicateurs de la forme urbaine, trois catégories ont été identifiées. La catégorie qui porte sur l'interaction du physique et du construit, appelée indicateurs « morpho-physiques » qui est importante pour ce cas de figure.

Pour l'environnement aéraulique et de la morphologie urbaine, on a essayé de présenter, la théorie d'écoulement du vent en milieu urbain. Plusieurs travaux montrent les interactions entre l'environnement aéraulique et que soit bâtiments isolés ou configuration urbaine sont mentionnées.

La rugosité et la porosité urbaine conditionnent les phénomènes aérodynamiques qui se développent à l'intérieur de l'UCL. Ces paramètres sont particulièrement essentiels pour façonner les structures de flux d'air qui se développent dans les rues, les intersections, les places et les cours, Comme ils contribuent également à déterminer les écoulements aérauliques et les intensités de turbulence dans les différents espaces extérieurs.

Finalement, les actions des différents types de configuration urbaine, sur le confort aéraulique dans les espaces extérieurs, sont définis et discutés. Les résultats des études sur ces formes, confirment la relation étroite entre la morphologie urbaine, et l'environnement aéraulique. En plus de son implication sur le confort extérieur, notamment le confort aéraulique.

Donc la bonne conception ainsi que la bonne gestion des espaces urbains, qui sont les résultats des configurations urbaines compactes, pavillonnaires, verticales, traversantes ou

Chapitre I : Formes, géométries et écoulements aérauliques dans les espaces urbains surélevés, pourraient contribuer au bonheur et sûrement une fin satisfaisante des usagers de ces espaces, ce qui définit la réussite de ces derniers.

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains.

Confort et santé des usagers dans les espaces urbains

Introduction

Les espaces urbains extérieurs ont un rôle important, dans la vie sociale et économique des configurations urbaines. Ces activités exercées en plein air sont affectées par la sensation du bien-être de ses usagers. Cette sensation de bien-être est directement liée aux facteurs environnementaux, comme personnels. Les facteurs environnementaux sont les résultats quotidiens, de l'interaction entre le climat urbain et l'environnement bâtis.

La perception des caractéristiques physiques de l'environnement, engendre une relation entre l'utilisateur et son environnement immédiat, et qui détermine le niveau du confort de l'individu. La notion de confort dans les espaces extérieurs des configurations urbaines, est subjective et difficilement quantifiable, à cause d'un ensemble de paramètres :

- L'état physique de l'individu (âge, santé...)
- L'activité de l'individu.
- Le climat et la saison dont dépend en partie le vêtement porté.
- Les facteurs microclimatiques (vent, lumière, température...)
- Son état psychologique, notamment ses attentes, ses besoins et son expérience.

Les travaux entrepris, pour tenter d'appréhender l'influence des paramètres microclimatiques urbains sur le confort des piétons dans les espaces ouverts extérieurs, indiquent la complexité des paramètres microclimatiques, qui se caractérisent par des fortes variabilités spatiales et temporelles. La majorité des travaux de recherche s'intéressent au confort, qu'il soit aérodynamique, thermique ou visuel. Ils ont essayé de concevoir des critères et des indicateurs destinés à évaluer le niveau de confort dans les espaces intérieurs, qui par la suite ont été étendus aux espaces urbains extérieurs. Le vent est un des facteurs les plus importants agissant sur les conditions de confort des piétons dans les espaces extérieurs

L'inactivité physique est l'un des principaux facteurs, qui contribuent au développement des maladies non transmissibles, en particulier le diabète de type 2 et les maladies cardiovasculaires (Organization World Health, 2010). Cependant, la plupart des adultes qui vivent en milieu urbain ne sont pas suffisamment actifs pour bénéficier d'avantages préventifs en matière de santé. La marche à pied pour se rendre à des destinations locales, y compris des magasins, des services et des arrêts de transport en commun, est une source importante d'activité physique liée à la santé des adultes (Chaix, 2014), et constamment associée à une meilleure santé. Ses bienfaits pour la santé peuvent l'emporter sur les risques associés de traumatismes causés par les incidents de la circulation et l'exposition à la pollution atmosphérique (Mueller, 2015).

La marche est considérée comme un moyen pratique et durable, de promouvoir l'activité physique régulière, afin d'améliorer les résultats en matière de santé (Völker, 2018). Les mouvements, les actions et les différentes réactions, des piétones aux niveaux des espaces publics, sont le résultat de leurs niveaux de confort. Ce comportement fait des buts de plusieurs recherches et axes tel que la sûreté des promeneurs (Patnode, 2010), ainsi que l'impact des constructions et des microclimats sur ce comportement. (Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2001) (Kusaka, 2018)

1 Le confort aéraulique

Le vent n'est pas un élément constant, il varie continuellement en direction et en grandeur (phénomène de rafales). Cette instabilité oblige les piétons à s'adapter pour rechercher un état d'équilibre physique et physiologique. L'expérience du confort est largement influencée par le microclimat vicieux, de sorte que les sentiments et les expériences des piétons, sont généralement très différents, de ceux des navetteurs en voiture. (Nikolopoulou M. L., 2006)

En 1970, (Wise) a rapporté des magasins qui sont laissés sans garantie en raison de l'environnement venteux qui a découragé les acheteurs. (Lawson & Penwarden, 1975) ont signalé la mort de deux vieilles dames en raison d'une malencontreuse chute causée par la vitesse du vent à la base d'un grand bâtiment. De nos jours, de nombreuses autorités urbaines n'accordent un permis de construire pour un nouveau bâtiment de grande hauteur qu'après qu'une étude du confort éolien ait indiqué que les conséquences négatives pour l'environnement éolien piétonnier demeurent limitées. (Blocken, Stathopoulos, & Van Beeck, 2016)

1.1 L'importance du confort aéraulique

Une bonne ambiance aéraulique doit résulte un ressenti confortable, et le bien-être de ses usagers. (Bottema, 1993). Le confort aéraulique est aussi essentiel que le confort thermique. L'une des autres exigences importantes pour l'environnement urbain, est le confort aéraulique et la sécurité des vents. Ils procurent santé et confort aux piétons et définissent l'influence mécanique, sur l'être humain (Stathopoulos, Wu, & Zacharias, 2004) (Blocken B. J., 2012). Le vent affectera le confort, la sécurité, la distribution de la chaleur, la dispersion de l'humidité excessive, la circulation et la ventilation des bâtiments. Il peut également garder l'air frais.

La direction de la marche et l'équilibre sont affectés, quand la vitesse d'air dépasse 15 m/s. Cette condition pourrait être dangereuse pour les personnes âgées. Les vitesses des rafales (plus de 20 m/s), peuvent être dangereuses pour les jeunes aussi (Hunt, 1976). Cependant, les indicateurs de confort ne peuvent pas être directement reliés aux effets du vent, car la sensation de mal-être varie beaucoup selon la vitesse du vent ou des rafales et d'une personne à l'autre. Une étude porte sur le niveau du confort des piétons, a affirmé que 57 % des gens ne sont pas satisfaits, si la vitesse d'aire est inférieure à 6m/s. (Bottema, 1993). La vitesse élevée du vent au niveau des piétons près des tours, peut rendre les activités des piétons inconfortable et/ou dangereuse. Les conditions inconfortables peuvent avoir une incidence négative, sur le succès des aménagements, les espaces urbains et des nouveaux magasins, ce qui décourage les acheteurs de faire du shopping. Il est important de bien concevoir l'environnement aéraulique des piétonniers dans les tissus urbains. (Ghasemi, 2015)

De nombreuses études ont été réalisées pour améliorer l'éolien environnemental. Ces recherches confirment qu'il est possible de, créer une vitesse d'air favorable, par une conception et une planification urbaine appropriées. Cette conception conduit à un développement souhaitable des activités, que soit ils commerciales ou autres (Van Hove, 2015). Une vitesse élevée du vent au niveau des piétons à proximité d'une tour, peut rendre l'utilisation de l'espace extérieur inconfortable et/ou dangereuse. Les conditions inconfortables peuvent nuire au succès des nouveaux bâtiments, magasins et découragent les clients de faire leurs shoppings. (Jabarudin, 2012)

De nos jours, de nombreuses autorités communales ont découvert l'importance du confort aéraulique pour les piétons. Ils encouragent les architectes et les urbanistes, à faire des études

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains
préalables sur la subjectivité de ce confort, auparavant la construction de nouveaux bâtiments dans les zones urbaines (Blocken B. J., 2012)

1.2 Dispersion de la pollution atmosphérique

Une étude antérieure menée par l'Organisation mondiale de la Santé des Nations Unies (OMS, 2012) a conclu que la pollution atmosphérique urbaine devient la principale menace pour la santé humaine, ce phénomène est particulièrement présent, dans les villes des pays en développement, caractérisées par des formes urbaines à forte densité, et des processus d'urbanisation rapides. La forme urbaine ne peut influencer directement ou éliminer complètement la pollution atmosphérique. Cependant, l'optimisation de la forme urbaine peut dissiper efficacement la pollution atmosphérique urbaine (Lee C. , 2019). De plus, le comportement du vent est considéré comme, l'un des principaux facteurs qui influent sur la dispersion de la pollution, dans les zones urbaines. En plus d'autres facteurs comme : le rapport entre la largeur de la rue et la hauteur du bâtiment, l'orientation des rues, la présence d'intersections et la géométrie des bâtiments. Les zones de coin au vent, qui entourent les immeubles de grande hauteur, peuvent même générer une nouvelle pollution par la poussière en raison de la vitesse trop élevée des vents. Dans ce processus, le volume, la disposition et l'orientation de la hauteur du bâtiment influent tous de façon significative sur le débit et la distribution de la pollution atmosphérique. (Yang, et al., 2020)

On sait que le vent transporte les contaminants atmosphériques loin de leur source, et les faisant se disperser. En général, des vitesses de vent plus élevées entraînent la dispersion d'un plus grand nombre de contaminants, et réduisent leur concentration. Cependant, la vitesse élevée du vent peut également générer de la poussière (Zhang, et al., 2015). Par conséquent, ces vitesses élevées ou trop faibles, ne contribuent pas à la dispersion de la pollution atmosphérique. Si la vitesse du vent est trop faible, elle ne pourra pas éliminer les polluants atmosphériques ; si la vitesse du vent est trop élevée, elle soulèvera la poussière sur le sol et générera une nouvelle pollution (Huler, 2007). Par conséquent, la vitesse du vent (V) est divisée en trois niveaux : $0,0\text{m/s} < V < 1,0\text{ m/s}$ est la vitesse du vent statique ; $1,0\text{ m/s} < V < 5,0\text{ m/s}$ est la vitesse du vent préférée ; $5,0\text{ m/s} < V$ est la vitesse du vent fort.

Au niveau des configurations urbaines de différents aménagements, situations, et d'orientations, qui influent de manière différentielle sur les écoulements aérodynamiques au niveau des piétons. Lorsque la vitesse globale d'écoulement d'air augmente, certaines zones génèrent une

vitesse élevée du vent ainsi qu'une nouvelle pollution par la poussière. Dans les zones de vent de coin, en particulier autour des immeubles de grande hauteur, la vitesse du vent augmentera considérablement, ce qui pourrait même causer des tempêtes de vent (Zheng, Li, & Li, 2019). Par conséquent, pour favoriser la dispersion de la pollution atmosphérique, il est tout aussi important, d'augmenter la vitesse du vent dans la zone de vent statique, que de réduire la vitesse du vent dans la zone de vent fort.

Sur la base de la classification des formes urbaines, (Yang, et al., 2020) ont simulé et analysé certaines formes urbaines représentatifs de différents types morphologiques, et ont conclu que :

1. Les rues spacieuses et les espaces ouverts entourant les immeubles de grande hauteur, formeront des zones de vent, où la vitesse s'accélère fortement, et tend à créer une nouvelle pollution par la poussière ;
2. Les configurations urbaines hautes peuvent introduire des écoulements aéraulique qui dispersent la pollution atmosphérique aux niveaux des espaces urbaine au sein de ces configurations ;
3. Les grands volumes et les surfaces continues du bâtiment, du côté au vent formeront un mur de vent, ce qui créera une zone de vent qui retient la pollution atmosphérique;
4. Une zone vortex se formera du côté sous le vent ou à l'intérieur d'un bloc fermé, dans lequel s'accumulent les polluants atmosphériques ;
5. La largeur de la rue ou l'espacement des bâtiments, peuvent former des vallées pour favoriser la circulation de l'air et la dispersion de la pollution ;
6. Si le degré de l'enceinte est trop élevé ou si l'espacement du bâtiment est trop étroit, le flux d'air sera entravé par un grand vent statique.

1.3 L'environnement aéraulique et la marchabilité

Les conditions microclimatiques urbaines, notamment l'écoulements d'air définie et favorise la marchabilité des usagers des espaces ouverts. Le choix d'itinéraire, ainsi que le mode de déplacement des utilisateurs entre les espaces urbaines, ou bien l'annulation du déplacement dans des conditions climatiques extrêmes (Vanky, Verma, Courtney, Santi, & Ratti, 2017). L'intensité du mouvement d'air a un effet significatif sur la distance parcourus à pied ; les vents forts souvent mènent à une réduction de la distance moyenne totale, parcourue par les marcheurs en comparaison avec vent normal (Ma, Xiong, Wang, & Xie, 2019), également pour

les fortes précipitations (Vanky, Verma, Courtney, Santi, & Ratti, 2017). La marchabilité pourrait être difficile à réaliser dans un climat qui se caractérise par des températures basses et de fortes précipitations pendant une longue période de l'année, contrairement aux températures d'air, ou son augmentation à un certain seuil favorise la marchabilité des usagers des espaces publics. (Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2004)

Concernant les écoulements aéraulique, et dans le but de l'amélioration de la marchabilité dans les espaces ouverts urbains, des innovations technologiques ont été proposé dans certaines villes tel que : Tour éolienne intelligente « *Intelligent wind tower* » (City, M., 2011) (Nady, 2017). Elle adapte des zones spécifiques, en leur fournissant un confort aéraulique plus élevé, ainsi que l'accélération de la régénération d'air de l'espace public. La hauteur de la tour lui permet de, capter les vents en altitude et de les diriger vers l'espace public en plein air à sa base. Les capteurs situés au sommet de la structure actionnent des persiennes à haut niveau, pour s'ouvrir dans la direction des vents dominants et pour se fermer dans d'autres directions afin de détourner le vent vers le bas de la tour. Une membrane transporte le vent vers le bas, tandis que les générateurs de brume au sommet ajoutent un refroidissement supplémentaire à l'air. Les combinaisons de techniques de refroidissement par évaporation et de mouvements d'air. Contribuent à modérer les températures perçues de l'air, améliorant ainsi le confort aéraulique des usagers, et par conséquence la marchabilité de ces derniers. (Kamel, 2013)

1.4 Effets du vent sur les piétons

L'écoulement de l'air est l'un des paramètres les plus important du confort aéraulique, dans les espaces extérieurs des configurations urbaines. Il agit sur le corps des piétons de deux façons différentes. Les effets directs du vent sur le confort des piétons, peuvent être catégorisé en deux : mécaniques et thermiques. (Penwarden, 1975)

1.4.1 Les effets mécaniques

Concernant les effets mécaniques, des observations ainsi que les expérimentations réalisées sur le terrain et en laboratoire, décrivent le rôle fondamental que joue le vent et sa fluctuation sur les piétons en déplacement (Jordana, 2008). En effet, lorsque le vent souffle, il crée une force, proportionnelle au carré de la vitesse. Cette force s'exerce sur le piéton et ce dernier doit la vaincre ou la compenser afin de garder l'équilibre dans son déplacement

(Nikolopoulou M. , 2004). La Figure II-1 illustre l'angle d'inclinaison des piétons et cycliste pour maintenir leurs équilibres, pendant le souffle du vent.

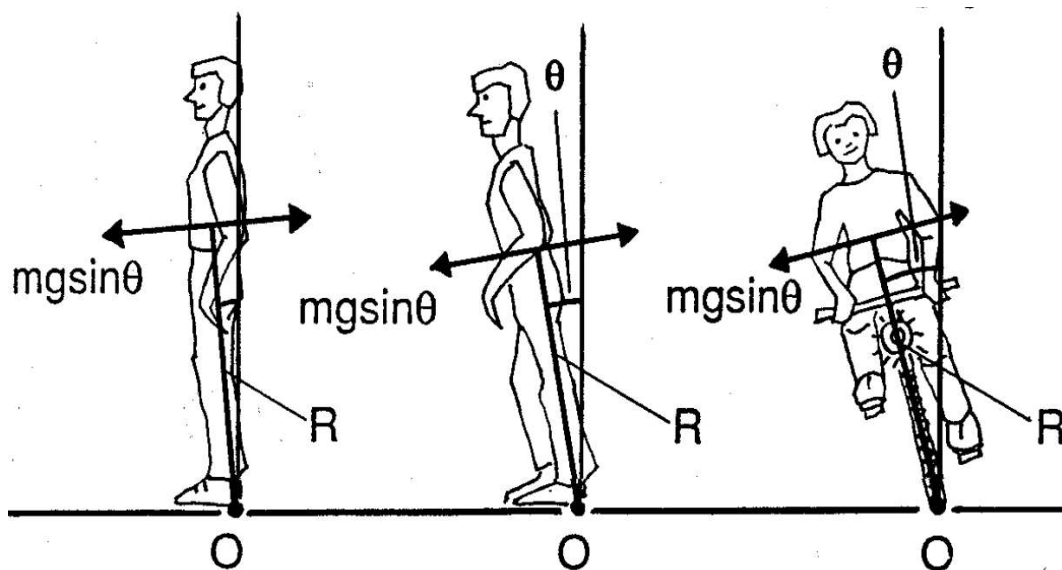


Figure II-1: angle d'inclinaison suivant la force du vent.

Source : (Bottema, 1993)

Les effets mécaniques sont sentis avec des vitesses d'air supérieures à 4-5 m/s, cette vitesse limite la progression des vélos. L'ors que la vitesse du vent dépasse 10 m/s, la marche sera pénible, et les cyclistes ne peuvent plus poursuivre à rouler. Au-dessus de 15m/s, on se trouve face à un risque réel d'accidents (Bjerregaard, 1981) (Bottema, 1993).

De ce fait, plus la vitesse du vent est élevée, plus il faut lutter contre le vent, et plus la gêne sera grande. L'échelle de Beaufort exprime les différents effets mécaniques du vent sur le piéton (Tableau II.1 ci-dessous)

Tableau II.1: Echelle de Beaufort

Source : (Penwarden, 1975)

	Vitesse d'air		Effets mécanique
	Moyenne	Limites	
2	1,8	1,3 à 2,7	Le vent est ressenti sur le visage.
3	3,6	2,7 à 4,5	Les cheveux sont agités.
4	5,3	4,5 à 6,7	Les cheveux sont décoiffés.
5	7,6	6,7 à 8,9	La force du vent est ressentie sur le corps
6	9,8	8,9 à 11,2	Il est difficile de marcher droit

			Les parapluies sont difficiles à utiliser
			Le vent soulève la neige au-dessus des têtes
7	12,4	11,2 à 13,9	Il est difficile de marcher contre le vent
8	15,1	13,9 à 17	La marche est entravée
9	Supérieur à 17		Risque de perdre l'équilibre Marche dangereuse

Cet aperçu sur les effets mécanique conduit à résulter que : l'inconfort aéraulique débute à une vitesse de 5m/s, (soulèvement de la poussière, envollement des papiers, claquent des cheveux et vêtements). Les vitesses de 8 à 10m/s sont à éviter, car ils entraînent une force sérieuse sur le corps humain. Enfin les vitesses du vent de 15 m/s et plus, créent de réels risques de danger.

1.4.2 Les effets thermiques

Deuxièmement, le comportement fluctuant du vent, affecte aussi la perception, et les échanges thermiques entre le corps humain et le milieu extérieur. Tout d'abord, il détermine l'échange de chaleur du corps humain (Givoni, 1987), essentiellement par le mécanisme convection de perte/gain de chaleur (Cheng, Ng, Chan, & Givoni, 2012), et par la suite, il affecte la capacité évaporative et par conséquent agit sur la production de la sueur.

La préférence pour une température différente dépend de la saison et est fortement associée à la vitesse du vent (Andrade, Alcoforado, & Oliveira, 2011). Le vent peut ainsi amplifier une sensation d'inconfort thermique, ou au contraire la diminuer, lorsqu'il fait chaud. Pendant les journées froides, les utilisateurs d'espaces extérieurs des configurations urbaines, préfèrent des vitesses de vent faibles avec le changement de vêtements, contrairement aux saisons chaudes, ces préférences sont des facteurs favorisant de la marchabilité. Cette sensation thermique varie de « frais » à « froid », selon la vitesse de l'air et la couverture nuageuse du ciel (Hou, Lu, & Fu, 2017). Ce ressenti de fraîcheur est recherché souvent par les cyclistes ainsi que les marchants à pied, à travers la mobilité que soit à pied ou par bicyclette, pendant des heures spécifiques de la journée, et même pendant la nuit. (Koerniawan, 2016)

Le Tableau II.2 ci-dessous, donne un aperçu de l'influence de la vitesse du vent (m/s), sur la température perçue (°C).

Tableau II.2: Température ressentie en fonction de la vitesse du vent.

Source : (Bell, 2005)

Vitesse du vent (m/s)	0	2,1	7	11,5	16,2
	0	-1,6	-10,5	-16,11	-18,3
	-5	-6,6	-18,3	-23,3	-26,1
Température ressentie (°C)	-10	-12,2	-25	-31,3	-33,8
	-15	-17,2	-31,66	-38,3	-41,6
	-20	-22,7	-38,33	-45,5	-46,6

Le degré d'exposition au rayonnement solaire, semble avoir une incidence sur la perception de température, et par la suite des préférences de changement des vitesses des vents, par les usagers des espaces extérieurs des configurations urbaines. Les grands bâtiments environnants, bloquent le rayonnement solaire d'atteindre l'espace ouvert, et induisent également plus forte vitesse d'air. Sur la même ligne de raisonnement, une basse température s'est produite dans toutes les saisons, ce qui a eu une incidence supplémentaire sur l'acceptabilité du vent par les gens. En tant que tel, plus de personnes sur ce site, exigent des vitesses d'air plus faibles. De plus, dans le cas de l'acceptabilité personnelle (sauf pour l'été), un plus grand nombre de personnes considèrent les conditions de vent comme inacceptables, dans les espaces ouverts de ce genre de configuration urbaine. (Shooshtarian, 2019)

1.5 Critères de confort aéraulique

Plusieurs critères liés au vent ont été proposés par plusieurs chercheurs. Ces critères sont utilisés comme outil d'aide à la décision dans le processus d'aménagement des espaces urbains. Ces critères impliquent généralement la vitesse moyenne, et parfois aussi la vitesse maximale des rafales. Cette vitesse est comparée à une valeur seuil afin d'évaluer si une personne est en situation de confort ou d'inconfort.

Ces critères sont également spécifiés en fonction du type d'activité humaine dans l'espace extérieur. A titre d'exemple, le seuil de la vitesse du vent pour le confort des personnes assises dans un espace tel qu'une terrasse de café, sera moins élevée que celui d'un espace où les gens marchent.

En outre, et partant du fait qu'il est inconcevable de s'attendre à ce que les conditions aérauliques soient confortables en permanence, les critères de confort sont spécifiés en fonction

de la fraction du temps (%) pendant laquelle un seuil de vitesse est dépassé, cette fraction de temps est appelée : probabilité de dépassement. (ASCE, 2004) (Tableau II.3)

Tableau II.3 : Exemple d'un critère basé sur une probabilité de dépassement

Source : (ASCE, 2004)

Activité	Intervalle de confort pour vitesse moyenne (probalité de dépassement 20%)	Intervalle de confort pour vitesse moyenne (probalité de dépassement 5%)
Inconfortable quel que soit l'activité	Supérieur à 6,8	Supérieur à 10
Marche fonctionnelle	0 – 6,8	0 – 10
Déambulation	0 – 5,4	0 – 8
Position debout ou assise – courte exposition	0 – 3,9	0 – 6
Position debout ou assise – longue exposition	0 – 2,6	0 – 4

Des critères proposés par (Lawson T. V., 1978) et (Du, Mak, Kwok, Tse, & Lee, 2017), pour évaluer le confort au vent des piétons dans les climats calmes et venteux, respectivement. (Du, Mak, Kwok, Tse, & Lee, 2017) ont assumé qu'un environnement éolien acceptable, s'il est adapté aux activités : « Assis long », « Assis court » et « Se promener ». (Figure II-2, Tableau II.4)



Figure II-2: critère de confort selon Lawson

Tableau II.4: Critères de confort pour climats calmes et venteux.

Source : (Du, Mak, Kwok, Tse, & Lee, 2017) et (Lawson T. V., 1978)

Classe du confort	Seuil de vent (m/s)	Probabilité de dépassement	Description de l'activité
Climat calme			
Non favorable	1,5	50%	Non définit
	1,8	2%	Assis long
Acceptable	3,6	2%	Assis court
	5,3	2%	Se promener
Tolérable	7,6	2%	Marche rapide
Intolérable	7,6	2%	Non favorable aux activités
Danger	15	0,05%	Dangereux
Climat venteux			
Acceptable	1,8	2%	Assis long
	3,6	2%	Assis court
	5,3	2%	Se promener
Tolérable	7,6	2%	Marche rapide
Intolérable	7,6	2%	Non favorable aux activité

Cependant, il n'y a pas de critères Algériens convenus universels ou uniques, pour évaluer le niveau de confort des piétons dans les espaces résidentiels extérieurs, pour l'environnement éolien.

1.6 Comparaisons des critères

Quatre différents critères de confort du vent sont comparés dans la littérature. (Janssen, 2013), et présentés dans le Tableau II.5. Les critères concernent les travaux de : 1) (Isyumov & Davenport, 1975), 2) (Lawson T. V., 1978), 3) (Melbourne, 1978) et finalement 4) la norme néerlandaise sur les nuisances dues au vent NEN 8100. (Comfort, 2006). Ces critères sont considérés comme des critères complets. (Janssen, 2013)

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains

Bien qu'il existe plus de critères, ces quatre critères ont été sélectionnés dans le cadre de la présente étude parce qu'ils sont considérés comme des critères complets, et portent sur un large éventail d'activités, y compris assis/debout longtemps, assis à l'écart et se promener.

Tous les critères comprennent une valeur seuil de la vitesse du vent U_{THR} , et une probabilité maximale de dépassement autorisée P_{max} de cette valeur seuil. Un regroupement des critères selon l'activité est présenté dans le Tableau II.5.

Une comparaison des critères peut être effectuée, axée sur le type et la valeur de la vitesse seuil du vent et sur la valeur de la probabilité de dépassement. Il en résulte les observations suivantes :

- Le critère de Melbourne diffère des autres, car les probabilités de dépassement sont limitées à une heure de clarté par an, ce qui implique une valeur très faible pour le P_{max} (0,022 %), ce qui rend ce critère plutôt strict, malgré les grandes valeurs seuils pour la vitesse du vent.
- Les critères d'Isyumov et Davenport, Lawson et Melbourne, utilisent des valeurs différentes pour U_{THR} , mais le même P_{max} pour différentes activités, tandis que NEN 8100 utilise la même valeur pour U_{THR} mais des valeurs différentes pour P_{max} pour différentes activités.
- Le critère de Melbourne diffère également des autres critères, parce qu'il tient compte de la vitesse de rafale dans le critère, par l'ajout de σ_u , qui est l'écart-type des fluctuations turbulentes.
- Les critères d'Isyumov et de Davenport et de Lawson, utilisent une valeur pareille pour P_{max} , mais leurs choix pour le seuil de vitesse du vent, diffèrent d'une étape dans l'échelle de Beaufort. Cela implique que les critères d'Isyumov et de Davenport sont moins exigeants que ceux de Lawson.
- Le critère de Melbourne ne tient pas compte de l'activité D, et le critère de Lawson ne fournit pas d'information sur le danger du vent.
- Le code Néerlandais NEN8100, a adopté la vitesse moyenne du vent comme critère de confort. La vitesse moyenne du vent de 5 m/s est définie comme la vitesse du vent seuil pour tous les niveaux d'activités piétonnes, et la vitesse moyenne du vent de 15 m/s est utilisée pour le seuil de vitesse du vent dangereux, (Willemsen & Wisse, 2007) bien que les rafales ne le soient pas. (Reiter, 2010).

Tableau II.5: regroupement des critères selon l'activité

Source : (Janssen, 2013)

Référence	Vitesse d'air (m/s)	P _{max} (%)	Description
(A) Assis longtemps			
Isyumov & Davenport	U > 3,6	1,5	Climat tolérable pour une longue exposition (Restaurants en plein air, théâtres)
Lawson	U > 1,8	2	Tolérable pour les espaces couverts
Melbourne	U > 6,5	0,022	Généralement acceptable pour une longue exposition stationnaire activités (restaurants extérieurs, théâtres)
NEN 8100	U > 5	2,5	Catégorie de qualité A : bon climat pour s'asseoir longtemps (parcs)
(B) Assis court			
Isyumov & Davenport	U > 5,3	1,5	Climat tolérable pour debout (Parcs, Aires de stationnement)
Lawson	U > 3,6	2	Tolérable pour les piétons debout
Melbourne	U > 9,5	0,022	Généralement acceptable pour les activités stationnaires à courte exposition (debout ou assis dans des places)
NEN 8100	U ≥ 5	5	Catégorie de qualité B : « Climat modéré pour s'asseoir longtemps (parcs)
(C) Se promener			
Isyumov & Davenport	U > 7,6	1,5	Climat tolérable pour se promener, patiner (parcs, entrées, patinoires)
Lawson	U > 5,3	2	Tolérable pour les piétons passagers
Melbourne	U > 12,5	0,022	Généralement acceptable pour la voie d'accès publique principale
NEN 8100	U ≥ 5	10	Classe de qualité C : climat modéré pour se promener
(D) Marcher vite			
Isyumov & Davenport	U > 7,6	1,5	Tolérable pour marcher vite (trottoirs)
Lawson	U > 5,3	2	Tolérable pour les routes, les parkings
NEN 8100	U ≥ 5	20	Classe de qualité D : climat modéré pour marcher vite

Inacceptable / Danger			
Isyumov & Davenport	U > 15,1	0,01	Dangereux
Melbourne	U > 19,5	0,022	Complètement inacceptable (la vitesse de rafale à laquelle les gens se font écraser)
NEN 8100	U > 15	0,05	Dangereux (risque limité)

À partir des diverses informations disponibles dans la littérature et les pratiques établies. Les critères d'évaluation du confort et de la sécurité, relatifs à l'environnement éolien, utilisés dans cette recherche sont présentés ci-dessous dans le Tableau II.6, avec une probabilité de dépassement de 10 %.

Tableau II.6: critères de confort utilisés

Activité	Vitesse d'air moyenne (m/s)	Evaluation du confort
Position debout ou assise – longue exposition	Inférieur à 3	Confortable
Position debout ou assise – courte exposition	Entre 3 et 5	Performance humaine affectée par une sensation désagréable
Se promener	Entre 5 et 7	
Marche vite / fonctionnelle	Entre 7 et 10	Performance humaine fortement affectée par une sensation gravement désagréable
Toute type d'activités	Supérieur à 10	

2 Comportements des piétons

Des chercheurs dans le domaine de la santé publique, du transport et de l'aménagement urbain ont établie, plusieurs recherches qui visent à identifier et évaluer l'impact des facteurs environnementaux et climatiques urbains, sur les activités des piétonnes, les modes de déplacement, les itinéraires empruntés, les attitudes, etc. La connectivité de la rue est une composante de l'accessibilité piétonnière liée à la forme urbaine. Il porte sur l'aménagement de la rue, en particulier sur les itinéraires directs entre deux endroits (domicile et lieux des commerces) dans un réseau de rues (Handy, 2003), Une plus grande connectivité de la rue a été trouvée constamment associée à des niveaux plus élevés de marche (Molaei, 2021).

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains

Le comportement est l'ensemble des symptômes apparentes de l'organisme. Autrement dit, le comportement est produit par des processus de l'organisme (Moser, 2003), Fournir le confort dans les espaces urbains ouverts en situation d'inconfort se fait par l'adaptation humaine aux conditions environnantes, cela pourrait se produire en limitant le temps d'exposition, en changeant la place assise, en changeant les vêtements, etc.

Ce concept (comportement) est lié aux différentes notions :

- Interaction avec l'environnement : le comportement serait lié à la fois aux caractéristiques des stimulations de l'environnement et aux actions d'un organisme sur et dans cet environnement pour satisfaire ses besoins.
- Extériorité : concerner des manifestations externes d'un organisme.
- Objectivité : concerne des phénomènes visibles.
- Mouvement : associé à la mobilité de l'organisme.

Ce qui nous intéresse du comportement dans cette recherche, est l'interaction avec l'environnement. La relation entre l'environnement immédiat, et le comportement de son utilisateur, se catégorise sur 03 type (Mehrabian & Russell, 1974):

- Le type d'environnement agit sur le comportement de ses usagers.
- Le type de mode de vie (bruit, densité, etc.) influe sur la personnalité et le comportement des habitants.
- L'environnement est un motivant des résidents à développer des comportements d'adaptation.

L'intérêt de cet axe de recherche, d'un côté, par le fait que la considération de la marchabilité, dans le processus de la conception des espaces urbains, comme mode de déplacement non-polluant et bénéfique pour la santé, s'inscrit dans la durabilité de la ville. D'autre part, par la prise de conscience, de l'influence de l'environnement construit sur la mobilité, et le niveau d'activité physique des usagers, particulièrement la marche à pied. (Zekri, 2010)

2.1 Perception du vent

Le corps dispose de récepteurs de détection de la lumière, du son, de l'odeur, etc. En revanche, il n'y a pas de récepteurs spécifiques à la détection du vent. D'un autre côté, et a

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains
travers une étude menée à Hong Kong. Les chercheurs affirment que les piétons sont très sensibles, aux fluctuations des vitesses des vents. (Cheng, Ng, Chan, & Givoni, 2012)

Le corps humain compte sur plusieurs systèmes pour détecter le vent, tel que les détecteurs de pression au niveau de la peau, qui peuvent indiquer cette présence de vent. L'effort musculaire fourni pour résister la force des vents, est un indicateur efficace de cette force. Finalement, le bruit du vent est aussi un indicateur de présence et force des vents. (Zekri, 2010). Pour un vent particulièrement chaud ou froid, sec ou humide, les récepteurs de température de la peau peuvent nous le signaler, l'intensité de turbulence d'air, améliore la fraîcheur perçue en réduisant la température de la peau, pour les conditions de repos et cycle (Yu, 2021).

L'analyse de la perception du vent pour un climat méditerranéen, avec un hiver doux et un été chaud et sec, montre des différences significatives selon le sexe et l'âge. Les femmes déclarant un niveau inférieur de confort, avec une vitesse du vent plus élevée, contrairement aux hommes. De plus, il est constaté qu'une diminution générale de l'inconfort avec l'âge, ceci peut être attribuée aux niveaux élevés d'habillement chez les personnes âgées, bien que ces derniers aient également signalé un moindre malaise dans des conditions chaudes. (Andrade, Alcoforado, & Oliveira, 2011). Par conséquent, en plus des différences dans les vêtements, la diminution générale de l'insatisfaction avec l'âge peut être liée à une sensibilité moindre aux variations de température des personnes âgées. (Frank, 2000) (Itani, 2020)

Il est à noter que la perception du vent, est fortement lié au climat de la région. De manière générale, le vent diminue les conditions du confort des piétons dans les espaces publics, dans les climats froids, contrairement aux climats chauds. (Nikolopoulou M. , 2004)

2.2 Caractérisation du comportement des usagers des espaces urbains

Afin d'examiner des comportements des piétons (choix d'itinéraires, attitudes stations et positions adoptées au cours du déplacement ...) dans les espaces et les parcours publics, il faut bien choisir la méthode convenable, qui mène aux objectifs désirés.

Les études établies se basent souvent sur deux principales approches (Piombini, 2008) :

- L'approche déductive qui utilise l'aspect quantitative comme base de données.
- L'approche inductive souvent combinée avec des données qualitatives.

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains

Le choix de l'approche pour ce travail est l'approche inductive, qui convient à notre méthodologie de recherche, et qui vise à caractériser les configurations urbaines pour un confort aérodynamique adapté aux espaces extérieurs.

La catégorisation et la description des différentes activités piétonnières (C.A.P), a permis de distinguer, quatre grandes catégories d'activités en termes de confort du vent : (A) Assis longtemps ; (B) Assis court ; (C) Se promener ; (D) Marcher vite. (Koss, 2006) Tableau II.7.

Deux autres catégories sont « Danger » et « Inacceptable », où ce dernier est considéré pour une situation qui est inacceptable pour toutes les activités mais pas encore dangereuse. Par conséquent, cette catégorie se situe entre la catégorie « D » et « Danger ». Tableau II.5

Tableau II.7 : définition des Catégories des Activités des Piétons (C.A.P)

Source : (Koss, 2006)

C.A.P	Description
A	Assis pendant une longue période de temps, position stable, dans une terrasse, café ou restaurant de rue, théâtre en plein champ, et/ou piscine.
B	Piétons debout, debout/assis sur une courte période de temps, positions stables courtes dans un parc public, terrain de jeu, rue commerçante, et/ ou centre commercial.
C	Marche piétonne, marche tranquille, marche normale, promenade, promenade, passerelle, dans une entrée de l'immeuble, rue commerçante et/ou centre commercial.
D	Objectif marche d'affaires, marche rapide ou rapide, parking, avenue, trottoir, belvédère

2.3 Les facteurs agissant sur le comportement des usagers des espaces urbains

2.3.1 Les facteurs personnels

L'âge, la santé, l'expérience, la motivation, les besoins, les attentes, l'état psychologique et les facteurs d'ordre social et culturel, sont des facteurs personnels intermédiaires dans les mécanismes de perception de l'environnement. Comme, ils participent à la formation des comportements et de la prise de décision.

L'habitude de circuler dans un itinéraire plutôt qu'un autre, est l'un des facteurs ayant le plus agissant sur le choix de cet itinéraire (Seneviratne & Morrall, 1985) (Hewawasam, 2013). Les notions subjectives, en relation avec les perceptions, influent sur la perception de la distance réelle, et par la suite, sur le choix d'itinéraires (Levy, 1998). Il faut bien particulariser, entre la mobilité comme moyen nécessaire au déploiement d'activités (mobilité fonctionnelle, utilitaire), et la mobilité comme finalité (mobilité amusante, promenade). (Kaufmann, 2007)

2.3.2 Les facteurs environnementaux

Les facteurs de morphologie urbaine liés à l'interconnexion et à l'agencement des rues, conditionne les activités extérieures. (Hillier, Penn, Hanson, Grajewski, & Xu, 1993).

Suite à la diversité des facteurs environnementaux agissants sur le comportement de la marche, un tableau résume quelques études, qui explorent différents types de facteurs, à travers des analyses quantitatives et qualitatives, et des simulations numériques. Tableau II.8

Tableau II.8: quelque étude des facteurs agissants sur le comportement de la marche

Catégories	Facteurs	Comportements	Références
Morphologique et spatial	Distance :	Choix entre marche et déplacement motorisé	(Black, 2001)
	- Objective		(Ermagun, 2017)
	- Perçue	Choix d'itinéraires et Type de la marche	(Zhang L. &., 2020)
	- Plus coute		
	Minimisation des changements de direction	Choix d'itinéraires	(Marchand, 1974)
Indicateur d'étalement urbain		Type d'activité	(Adlakha, 2016)
Interconnexion de rues (Space Syntax)		Fréquentation des rues	(Koohsari, 2019)
Aménagement et fonction	Proximité et accessibilité aux équipements	Marche	(McCormack, 2015)
		Type de marche	(Humpel, 2004)
		Activités physiques et marche	(Booth, 2000)
	Attractivité et type de quartier	Choix et type de trajet	(Guerra, 2021)
Esthétique		Type de la marche	(Humpel, 2004)

	Présence d'éléments de verdure	Choix entre marche et déplacement motorisé	(Ermagun, 2017)
	Paysages urbains	Choix d'itinéraires	(Piombini, 2008)
Microclimat et confort	Température, vitesse du vent, ensoleillement ...etc	Occupation des espaces et nature des activités	(Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2001)
		Vitesse de déplacement	(Rotton, 1990)
	Indicateurs de confort thermique, temps d'exposition	Occupation des espaces	(Chen L. &., 2012)
Sécurité et nuisance de trafic	Sécurité perçue, disponibilité des trottoirs	Activités physiques et type de la marche	(Humpel, 2004)
	Bruit et pollution de l'air	Choix entre marche et déplacement motorisé	(Burden D. W., 1999)

Ce qui est ressorti de ces études, c'est que : la plus courte distance de chemin est le choix évident opté par les piétons lors de leurs déplacements. (Shatu, 2019). Plus de 60% des piétons favorisent les chemins les plus courts possibles (Bovy, 2012), lorsqu'il n'est pas le cas, les piétons empruntent le parcours avec moins de changement de direction. (Marchand, 1974)

A Stockholm, (Westerberg, 1944) a démontré que la fréquentation des espaces publics est beaucoup plus importante dans le cas d'un ciel dégagé et d'un vent très faible, que dans un environnement nuageux avec présence de vent.

À travers l'observation du comportement des usagers, dans les espaces publics. La température a un impact sur le taux de fréquentation, et sur la nature des activités piétonnes. (Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2001). Les comportements assis se diminuent avec les baisses de température pendant la période de refroidissement (20-8 °C), cette diminution peut être supprimer dans des conditions modérées, de vent et de rayonnement solaire (Kusaka, 2018).

La présence du vent est corrélée négativement à la présence des usagers dans les espaces urbains. (Zacharias, Stathopoulos, & Wu, 2004). Ce facteur est perçu positivement dans un site urbain en front de mer, et négativement dans site encerclé de bâtiments. (Nikolopoulou M. L., 2006) (Eliasson, Knez, Westerberg, Thorsson, & Lindberg, 2007).

En saison chaude, l'ombre et le flux d'air jouent un rôle crucial dans le confort extérieur. Les gens ont tendance à rester à l'ombre et dans la zone où la vitesse de l'air est plus élevée. (Guo, 2018)

Les résultats des recherches présentés ci-dessus, sont limités à des sites bien définis. En effet, les corrélations reconnues entre, les facteurs microclimatiques des espaces extérieurs, et les comportements de ses usagers, (particulièrement les différents seuils de température ou de vitesse du vent), sont strictement liés aux prérequis socioculturels des piétons, ainsi qu'aux lieux où les études sont effectuées.

2.4 L'adaptation des usagers

C'est la diminution progressive de la réponse de l'organisme à une exposition répétée à un stimulus, impliquant toutes les actions qui les rendent mieux adaptés pour survivre dans un tel environnement. Dans le contexte du confort, cela peut impliquer tous les processus que les gens traversent pour améliorer l'adéquation entre l'environnement et leurs exigences.

Parmi les modes d'adaptation on trouve l'adaptation physique (Nikolopoulou M. B., 1999). Selon Nikolopoulou, L'adaptation physique implique tous les changements qu'une personne fait, pour s'adapter à l'environnement ou de modifier l'environnement à ses besoins. Celle-là se divise sur deux types : réactive et interactive.

L'adaptation réactive : les seuls changements qui se produisent sont personnels, tels que la modification de ses niveaux de vêtements, la posture, ou même la position.

Changer de position, si possible, est également un moyen efficace d'éviter l'inconfort. Ce genre de possibilité d'adaptation est très pertinent pour les espaces extérieurs, où les contraintes de l'espace de travail n'existent pas. En été, la variation spatiale a impliqué des personnes se déplaçant à un endroit ombragé, alors qu'en hiver la protection contre le vent, ou à partir d'un endroit humide était le mode le plus commun.

L'adaptation interactive : les gens font des changements à l'environnement pour améliorer leurs conditions de confort, comme ouvrir une fenêtre, tourner un thermostat, ouvrir un parasol ou parapluie, etc. Figure II-4

3 Les espaces urbains

Les espaces publics ne sont plus des endroits où le grand public sont autorisés, il a été noté que ces espaces publics important pour la santé, le bien-être, l'apprentissage, la résolution des conflits, la tolérance et la solidarité de ces usagers.

Les humains semblent avoir besoin à la fois de contacts sociaux avec les autres, et d'un accès à la verdure pour maintenir un équilibre psychologique (Bishop, 2016). C'est sans doute la raison pour laquelle, les gens deviennent fous lorsqu'ils sont placés en isolement et en confinement. C'est la forme de punition la plus cruelle. L'espace extérieur est extrêmement nécessaire pour le développement des enfants, c'est l'un des endroits les plus excitants pour eux de jouer. Il est important pour leurs santés, mentale et physique (Moore, 2017).

En termes de formes et géométrie des espaces urbain, il semble y avoir quelques dimensions clés qui rendent un espace public convivial. Si l'espace est très grand, l'endroit peut inspirer la crainte, mais il ne se sentira pas confortable. D'autre part, si un espace est trop petit, il peut se sentir claustrophobe et ne pas avoir assez de surface pour permettre des activités et des rencontres conviviales. « *Les lignes droites sont tout à fait étrangères à l'être humain, à la vie et à toute la création* » (Kliczkowski, 2003). Courbes et virages dans les espaces publics, offrent aventure et la perspective de quelque chose d'intéressant autour du coin. C'est sur cette base qu'une pensée réfléchit à des paysages urbains est révélée. (Alexander, 2004) dans son travail sur la morphogenèse, note également que les formes naturelles sont rarement rectangulaires, et encore moins carrées.

Donc la bonne conception ainsi que la bonne gestion des espaces urbains, pourraient contribuer au bonheur et sûrement une fin satisfaisante en soi.

3.1 L'importance des espaces extérieurs

De nombreuses études ont démontré que les espaces urbains en plein air sont extrêmement importants pour l'environnement et la qualité de la vie des résidents. (Francis, 2003) (Azunre, Amponsah, Peparah, Takyi, & Braimah, 2019). En effet, dans de nombreux pays, assurer la présence et la qualité des espaces extérieurs, est considéré comme une exigence, dans le processus d'aménagement du territoire.

Dans le design urbain, les espaces extérieurs des configurations urbaines, jouent un rôle important pour favoriser une expérience de confort agréable pour les piétons, et ainsi promouvoir une vie urbaine satisfaisante, car ils peuvent accueillir la psychologie des piétons et leurs comportements en plein air, qui contribue de manière significative à la viabilité et à la vitalité urbaines. (Eliasson, Knez, Westerberg, Thorsson, & Lindberg, 2007)

En effet, (Chen L. &., 2012) suggère que plus les gens restent dans les rues et dans les espaces extérieurs, plus les villes obtiendront d'avantages. Dans le contexte de l'urbanisation, un nombre croissant de personnes sont encouragées et souhaitent vivre dans les centres-villes, suite à ces avantages. Cependant, les terrains urbains étendus sont limités, ce qui oblige les gens à vivre et à travailler dans des bâtiments plus élevés. Une conséquence est que cette forte densité de vie dans les villes rend les gens extrêmement vulnérables aux conditions météorologiques et environnementales dans le contexte mondial du changement climatique. Dans cette optique, les piétons devraient être bien protégés et desservis par les espaces urbains extérieurs nécessaires à une vie urbaine de qualité. De plus, (Gehl J. , 2007) (Wendel, 2012) ont reconnu l'importance des espaces urbains ouverts pour les gens et leurs sociétés, en particulier la nécessité de rendre les espaces ouverts plaisants pour les habitants, et donc de veiller à ce qu'ils soient utilisés par ces derniers.

Le microclimat urbain influe d'une façon directe, sur les décisions concernant l'utilisation initiale des espaces publics (Chen L. &., 2012). Les piétons doivent être exposés aux composants du microclimat, notamment les rayons solaires et l'air frais. La durée de cette exposition, est tributaire aux qualités et quantités des paramètres de ce dernier, Le microclimat est un élément déterminant de la qualité des espaces extérieurs.

3.2 Le besoin des espaces urbains

La concentration des activités dans les villes, offre un milieu social, culturel et économique nécessaire, et stimulant pour ces activités.

Les espaces ouverts en milieu urbain répondent à un large éventail de besoins humains, y compris la relaxation, la passivité et l'engagement actif. Le rôle social des espaces ouverts est particulièrement évident dans les zones ouvrières (Hartman, 1972), où les espaces extérieurs et les quartiers sont largement utilisés pour socialiser avec les voisins et pour emmener les enfants à jouer, un besoin particulièrement aigu en cas d'espace de logement limité.

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains

Étant donné que la qualité de vie provient du domaine public, il est indispensable de considérer l'espace public ouvert comme complémentaire à l'environnement bâti, offrant des espaces ouverts confortables, propres et satisfaisants pour les citoyens, permettant une interaction sociale accrue. Le simple fait d'augmenter le nombre d'espaces ouverts accordés à la ville n'assure pas la cohésion sociale.

À New York, en 1972, les promoteurs ont reçu des primes incitatives pour fournir des places ; pour chaque mètre carré d'espace ouvert qu'ils donneraient au public, ils gagneraient dix mètres carrés d'espace supplémentaire au-dessus du niveau normalement autorisé. En conséquence, les places entourant les développements coûteux ont rapidement augmenté, mais, dans la grande majorité, est resté vide de personnes en dehors des passants occasionnels, améliorant finalement l'isolement et l'exclusion sociale. D'autre part, on trouve l'expérience de San Francisco, où l'intérêt du public pour la qualité des espaces ouverts a mené à différents avis pour la protection de l'accès à la lumière du soleil dans les parcs et la protection contre les effets du vent causés par de nouveaux développements.

Les deux préoccupations de fournir le confort et rassurance sont fondées à la fois physique et besoins psychologiques. Dans un contexte de conception urbaine, il s'agit surtout de s'assurer que l'aménagement d'un espace minimise les possibilités de criminalité et de comportement antisocial. Ceci peut être réalisé, en concevant des itinéraires de manière à encourager les passants réguliers le long des chemins. (Shaftoe, 2013). Le confort est principalement obtenu en fournissant des endroits appropriés, dans lesquels s'asseoir, manger, boire et converser. Ces possibilités de confort sont cruciales pour faire fonctionner un lieu. (Gehl J. , 2011)

De nombreux espaces extérieurs ont de bons microclimats, engendrés par l'effet d'enceinte des immeubles de faible hauteur. Les espaces urbains peuvent être totalement ou partiellement couverts, si les conditions climatiques deviennent pires.



Figure II-3: Couvrement des parties des chemins au marché couvert à El Eulma.

Les villes plus proches de l'équateur ont également besoin d'être protégées de la rudesse du climat, de la chaleur brûlante plutôt que du froid amer. L'ombre et la ventilation peuvent produire un effet de refroidissement, éliminant la nécessité de recourir à la climatisation

Dans ce cadre, les conditions microclimatiques des espaces ouverts sont d'une importance fondamentale pour leur succès, et l'hypothèse examinée est que les conditions de confort qui en résultent affectent le comportement des personnes et l'utilisation des espaces extérieurs. (Bosselmann P. D., 1988)

3.3 Types des espaces urbains

3.3.1 Espaces ouverts

Ce sont les lieux classiques où les gens se sont rassemblés tout au long de l'histoire, et ils incarnent toujours le stéréotype de la plupart des gens de l'espace public. Même dans cette typologie, il y a une vaste gamme de tailles, de formes et de fonctions. (Krier, 1979)

3.3.2 Espaces fermés et/ou couverts

Principalement pour des raisons climatiques, certains espaces publics réussis sont partiellement ou totalement couverts, mais sont toujours accessibles et utilisables par tous les membres du public.

Au-delà de l'aspect esthétique et de l'agrément des petites zones dans les villes, la verdure contribue à réduire le bruit et la pollution et a également des avantages pour la santé et le bien-être. (McVay, 1993). L'espace vert urbain classique dans certains pays, est le jardin commun, entouré de maisons mitoyennes (Figure II-4). Ces espaces ont besoin d'un niveau d'entretien

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains plus élevé que les espaces paysagers durs, mais peuvent s'avérer très populaires oasis dans les zones densément bâties, en particulier ceux avec une forte concentration d'appartements.



Figure II-4: espace vert entouré par les bâtiments.

Source : www.environnement.brussels.fr

3.3.3 Boulevards

L'espace public peut être parallèle aux voies de la circulation, ou être une voie piétonne à part entière (Jacobs, 2013). Les facteurs importants sont qu'il devrait donner la priorité à l'utilisation des piétons et à la persistance, et qu'il devrait y avoir suffisamment d'adoucissement et de séparation des mouvements des véhicules.

L'un des exemples les plus inspirants et les plus réussis d'un parc linéaire récupéré est la « Promenade Plantée » à Paris, qui longe le tracé d'une ligne de chemin de fer urbaine abandonnée, dont certains sont des passerelles, avec de nouveaux commerces et ateliers en dessous.

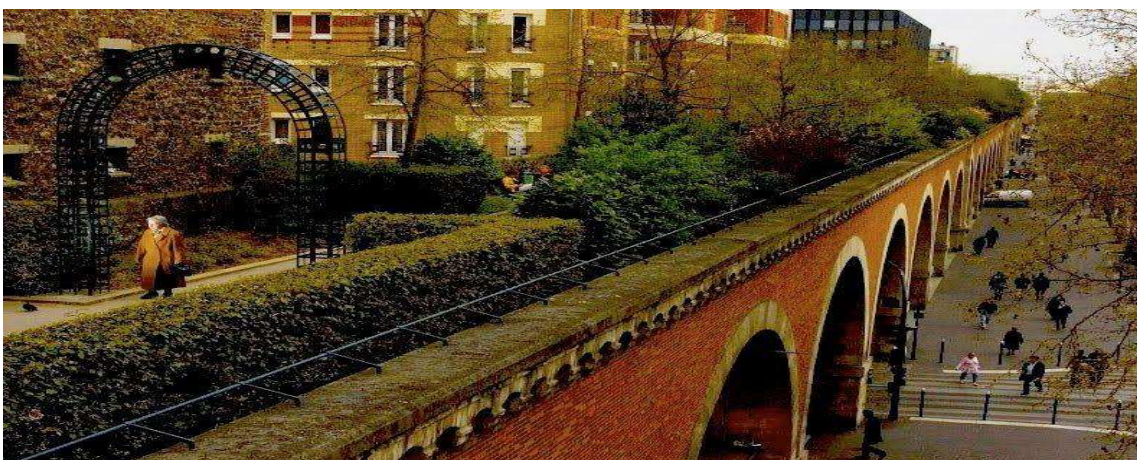


Figure II-5: Promenade Plantée.

Source : <http://marche-nordique-marly.blogspot.com>

Conclusion

L'espace urbain formé par les constructions, avec leurs différenciations et paramètres, est un élément important dans la vie des piétons. Ces usagers doivent satisfaire le besoin de rencontre, discussion, etc., pour maintenir un équilibre psychologique. Les espaces extérieurs urbains doivent présenter des conditions favorables, tel qu'un microclimat adapté à ces différentes activités, afin de promouvoir le confort des piétons.

Suite à la complexité et de l'adaptabilité de l'espèce humaine, on peut dire que, la façon dont nous concevons et aménageons l'espace urbain, a une influence directe sur le degré du confort des usagers de ces espaces, le comportement de ces usagers, durant ses activités au sein de ces espaces extérieurs, des tissus urbains. Ceci définit le succès ou l'échec de la conception.

Les paramètres microclimatiques des espaces urbains, agissent sur les niveaux de confort, notamment le confort aéraulique des piétons, durant leurs activités dans ces espaces ouverts urbains. Cette action se voit dans les comportements des usagers. Ces comportements varient selon plusieurs facteurs personnels et environnementaux, expliqués précédemment. Si les personnes se trouvent dans un état d'inconfort durant ses activités, ils seront obligés à s'adapter pour optimiser leurs niveaux de confort ; et s'ils se sentent incapable de le faire, l'abondance de l'espace extérieur sera le choix le plus facile.

Le vent qui est l'un des composants déterminant du confort aéraulique, dans les espaces extérieurs des configurations urbaines, agit sur le corps des piétons de plusieurs manières. Cette action que soit mécanique ou thermique, est compensée par une réaction du corps humain, qui se voit dans le comportement des usagers des espaces extérieurs des configurations urbaines. Les conditions inconfortables peuvent avoir une incidence négative, sur le succès des aménagements, les espaces urbains et des nouveaux magasins, ce qui décourage les acheteurs de faire du shopping.

Différents écoulements aérauliques, en particulier la zone de vent de coin, la zone de vent statique, et la zone de vortex, affecteront la dispersion des polluants atmosphériques. Dans les conditions les moins favorables, l'environnement éolien qui favorise l'accumulation de polluants atmosphériques dans une certaine plage se formera à l'intérieur des configuration urbaines.

Chapitre II : confort et santé des usagers dans les espaces urbains

L'évaluation de toute confort que soit objective ou subjective, s'établie selon des critères, qui prennent en considération le type d'activité des piétons dans la détermination du niveau du confort. Vue la diversité des critères d'évaluation du confort aéraulique, une comparaison entre quatre critères qui sont considéré comme complets a été établie.

Partie 2 :

Partie pratique

(Investigations sur les configurations urbaines,
et le niveau du confort aéraulique)

Chapitre III : Présentation du cas d'étude

Présentation du cas d'étude

Introduction

Après la revue des différentes littératures dans les chapitres précédents, qui portaient essentiellement sur les configurations urbaines, et leurs interactions avec l'environnement éolien, notamment aéraulique, ainsi que sur le niveau du confort des piétons dans les espaces urbains. Nous nous intéressons dans ce chapitre, à la présentation de la ville des hauts plateaux El Eulma, notamment le corpus choisi pour la présente étude. L'analyse climatique de la ville, permettra de caractériser le climat urbain, et de définir les périodes auxquelles les investigations seront effectuées.

Ensuite, les différentes stratégies, afin de caractériser les différentes configurations urbaines. Il s'agit de l'étude typo morphologique des différentes cités résidentielles, de la ville El Eulma. Cette étude met en évidence l'analyse des éléments constituant l'aspect physique de la ville, à savoir la situation géographique et les caractéristiques climatiques de la ville. Mais également, les éléments constituant la morphologie urbaine du secteur d'étude notamment : la forme (orientations, volumes, dimensions et proportions) ; limites verticales et horizontales et la végétation.

1 Présentation de la ville d'El Eulma

Le présent projet de recherche, focalise sur la ville d'El Eulma à la wilaya de Sétif (Nord -Est de l'Algérie) (Figure III-1), dans les hauts plateaux Sétifiens, sur la route nationale N°5 Alger- Constantine, la ville se trouve à 27 km à l'Est de Sétif et à 100 km à l'Ouest de Constantine. Cette ville se trouve donc à la croisée de la RN5 et la route nationale 77 reliant Batna et Jijel à 90 km de la méditerranée. Cette position stratégique renforcée par la ligne de chemin de fer Est-Ouest passant au Sud de la ville et par l'Autoroute Est- Ouest passant au Nord de la ville.

Sa situation géographique est comprise entre la Latitude 36°9' Nord et la longitude 5°41' Est, son altitude moyenne est de 950 mètres. La mosquée El Amir Abdelkader se trouvant au

centre-ville à une altitude 915 m. La topographie de la ville est inconsidérément perturbée, avec deux fleuves (oued), à l'Est et à l'Ouest du centre-ville.

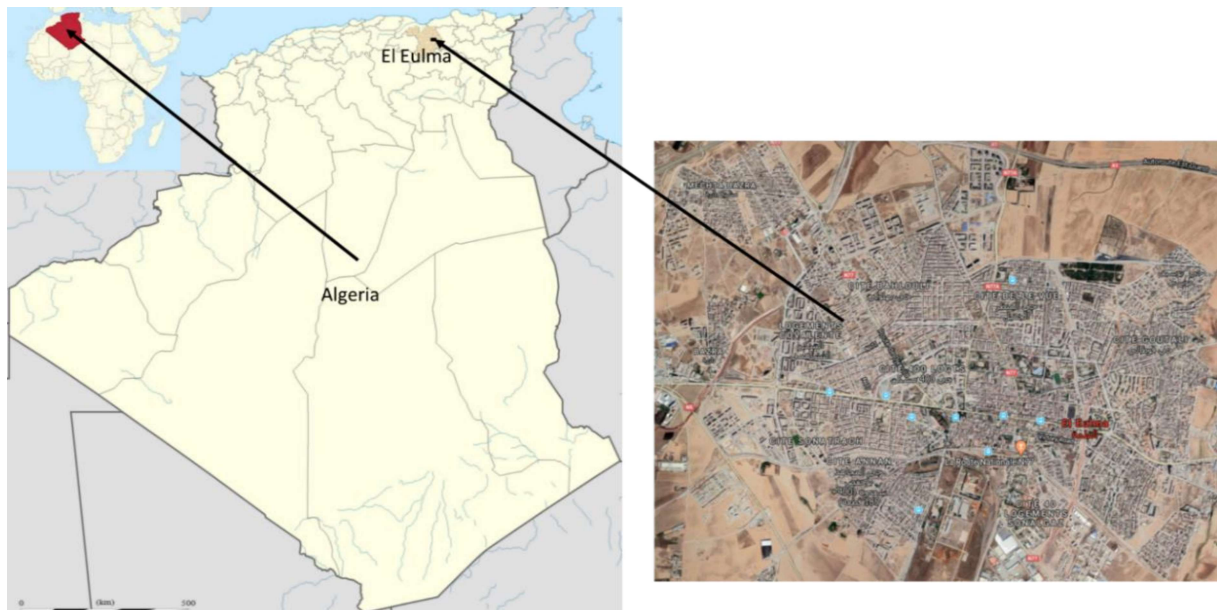


Figure III-1: Localisation de la ville El Eulma.

Source : www.Google.com

La ville d'El Eulma et plus précisément la cité des 426 lots dite en arabe (شارع دبي), possède une source économique considérée comme majeure pour la ville, ainsi que pour la wilaya qui est le commerce. Par cette activité, elle est devenue un pôle d'attraction pour toutes les autres régions au niveau nationale.

Récemment, la formule LPA (logement promotionnel aidé), comme autres formules, ont été mise au profit des classes sociales moyennes, pour la réalisation d'un programme substantiel de logement dans une échéance de cinq ans pour éponger le déficit actuel et faire face aux besoins nouveaux.

Le fameux type d'habitation de la ville El Eulma, est l'habitat individuel (plus de 80%), puis l'habitat collectif, et en dernière position l'habitat semi collectif. (Chater, 2015)

1.1 Genèse de la ville :

Par décret du 26 avril 1862, elle a été créée dans le département de Constantine, au lieu du TAFTIKA (nom d'un ancien ruisseau), sur la route de Constantine-Sétif, à 28Km de cette dernière. Sur une surface des terrains de 3000 hectares, le premier noyau urbain est construit en

1886, avec une forme rectangulaire, composée d'une église, bureau de poste, département de justice et une école. (Figure III-2)

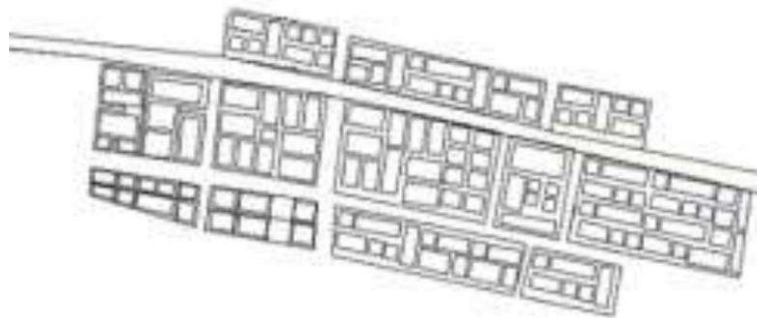


Figure III-2: l'intramuros de la ville.

Source : Subdivision d'urbanisme et de la construction.

La ville El Eulma a connu des extensions pendant la période coloniale, autour du noyau central avec des tracés irréguliers. Après l'indépendance Algérienne, L'extension de la ville est Continue Rapidement et dans toutes les sens. Cette période est Caractérisée par la survenue de la zone Industriel en 1976 au sud de la Ville. Ce tracée se caractérise par des îlots de grandes dimensions.

La ville a connu un étalement urbain très important, les nouveaux quartiers sont implantés en extension sur des terres agricoles. Ses nouveaux quartiers ne sont pas intégrés dans la structure globale de la ville. Aujourd'hui, on se trouve face à des nouvelles cités avec des tracés irrégulier, contrairement aux anciennes, qui ont un tracé de type damier selon l'axe -RN5-.

1.2 Les résidences de la ville El Eulma

En Algérie, On distingue 03 types d'habitats :

- L'habitat collectif : Est un type d'habitat humain, dans lequel plusieurs foyers résident dans un même édifice. On l'oppose à l'habitat individuel. Il présente certaines spécificités tels que : son caractère urbain- ces différentes typologies- les espaces communs- sa densité- le logement. La taille des immeubles d'habitat collectif est très variable : il peut s'agir de tours, de barres, mais aussi le plus souvent d'immeubles de petite taille. Quantitativement, l'habitat collectif est en régression par rapport à l'habitat individuel, et se rencontre presque uniquement en milieu urbain. C'est un mode

d'habitat qui est peu consommateur d'espace, et permet une meilleure prestation (infrastructures, équipements...) à un coût moins cher.

- L'habitat individuel : Forme d'habitat où ne réside qu'une seule famille, par opposition à l'habitat collectif comportant plusieurs logements dans un même bâtiment. L'habitat individuel tend à se développer par rapport à l'habitat collectif, même si ce dernier reste majoritaire en milieu urbain. Par rapport à l'habitat collectif, c'est un mode d'habitat très consommateur d'espace, qui entraîne un coût plus important en infrastructures et équipements, ainsi qu'une circulation automobile plus dense.
- L'habitat semi-collectif : Cet habitat est un groupement d'habitations qui a des caractéristiques de l'habitat individuel et de l'habitat collectif à la fois. Trois critères essentiels : posséder à la fois un accès individuel, un espace extérieur privé au moins égal au quart de la surface du logement et une hauteur maximale de deux niveaux (R+01).

A partir des années 2000, une nouvelle stratégie de logement a été entraînée, pour résoudre la crise de logement. Elle se caractérise par le lancement d'un programme de logement sous différentes formules : (logement rural, logement social locatif, logement social participatif, logement en location-vente, logement promotionnel). Dans ce vaste programme, le logement promotionnel prend une place supérieure. Parmi les objectifs de cette nouvelle stratégie on cite :

- La réduction de l'écart entre l'offre et la demande.
- L'implication et la responsabilisation entière des collectivités locales, dans toutes les étapes.
- La diversification du marché immobilier.

1.3 Genèse La forme urbaine de la ville El Eulma

La ville El Eulma comme toutes les villes algériennes, ont deux aspects de la forme urbaine :

- Les cités planifiées : Il s'agit des produits effectués par les services d'urbanisme et d'architecture. Elles sont conçues par les bureaux d'études, que soit étatique ou privés, et approuvées par les services d'urbanisme selon les instruments d'urbanisme PDAU et POS. Donc, tout ce qui est conçu et bâti par des bureaux d'études à travers des plans, est considéré comme urbanisation planifiée.

- Les cités non planifiées : ce sont des quartiers populaires illégaux ou des bidonvilles. La production de la forme urbaine par des couches de population défavorisés est spontanée qui face à une planification insuffisante, voire inexistante, ont développé des compétences pour se prendre en charge.

2 Climatologie de la ville El Eulma

Nombreux facteurs déterminent le climat de la ville des hauts plateaux algérienne El-Eulma ; qui sont :

- Une altitude de 950 m au-dessus de niveau de la méditerranée avec un éloignement de 90 km de la côte méditerranéenne.
- La situation sur les hauts plateaux de l'Est algérien, et le fait qu'elle soit entourée par des séries de montagne.

La distribution du rayonnement solaire influe sur les autres facteurs tel que l'humidité et la température d'aire. La projection des rayons solaire sur les différents composants des configurations urbaines, intervenir la perception des différentes ambiances notamment aérauliques.

Une évaluation satellitaire a été réalisée par l'Agence Spatiale Allemande (ASA), a montré que le potentiel solaire le plus important du tout le bassin méditerranéen se trouve au niveau de l'Algérie (Sampaio, 2017). La durée d'insolation est de 3500 h/an (hauts plateaux), avec plus de 12h/J pour l'été et plus de 8h/J pour les autres journées.

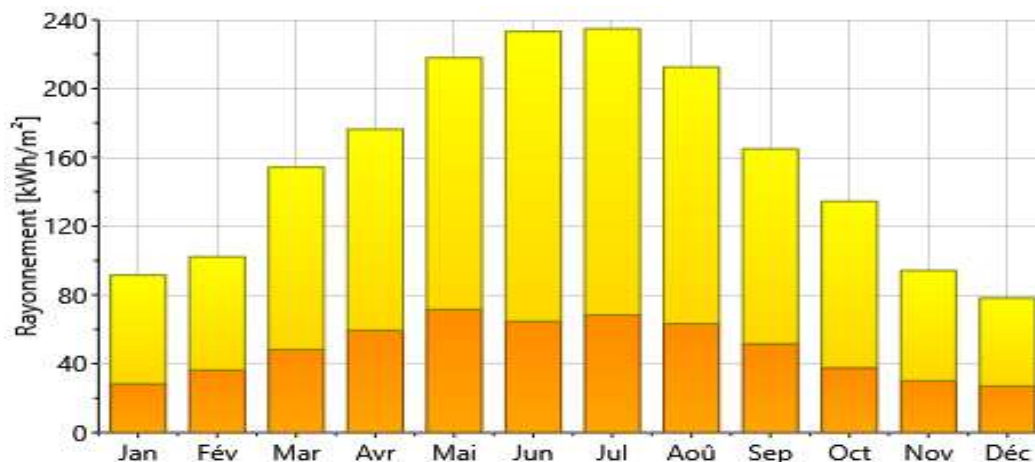


Figure III-3: rayonnement solaire global et diffus de la ville El Eulma.

Source : Meteonorme.

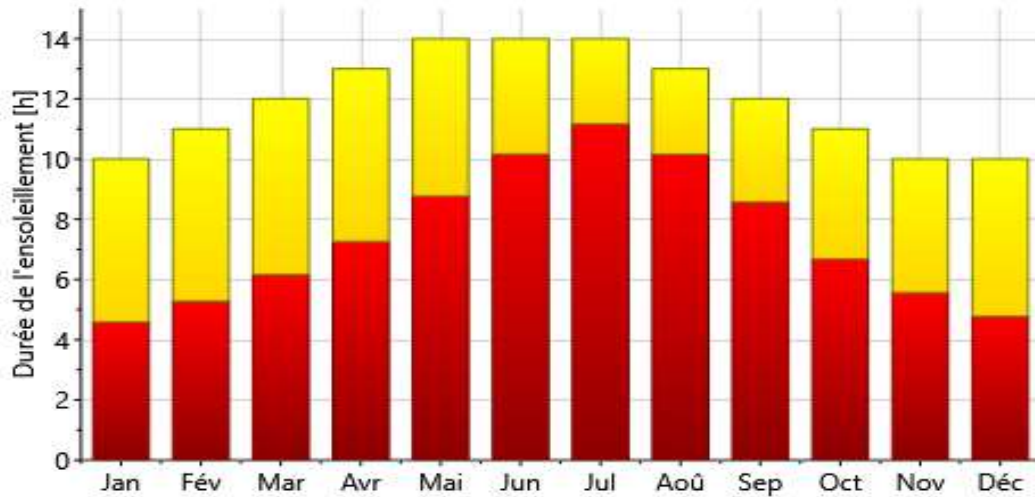


Figure III-4: Durée d'ensoleillement de la ville El Eulma.

Source : Meteonorme.

La Figure III-5 ci-dessous, représente les variations des températures moyennes minimales et maximales durant toute l'année, et montre que :

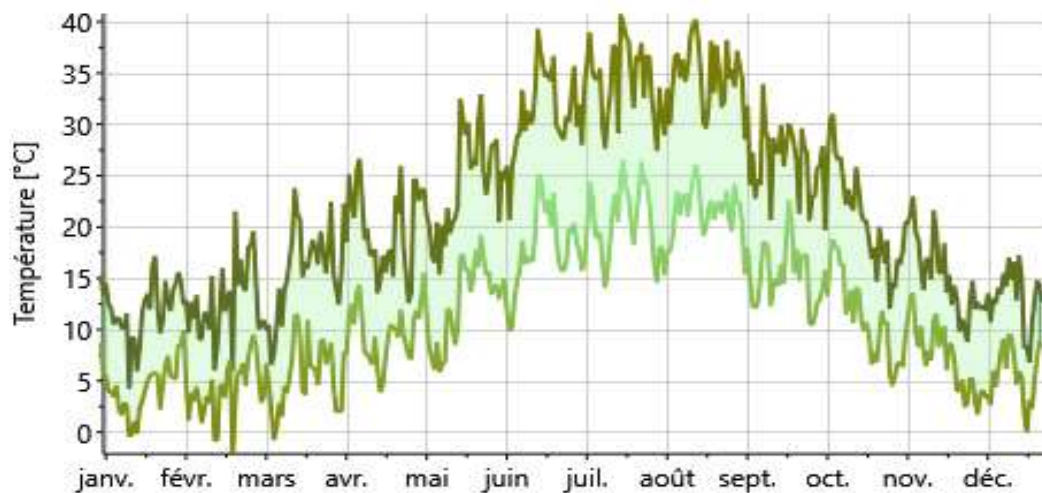


Figure III-5: Températures moyenne de la ville El Eulma.

Source : Meteonorme.

- Une croissance modérée et régulière de janvier à Juillet.
- Une décroissance rapide de la température de septembre à Janvier.
- Les mois les plus froids sont Janvier, Février, Mars, Novembre et Décembre avec une température minimale de 0,6 C° en Janvier.
- Les mois les plus chauds sont : Juin, Juillet, Aout et Septembre avec une température maximale de 34,4c° en Juillet.

La rose des vents (Figure III-6) indique que :

- Les vents du Nord et du Sud sont les plus dominants, les vents du Nord et du NNE soufflent plus de 1000 fois par an (ce qui est équivalent à 10% de probabilité de dépassement), avec des vitesses variables entre 8 m/s et 1,5 m/s, de novembre à février et début mars. Ce type de vent est chargé d'humidité puisqu'il vient de la Méditerranée, favorisant les chutes de neige et de pluie.
- Les vents du Sirocco (qui viennent du Sud), sont chauds et moins violents que ceux du Nord, soufflent plus de 1000 fois par an, pendant les mois de juin, juillet et août. Ses vitesses sont variables entre 5m/s et 1,5m/s. Celles-ci transportent généralement des quantités de sable, assèchent le sol et augmentent l'évapotranspiration des espèces végétales.
- Les vents secondaires sont moins fréquents, environ 500 fois par an proviennent de la partie ouest de la ville (NNW et SSW).

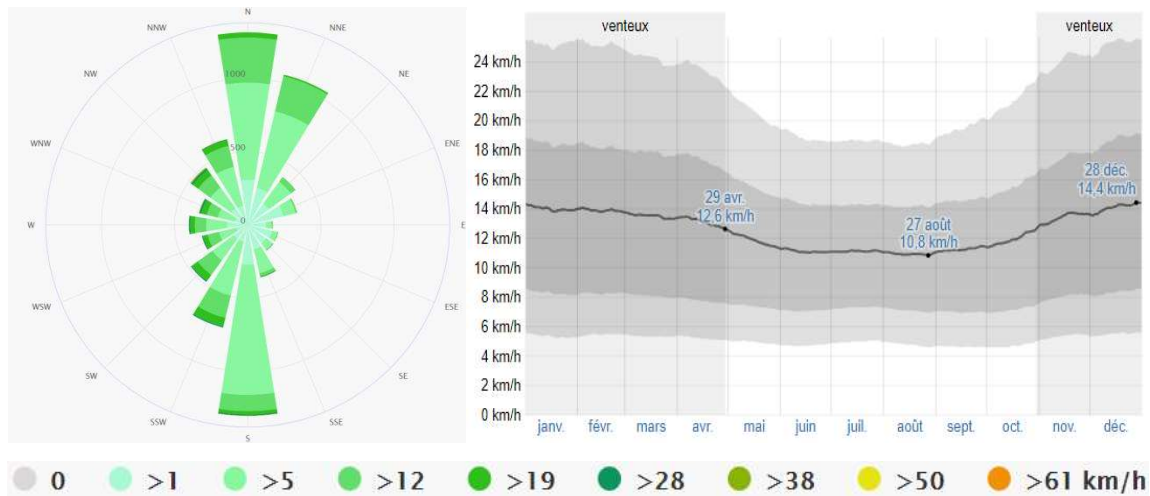


Figure III-6: vitesses et directions des vents de la ville El Eulma.

Le degré de sécheresse du climat d'une zone donnée (appelée l'Indice d'aridité), est calculé facilement (Tableau III.1), et plus précisément suivant la relation (Martonne, 1942) :

$$I_a = \frac{P}{T + 10}$$

Où :

I_a ; Indice d'aridité

P ; précipitation en mm

T ; La température moyenne en degrés centigrade

L'interprétation de cet indice est comme de suite :

Tableau III.1: Indice d'aridité

Source : (Martonne, 1942)

Valeurs d'Indice d'aridité	Degré d'aridité
<5	Hyper Aride
$5 < I_a < 10$	Aride
$10 < I_a < 20$	Semi-Aride

L'utilisation de l'indice d'aridité dans l'analyse du confort aéraulique à pour but de démontrer la faiblesse de la couverture végétale, qui constitue un écran pour bloquer les vitesses des vents.

Concernant la ville des haut plateaux El Eulma, la valeur de l'indice est 19,14 (450mm de précipitation annuelle et 13,5 C° température moyenne annuelle) ce qui montre que le climat de la ville, est un climat semi-aride.

3 Corpus et argument de choix

La ville des hauts plateaux El Eulma, a été choisie à cause de plusieurs motivants :

- La facilité et la faisabilité de collecte des différentes données climatiques, urbaine, historique, ... etc, notamment la prise des mesures.
- C'est une ville soumise à des vents saisonnières, élevés que provoquent l'inconfort des piétonnes. Surtout avec l'activité commerciale florissante que connaisse cette ville.

Afin de répondre à la problématique précédemment posée, et la vérification des hypothèses, On a choisi pour cette étude, cinq (05) différentes configurations urbaines dans la ville El Eulma, existantes et construites pendant différentes périodes de temps.

Les cités choisis sont les suivants :

- La cité BOUSSOUF Abd El Hafid.
- La cité des 400 logements.
- La cité 1^{er} novembre 1954.

- Les cités KAHOUL Rachid (AADL).
- La cité Naaman DJEFFAL.

4 Analyse typo morphologique

En combinant la morphologie urbaine et la typologie architecturale. Ce type d'analyse consiste à analyser les formes urbaines, et à déchiffrer leurs compositions, en montrant leurs relations, leurs limites et leurs contenus (Bardet, 1944) (Benyoucef, 1999). Dans cette recherche, trois critères ont été maintenus pour l'analyse typo morphologique :

Le contexte urbain : permet de situer l'objet d'étude par rapport à la ville.

Le tracé des voiries : c'est le support structurel du tissu urbain, qui lie les espaces.

Le profil d'îlot ou le bâti : C'est un élément déterminant de tissu urbain.





La typo-morphologie par définition est : la combinaison de la typologie architecturale et la morphologie urbaine. Autrement dit, cette analyse consiste à connaître les différentes formes urbaines des bâtis, et leurs implantations dans les voies publiques. Pour cette recherche, les cités choisies pour l'analyse typo-morphologique sont des cités résidentiels collectifs. Ce choix a été influencé par :

- La quantité ainsi que la qualité des informations valables et collectées de la littérature et les media.
- Leurs positionnements dans les différentes parties de la ville.
- Le coefficient d'emprise au sol est faible, ce qui résulte des espaces publiques assez vastes, intéressantes à étudier.
- La variété et la diversité de ces formes urbaines.

4.1 Classification selon la forme urbaine

Cette classification est basée sur les formes urbaines les plus influençant, sur le confort extérieur, démontrées déjà dans Chapitre I :4 (page 55). Les résultats de la classification des cités résidentiels choisis pour cette étude, sont représentés dans le Tableau III.2, ci-dessous.

Tableau III.2: résultats de la classification selon la forme urbaine

Cités	Forme urbaine	Vue aérienne
BOUSSOUF Abd El Hafid	Traversante	
400 logements	Verticale	
1 ^{er} novembre 1954	Traversante	
KAHOUL Rachid	Traversante	

Naaman
DJEFFAL

Compacte



4.2 Typo morphologie de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid

Situé dans la partie Ouest de la ville à la périphérie. Les Habitations collectives sont construites dans le cadre du programme LSP (Logement social participatif) en 2008, sur une superficie de 24 hectares, réparties sur 20 Ilots (Figure III-7). Le LSP est l'un des programmes de logement social, destiné aux catégories à revenu moyen, pour l'accession à la propriété des logements.



Figure III-7: Situation par rapport à la ville.

Le tracé des voies est régulier, les voies principales sont des différentes orientations (Nord-Sud, Est-Ouest) avec des grande largeurs (11m). Les voies secondaires qui mènent aux Ilots et relient les voies principales, sont de largeurs moyennes de 6m. (Figure III-8) La cité est discontinuée par un jardin public de surface 2 hectares.

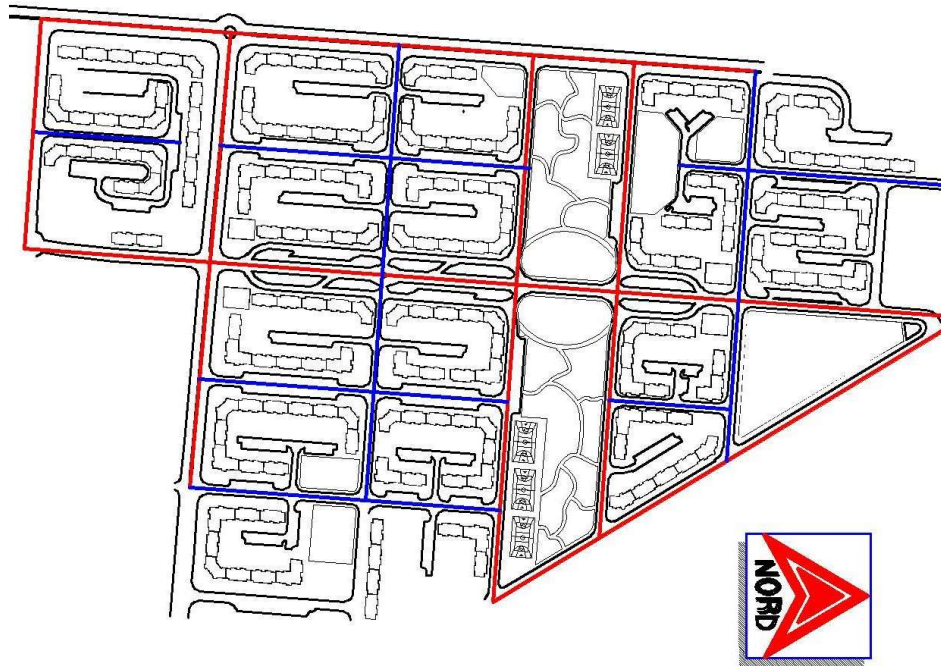


Figure III-8: Voies et tracés cité BOUSSOUF Abd El Hafid.

Voie secondaire ———

Voie Principale ———

Les blocs de forme barre et angle, sont implantés autour d'un vaste espace central semi-public, sous forme d'un Ilot semi-ouvert. Assurent la limite entre les espaces publique et semi-public. Chaque noyau des Ilots contient essentiellement : des aires des jeux pour les enfants et des aires de stationnement des véhicules, permet la rencontre au sein du quartier.

Le nombre des niveaux est généralement de 06 étages par unité d'habitation, dont les RDC sont des locaux destinés aux activités commerciales à l'extérieur des ilots. Chaque Niveau contient deux appartements par palier, avec un espace de circulation verticale (cage des escaliers). Figure III-9

La présence des végétations est timide à part quelque plantes autour des aires des jeux des enfants, et quelque arbre s dans le passage des piétons proches des blocs.



Figure III-9: des vues sur l'intérieurs des îlots.

4.3 Typo morphologie de la cité des 400 logements

Cette cité est construite dans le cadre des logements sociale pendant les années 80 du XX siècle, situé actuellement dans le centre de la ville El Eulma (Figure III-10). Ce type de logement est financé totalement par des ressources budgétaires de l'Etat, ou des collectivités locales. Destiné aux couches de populations vivant dans des conditions très précaires, et dont les ressources ne permettent pas de payer un loyer élevé.



Figure III-10: Situation de la cité des 400 Logts, El Eulma.

Les bâtiments isolés de forme barre, sont implantés sous forme de U, ce qui clôture la cité elle-même, ce résulte des ilots ouverts aux publiques. L'espace entre les bâtiments du côté Nord, favorise l'accès piétonne seulement.

Les voies qui ont un tracé régulier, au sein de la cité des 400 logements, mènent vers les entrées des bâtiments, sauf une seul qui traversent la cité de l'Est vers l'Ouest. La cité contient des airs de stationnement, dispatché, et aligné avec le long des bâtiments. Les airs des jeux des enfants sont installés au dehors de la cité, ce qui oblige les enfants et même les habitants à occuper les espaces ouverts entre les bâtiments. (Figure III-11)

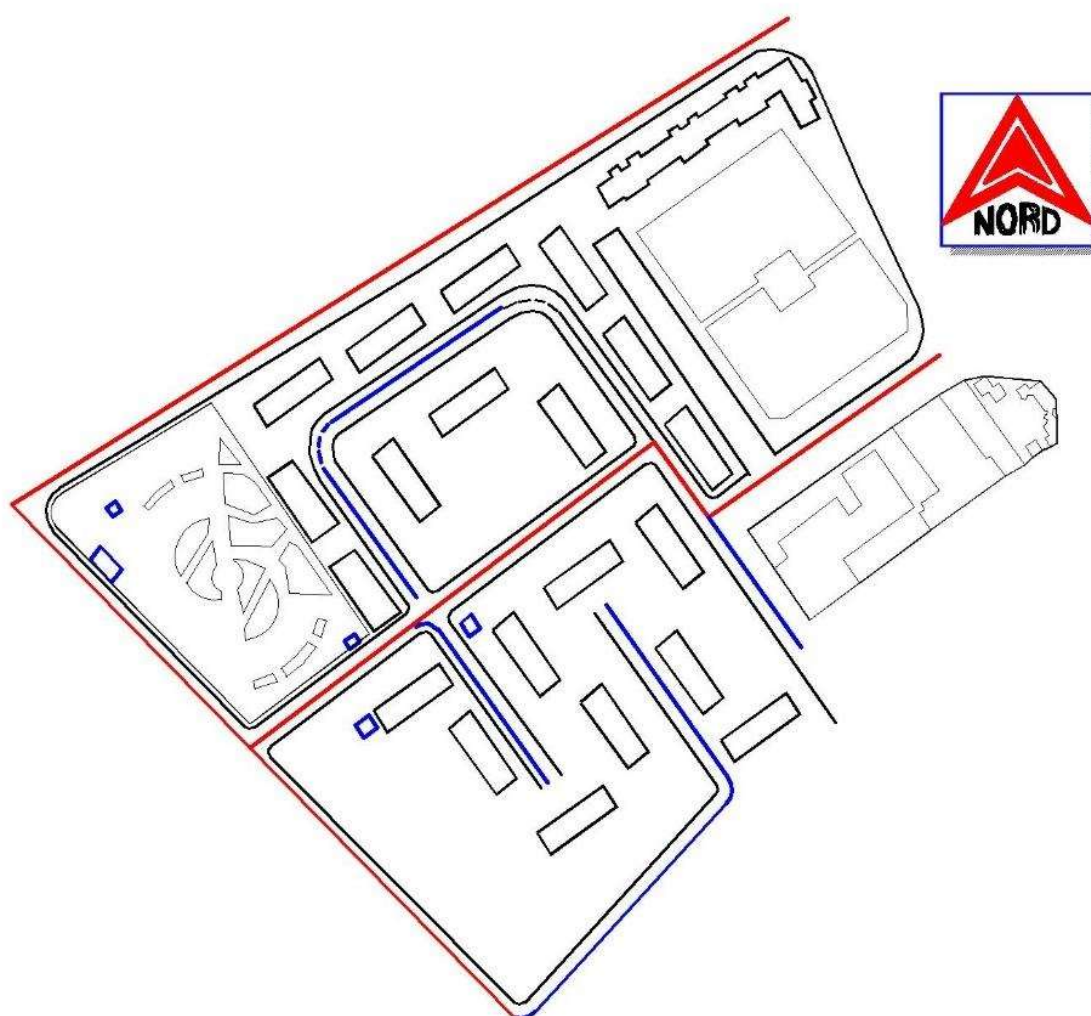


Figure III-11: voiries de la cité des 400 lgts El Eulma.

Voie secondaire ———

Voie Principale ———

Chaque bâtiment contient cinq niveaux (05), avec deux logements par palier, avec une cage des escaliers reliant les paliers. La présence de la végétation est presque nul, sauf quelques arbres implantés par les occupants de la cité devant les blocs de logement. (Figure III-12)



Figure III-12: des vues sur les espaces extérieurs de la cité des 400 logts, El Eulma.

4.4 Typo morphologie de la cité 1^{er} novembre 1954

Ce cas-là se trouve dans la partie Est de la ville au centre-ville. (Figure III-13). Construit dans les années 70 du XX siècle dans le cadre du logement social. La circulation mécanique traverse la cité par des voies principales de directions Nord-Sud et Est-Ouest, avec des largeurs qui arrivent à 11m. Les voies secondaires de largeur 08m mènent aux certains ilots, le reste est réservé à la circulation piétonne. Le tracé des voies varie entre sinueux et régulier. (Figure III-14)



Figure III-13: situation de la cité 1^{er} novembre 1954, El Eulma.

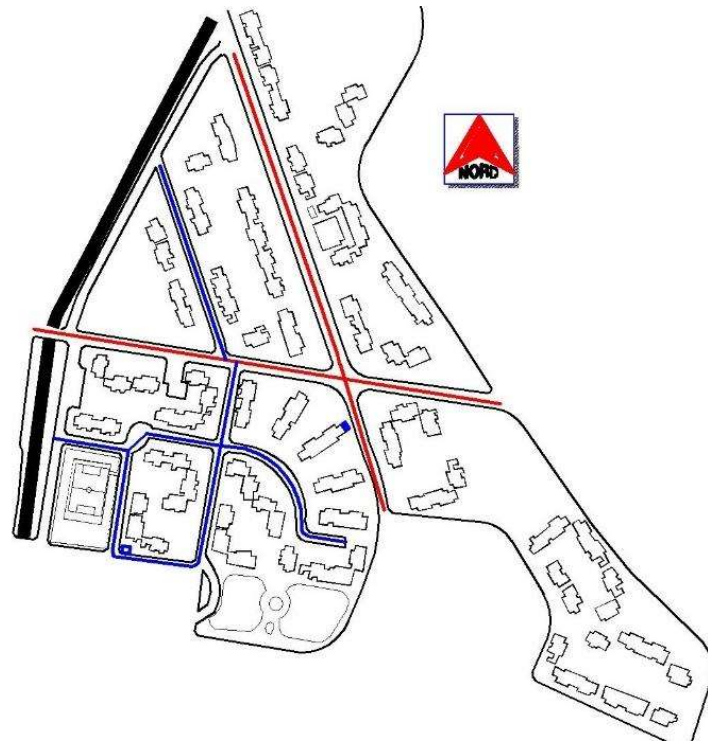


Figure III-14: Voiries de la cité 1^{er} novembre 1954, El Eulma.

Voie secondaire ———— Voie Principale ————

Les ilots sont de type semi-ouvert, avec différentes formes. Les bâtiments ont une forme générale rectangulaire, éloignés les uns par rapport aux autres. L'implantation de ces derniers est radioconcentrique parfois, et rectangulaire dans d'autre cas. Certains bâtiments contiennent des passages dans lui-même, qui facilite la circulation mécanique et la pénétration des ilots. (Figure III-15)



Figure III-15: passage sous immeuble de la cité 1^{er} novembre 1954.

La végétation qui est généralement des arbres dans cette cité, existe mais reste timide par rapport aux vides qui existent entre les bâtiments. Ces vides sont exploités par les enfants et leurs parents, comme des airs des jeux (malgré qui ne sont ni équipés, ni protégés), des lieux de rencontre et même des lieux de stationnement des véhicules. Un seul jardin est implanté dans la partie Sud de la cité, cette position ne lui rend exploité par quelques habitants qui sont proche de cet espace ou la majorité a plus de 18 ans.

4.5 Typo morphologie de la cité KAHOUL Rachid (AADL)

Cette configuration urbaine de type location-vente, se trouve dans la partie Est du centre-ville, sur une surface de plus de 30.000,00 m² (Figure III-16). Construite durant le début des années deux mille par l'Agence d'Amélioration et du Développement du Logement (AADL). Ce type de logement constitue un nouveau segment d'offre de logements avec option préalable pour son acquisition en toute propriété au terme d'une période de location fixée dans le cadre d'un contrat écrit. (Chater, 2015)



Figure III-16: Situation de la cité KAHOUL Rachid par rapport à la ville.

La cité KAHOUL Rachid est composée de deux Majeurs Ilots semi-ouvert, ou sont séparés par une voie de circulation mécanique d'orientation Est-Ouest. L'accès mécanique à cette configuration urbaine est exclusivement à partir de cette voie. Néant moins que ce n'est pas le cas pour l'accès piéton, ou on trouve un accès du côté Nord, exclusivement pour les piétonnes. Le tracé est régulier qui a une forme générale de triangle.

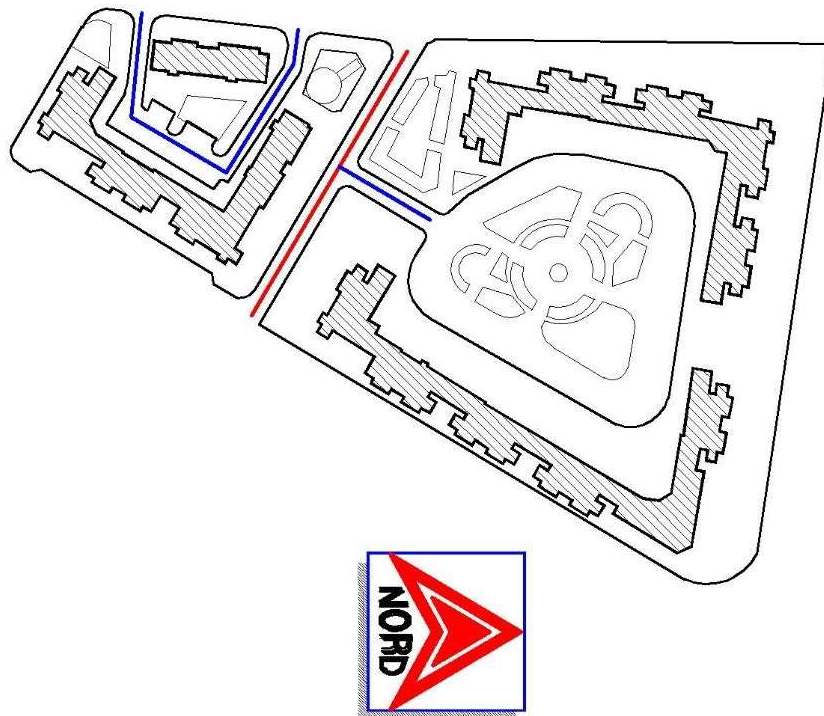


Figure III-17: voiries de la cité KAHOUL Rachid.

Voie secondaire ——— Voie Principale ———

Les bâtiments collectifs de chaque îlot de la cité, ont un nombre de niveaux compris entre 06 et 14, implantés au tour d'un vaste espace central semi-public, sous forme d'îlot fermé, cet espace assure la limite entre les espaces publique et semi-publique. Ces deux espaces centraux contiennent essentiellement : des aires des jeux pour les enfants et des aires de stationnement des véhicules des Habitants. (Figure III-18)

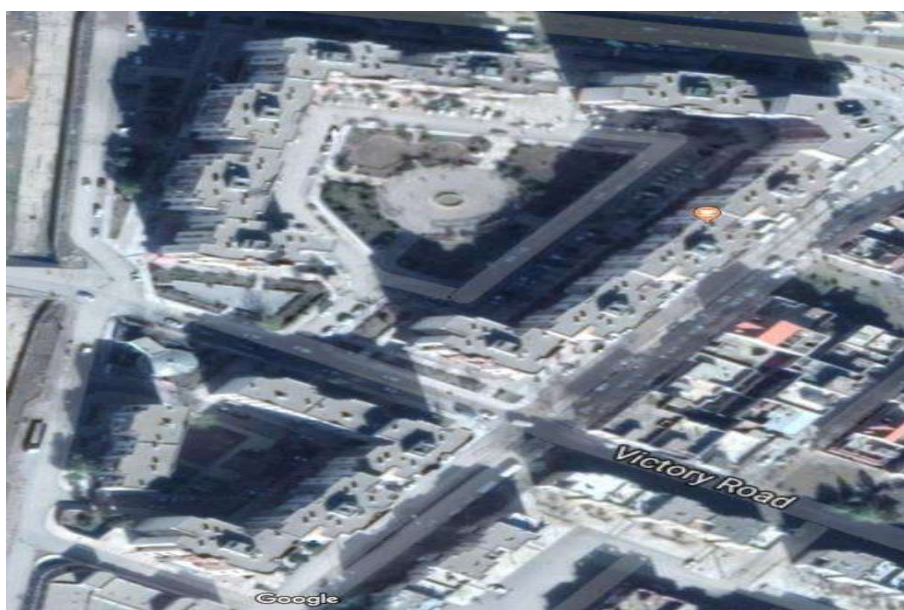


Figure III-18: vue aérienne sur la cité KAHOUL Rachid.

Chaque bâtiment contient entre 02 et 06 appartement par palier, de type F3 et F4, dont la circulation verticale est assurée mécaniquement (en plus des escaliers) pour les blocs qui ont des niveaux supérieurs à 06. Les deux premiers niveaux sont réservés aux activités commerciales et administratives à l'extérieurs de la cité.

L'îlot du côté Nord contient des passages sous bâtiments, réservé aux piétones et cyclistes, ce passage améliore l'accessibilité de ces derniers entre les deux côtés de l'îlot. (Figure III-19). Le passage mène l'air frais aux zones urbaines soumises à des conditions thermiques défavorables et accélère la ventilation de l'îlot, ainsi que la dispersion des polluants. (Peng, 2015)

Une ceinture végétale est implantée sur les trois côtés des deux îlots, Nord, Est et Ouest. Les espaces semi-publics au centre du noyau sont aussi végétalisés.



Figure III-19: vues sur les espaces extérieurs de la cité KAHOUL Rachid.

4.6 Typo morphologie de la cité Naaman DJEFFAL

Celle-là se trouve dans la partie Sud du centre-ville (Figure III-20), construite dans le cadre du programme des logements sociales, destinés aux victimes du terrorisme pendant la décennie noire.

Cette configuration est composée de onze îlots (11) de type intermédiaire horizontal, ont des formes rectangulaires, avec un tracé de voirie régulier, ou les voies secondaires d'orientation Est-Ouest, ont une largeur de 6m et celui principaux ont une largeur de 15m sont orienté vers le Nord. (Figure III-21)



Figure III-20: Situation de la cité Naaman DJEFFAL par rapport à la ville.

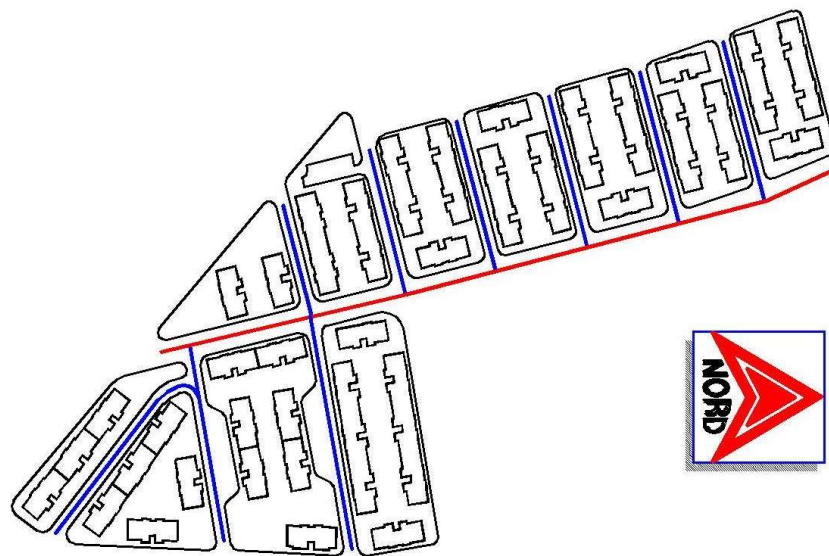


Figure III-21: vue aérienne sur la cité Naaman DJEFFAL.

Voie secondaire ——— Voie Principale ———

L'accès au sein de chaque îlot est purement piéton. Chaque bâtiment est conçu pour avoir un jardin à l'entrée, et qui donne à l'intérieur de l'îlot, malheureusement qu'ils sont bâtis plus tard ce qui rend la présence de la végétation est presque nul. Les bâtiments semi-collectives partagent un espace de circulation piétonne, utilisé comme un lieu de rencontre et espace de jeux des enfants, vu le lac de ce genre de commodité dans la cité, ainsi qu'il assure l'intimité de l'espace semi-public entre eux. Figure III-22



Figure III-22: des vues à l'intérieur des ilots (Cité Naaman DJEFFAL)

5 Caractérisation des configurations urbaines selon les indicateurs morphologiques

5.1 A l'échelle urbain

5.1.1 Densité bâtie

La densité bâtie est un indicateur qui informe sur l'occupation des constructions, est défini comme le rapport de l'empreinte des bâtiments à la superficie globale du site. Généralement, une partie du terrain reste souvent inexploitée pour d'autres fonctions urbaines (paysage, airs des jeux, etc.). Il est compris entre 0 et 1. La variation des densités entre différentes portions urbaines, fait ainsi émerger des espaces publics extérieurs de dimensions variées. Les configurations urbaines confinées tel que le cœur des villes où la densité bâtie est importante, ont un faible potentiel de ventilation. (Wang, Sun, & Duan, 2018)

La densité bâtie est évaluée par le rapport de la surface totale de l'emprise des bâtis au sol à la surface totale du périmètre de calcul considéré.

$$Du = \frac{Sp}{St}$$

Où :

D_u : Densité Urbaine

S_p : Surface de plancher

S_t : Surface Totale

Le calcul de la densité bâtie a été effectuée à l'aide de l'outil de dessin Autocad, qui permet de quantifier les différentes surfaces de différentes formes. Figure III-23

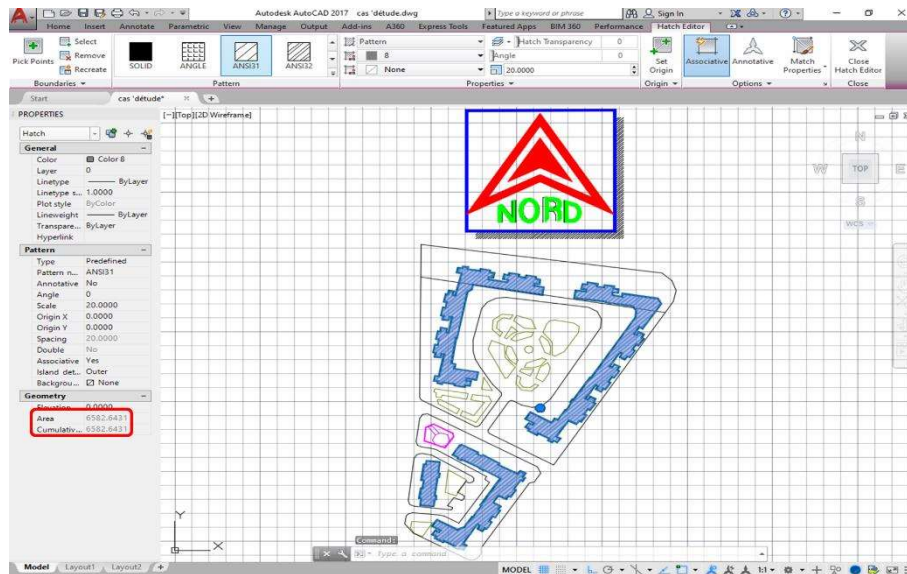


Figure III-23: Exemple de calculs des surfaces Via Autocad (cité KAHOU L Rachid)

5.1.2 Densité végétale

Cet indicateur a une influence sur la température et l'humidité relative de l'air. La densité végétale relie la répartition horizontale des aménagements verts avec la surface totale d'un tissu urbain (Ouamer, 2007). L'évaluation de cette densité peut être effectuée en résolvant l'équation suivante :

$$D_v = \frac{S_{am}}{S_t}$$

Où :

D_v : Densité végétale

S_{am} : Surface de l'aménagement vert

S_t : Surface totale.

5.1.3 Rugosité urbaine

La vitesse du vent en milieu urbain se voit altérée par les forces de frottement offertes par les tissus urbains ; ce facteur est connu en tant que rugosité (Oke, 1987), ces forces se varient suivant la rugosité du tissu urbain (AIT-AMEUR, 2002). Plus que la rugosité est importante plus les forces le sont, ce qui prive les espaces clos du renouvellement d'air. Cet indicateur est caractérisé par la hauteur moyenne de la canopée urbaine, composée par les différentes surfaces bâties, végétales et même les non-bâties (Adolphe L. , 2001). Figure III-24

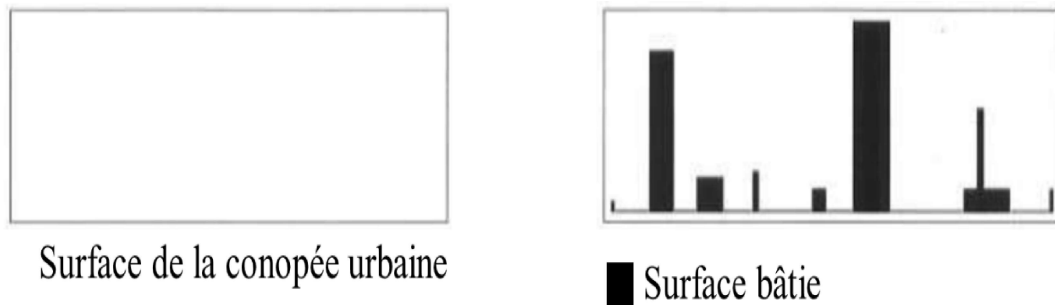


Figure III-24: Calcul de la rugosité urbaine.

Source : ADOLPHE, L. et AÎT - AMEUR, K. (2002)

L'évaluation quantitative de la rugosité urbaine est donnée par l'équation (L, et al., 2002) :

$$Ru = \frac{S_b}{S_c}$$

Où :

R_u : rugosité urbaine

S_b : surface bâtie

S_c : Surface canopée urbaine

Une classification des paysages selon la rugosité a été développée par (Davenport A, 2000) dans le Tableau III.3, ci-dessous :

Tableau III.3 : Classification de la rugosité du terrain d'après Davenport

Catégorie	Rugosité	Description
La mer	0,0002	Espaces ouverts, tel que la mer ou un lac sans prendre en compte la taille des vagues. Marée à plat ; plaine couverte de neige, monotone déserte, macadam et béton, avec plusieurs kilomètres libres
Lisse	0,005	Paysage monotone sans obstacle et végétation négligeable.
Ouvert	0,03	Région avec végétation basse type herbe et d'obstacles isolés avec un écart d'au moins la hauteur de 50 unités obstacles* comme les pistes des aéroports.
A peu près rugueux	0,10	Zones de culture avec plantes basses ; région à peu près ouverte avec des obstacles occasionnels à distance horizontale relative d'au moins la hauteur de 20 unités obstacles

Rugueux	0,25	Zones de culture avec plantes de hauteurs diverses et obstacles étalés à une distance relative entre 12 et 15 unités obstacles pour des objets poreux (barrières) ou 8 à 12 pour des objets solides (bâtiments)
Très rugueux	0,5	Paysage de culture intensive avec de grands obstacles séparés par des espaces ouverts d'environ 8 unités obstacles. Il peut s'agir de surface avec des bâtiments de basse hauteur à inter-espaces de 3 à 7 niveaux de hauteur sans arbres hauts.
Frôlement	1,0	Paysage composé par de grands obstacles de taille similaire, avec des espaces ouverts du même ordre de grandeur que la hauteur des obstacles. Par exemple, les zones de haute densité bâtie sans beaucoup de variation de la hauteur des bâtiments.
Chaotique	≥ 2	Centre-ville avec bâtiments de basse hauteur et bâtiments de grande hauteur

5.1.4 Porosité urbaine

La porosité est la propriété d'un milieu comportant des pores, c'est-à-dire des vides interstitiels interconnectés ou non, résultant de l'emprisonnement de gaz. C'est le rapport du volume de ces vides comparé au volume total du milieu. En ce qui concerne la ville, les pores sont des espaces ouverts et vides comme pour la rue, la place...etc, le volume total est celui de la canopée urbaine.

Cet indicateur, conditionne la pénétration du vent dans les configurations urbaines, accélère ou interrompt la vitesse du vent, selon le type de cette configuration, et même peut modifier la trajectoire du vent.

En raison de l'aspect tridimensionnel compliqué des tissus urbains, une méthode basée sur la modélisation de ces tissus à l'aide de l'outil informatique, a été utilisé pour évaluer cet indicateur. Il fallait dans un premier temps modéliser la forme tridimensionnelle des bâtiments de chaque périmètre de calcul, et ensuite celui de sa canopée urbaine. Figure III-25, ci-dessous.

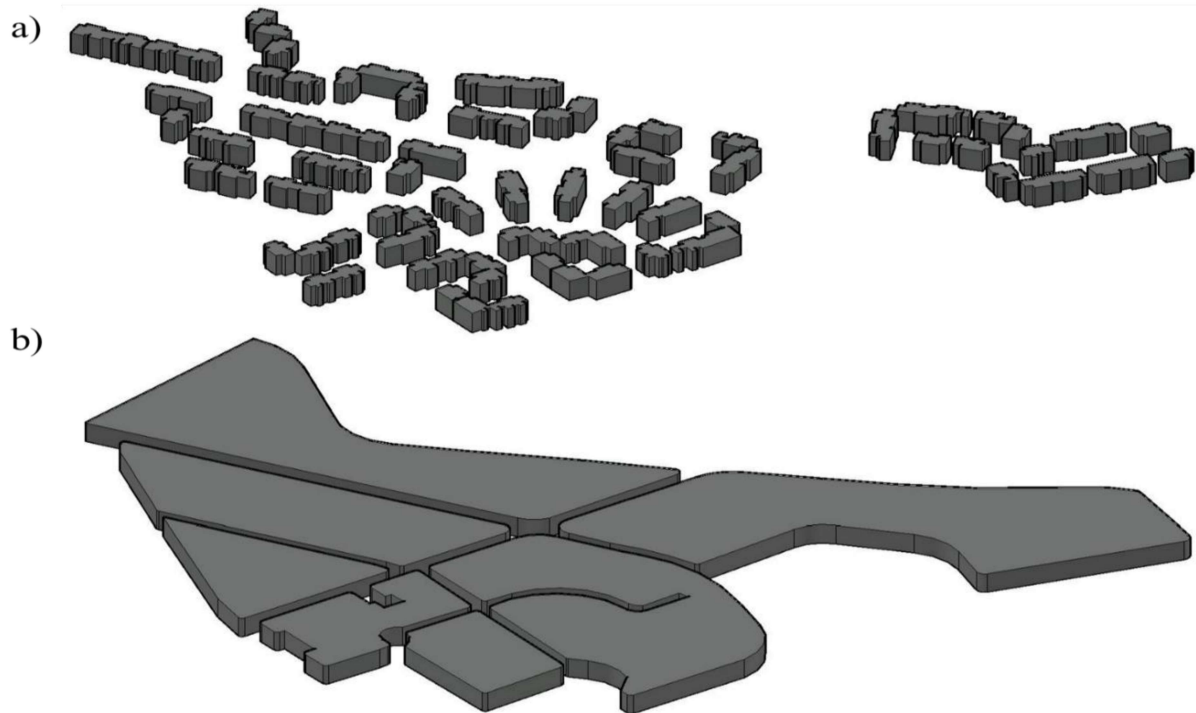


Figure III-25: modélisation de : a) la forme des bâtiments, b) la canopée urbaine.

La soustraction de ces deux volumes permet de définir le volume d'air des espaces creux urbains. La modélisation et le procédé de calcul de cet indicateur ont été effectués à l'aide du logiciel de conception Autocad. Figure III-26

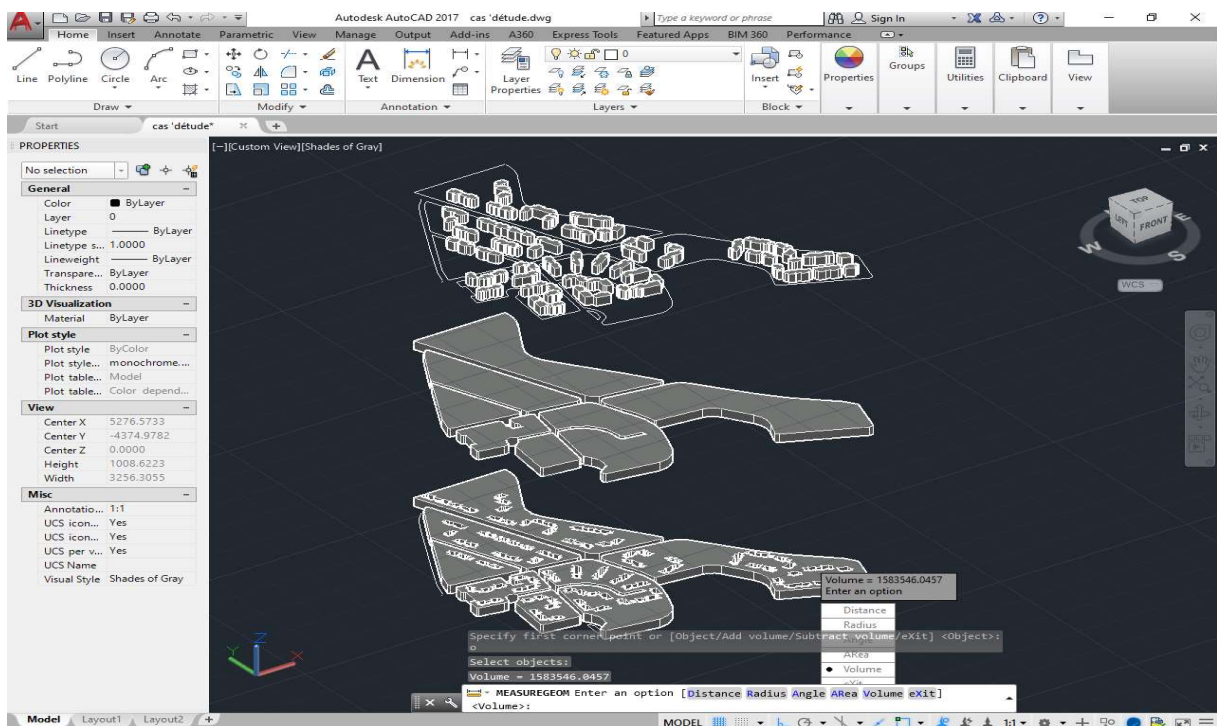


Figure III-26: exemple de calcul de la porosité urbaine. Cité 1^{er} Novembre 1954.

5.1.5 Résultats d'évaluation des différents indicateurs

Dans ce qui suite (Tableau III.4) une présentation des résultats de calcul des indicateurs précédents dans les différentes configurations urbaines choisis déjà :

Tableau III.4: résultats des calculs des indicateurs à l'échelle des configurations urbaines

	Surface (Hectare)	Densité bâties	Densité végétale	Rugosité urbaine	Porosité urbaine
La cité BOUSSOUF Abd El Hafid	2,1465	0,25	0,16	0,26	82 %
La cité des 400 logements	6,5751	0,12	0,08	0,41	83 %
La cité 1 ^{er} Novembre 1954	13,9984	0,15	0,10	0,25	83 %
La cité KAHOUL Rachid (AADL)	3,3475	0,20	0,14	1,48	81 %
La cité Naaman DJEFFAL	2,9146	0,32	0,00	0,78	56%

5.1.5.1 La densité bâtie

La cité Naaman DJEFFAL possède la plus importante densité bâtie 32%, cette valeur est traduite par les faibles dimensions spatiales horizontales, et même l'absence des espaces verts, des jeux et même de stationnement, comparativement aux autres cités. En revanche, les plus basse valeurs 12% et 18 % sont obtenues au niveau des cités des 400 et 1^{er} novembre 1954, cela est à cause de l'implantation éloigné des bâtiments les unes par rapport aux autres dans chaque cas. (Figure III-27)

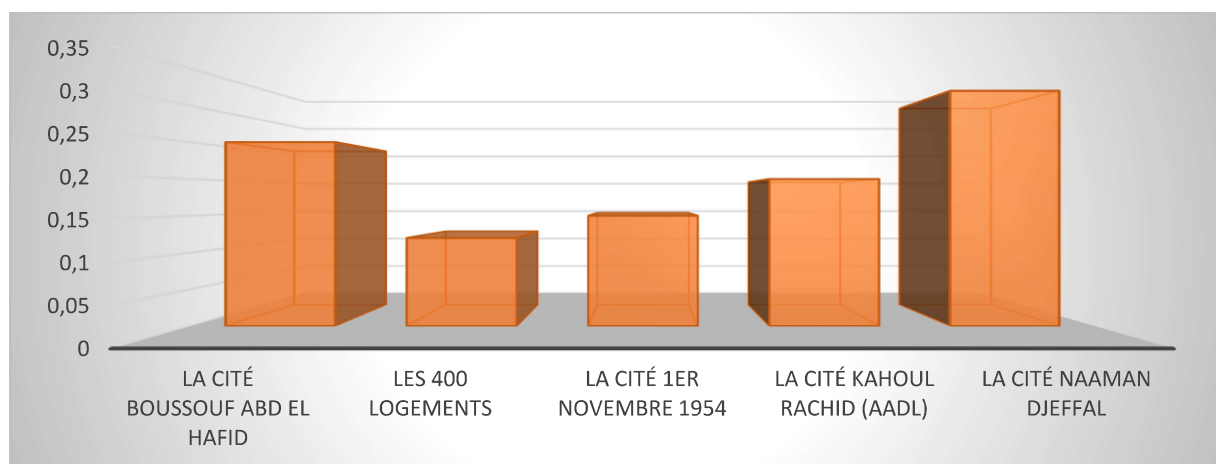


Figure III-27: résultats de calcul des densités bâties

5.1.5.2 La densité végétale

La Figure III-28 ci-dessous montre que : la plus importante valeur est marquée au niveau de la cité La cité BOUSSOUF Abd El Hafid 16%, due à la partie importante d'aménagement vert au niveau de l'ilot. La plus basse valeur est obtenue dans la cité Naaman DJEFFAL, cela est à cause de transformation des espaces verts par les occupants de la cité.

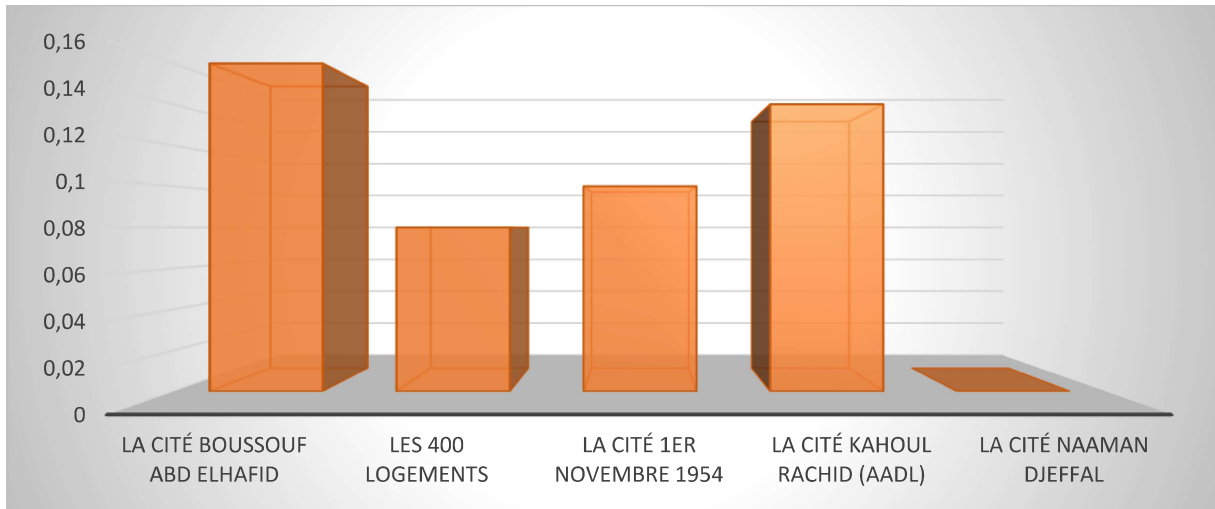


Figure III-28: Résultats des calculs des densités végétales

5.1.5.3 La rugosité urbaine

Les résultats illustrés dans la (Figure III-29), montre que, La cité KAHOUL Rachid (AADL) enregistre la plus grande valeur, cette cité est marquée par des hauteurs de bâtiments importantes (jusqu'à 43m de hauteur). Des valeurs moins importantes sont présente dans les cités 1^{er} Novembre 1954 et BOUSSOUF Abd El Hafid due aux grandes dimensions des espaces non bâtis ainsi que l'espacements entre les bâtiments (cas de la cité 1^{er} Novembre 1954)

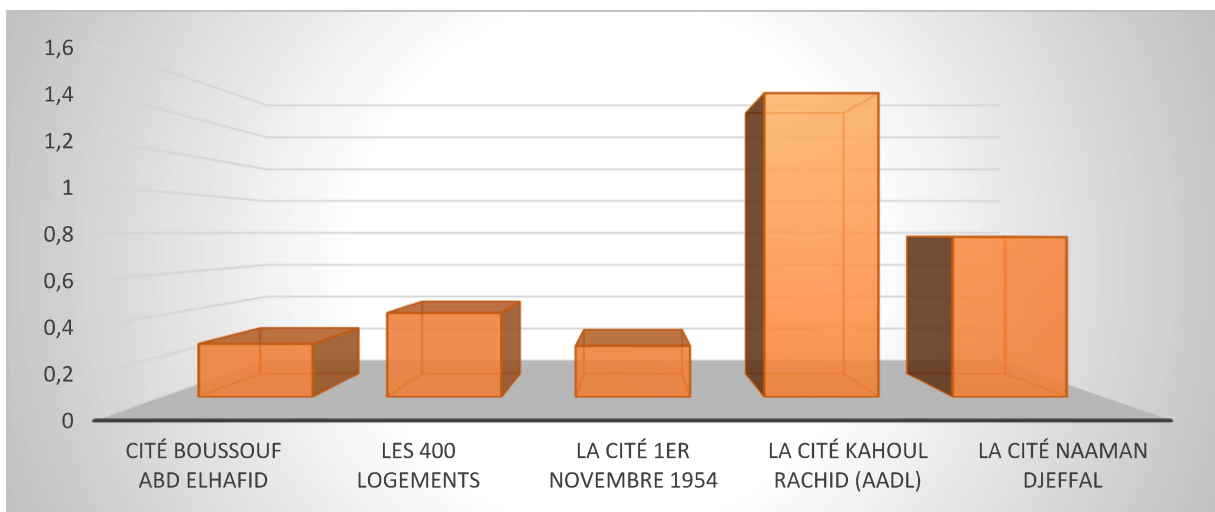


Figure III-29: résultats des calculs des rugosités urbaine.

5.1.5.4 La porosité urbaine

La plus basse valeur comme le montre la Figure III-30, a été enregistré au niveau de la cité Naaman DJEFFAL, principalement à cause de l'étroitesse des espace publics. Contrairement aux autres cas.

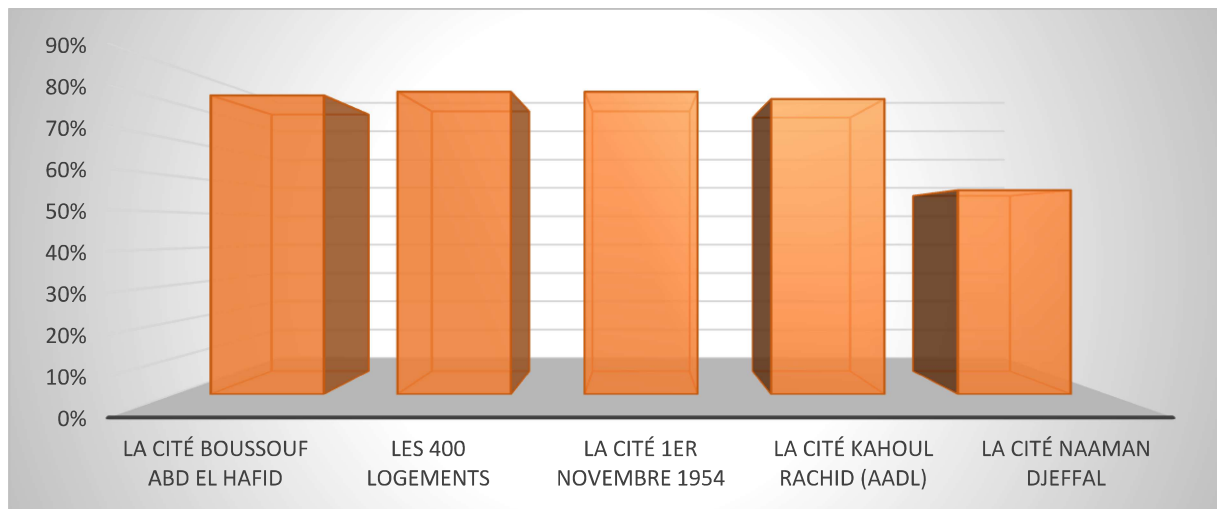


Figure III-30: résultats des calculs des porosités urbaine.

5.2 A l'échelle de l'espace public

5.2.1 Ratio H/L

Ce ratio démontre la relation entre la hauteur moyenne et la largeur d'un espace, cet espace l'orsqu'il obtient une forme non homogène, la largeur prise en compte est celle la plus petite. (AIT-AMEUR, 2002). Ce rapport est l'un des éléments les plus importants qui détermine l'écoulement du vent dans la rue canyon. Ainsi qu'il joue un rôle majeur dans l'entraînement du polluant résultant de la variation de la concentration de polluant dans le canyon de la rue. (Afiq, Azwadi, & Saqr, 2012) (Figure III-31). Une fois le vent pénètre dans l'espace, les façades environnantes peuvent canaliser le vent, le freiner et entraîner des mouvements tourbillonnaires au pied des constructions. (Fouad, 2007)

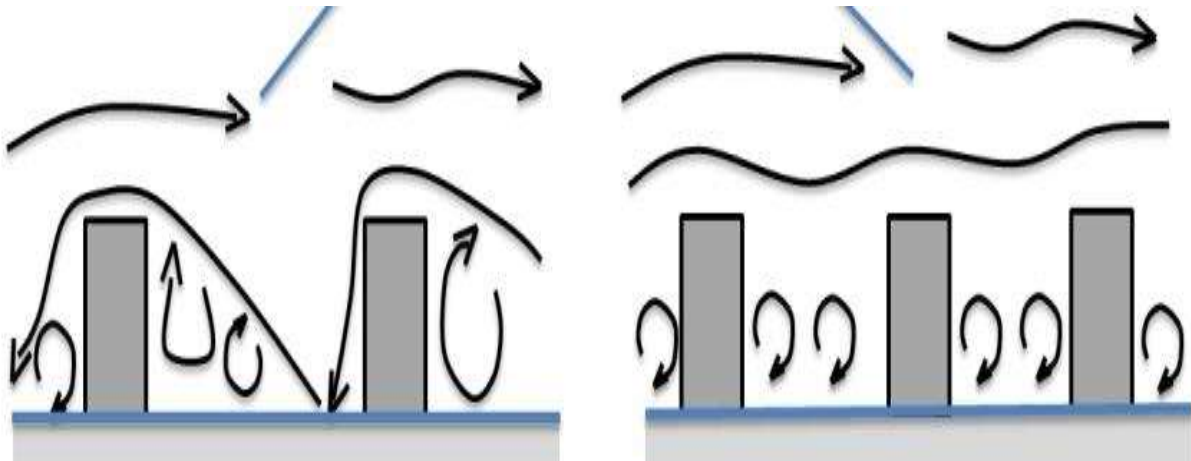


Figure III-31: Comportement du vent en fonction du ratio H/L.

Source : (Afiq, Azwadi, & Saqr, 2012)

Les valeurs numériques du ratio dépendent des valeurs tridimensionnelles des espaces communs. Pour les quantifier, des relevées des hauteurs doivent être établie dans un premier temp, afin de déduire la hauteur moyenne des bâtis. Puis on travaille en planimétrie pour définir les autres dimensions de ces espaces publics. Figure III-32

$$H/L = \frac{H_m}{L_p}$$

Où :

H_m : Hauteur moyenne de l'espace

L_p : La plus petite largeur de l'espace

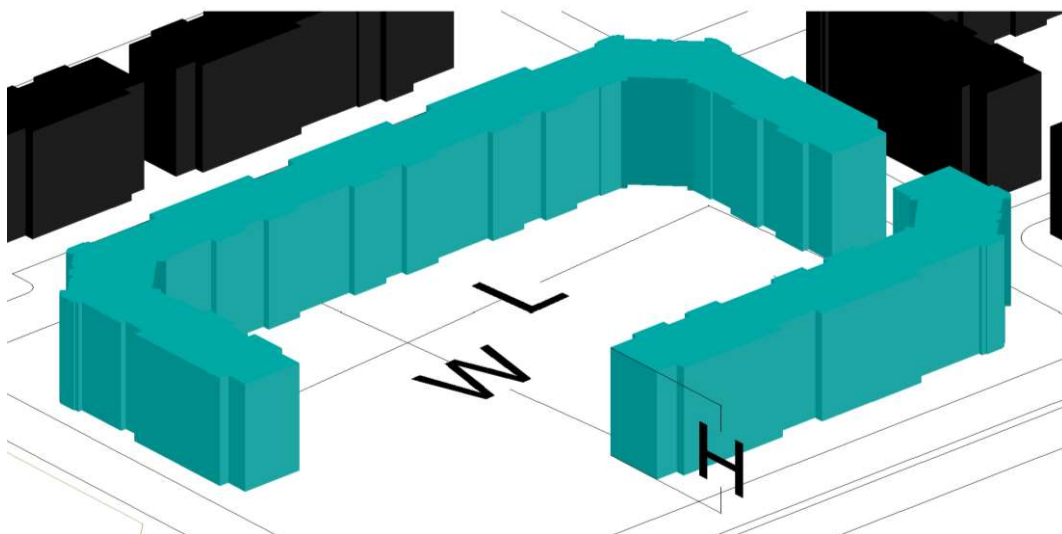


Figure III-32: exemple de calcul cas de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid.

5.2.2 Résultats d'évaluation des ratio H/L :

Tableau III.5: résultats de calcul des ratios des cités.

	Hauteur moyenne (M)	Valeurs ratio
La cité BOUSSOUF Abd El Hafid	20,00	0,38
Les 400 logements	15,90	0,32
La cité 1 ^{er} novembre 1954	12,84	0,40
La cité KAHOUL Rachid (AADL)	31,20	0,43
La cité Naaman DJEFFAL	06,72	0,51

Les résultats indiqués dans le Tableau III.5 ci-dessus, montrent que la plus haute valeur du ratio est remarquée dans la cité Naaman DJEFFAL, ceci est la suite de transformation des jardins ce qui réduit la distance entre les bâtis, ce qui à son tour augmente la valeur du ratio, contrairement à la cité des 400 lgts.

Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la ville des hauts plateaux El Eulma, son évolution, ainsi que la forme urbaine de la ville. La climatologie urbaine a été analysé, ce qui nous a fourni plus de détail sur les périodes d'investigations.

Des motivants nous ont permis de choisir le corpus, qui présente une variabilité de forme urbaine. Il s'est avéré obligatoire de combiner des stratégies méthodologiques notamment : l'analyse typo morphologique et des indicateurs morphologiques pour démontrer la variabilité des tissus urbains choisis, et le caractériser.

A l'issu de ces stratégies méthodologiques des bases de données ont été établies :

Une base de données climatique urbaine a été collectée, à travers plusieurs sources scientifiques définissant le type du climat et déterminant des périodes des mesures des paramètres microclimatiques des espaces publics des différentes configurations urbaines.

L'interaction de ces facteurs résulte que la ville d'El Eulma, jouit d'un climat continental semi-aride, se caractérisant par des étés chauds et secs, et des hivers pluvieux et froids. La région enregistre en hiver une importante pluviométrie, mais qui n'est pas uniforme pour toutes les zones.

Les périodes critiques remarquées, à travers l'analyse climatique de la ville d'El Eulma sont : le mois de Décembre pour la période hivernale, et le mois d'Aout pour la période estivale. Pendant le mois de décembre la température moyenne d'aire est au minimum avec une vitesse élevée, contrairement au mois d'Aout.

Une base de données composées des indicateurs typo morphologique à l'échelle urbain (densité bâtie, densité végétale, rugosité urbaine, etc.) et à l'échelle de l'espace public, qui caractérisent les différentes configurations urbaines. Ces indices sont évalués sur terrain et d'autres à travers un procédé de traitement d'image.

La seule cité qui se trouve à la périphérie de la ville d'El Eulma est la cité BOUSSOUF Abd El Hafid, construite sur un vaste terrain. Ce terrain comprend un long jardin qui divise toute la cité en deux. Contrairement aux autres cités se trouvent au centre-ville.

Le tracé régulier des voies est remarqué dans toute les cités, qui a une forme rectangulaire ou triangulaire (pour le cas de la cité KAHOUL Rachid), ce type de tracé offre davantage pour la circulation mécanique et de visibilité que soit pour les piétons ou les conducteurs. La seule cité qui porte des voies sinueuses est celle de 1^{er} Novembre 1954. Dans tous les tracés des cas d'étude, on observe une hiérarchisation des voies, qui facilite la circulation mécanique, ainsi que l'accès. Dans certains cas (cité BOUSSOUF Abd El Hafid, 400 logements, KAHOUL Rachid) le stationnement au bord de la rue, a été remplacé par des aires de parking.

Le profil morphologique des ilots, se présente sous plusieurs formes ; pour les configurations urbaines traversantes : les ilots sont de type semi-ouvert, occupés généralement que par les habitants des cités, puisque l'activité commerciale si elle existe, s'exécute à l'extérieur des ilots. La configuration urbaine de forme verticale, bénéficie des ilots ouverts. Ces derniers facilitent la circulation piétonne qui traverse toute la cité. Celui du tissu urbain de forme compacte, est intermédiaire horizontal de forme rectangulaire, le cœur de ces ilots généralement, ne sont pas visible de la rue, où la liaison de ces cœurs avec la rue est par des espacements entre les bâtiments, strictement pour les piétons.

Les formes urbaines présentent pour cette étude sont : la forme traversante, verticale et compacte. Ces formes urbaines comprennent des ilots semi-ouverts, ouverts et intermédiaires horizontales.

Les calculs des valeurs des indicateurs morphologiques, ont été obtenus à partir des relevés urbains ainsi qu'architecturaux. Cette étape a pour but de caractériser et identifier les différentes configurations urbaines et ses espaces urbains. Les résultats montrent qu'il y a des différences entre les tissus urbains du corpus choisis. L'analyse des résultats des calculs a mené aux conclusions suivantes :

Les indicateurs morphologiques à l'échelle urbain :

- Les valeurs de la densité bâtie varient entre 0,12 et 0,35. La valeur la plus élevée est attribuée au tissu urbain compacte dont les îlots ont une forme intermédiaire horizontale (cité Naaman DJEFFAL). En revanche, la configuration urbaine de forme verticale qui a des îlots ouverts, se caractérise par une faible densité bâtie (0,12). Les valeurs les plus élevées de la densité végétale sont présentes aux formes traversantes.
- Quant à la rugosité urbaine, des basses valeurs sont enregistrées pour les îlots semi-ouverts de la forme traversante sauf pour le cas de la cité KAHOUL Rachid. Entre les îlots ouverts de la forme verticale et les îlots intermédiaire de la forme compacte, on remarque que ces derniers sont les plus rugueux.
- Par rapport à la porosité des formes urbaines, on trouve que les îlots intermédiaires horizontales sont les moins poreux bien évident. Même si la porosité urbaine des îlots semi-ouverts et ouverts reste similaire, l'indice de la densité les clairement distingue.

A l'échelle de l'espace public : Les valeurs du ratio H/L varient entre 0,51 et 0,32, la plus importante valeur se trouve aux îlots intermédiaires horizontales de la forme compacte, contrairement aux îlots ouverts de la forme verticale.

Finalement le corpus choisis possède une variabilité typologique morphologique, enrichira notre étude.

Chapitre IV : Analyse des résultats

Analyse des résultats

Introduction

À partir de ce qui a été présenté dans le cadre théorique, ainsi de la littérature scientifique, nous avons pu identifier précédemment le confort aéraulique particulièrement dans les espaces extérieurs des configurations urbaines, et cela par l'analyse d'une manière détaillée à l'aide de différentes approches, méthodes et indices d'évaluation. Les caractéristiques morphologique et climatiques, de la ville des hauts plateaux El Eulma, ont été déterminé précédemment.

Il nous semble que, la meilleure méthode de vérifier l'hypothèse de cette étude, est l'expérimentation in situ. Pour ce cas de figure, ces approches sont plus avantageuses, et fiables, en adéquation avec les présentes configurations urbaines. L'expérimentation fournit un outil opérationnel et pratiques qui permet d'acquérir des résultats observables et proches à la réalité, sans se perdre dans les illusions et les prévisions.

Au cours du présent chapitre, on présentera dans un premier temps, les différents outils d'évaluation du confort aéraulique, par la suite la méthodologie de recherche fixée et les outils adoptés, afin d'arriver aux objectifs visés. La deuxième étape sera consacrée à la présentation et à l'analyse comparative des résultats, des différents paramètres microclimatiques, dans les différentes formes urbaines analysées et caractérisées auparavant.

Pour terminer, nous allons présenter l'investigation par un questionnaire, discuter son déroulement, et présenter le rôle de chaque concept utilisé dans ce questionnaire. Dans la même perspective, nous allons essayer d'analyser les résultats de ce questionnaire.

1 Outils d'évaluations

La recherche sur la perception du confort aéraulique, s'appuie sur quatre grandes méthodes : simulations (CFD), mesures sur le terrain, essais en soufflerie et enquête par questionnaire (Mattuella, Loredou-Souza, Oliveira, & Petry, 2016) (Ying, 2020).

1.1 Soufflerie

Dans les années 1960, les chercheurs ont prouvé qu'il était possible d'obtenir la structure du vent dans un environnement expérimental appelé soufflerie, dont une partie du sol était recouverte d'éléments physiques capables de simuler la structure de la couche limite atmosphérique (Jensen & Franck, 1963). Afin d'obtenir l'effet de la surface et la rugosité. Les études expérimentales des modèles de soufflerie fournissent des situations dans lesquelles les méthodes analytiques ne peuvent pas être utilisées pour estimer les charges de vent. Les essais en soufflerie jouent un rôle important dans la définition et la validation des études des profils de vitesse du vent, des profils d'intensité de turbulence et des sillages. (Mattuella, Loredou-Souza, Oliveira, & Petry, 2016)

1.2 CFD

Les essais en soufflerie donnent des résultats pertinents, et continuent d'être une référence en génie éolien pour les études de validité de nouvelles méthodes. Les limites des souffleries sont le temps nécessaire pour un essai et le choix d'un nombre limité de points de mesure dans les modèles. Les simulations de CFD sont de plus en plus utilisées pour la modélisation du vent autour des bâtiments (Capeluto, Yezioro, & Shaviv, 2003) (Chen Q. Y., 2004). Elles permettent de visualiser et de constater les effets aérodynamiques urbaines, ainsi que d'apprécier la fiabilité de certaines typologies de formes et géométries urbaines, en plus d'intervenir aux niveaux de ces dernières pour optimiser l'environnement aérodynamique. (Guouizi, 2004)

La modélisation CFD est un outil de conception plus rentable et plus rapide pour les études de génie éolien. De plus, les simulations CFD donnent une représentation quantitative et qualitative de l'écoulement du vent sur l'ensemble du volume simulé et pas seulement sur quelques points spécifiques liés à la présence d'instruments de mesure. Les études du vent des plans architecturaux et urbains sont rarement menées en raison des compétences techniques et scientifiques élevées que les simulations de CFD et les essais en soufflerie exigent. Une bonne connaissance de la mécanique des fluides est nécessaire pour utiliser correctement les simulations CFD. Il a été noté que ces outils ne sont jamais utilisés lors de la première phase de conception, bien que les décisions prises à cette première étape (volumes, implantation) soient très importantes pour la distribution du vent autour des bâtiments. (Reiter, 2010) (Houda, Belarbi, & Zemmouri, 2017)

On ce qui concerne cette recherche, le but est d'évaluer le confort des piétonnes au niveau des espaces urbains existants, pour cette raison l'adopter de la prise des mesures sur le terrain ainsi que le questionnaire des usagers de ces espaces, semble impératif pour cette évaluation.

2 Méthodologie de recherche

Cette recherche est basée sur une analyse comparative de plusieurs cas d'études choisis ? Afin de caractériser les formes et géométries urbaines, pour un confort aéraulique adapté des espaces extérieurs, des villes des hauts plateaux.

La prise des mesures sur site a l'avantage de résulter des données réelles, et en adéquation avec l'environnement bâtie et les obstacles existants. Néanmoins que, cette méthode ne suffit pas à évaluer l'effet d'une construction sur l'écoulements des vents locaux. Les mesures in-situ servent les concepteurs, dans le cas d'une intervention à un échelle réduit, d'un tissu urbain déjà construit.

On croit que l'enquête par questionnaire sur l'opinion des gens au sujet de la vitesse du vent fournit une méthode précise, complète et rentable. Comme cette méthode évalue l'impact de la forme urbaine sur trois paramètres du microclimat urbain (A_t , R_h , et W_s), il est possible d'avoir un aperçu de l'impact de la vitesse d'air sur les comportements des gens durant l'exercices de ses activités.

La prise des photos et le questionnement des piétonnes, ainsi que la prise des mesures, ont été effectué tout au long du travail sur le terrain, pendant les périodes définit dans le chapitre précédent durant l'année 2019, selon une grille prédéfini.

Ces méthodes ont l'objectif de de répondre à la problématique posée, et d'affirmer les hypothèses proposées déjà dans le chapitre introductif.

1.3 Mesures in-situ

Des mesures in-situ en position statique, des paramètres des microclimats urbains, ont été réalisées. Ces mesures ont été effectués à l'aide d'un appareil portatif multifonction calibré modèle TESTO 480, Dans plusieurs points des espaces extérieurs des différentes cités, à une hauteur de 1,5m au niveau du sol, puisque c'est la hauteur idéale de mesurer les effets mécaniques du vent sur les piétons.


L'utilisation de cet outil (mesure in-situ) permet de fournir des informations fiables et des données adéquates, avec chaque ville existante et configuration urbaine. (Plate E. J., 1999). Conformément aux études précédentes (Hou, Lu, & Fu, 2017) (Stathopoulos, Wu, & Zacharias, 2004), cette recherche s'est basée principalement sur l'étude de l'air température (A_t , °C), humidité relative (R_h , %) et vitesse du vent (W_s , m/s), puisque ces trois les paramètres doivent être combinés pour une meilleure description de la perception du microclimat urbain, au lieu de donner uniquement la température de l'air. (Willemsen & Wisse, 2007)

1.3.1 Instrument de mesure

L'Appareil Portatif de Mesures (TESTO 480) permet de réaliser des mesures des différents paramètres micro climatique des espaces extérieurs. Le Testo 480 est un compteur numérique de température, d'humidité et de débit d'air de haute précision qui permet de mesurer, et d'enregistrer tous les paramètres pertinents de ventilation et de qualité de l'air avec un seul appareil. Le Testo 480 dispose d'un capteur de pression différentielle intégré de haute précision pour les mesures. Il existe également une large gamme de capteurs optionnels de haute qualité pour effectuer plusieurs mesures (Débit d'air, Température, Humidité, CO₂, Intensité d'éclairage, Rayonnement thermique, Degré de turbulence, etc.)

Dans ce qui suite un Tableau IV.1, démontre les spécifications techniques de l'appareil de mesure in-situ utilisé, pendant les deux périodes hivernale et estivale.

Tableau IV.1:spécifications techniques TESTO 480

Paramètres microclimatiques	Plage de mesure	Résolution	Capteurs
Température d'aire (°c)	-20 à +70	0,1	
Humidité relative (%)	0 à 100	0,1	


Vitesse de l'air (m/s)	0 à +20m/s	0,01	
------------------------	------------	------	---



Figure IV-1: L'instrument de mesure utilisé.

1.3.2 La grille de mesure

Les trois paramètres du microclimat urbain, ont été mesurés dans les stations prédéfinis (annexe page 197). La sélection de ces stations a été basée sur l'observation sur place des espaces ouverts les plus occupés par les usagers. Le Tableau IV.2 ci-dessous, dévoile les caractéristiques des points de mesure.

Tableau IV.2: positions et caractéristiques des points de mesure.

Emplacement	Hauteur moyenne (niveaux)	Ration H/L	Végétation	Orientation de l'espace	Typologie de l'espace
01 Aire des jeux	06	0,37	Présente	Nord – Sud	Rectangulaire
02 Coin intérieur d'îlot	06	0,37	Absente	Nord – Sud	Rectangulaire
03 Entrée de l'îlot	06	1,70	Présente	Nord – Sud	Rectangulaire
04 Aire des jeux	06	0,37	Présente	Nord – Sud	Rectangulaire

05	Espace de stationnement	05	0,20	Présente	Est - Ouest	Carrée
06	Entre deux bâtiments	05	1,08	Présente	Nord - Sud	Rectangulaire
07	Aire des jeux	04	0,40	Présente	Est - Ouest	Rectangulaire
08	Entrée de l'îlot	05	1,32	Présente	Nord - Sud	Rectangulaire
09	Passage sous immeuble	04	/	Absente	Nord - Sud	Carrée
10	Entrée de l'îlots	10	1,39	Absente	Nord - Sud	Rectangulaire
11	Passage sous immeuble	12	/	Absente	Est - Ouest	Carrée
12	Aire des jeux	10	0,26	Présente	Nord -Sud	Triangulaire
13	Entrée de l'îlot	07	1,94	Présente	Est - Ouest	Triangulaire
14	Entrée de l'îlot	02	1,11	Absente	Nord - Sud	Rectangulaire
15	Espace commun	02	0,50	Absente	Est - Ouest	Rectangulaire

1.4 Questionnaire

2.1.1 Elaboration du questionnaire

Le questionnaire est l'une des trois méthodes utilisées, pour étudier les faits psychosociologiques. C'est une méthode de collecte des informations pour comprendre et expliquer les faits. Si l'entretien et l'observation sont des méthodes individuelles et collective, le questionnaire est uniquement collectif, qui s'applique à des échantillons, et qui doit permettre des inductions statiques. C'est le nombre des échantillons qui assure la validité de ce questionnaire, et la fiabilité de ses résultats. (Vilate, 2007)

Notre questionnaire fut élaboré avec l'apport de chercheurs du laboratoire LACOMOFA, ainsi qu'avec l'aide de plusieurs chercheurs de l'université de Biskra, spécialistes en sciences humaines et sociales, notamment en psychologie. Dans une première étape, le questionnaire a été présenté en français. Ensuite, un prétest a été effectué avec la participation des doctorants de l'université de Biskra, et des habitants de la ville El Eulma, afin de vérifier l'appréhension et le niveau de la compréhension des questions énoncées. Des modifications ont été apportées sur le questionnaire. Après, il a été traduit en langue arabe en utilisant quelques mots en parler local, afin que le questionnaire soit compréhensible par tous les participants. Le questionnaire final est présenté dans l'annexe (page 209).

La distribution de ce questionnaire a été faite par plusieurs architectes, pendant les jours de prise des mesures, pendant les deux saisons d'été et d'hiver. Nous avons pu collecter 385 copies de réponse, seulement 326 sont acceptés pour le traitement ; le reste des réponses sont exclues vue la contradiction des réponses.

Le questionnaire proposé pour cette recherche, compte trente questions (30) de type fermé, réparties selon un ordre varier pour éviter l'effet de contamination. (Giezendanner, 2012). Il tourne autour de deux principaux concepts, essentiels pour cette recherche : le confort aéraulique et la configuration urbaine. (Tableau IV.3)

Le premier concept composé de deux dimensions informations générales (talque : Age, genre et des prérequis sur le sujet). Puis on a repéré l'orientation de l'espace et la raison d'utilisation de l'espace. Ces questions peuvent nous fournir et catégoriser les usagers.

- Après avoir désigné les informations générales sur les échantillons, qui occupent les espaces extérieurs ouverts des configurations urbaines. On a proposé le deuxième concept de ce questionnaire intitulé : confort aéraulique. On a estimé qu'il est impératif de diviser ce concept en trois (03) dimensions principales qui sont : perception des vent, perception de température et comportement. La première dimension de ce concept s'appuie sur le comportement des usagers des espaces ouverts, cette dimension est composée de type l'activité de l'utilisateur, et le mode d'adaptation qu'ils utilisent, si un malaise est provoqué. Pour les deux dernières dimensions de ce concept, nous avons essayé de collecter le plus grand nombre des informations sur les niveaux de satisfaction vis-à-vis la température et la vitesse des vents, et leurs souhaits. Le dernier composant tourne autour de l'ensoleillement et son influence sur le niveau de satisfaction et du confort.
- Le dernier concept de ce questionnaire est l'espace urbain. D'abord on a commencé par l'aire des jeux comme dimension de ce concept, ses composant sont : la végétation, emplacement et le niveau d'acceptation de cet environnement aéraulique. Puis on a passé vers la deuxième dimension qui est l'espace de circulation. On a demandé le type de circulation ainsi le niveau de satisfaction pendant cette circulation.

Tableau IV.3: le questionnaire développé.

Concepts	Dimensions	Composants	Questions	
Informations générales	Informations personnelles	Age et sexe	Q1 : Age	
			Q2 : Sexe	
		Prérequis	Q3 : Avez-vous déjà répondu ce genre de questionnaire ?	
			Q4 : Selon vous, est-il important de considérer le confort aéraulique dans l'espace extérieur urbain ?	
	Environnement	Orientations / fréquentation		Q5 : Quelle est la raison de choix de cet espace ?
				Q6 : Orientation de l'espace ?
Confort aéraulique	Comportement	Type d'activités	Q7 : Quelle est l'activité pour laquelle vous utiliser cet espace extérieur ?	
			Q8 : fréquentation d'utilisation d'espace ?	
			Q9 : Combien de temps occupez-vous l'espace extérieur ?	
			Q10 : Est-ce que le vent provoque un malaise pour votre activité ?	
			Q11 : Que faite vous pour éviter les vents forts ?	
	Perception de température	Température d'aire		Q12 : Comment trouvez-vous la température à cet espace ?
				Q13 : qu'elle est la raison de cette sensation ?
				Q14 : que préféreriez-vous que soit la température ?
	Perception des vents	Ventilation naturelle		Q15 : êtes-vous satisfait par rapport à la ventilation à cet espace ?

			Q16 : Que souhaitez-vous que la ventilation soit ?
		Vitesse des vents	Q17 : Comment trouvez-vous la vitesse d'air à cet endroit ? Q18 : que préféreriez-vous ?
		Ensoleillement	Q19 : comment vous trouvez la durée d'ensoleillement à cet espace ? Q20 : pendant le soufflement des vents, trouvez-vous que l'ensoleillement influe sur la température des vents ? Q21 : Que préféreriez-vous ?
Espace urbain	Aires des jeux	Végétations	Q22 : Comment décrivez-vous la végétation dans cet espace ? Q23 : utiliser vous la végétation comme moyen de protection des vents
		Emplacement	Q24 : D'après vous, l'emplacement des airs des jeux est : Q25 : D'après vous, l'emplacement des airs des jeux en est : Q26 : Que préféreriez vous
		Acceptation	Q27 : Estimez-vous que l'environnement aéraulique est acceptable ? Q28 : Que préféreriez vous
	Espaces de circulation	Type de circulation	Q29 : Comment vous préférez arriver à cet espace ? Q30 : le vent est-il gênant par rapport à votre mode de circulation ?

2 Résultats et Interprétation (mesures in-situ)

Les critères d'évaluation du confort aéraulique, adoptés pour la présente étude, sont présentés dans le chapitre II (pages 75 - 85). Les valeurs numériques de ces résultats sont présentées dans l'annexe p213

2.2 La période hivernale

Les mesures in-situ ont été réalisées dans des conditions bien définies. Les vitesses du vent étaient fluctuantes dans les jours étudiés au cours des deux mois (décembre et août). Avec un ciel partiellement couvert pendant le mois de décembre et clair pendant le mois d'août.

2.2.1 Cité BOUSSOUF Abd El Hafid

La Figure IV-3 représente l'évolution quotidienne, du microclimat urbain enregistré dans différents espaces extérieurs, au cours du mois de décembre.

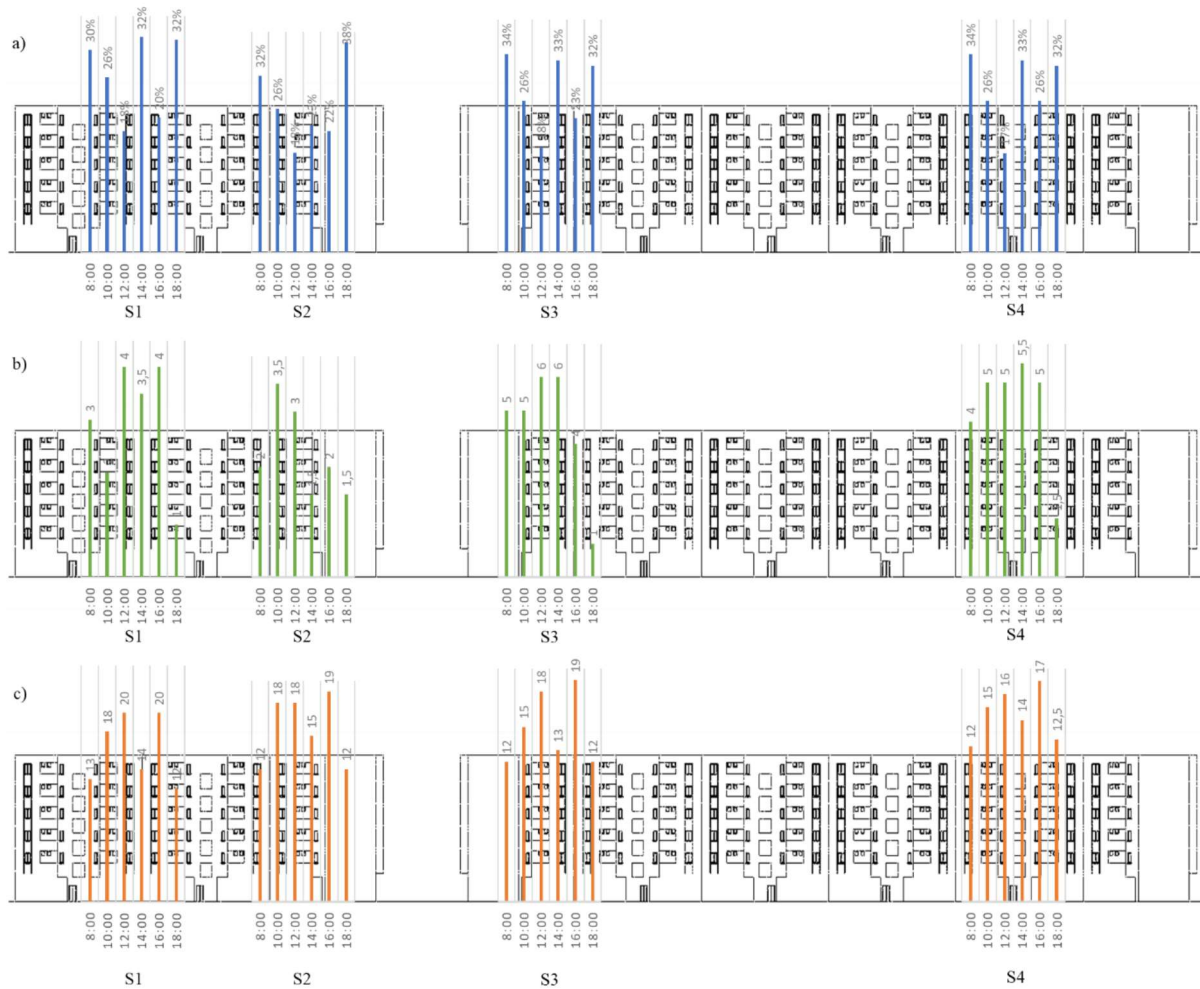


Figure IV-2: valeurs enregistrées de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid durant le mois de Décembre 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

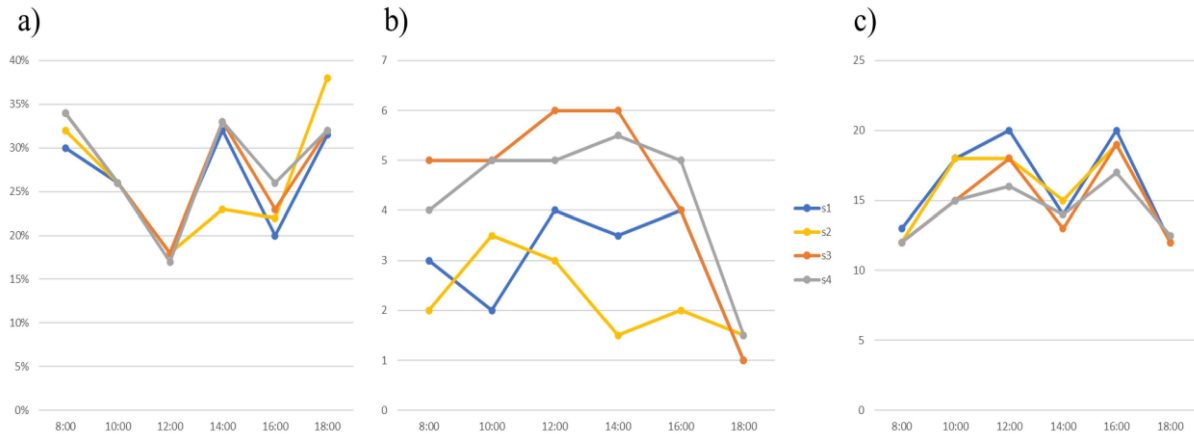


Figure IV-3: Comparaison entre les valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La Figure IV-3 (a, c) illustre qu'à 8 h et à 18 h, les niveaux de R_h sont élevés dans toutes les stations contrairement aux niveaux A_t . Cela est dû à la présence de masques (sur l'Est et Ouest) créés par les bâtiments au lever et au coucher du soleil. Ces masques diminuent la composante directe du rayonnement solaire et prolongent les phénomènes de gel-dégel. Le changement de couverture nuageuse à 14h, entraîne la baisse d' A_t , avec une augmentation de R_h due à la transpiration des feuilles des arbres. La position de la station 2 dans l'aire protégée, l'absence de végétation et la décroissance de W_s à 14h, lui confère une valeur R_h la plus basse avec une température d'air moyennement élevée.

La Figure IV-3 (c) montre que, la station 4 dans l'aire de jeu, enregistre un niveau A_t le plus bas avec un R_h modérément élevé par rapport à la station 1, malgré qu'ils aient les mêmes caractéristiques (Ratio, Végétation, orientation, tec.), ceci est dû aux l'exposition aux hautes vitesses du passage de l'air froid (différence entre la porosité des deux ilots).

Quant aux valeurs maximales W_s (qui atteignent 6m/s à midi), les stations 3 et 4 les enregistrent pendant toute la journée de mesure. Cela est dû à l'effet de maille créé par la forme rectangulaire de la configuration urbaine à la station 8, et l'effet de coin qui est présent à la station 3, créé par l'intersection des rues. La différence entre les valeurs de ratio de ces deux stations (voir Tableau IV.2) résulte des valeurs augmentées de W_s à la station 7. Figure IV-3 (b)

2.2.2 Cité des 400 logements

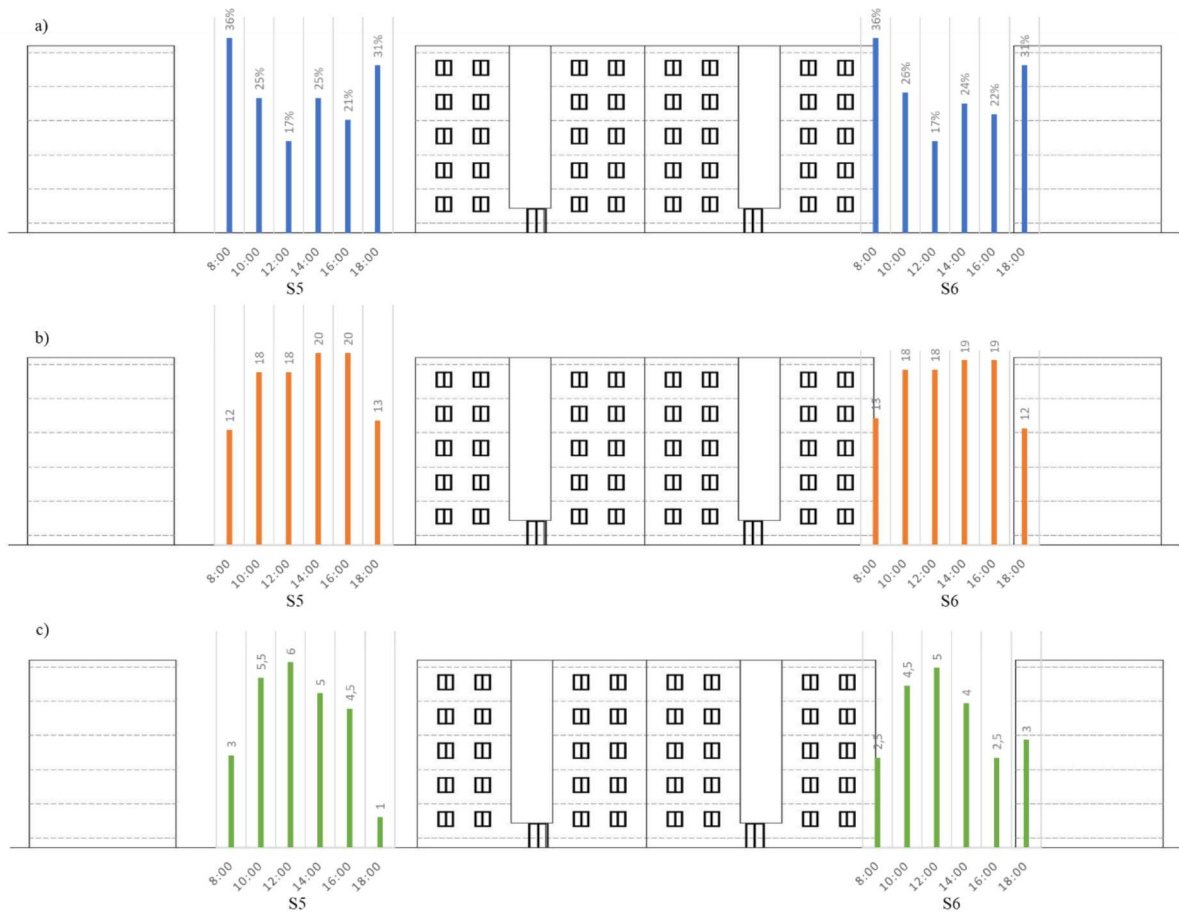


Figure IV-4: Valeurs enregistrées de la cité des 400 logements durant le mois de Décembre 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

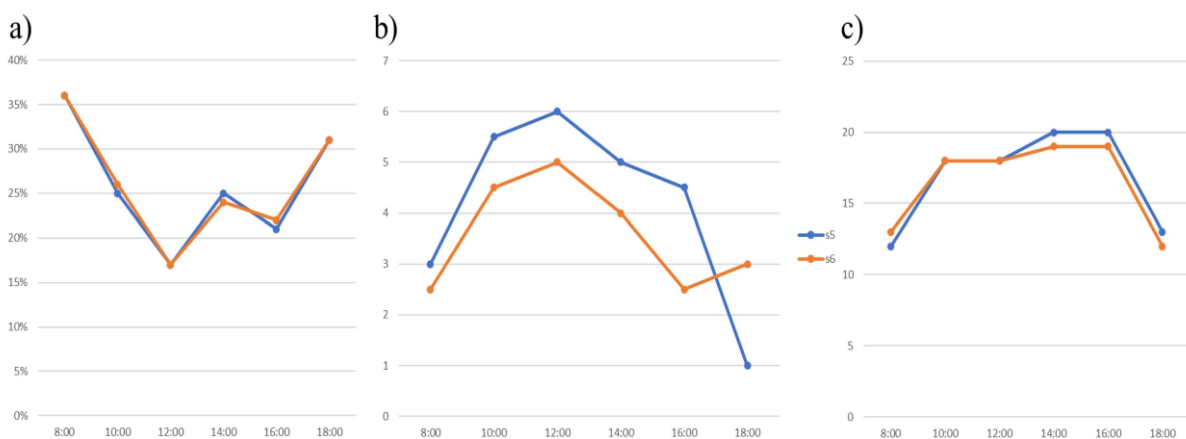


Figure IV-5: comparaison entre les valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La figure ci-dessus Figure IV-5, décrit la variation journalière du microclimat, au niveau des points de mesure de l'espace extérieur de la cité 400 logements.

Les taux de l'humidité relative à 08h et à 18h sont assez élevés dans les différentes stations, suite à la masse d'air qui existe pendant la nuit, contrairement aux températures d'aire. Ce taux de R_h se diminuent avec l'augmentation de rayonnement solaire et la température jusqu'à midi. Le changement de la couverture nuageuse à 16h avec les vitesses d'air élevées, augmentent les taux d'humidité et de température. Figure IV-5 (a, c)

L'effet de coin crée par la forme du bâtiment au niveau de station 5 résulte des vitesses d'air plus importante que la deuxième station. Cette station qui se trouve dans un endroit ou le ratio est plus important enregistre des bas taux de vitesse, suite aux bâtiments qui bloquent les vents du Nord. Les températures d'aire restent rapprochées malgré la différence entre les vitesses d'aire. Figure IV-5 (b)

2.2.3 Cité 1^{er} Novembre 1954

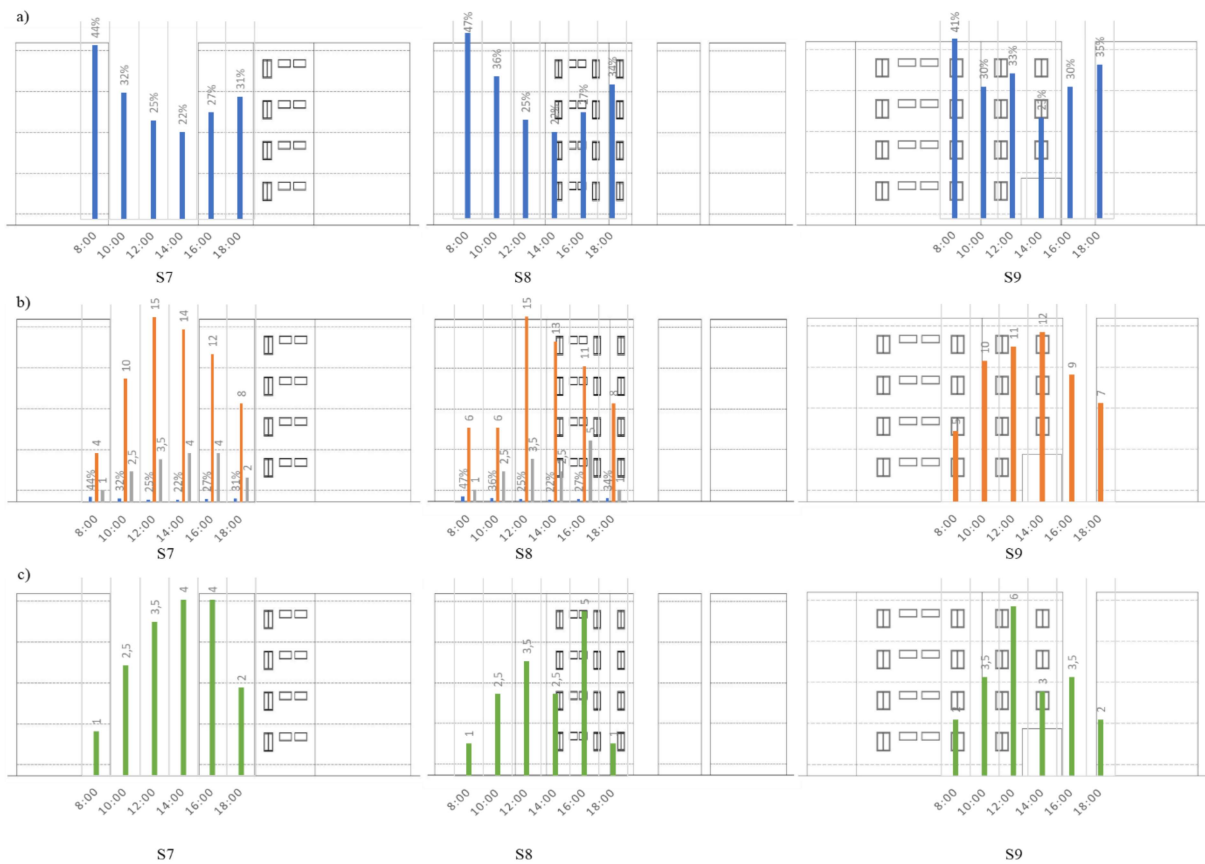


Figure IV-6 : valeurs enregistrées de la cité 1er Novembre 1954 durant le mois de Décembre 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

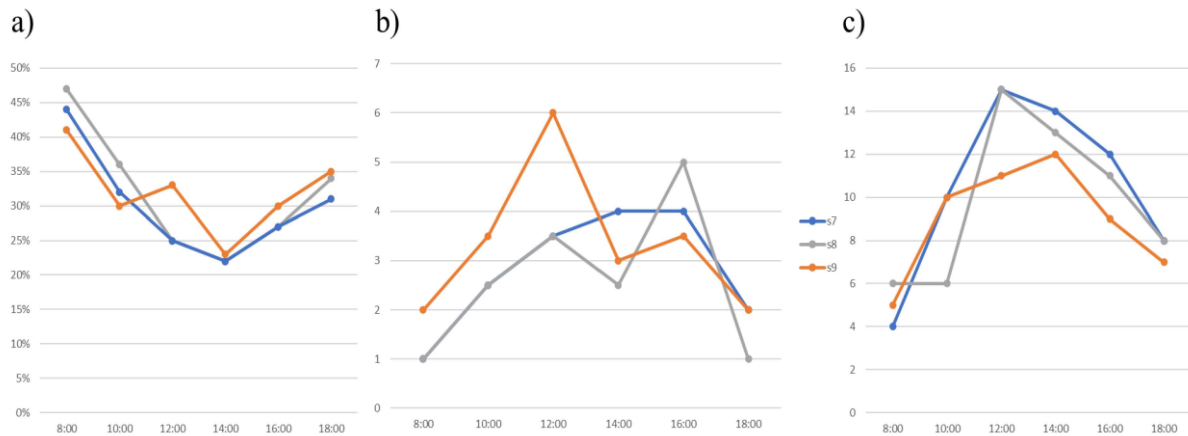


Figure IV-7: comparaison entre les valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La mutation journalière des paramètres du microclimat au niveau de la configuration urbaine de la cité 1^{er} Novembre 1954, est démontré dans la Figure IV-7 ci-dessus.

La station 9 qui se trouve dans le passage sous immeuble, enregistre les valeurs les plus hautes de vitesse d'aire et d'humidité relative, contrairement aux températures. Cela est suite à l'effet de passage sous immeuble, la diminution de la composante directe du rayonnement solaire, ainsi que l'orientation de ce passage en parallèle avec les vents dominant.

La station 7 enregistre des valeurs importantes de vitesse d'aire (W_s), par rapport à la station 8, malgré le grand écart entre les deux ratio (ratio de la station 8 est le plus grand), Vu à l'exposition directe aux vents dominants du Nord. Cette exposition est favorisée par la porosité de cette configuration urbaine au niveau de cet espace urbain. Figure IV-7 (b)

La station 8 enregistre un pique de vitesse à 16h, suite au changement de direction des vents.

2.2.4 Cité KAHOUL Rachid (AADL)

Les fluctuations pendant le jour de prise des mesures des paramètres du microclimat urbain, ont été enregistrées à différentes stations des espaces extérieurs au cours du mois de décembre, et illustrées dans la Figure IV-9.

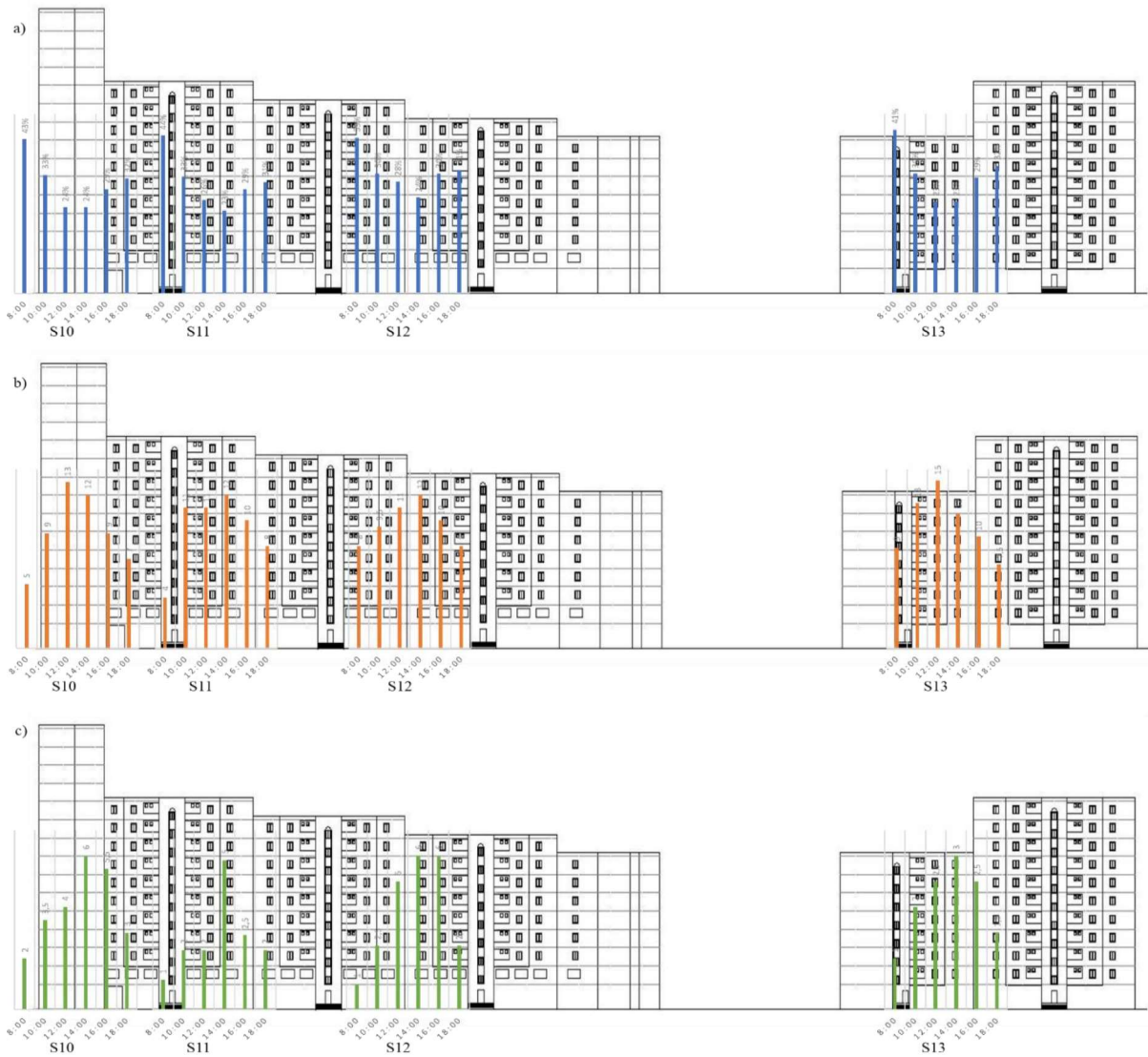


Figure IV-8 : Valeurs enregistrées de la cité KAHOUL Rachid durant le mois Décembre 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

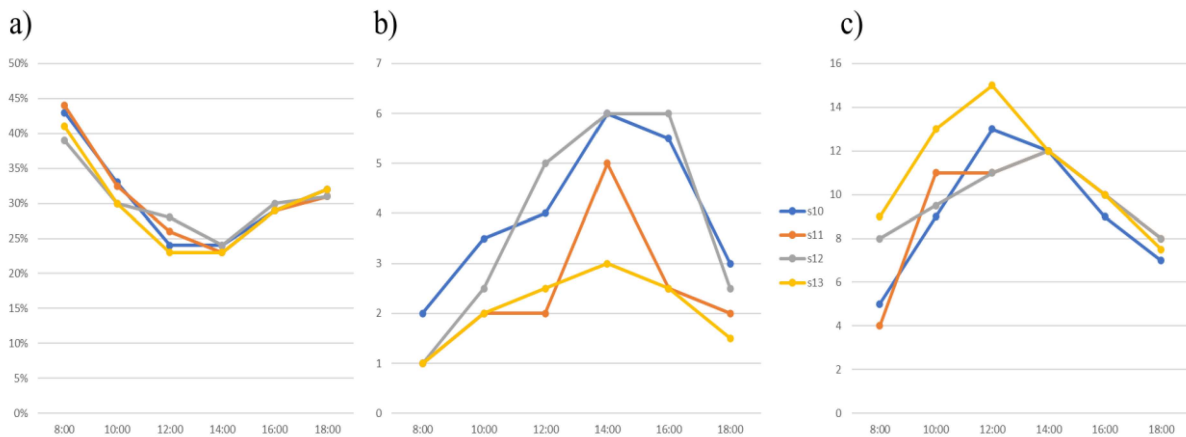


Figure IV-9: valeurs enregistrées durant le mois de Décembre 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

Les niveaux Rh mesurés aux stations (Figure IV-9 (a)), sont très proches (écart maximal de 5%) et importants dans toutes les stations de 8h à 10h et de 16h à 18h, contrairement aux At (Figure IV-9 (c)), en raison de présence des masques solaires créés par les grandes hauteurs des bâtiments au lever et au coucher du soleil (07 à 10 niveaux). Ces masques bloquent la composante directe du rayonnement solaire et prolongent la durée des fameux phénomènes de gel-dégel, au lever et au coucher du soleil.

L'orientation (Est – Ouest) de l'espace extérieur à la station 13 de la présente configuration urbaine, résultent des plus bas Ws, Rh contrairement à l'At, par rapport à la station 10. Les deux stations se situent à l'entrée des îlots. En plus le ratio de cette dernière (station 10) est plus important à celui de la station 13. Figure IV-9 (b).

Les valeurs de Ws les plus élevées sont présentes aux stations 10 et 12 puisque les deux stations sont exposées directement aux vents du nord dominants, ses emplacements créent l'effet de canalisation pour S10 qui se situe entre les deux tours, et l'effet de la cour pour S12 dans l'aire des jeux, malgré l'immense écart entre les deux ratios.

La fluctuation de Ws à 14h dans la station 11 (14 m/s), qui se trouve dans le passage sous l'immeuble d'orientation Est – Ouest, et qui enregistre des basses valeurs pendant toute la journée, est suite au changement de direction du vent. Ce qui crée l'effet du passage sous le bâtiment.

2.2.5 Cité Naaman DJEFFEL

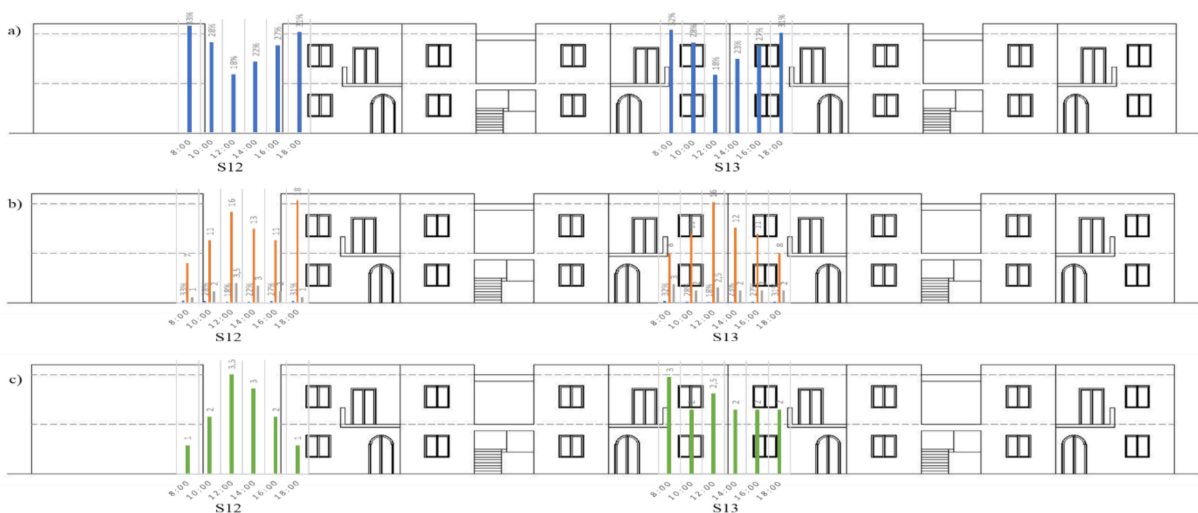


Figure IV-10 : Valeurs enregistrées de la cité Naaman DJEFFAL durant le mois Décembre 2019.

(a) Rh, (b) Ws et (c) At

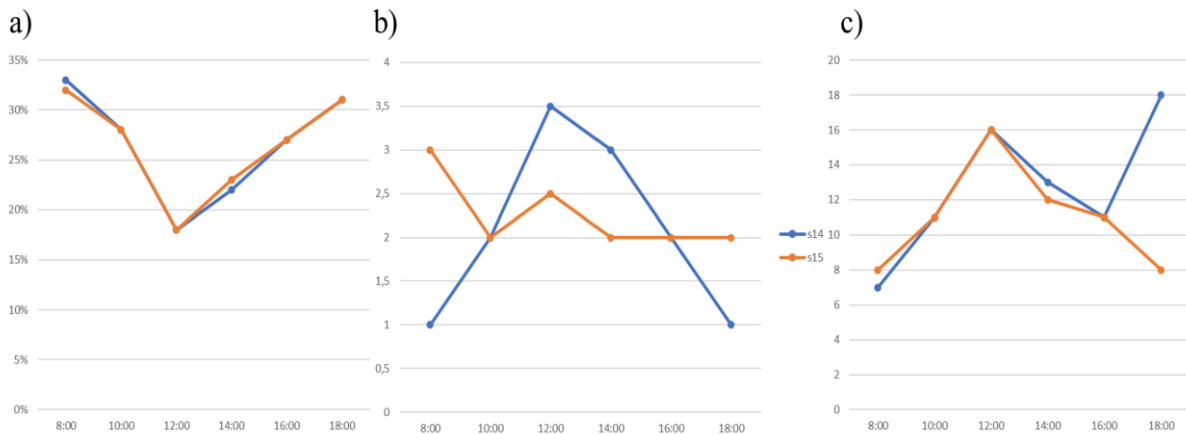


Figure IV-11: comparaison des valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La Figure IV-11 décrit la mutation journalière du microclimat urbain au niveau des station de la cité Naaman DJAFFAL pendant le mois de décembre.

La station 14 à l'entrée de l'ilot, enregistre des fluctuations de vitesse de vent (W_s), contrairement à la station 15 au centre de l'espace commun. Ces fluctuations sont suite à l'orientation parallèle des vents dominants. Quant à la station 15, elle est protégée par le Nord est le Sud. Figure IV-11 (b)

En ce qui concerne les températures (A_t) et les taux d'humidité relatives (R_h), les deux stations n'enregistre pas de différence entre eux. Figure IV-11 (a, c)

2.3 La période estivale

2.3.1 Cité BOUSSOUF Abd El Hafid

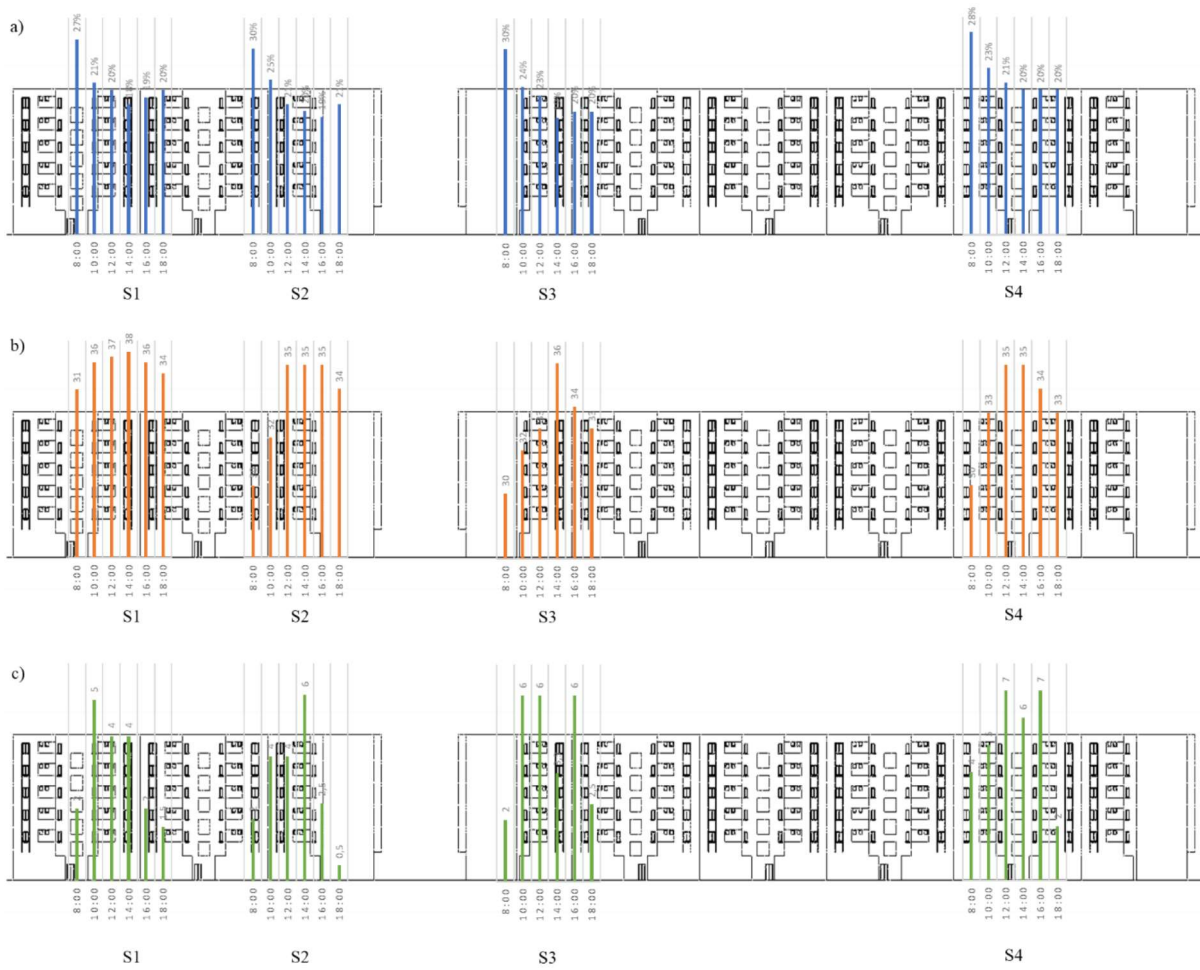


Figure IV-12: Valeurs enregistrées de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid durant le d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

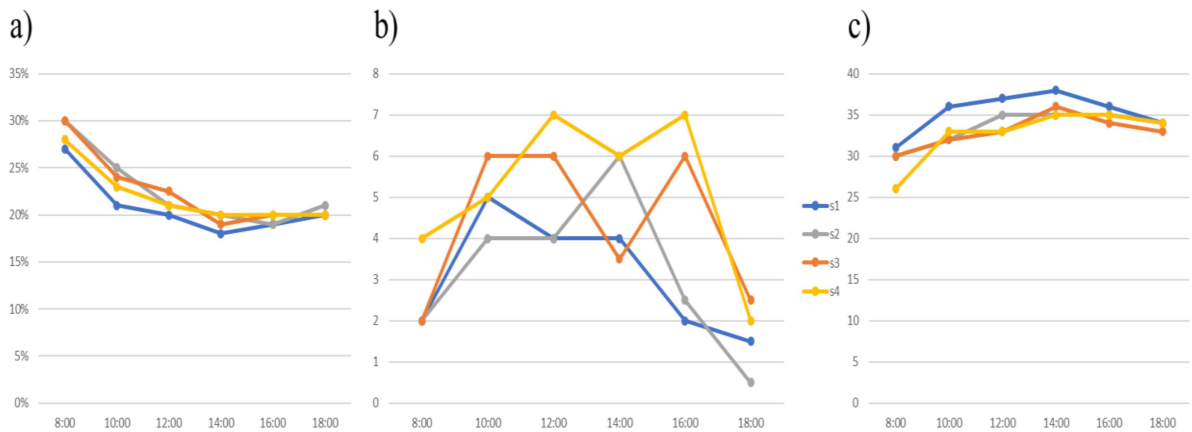


Figure IV-13: comparaison des valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

L'évolution journalière des paramètres du microclimat urbain, qui ont été enregistrés dans différents espaces extérieurs au cours du mois d'août, est illustrée dans la Figure IV-13.

Les Figure IV-13 (a, c) révèlent que contrairement aux niveaux A_t , les niveaux R_h du matin sont plus élevés que ceux de l'après-midi. C'est la cause des masses d'air humides et relativement froides qui existaient pendant la nuit. La station 1 de l'aire des jeux, enregistre les valeurs A_t les plus élevées et les niveaux R_h les plus faibles à cause de l'ombre portée des bâtis jusqu'à cette heure, et aux faibles W_s venant du sud, ce qui empêche le renouvellement de l'air. Figure IV-13 (b)

L'ombre portée du bâtiment, diminue l' A_t à partir de 14h. à 18h de 4°C , malgré la baisse des vitesses du vent. Station 4 exposée à des valeurs élevées de W_s (jusqu'à 7m/s), suite à l'effet Wise crée par cette disposition des bâtiments. Cette vitesse et direction de ventilation (Sud), diminue la température de l'air (jusqu'à 4°C à midi), par rapport à la station 1 (malgré qu'ils aient les mêmes caractéristiques). De plus, cela provoque une gêne pour les piétons.

2.3.2 Cité des 400 logements

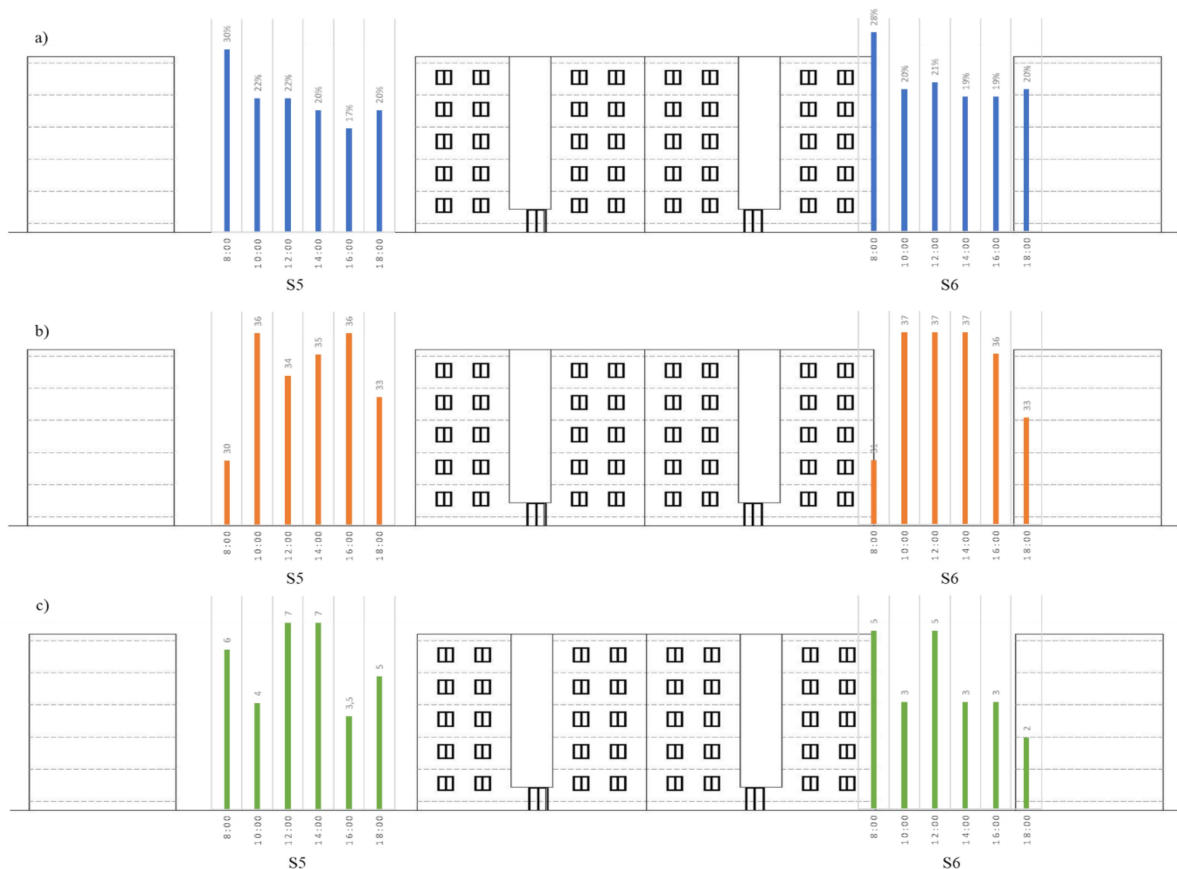


Figure IV-14 : Valeurs enregistrées de la cité des 400 logts durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

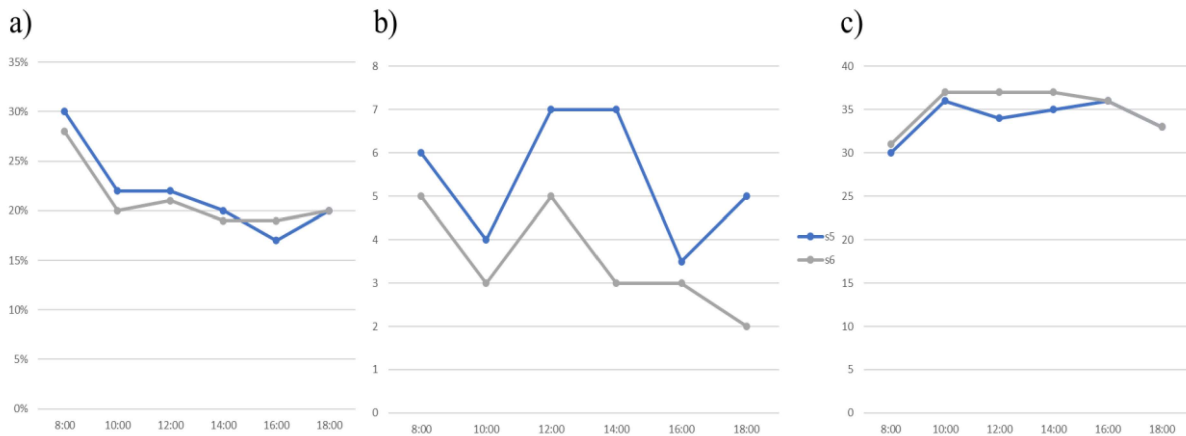


Figure IV-15: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

Les changements des taux du R_h , W_s et A_t , enregistrés dans les stations de mesure pendant la journée du mois d'Aout, sont illustrés dans la Figure IV-15

La température d'aire enregistrée à 08h est la plus basse pendant toute la journée, ceci est suite à l'aire frais qui existait pendant la nuit. Puis s'accroit dans les deux stations à l'inverse à l'humidité relative. Figure IV-15 (a, c)

La station 5 qui bénéficie le plus de vitesse d'aire suite à l'effet de coin, résulte des températures légèrement basses par rapport à la station 6, puisque le changement d'air ambiant est si rapide. Figure IV-15 (b)

2.3.3 Cité 1^{er} Novembre 1954

La Figure IV-17 illustre les changements des différents composants du microclimat, de la configuration urbaine de la cité 1^{er} Novembre 1954, pendant une journée du mois d'Aout.

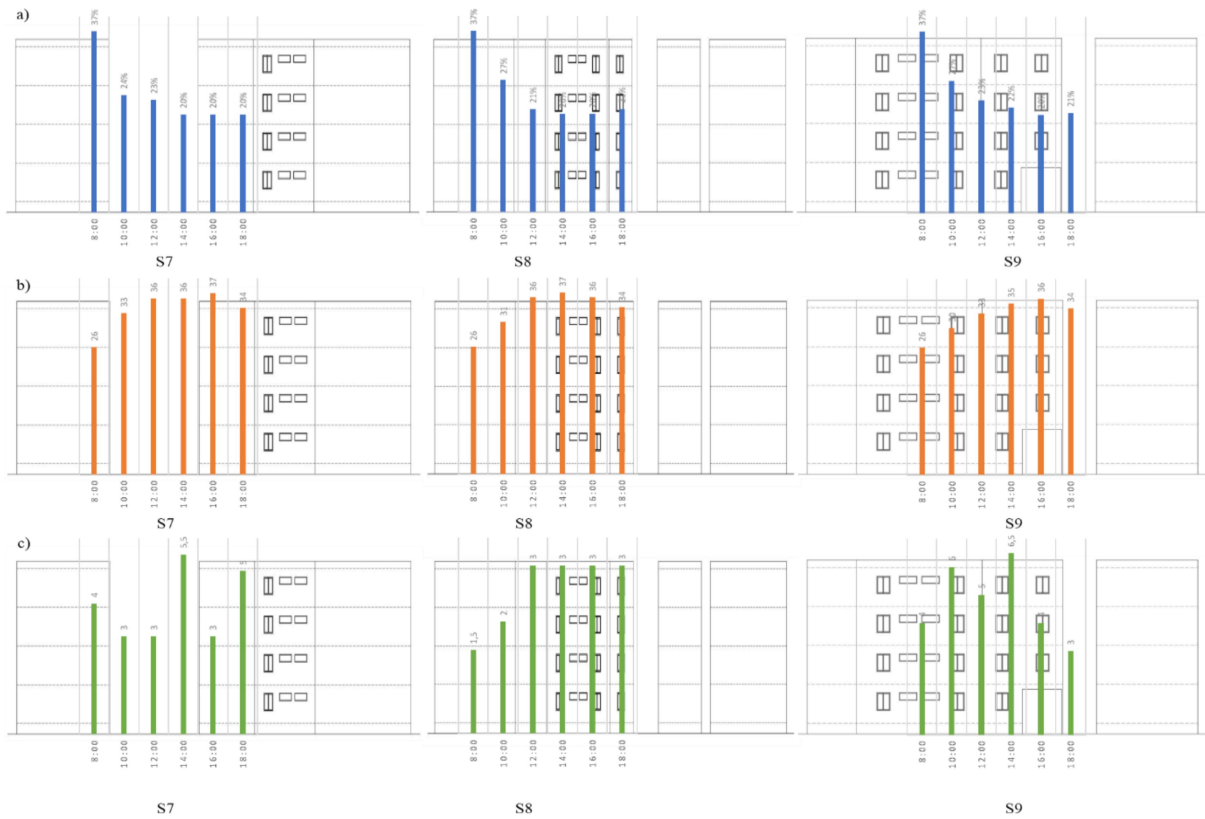


Figure IV-16: valeurs enregistrées de la cité 1er Novembre 1954 durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

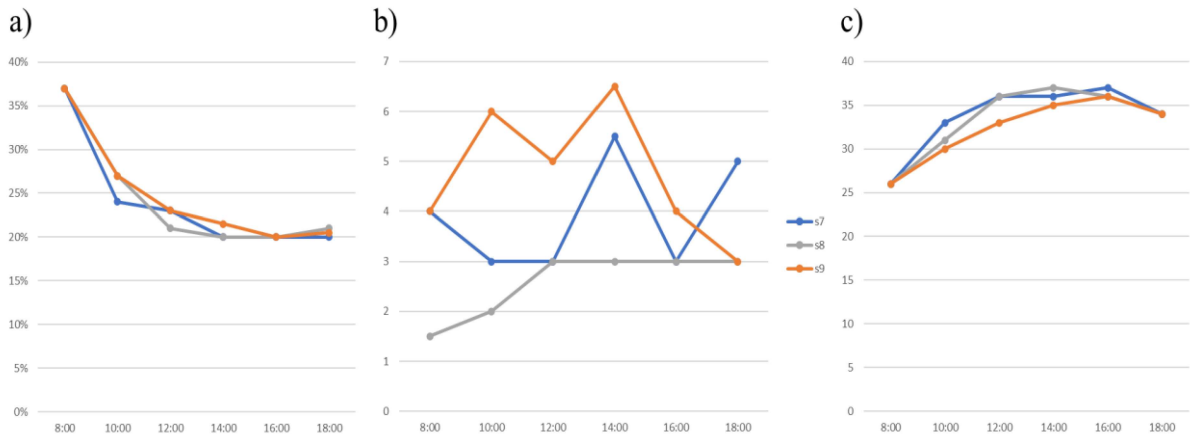


Figure IV-17: comparaison des valeurs enregistrées.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La station 9 dans le passage sous immeuble d'orientation Nord – Sud, enregistre des valeurs très importantes des vitesses d'air. En revanche les températures d'air enregistrées sont les plus basses, puisque l'espace est protégé des rayonnements solaires. Figure IV-17 (a, b)

L'orientation Est-Ouest de l'espace extérieur à la station 7 suite à la disposition des bâtis, lui confère des vitesses augmentées par rapport à la station 8, malgré le grand écart entre les deux

ratio (ratio de la station 8 est le plus grand). Cela est puisque cet espace (S7) se trouve dans la zone critique créée par l'effet barre. Cet effet est créé par les vents dominants Sud bloqué par les longs bâtis.

La station 8 se trouve dans une zone protégée par les bâtis des côtés Sud et Est, ce qui diminue l'exposition aux rayonnements solaire et des vents dominants Sud pendant cette période. Ces facteurs lui attribuent des températures d'air légèrement basses.

2.3.4 Cité KAHOUL Rachid (AADL)

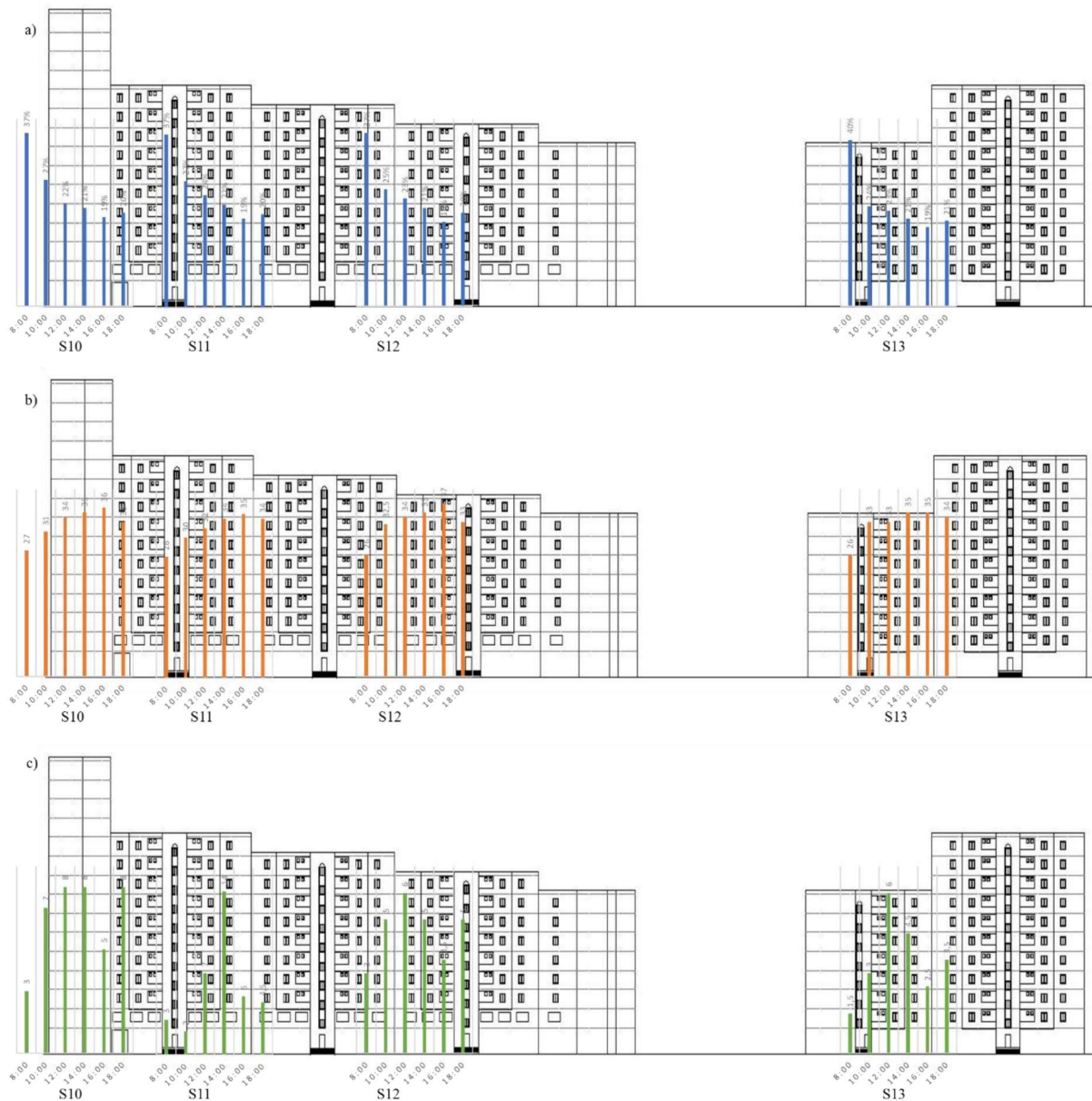


Figure IV-18: valeurs enregistrées de la cité KAHOUL Rachid durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

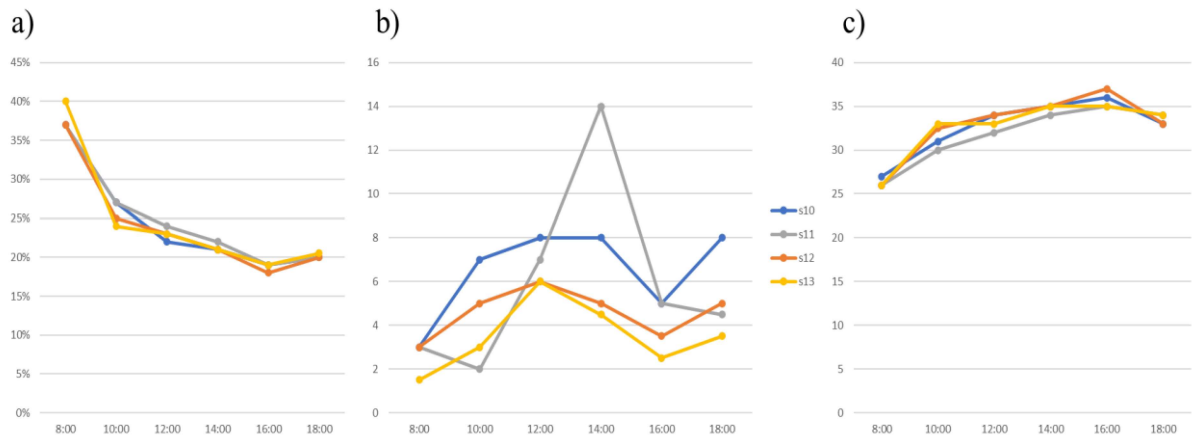


Figure IV-19: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

Les graphiques ci-dessus (Figure IV-19 (A), (c)) montrent que les niveaux de R_h sont proches (écart jusqu'à 3 %). Les masses d'air humides et relativement froides de la nuit, ainsi que les grandes hauteurs (07 à 10 niveaux) des immeubles d'habitation, créaient d'immenses ombres portées, qui résultent des niveaux R_h élevés et des bas niveaux de température d'air jusqu'à 10h du matin. La diminution des niveaux de R_h ainsi que l'augmentation d' A_t jusqu'à 16h, sont dues aux renouvellements continus de l'aire par les vents dominants secs et chauds venant du sud. En plus des hauteurs importantes.

Les valeurs A_t les plus faibles sont présents à la station 11 en raison du passage piéton couvert sous le bâtiment, qui élimine la composante directe du rayonnement solaire à l'intérieur du passage, et refroidit l'air. Cette station enregistre les valeurs les plus élevées de W_s entre midi et 16h, en raison des changements de direction du vent parfois et de l'effet de coin.

La Figure IV-19 (b) révèle que les W_s les plus élevés sont enregistrés à la station 10, qui est située à l'entrée piétonne de la configuration urbaine, entre les deux tours (10 niveaux, ratio 1,39), ce qui génère l'effet Venturi pendant l'été. Les plus basses sont enregistré à la station 13 où la zone est protégée en été. Cette protection est le résultat de la forme triangulaire de l'îlot et de son orientation (Est-Ouest), malgré la hauteur de l'entrée (07 niveaux, ratio 1,94).

2.3.5 Cité Naaman DJEFFAL

II. La Figure IV-21 illustre les différentes valeurs des paramètres du microclimat urbain de la cité Naaman DJEFFAL, enregistré pendant une journée du mois d'Aout.

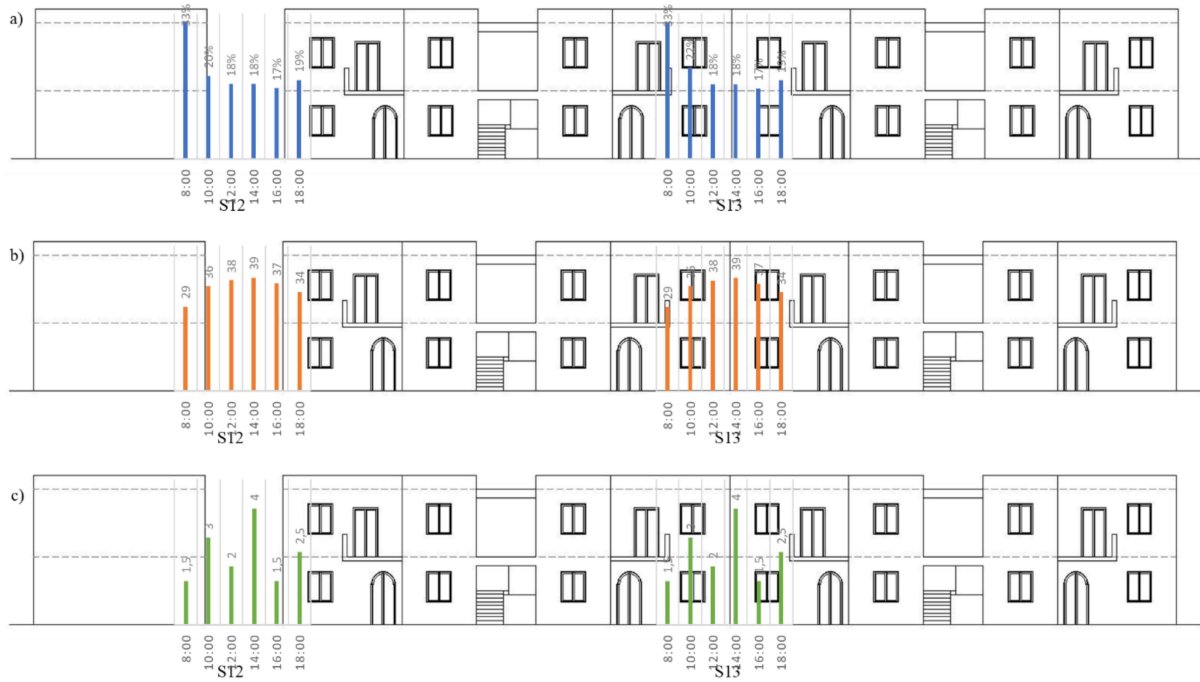


Figure IV-20: Valeurs enregistrées de la cité Naaman DJEFFAL durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

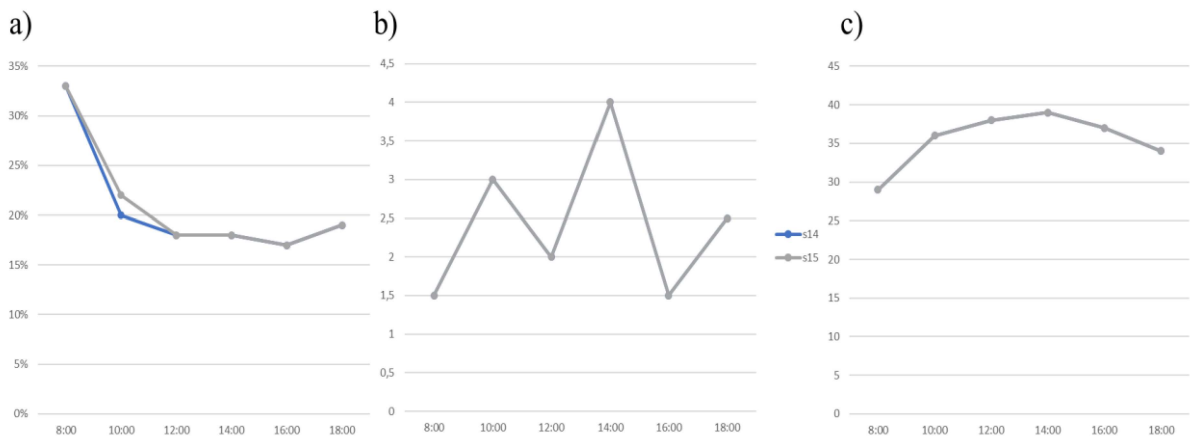


Figure IV-21: valeurs enregistrées durant le mois d'Aout 2019.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La densité urbaine élevée de cette configuration urbaine, résulte aucune différence entre les valeurs enregistrées par les deux stations pendant l'été. La fluctuation des vitesses de vent enregistrée, est suite aux changements de direction des vents.

2.4 Analyse comparative

En comparant les résultats obtenus des paramètres microclimatiques, à partir des différentes configurations urbaines existantes de la ville El Eulma, nous avons constaté que :

les influences des configurations urbaines sur les paramètres du microclimat urbain pendant l'hiver et l'été, sont significatifs dans les configurations résidentielles étudiées, illustrées dans les figures ci-dessous.

Les données retenues au niveau des aires des jeux et des espaces communs, des différentes cités résidentielles dévoilent que :

2.4.1 Période hivernale

La comparaison des résultats des paramètres du microclimat, des différentes configurations urbaines, aux des aires des jeux et des espaces centraux, est présentée dans la Figure IV-22, ci-dessous.

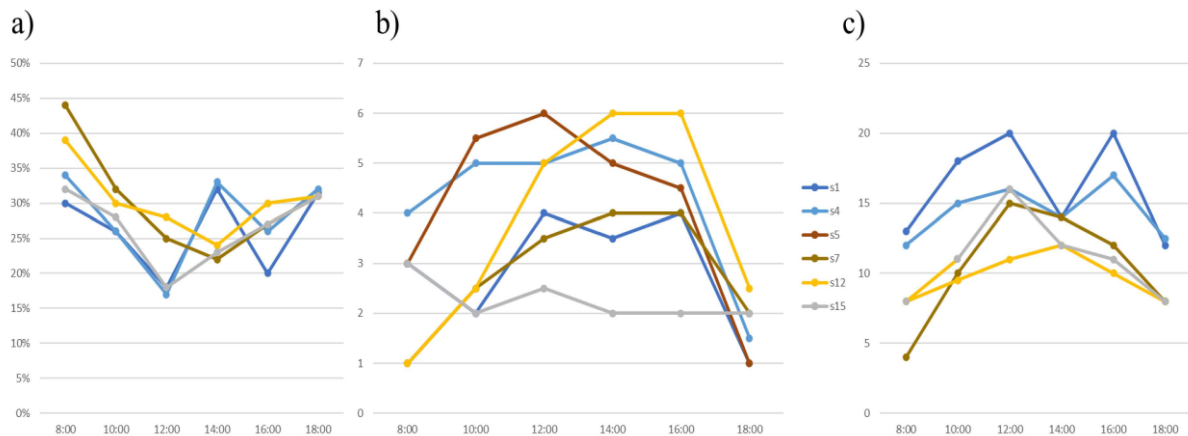


Figure IV-22: comparaison des résultats des stations 1,4,5, 7,12 et 15 en hiver.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La Figure IV-22 montre que la station 12, qui se trouve dans l'espace public de la forme traversante de la cité KAHOUL Rachid (AADL), enregistre les taux les plus élevés des vitesses d'air (W_s) et d'humidité relative, Avec des températures d'air les plus basses. Cela est suite à la spécificité de cette configuration, qui a la plus grande valeur de rugosité urbaine (1,48) et le plus bas ratio (0,26). Ces valeurs de vitesses d'airs qui dépassent les 5m/s pendant l'après-midi, peuvent conduire à l'état d'inconfort pour quelques activités.

L'îlot ouvert de la forme verticale de la cité des 400 logements (station 5), enregistre des valeurs variables de vitesse d'air, l'augmentation de ces valeurs haut de 5m/s avant-midi, est suite aux changements de directions des vents ce qui favorise l'effet de coin au niveau de cette zone, ce qui peut engendre un malaise des piétons, qui sont en position debout ou assise.

En revanche la station 15 qui se trouve dans un ilot de type intermédiaire horizontale au niveau de la cité Naaman DJEFFAL, qui a une forme compacte, a obtenu les plus basses vitesses d'air, à cause du taux très élevé de densité urbaine, en plus de l'orientation de l'espace Est – Ouest, et la valeur élevée du ratio (par rapport à ces stations (0,5)), formées par les bâtis, qui bloquent les vents dominants Nord. La station 7 au niveau de l'espace ouvert de la cité 1^{er} Novembre 1954, qui a un ratio proche à celle de S15 au niveau de la forme compacte (avec la même orientation d'espace), enregistre des valeurs plus importantes de W_s . Cela est à cause de la valeur élevée de la porosité urbaine, et basse de la densité bâtie, au niveau de cette forme urbaine traversante.

Les stations 1 et 4, enregistrent les plus hautes températures d'air, suite à l'exposition élevée aux rayonnements solaire, cette exposition est favorisée par l'orientation Nord- Sud de la géométrie de l'espace ouvert de cet ilot semi-ouvert.

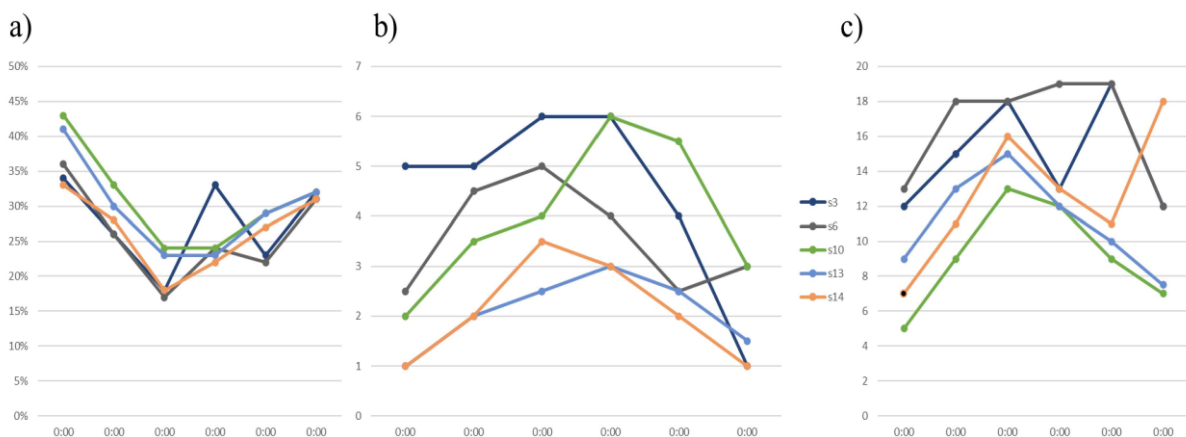


Figure IV-23: comparaison des résultats des stations aux niveaux des entrées des ilots en hiver
(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La Figure IV-23 dévoile, le résultat de comparaison entre les paramètres du microclimat urbaine (R_h , W_s , A_t), aux niveaux des entrées des cités étudiées.

Les stations 03 et 10 enregistrent des valeurs de vitesses d'air élevées. Cela est dû aux valeurs importantes des ratio (1,70 et 1,39 respectivement), en plus de l'orientation parallèle aux vents dominants du Nord. En revanche, la station 13 qui a le plus grand ratio (1,94), enregistre des faibles valeurs de W_s , à cause de son orientation Est – Ouest. Figure IV-23 (b)

Les valeurs les plus basses de température sont enregistré à la station 10. Mais les plus hautes sont à la station 6 (cité des 400 logements), suite à la durée d'ensoleillement élevée. Figure IV-23 (c)

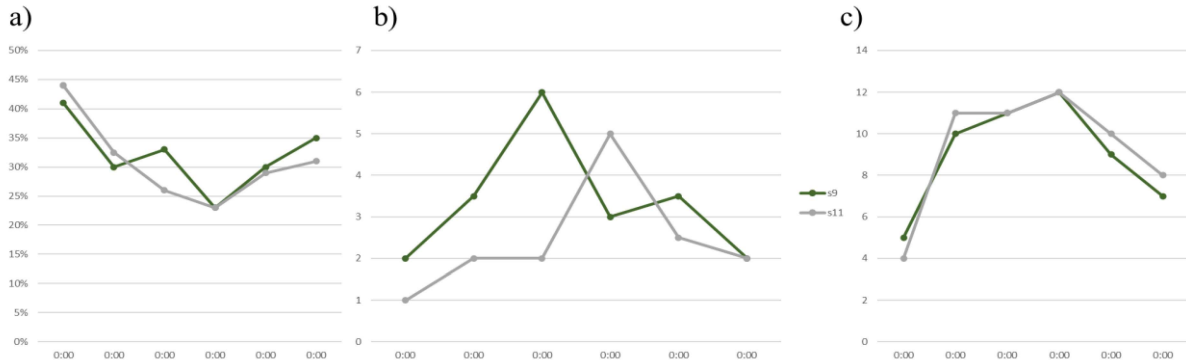


Figure IV-24: comparaison des résultats aux niveaux des vides sous immeubles en hiver.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

Le résultat de comparaison des valeurs des paramètres du microclimat urbain, aux niveaux des vides sous immeubles, pendant le mois de Décembre, est illustré dans la Figure IV-24

Les deux stations enregistrent des valeurs différentes de vitesse d'airs, contrairement aux température et humidité relative. Cette différence est la conséquence des orientations différentes. La station 9, au niveau de la cité 1^{er} Novembre 1954, enregistre les plus grandes valeurs de W_s , puisqu'elle a d'orientation Nord – Sud.

Le changement de direction de ces vents à 14h, augmente la vitesse d'aire à la station 11 (orientation Est – Ouest) et diminue celle de S9.

2.4.2 Période estivale

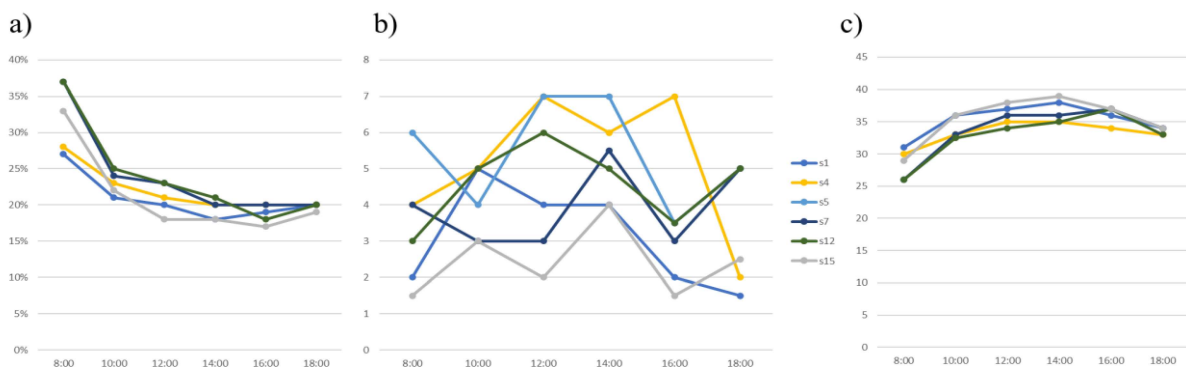


Figure IV-25: comparaison des résultats des stations 1,4,5,7,12 et 15 en été.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t

La comparaison des résultats des paramètres du microclimat, des différentes configurations urbaines, aux des aires des jeux et des espaces centraux, pendant le mois d'Aout, est présentée dans la Figure IV-25, ci-dessus.

La Figure IV-25 (b), montre que la station 4 de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid, qui a une basse valeur de rugosité urbaine, contrairement à la porosité, enregistre les plus grandes vitesses d'aire, et résulte des basses températures.

Les plus grandes températures d'aire sont enregistrées à la station 15, ou on trouve la plus dense configuration urbaine, avec des vitesses d'air et des densité végétale très faible.

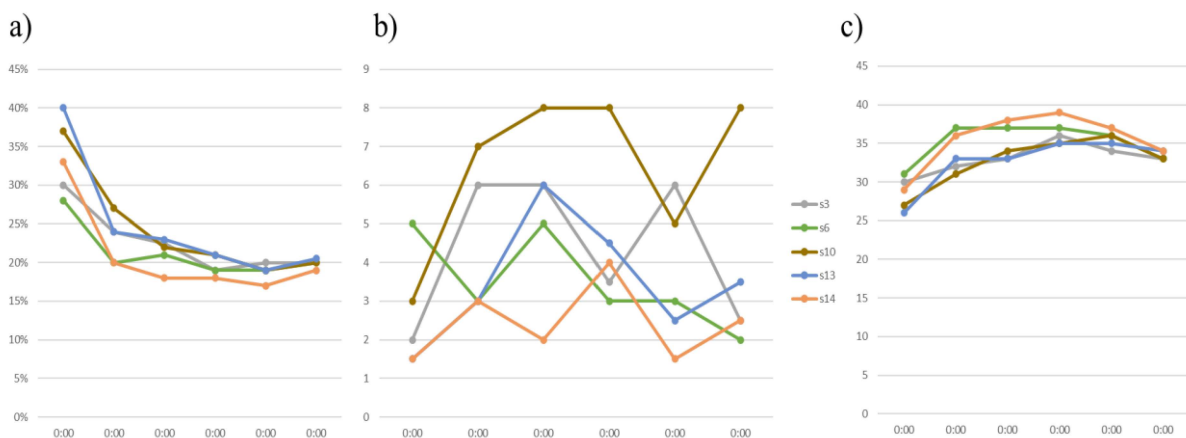


Figure IV-26: comparaison des résultats des stations aux niveaux des entrées des cités en été.

(a) R_h , (b) W_s et (c) A_t .

La Figure IV-26 dévoile, le résultat de comparaison entre les paramètres du microclimat urbaine (R_h , W_s , A_t), aux niveaux des entrées des cités étudiées, pendant le mois d'Aout.

La station 10 enregistre les plus grandes valeurs de W_s , avec des basses températures d'air. Cela est suite à l'effet Venturi engendré par la forme de la cité et la direction des vent dominants (Sud). Quant à la station 13 qui a le plus grand ratio (1,94) enregistre moins de vitesse d'aire. Ceci est à cause de l'orientation Est – Ouest de l'entrée.

La station 14 de la cité Naman DJEFFAL, qui a un ratio important (1,11), enregistre les plus grandes températures. Cette configuration urbaine est caractérisée par un taux élevé de densité urbaine contrairement à celui végétale.

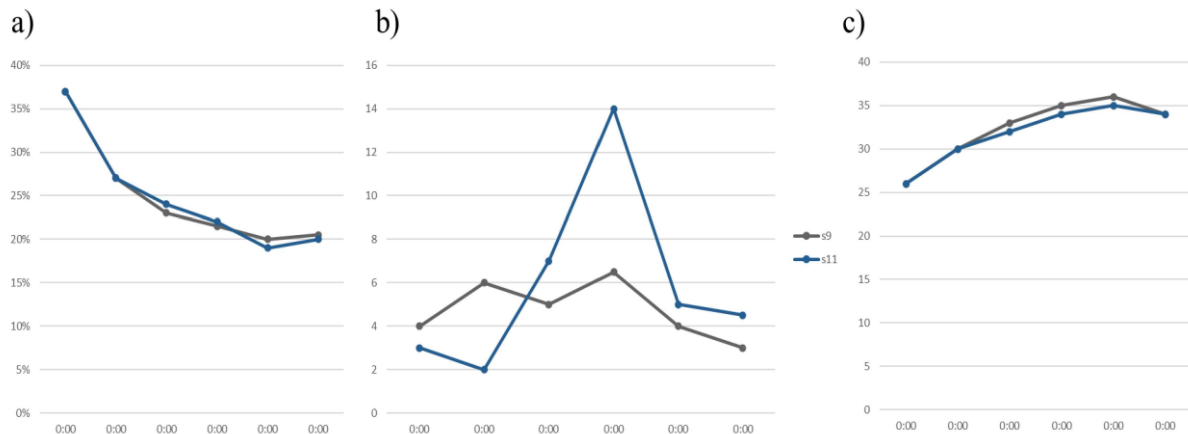


Figure IV-27: comparaison des résultats des stations aux niveaux des vides sous immeubles en été, (a) R_h , (b) W_s et (c) A_t .

Le résultat de comparaison des valeurs des paramètres du microclimat urbain, aux niveaux des vides sous immeubles, pendant le mois de Décembre, est illustré dans la Figure IV-27

Les stations 09 et 11 au niveau des vides sous immeubles, enregistrent des valeurs rapprochées de température et d'humidité relative. Quant aux vitesses d'air, L'effet de coin favorisé par la géométrie triangulaire de la cité KAHOUL Rachid, au niveau de la station 11 les augmentent par rapport à ceux de la station 09, malgré que le vide sous immeuble de la station 09, est orienté dans le même sens des vents dominants Sud.

3 Discussion

Par rapport à la géométrie de l'espace. Le présent cas d'étude comprend trois géométries de l'espace ouvert : la forme carrée, rectangulaire et triangulaire. Il nous semble que, la géométrie triangulaire de l'espace ouvert (cité KAHOUL Rachid), résulte des vitesses d'air élevées par rapport aux autres géométries, cette géométrie peut favoriser l'effet Venturi, si les vents sont orientés vers l'étranglement de la géométrie, ce qui crée une zone survente (Gandemer & Barnaud, 1975), contrairement à la forme rectangulaire.

Les valeurs du ratio des différents espaces urbain du corpus choisis varie entre 0,2 et 1,94, on trouve qu'aux entrées des cités plus que le ratio est élevé plus qu'il résulte une vitesse élevée (cas des stations S3 (1,7), S10 (1,39)) et d'air, (Afiq, Azwadi, & Saqr, 2012). Néanmoins que, cet indicateur ne doit pas être prise en considération toute seul dans l'évaluation du potentiel éolien, le cas de la station 13 au niveau de l'îlot semi ouvert, de la configuration traversante

(cité KAHOUL Rachid), qui a la plus grande valeur de ratio, résulte des vitesses d'air basses, par rapport aux autres stations, suite au changement d'orientation de l'entrée de l'îlot, et même au niveau des passages sous immeubles (S09 la cité 1^{er} Novembre 1954, et S11 cité KAHOUL Rachid). Cette orientation favorise l'écoulement d'air, lorsqu'elle est parallèle à la direction des vents dominants. (Yassin, 2013) (Lee K. Y., 2018)

Au niveau de la forme urbaine, Il est évident que la forme compacte génère moins de potentiel éolien au sein de ces espaces public (Bosselmann P. A., 1995), ce qui n'influe pas sur la mobilité des piétons (cas de la cité Naaman DJEFFAL). Néanmoins, ces valeurs basses de vitesse d'air augmentent le piégeage de la chaleur (Xiaomin, Zhen, & Jiasong, 2006), ce qui est acceptable en hiver. Les effets combinés du réchauffement planétaire et de l'urbanisation peuvent accroître l'intensité des îlots de chaleur et diminuer la qualité de l'air dans les villes. Le comportement du vent a un impact sur les îlots de chaleur urbains, car la diminution de la vitesse du vent entraîne une réduction importante de la ventilation naturelle et de l'évacuation de la chaleur dans les zones urbaines, et les régions chaudes. (Aboulata, Zayed, & Elmassah, 2020)

En revanche, la forme verticale (cas de la cité 400 logements) résulte des vitesses d'air élevées, aux niveaux des espaces ouverts (aires des jeux et aires de stationnements), presque similaires à ceux de la haute forme traversante (cité KAHOUL Rachid) qui a les plus grands nombres des niveaux. Ces vitesses supérieures à 5m/s deviennent critiques pour des activités tel que assises et ou se promener, mais ne présentent pas de danger pour ces piétons. Ceci est suite aux espacements entre les bâtis, qui favorisent la perméabilité des vents. (Hang, 2010) (Kun, 2011). En ce qui concerne la forme traversante, elle fournit des valeurs adéquates au confort aéraulique au niveau des piétons, si les immeubles ne sont pas dotés des hauteurs élevées.

Le corpus choisi possède différentes valeurs de densité urbaine, varient entre 0,12 et 0,32. Les îlots de la forme compacte de la cité Naaman DJEFFAL, sont caractérisés par une forte densité urbaine de 0,32, ce qui réduit la vitesse d'écoulement d'air, aux niveaux des entrées des îlots et même dans les espaces ouverts centraux. Plus que cette densité se diminue plus qu'on obtient un potentiel de ventilation important, si la configuration urbaine est implantée convenablement avec la direction des vents. (Wang, Sun, & Duan, 2018)

La porosité urbaine aussi a un effet majeur sur l'écoulement d'air (Wang, Sun, & Duan, 2018), pour cette recherche la majorité des cités résidentiels ont des valeurs élevées de porosité urbaine (81% - 83%). Une seule forme urbaine possède une valeur basse de porosité (56%), qui est la forme compacte (cité Naaman DJEFFAL). Cette porosité réduite ralentit la vitesse d'écoulement d'air au niveau des piétons (Chew & Norford, 2019), empêche la ventilation naturelle, le rafraîchissement par convection (Yuan & Edward, 2012) (Chao & Edward, 2012), ainsi que ça augmente la concentration des polluants. (Wang, Su, Gu, & Tang, 2021)

La rugosité urbaine qui dépend principalement de l'ouverture du tissu urbain, la forme traversante de la cité KAHOUL Rachid qui a la plus importante rugosité urbaine, résulte des vitesses d'écoulement d'air très importantes, qui mènent à l'état d'inconfort des piétons en hiver que soient assis, debout ou même en marche, aux niveaux des entrées et même des espaces ouverts centraux (Ng, Yuan, Chen, Ren, & Fung, 2011). Ces vitesses élevées d'écoulement d'air peuvent dissiper les polluants dans ces espaces centraux (Cichowicz, Wielgosiński, & Fetter, 2017), ou les concentrer dans des cas extrêmes.

4 Résultats et Interprétation (questionnaire)

Nous allons présenter dans cette partie, les résultats obtenus à partir de l'investigation subjective, sur le confort aéralique des usagers des espaces publics extérieurs des configurations urbaines choisies.

4.1 Caractéristiques des usagers

La Figure IV-28 représente les tranches d'âge de l'échantillon qui ont participé à ce questionnaire. On trouve que la tranche la plus dominante, est celle qui est moins de 25 ans (32,52%), puis la tranche qui se situe entre 25 et 35 ans avec un pourcentage de 38,34%.

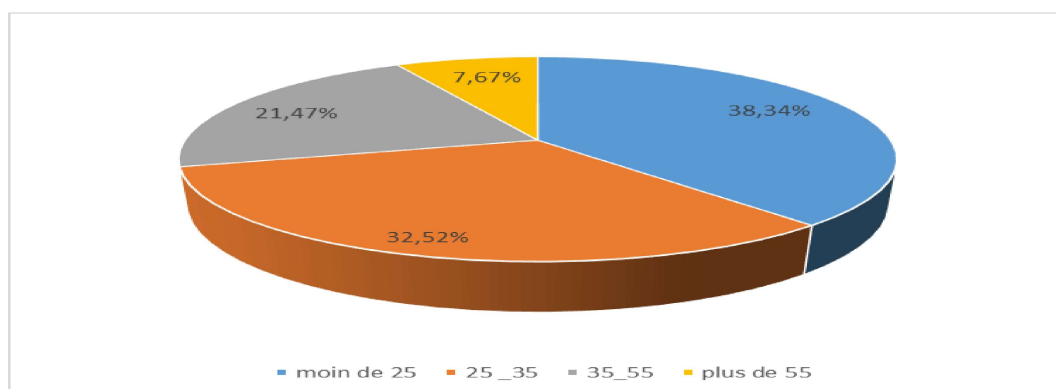


Figure IV-28:tranches d'âge d l'échantillon.

Néanmoins que, cette proportion se change dans les cités de BOUSSOUF Abd El Hafid et celle des 400 logements, ou on trouve que, la tranche de 25 à 35 ans est la plus dominante, avec un pourcentage de 31,67% et 36,67% respectivement ; comme indique la figure.

La Figure IV-29, illustre le pourcentage des tranches d'âge des échantillons qui ont répondu au questionnaire, et que ses réponses ont été retenu, pour chaque cité. On trouve que la catégorie qui a plus de 55 ans la moins existante dans toutes les cités : 5,71% cité BOUSSOUF, 6,67% cité 400 lgts, 8,33% cité 1^{er} Novembre 1954, 7,89% cité KAHOUL et 10% cité Naaman.

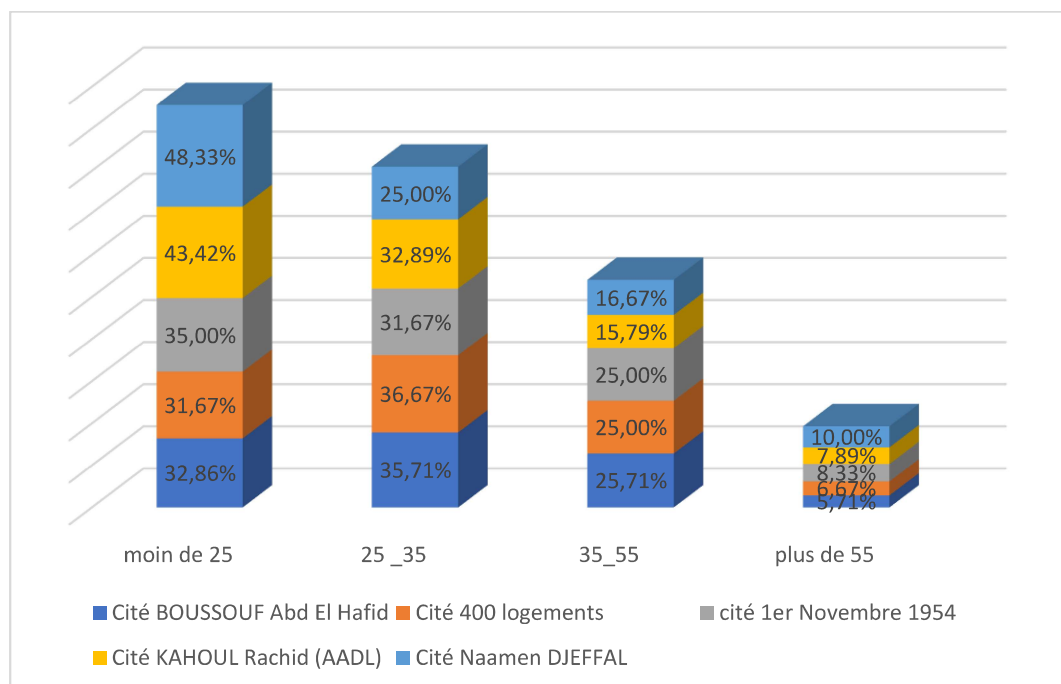


Figure IV-29: tranche d'âge d'échantillon pour chaque cité.

Peu des gens ont affirmé, qu'ils ont répondu déjà à des questionnaires similaires (10%), et presque nulles qui ont des prérequis sur le problématique du confort aéraulique dans les espaces extérieurs des configuration urbaines (01%, qui sont des ingénieurs).

4.2 Comportement

La Figure IV-30 ci-dessous, montre le type d'activité des usagers des différentes configurations urbaines, mentionnées précédemment. La plupart des activités des piétonnes sont des activités facultatives, dans les cités BOUSSOUF Abd El Hafid (80,40%), et la cité 1^{er} Novembre 1954 (60,80%). Les activités effectuées par les usagers des espaces extérieurs des

cités, 400 logements et BOUSSOUF Abd El Hafid, varient entre facultatives et nécessaires avec des pourcentages rapprochés.

En revanche, un grand pourcentage des usagers de la cité Naaman DJEFFAL (90,60%), exécutent des activités nécessaires. Cela est à cause du manque des espaces de détente, et les espaces vert (voir analyse Chapitre III, page 112)

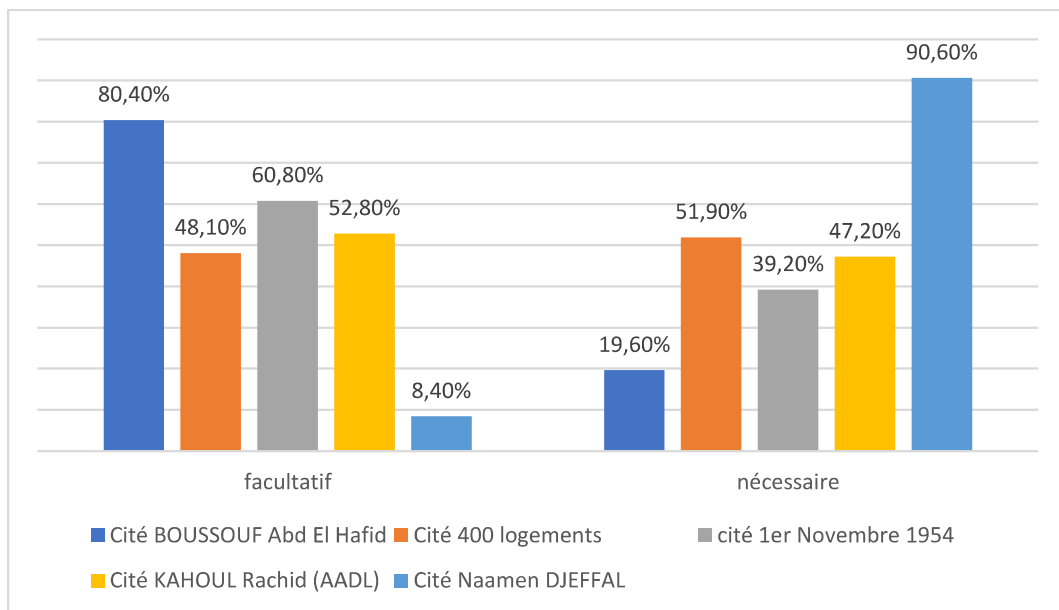


Figure IV-30: type d'activité des usagers des différentes configurations urbaines.

Selon les résultats illustrés dans la Figure IV-31 ci-dessous, qui démontre les catégories des activités effectuées par les échantillons, on trouve que, l'activité assis longtemps est l'activité dominante dans la majorité des cités résidentielle, contrairement à la cité Naaman DJEFFAL. Ceci est suite aux conditions microclimatique (froide en hiver et chaude en été). Pendant l'été ou les gens sont sensé à se rafraichir par la ventilation naturelle, la forme compacte de la cité ainsi que la typologie intermédiaire horizontale ne le permet, suite aux basses vitesses d'écoulement d'air dans cette forme urbaine. Alors ils préfèrent la marche vite pour quitter cette zone. Pour la cité KAHOUK Rachid on trouve que la marche (avec ces deux types) est en deuxième position après l'assis longtemps, à cause des vitesses d'airs élevée au niveau de l'entrée piétonne principale, et même dans l'espace ouvert central de la cité.

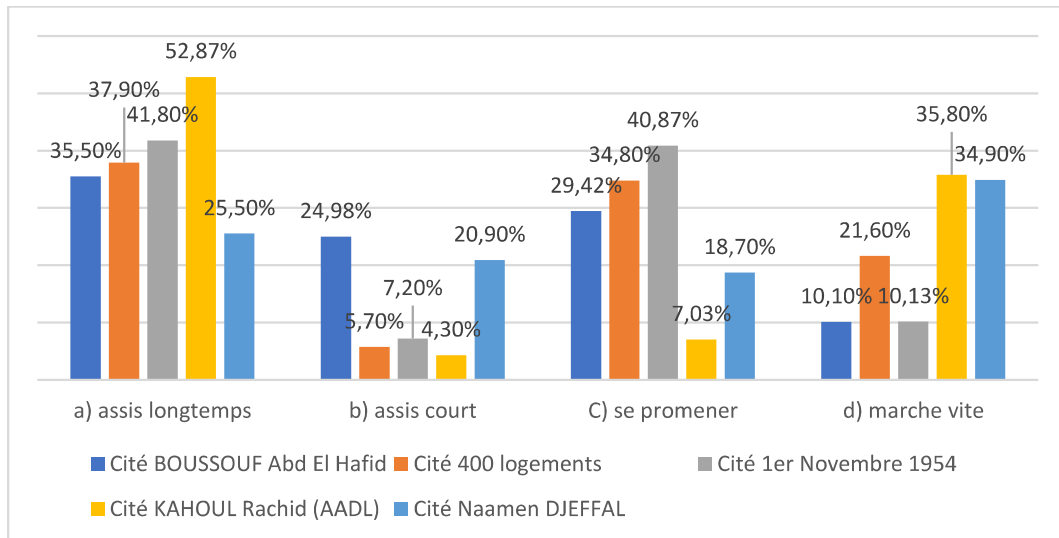


Figure IV-31: caractérisation des activités par cité.

En outre, la Figure IV-32 illustre également le pourcentage des usagers des espaces extérieurs des cités résidentielles, qui sont affectés par les vents ou pas.

Durant le déroulement de leurs activités (que ce soient facultatives ou nécessaires), 92,10% des piétonnes de la cité KAHOUL Rachid (comme ceux de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid), ont affirmé que les vents provoquent des malaises pour eux, pendant les deux périodes Estivale et Hivernale, ceci est suite aux taux élevés des vitesses d'air. Par contre, 70,90% des participants de la cité des 400 logements, 68,50% de la cité 1^{er} Novembre 1954, ne sont pas gênés par les vents pendant leurs activités. Dans la même perspective, on observe que le taux le plus élevé des usagers qui ne sont pas gêné par les vents (95,50%), est présent à la cité Naaman DJEFFAL.

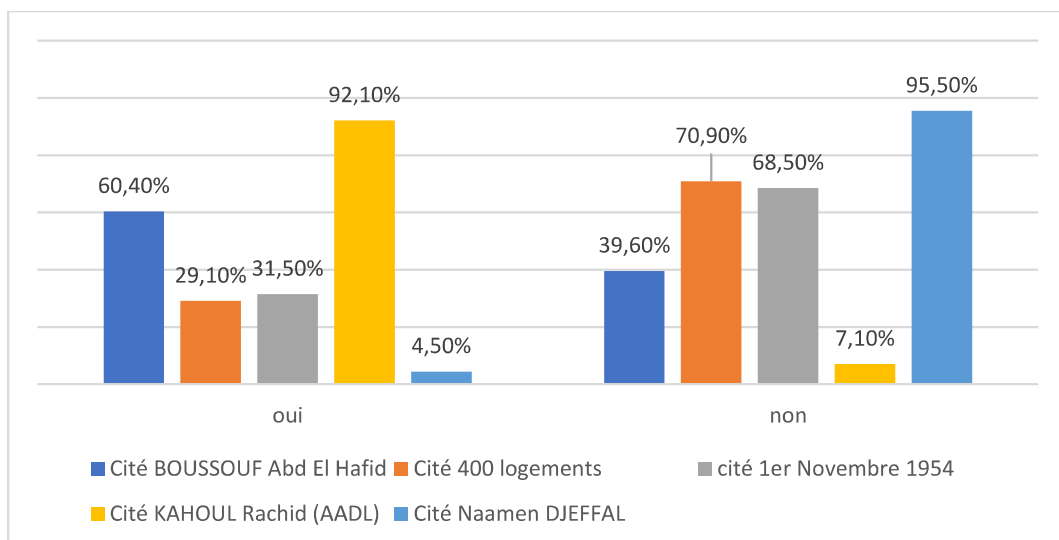


Figure IV-32: satisfaction des usagers affectés par le vent pendant leurs activités.

La Figure IV-33 ci-dessous, décrit le pourcentage de mode d'adaptation pour chaque cité, on trouve que la majorité des échantillons préfèrent le changement de l'endroit de l'activité que l'arrêt de cette dernière. En revanche, ceux de la cité KAHOUL Rachid et la cité Naaman DJEFFAL, préfèrent l'arrêt de l'activité en première position. Les valeurs augmentées de la vitesse d'air, obligent les piétons à changer leurs endroits, et comme ceci ne suffit pas il abandonne l'espace ouvert. Le même comportement a été observé pour la cité de forme compacte, ou les gens sont intéressés à abandonner ces endroits généralement en été, suite aux faibles vitesses d'air qui empêchent le rafraichissement.

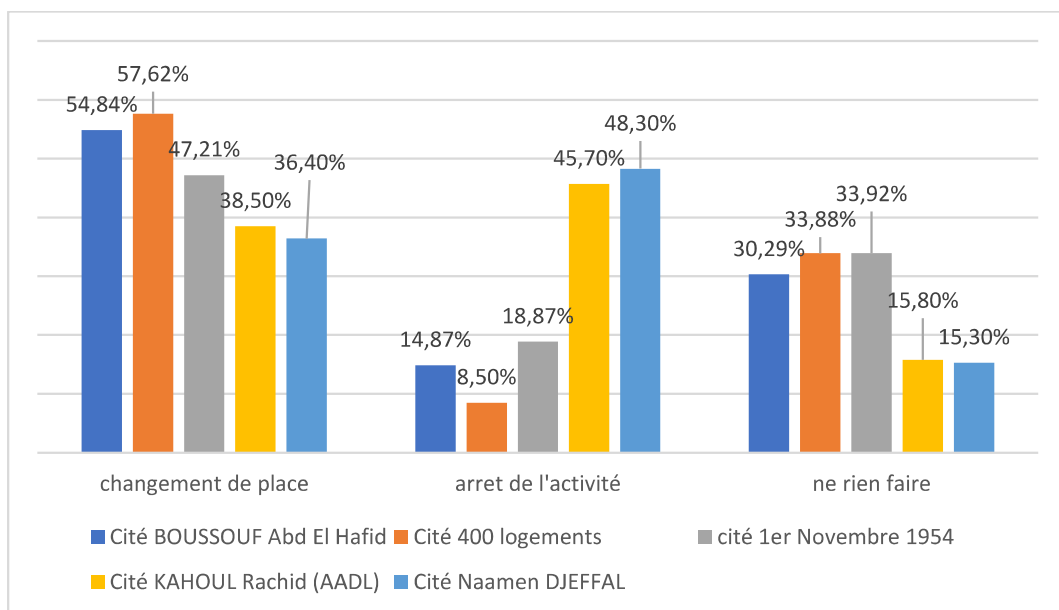


Figure IV-33: modes d'adaptation vis à vis le vent.

4.3 Confort aéraulique

4.3.1 Perception des vents

La Figure IV-34 illustre le pourcentage des usagers des espaces extérieurs des différentes configurations urbaines, qui sont satisfait par rapport à la ventilation. D'après ces résultats, on trouve que : seuls les usagers des cité KAHOUL Rachid (90,60%) et ceux de la cité Naaman DJEFFAL (90,70%), ne sont pas satisfait de la qualité des ambiances aérauliques Figure IV-35. Les usagers de la cité KAHOUL Rachid veulent avoir moins de vitesse d'air (80,70%), par contre que ceux de la cité Naaman DJEFFAL (90,80%), souhaite avoir plus de mouvement d'air.

La majorité des échantillons de la cité 1^{er} Novembre 1954 (85,90%), sont satisfait de la qualité aéraulique, et ne veulent pas de changement (54,30%) Figure IV-35. Cette satisfaction

est suite à l'emplacement protégé des espaces par les bâtiments (Sauf le cas du passage sous immeuble).

La plupart des piétonnes aux niveaux des deux cités BOUSSOUF Abd El Hafid et 400 logements, ont affirmé qu'ils sont satisfaits (80,90% et 60,50% respectivement) de la ventilation naturelle. Les faveurs des usagers de la cité 400 logements, varient entre plus de ventilation (45,80%) et neutre (40,20%). Figure IV-35

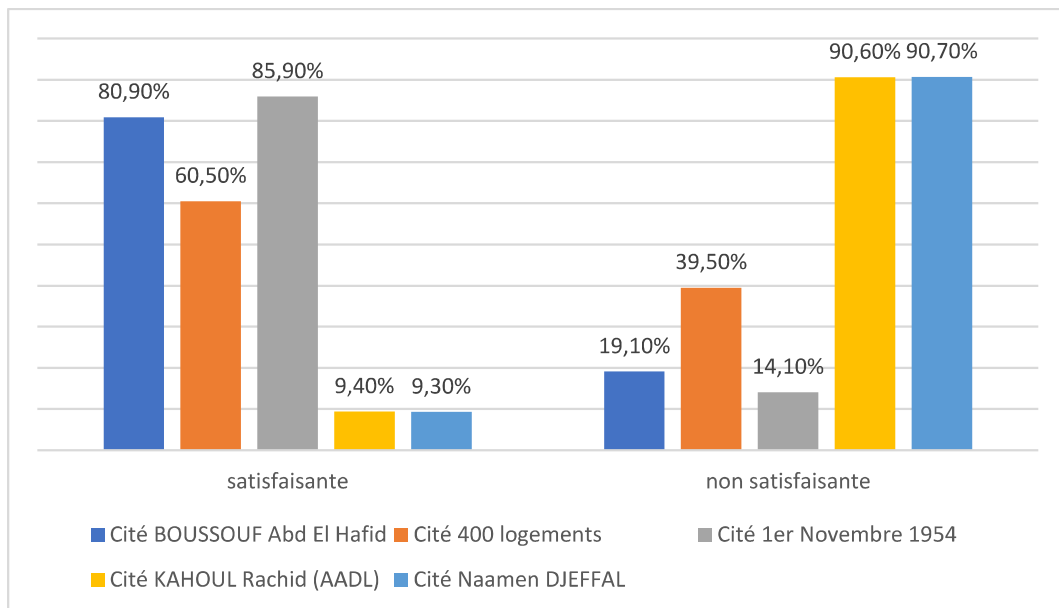


Figure IV-34: satisfactions par rapport à la ventilation.

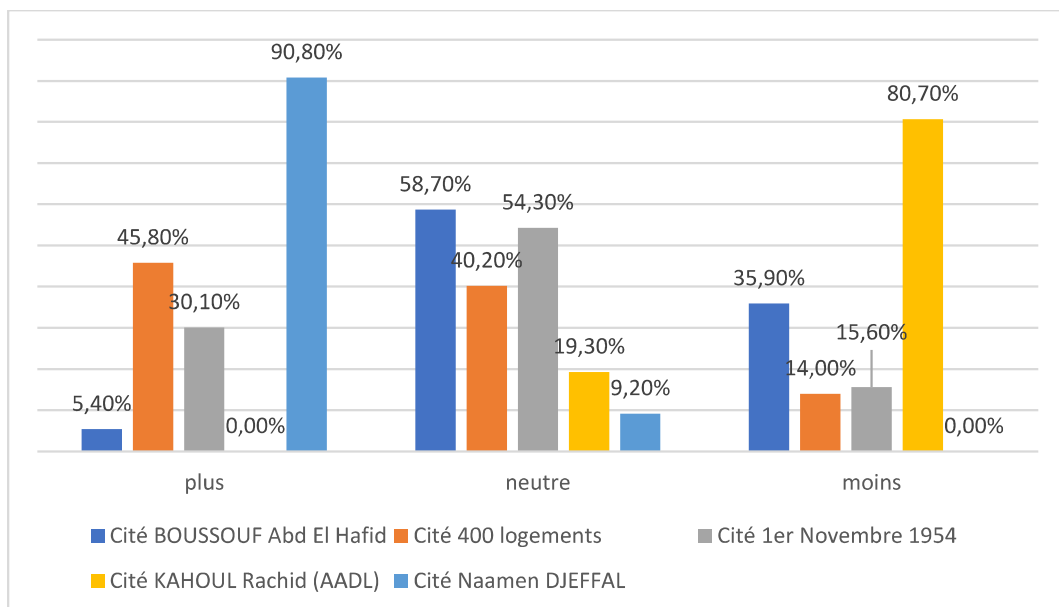


Figure IV-35: préférences de ventilation.

4.3.2 Perception de température

La Figure IV-36, illustre la sensation des températures d'air, ainsi que l'influence de la vitesse des vents sur cette sensation.

- En hiver

Les réponses aux questions de perception des températures, montrent que : 79,80% des usagers de la cité KAHOUL Rachid, perçoivent des ambiances relativement froides. Cette perception est suite aux vitesses des vents répondent ils (71,90%). Par contre aux autres cités, les usagers ont répondu qu'ils perçoivent des ambiances chaudes (63,50% la cité BOUSSOUF, 75,30% Cité des 400 logements, 65,80% 1^{er} Novembre 1954 et 67% pour la cité Naamen DJEFFAL, Figure IV-36). Les usagers des cité BOUSSOUF Abd El Hafid et ceux de la cité des 400 logement (68,30% et 70,60% respectivement, Figure IV-37), attribuent cela aux températures des vents. Cela peut être expliqué par, l'exposition élevée de ces espaces aux rayonnement solaires, ces derniers qui augmentent les températures d'airs. D'un autre côté, on trouve que les usagers des espaces extérieurs de la cités 1^{er} Novembre 1954, et Naaman DJEFFAL, justifient leurs perceptions par les vitesses de vents (63,80% et 80,40% respectivement, Figure IV-37) ; ces vitesses ne sont pas élevées mais bas (1,5 m/s pour la cité Naaman DJEFFAL), ces vitesses ne favorisent pas le renouvellement d'airs.

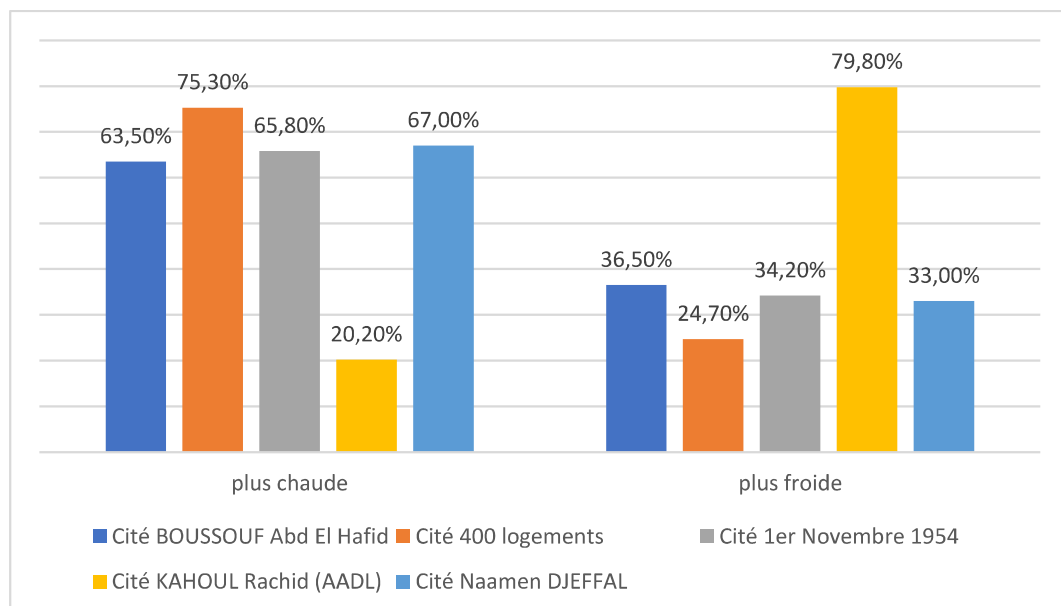


Figure IV-36: Perceptions des températures d'airs par les usagers en hiver.

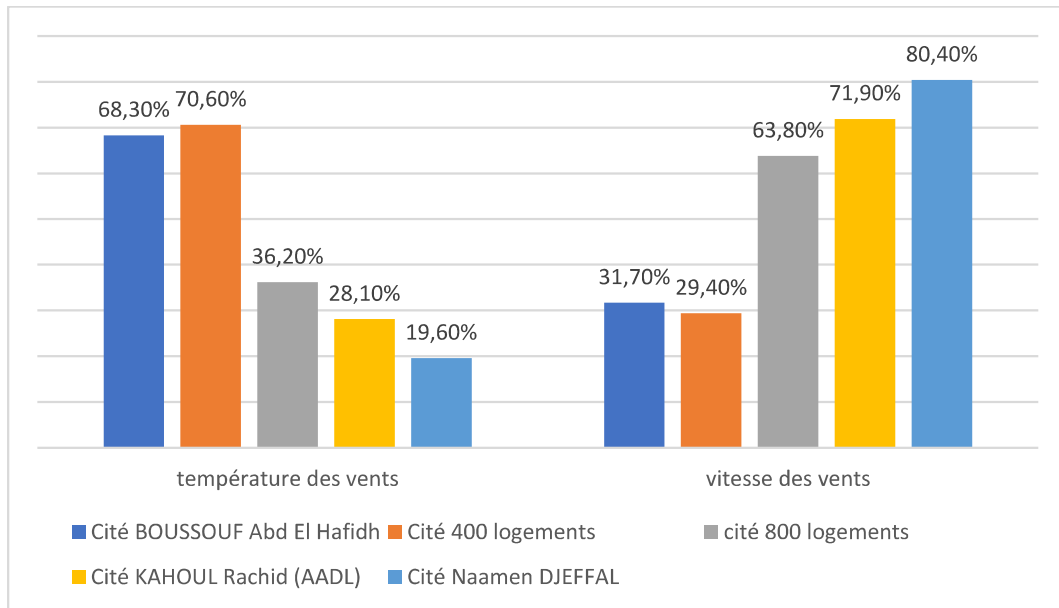


Figure IV-37: raisons des perceptions selon les usagers en hiver.

- En été

Les résultats du questionnaire montrent que : durant la période estivale, seuls les usagers de la cité 1^{er} Novembre 1954 (58,10%) et KAHOUL Rachid (59,20%) Figure IV-37, perçoivent un rafraichissement suite aux vitesses d'airs (60,80% cité 1^{er} Novembre 1954 et 80,80% KAHOUL Rachid) Figure IV-39. Les piétonnes au niveau de la cité Naaman DJEFFAL, perçoivent des ambiances plus chaude (88,70%) Figure IV-38, et remontent ça aux vitesses des vents (83,70%) Figure IV-39, ces vitesses qui sont relativement faibles (Figure IV-25 & 16), et ne rafraichissent pas les espaces extérieurs de la configuration concernée.

Les usagers des espaces publics des cités : BOUSSOUF Abd El Hafid (83,70%), et ceux des 400 logements (86,40%), perçoivent des ambiances plus chaudes Figure IV-38, suite aux températures d'air dit ils (53,80% et 85,40% respectivement) Figure IV-39. Cette explication est dû à l'exposition élevée aux rayonnement solaire.

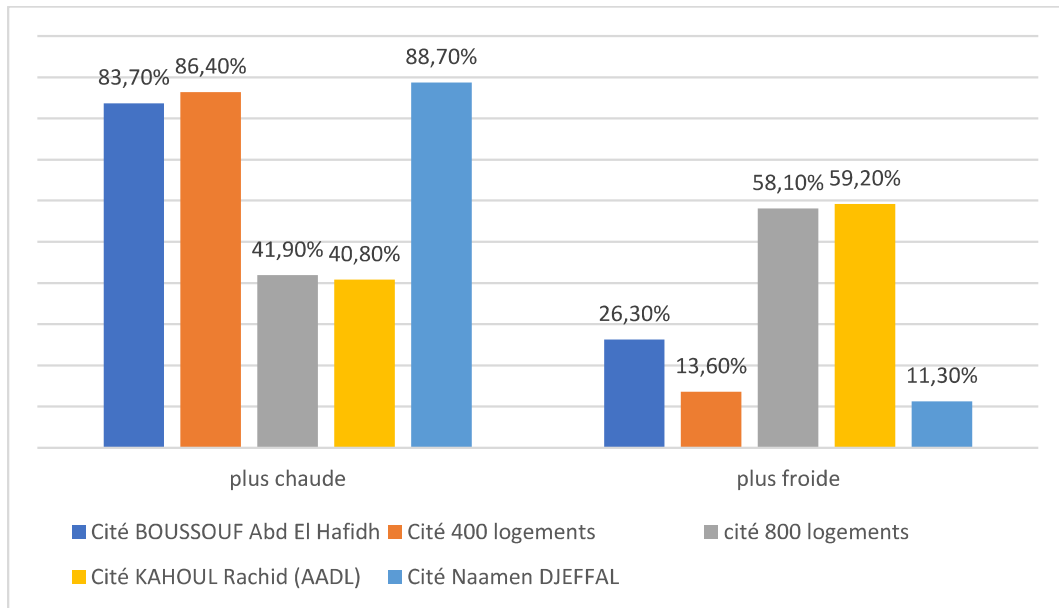


Figure IV-38: Perceptions des températures d'airs par les usagers en été.

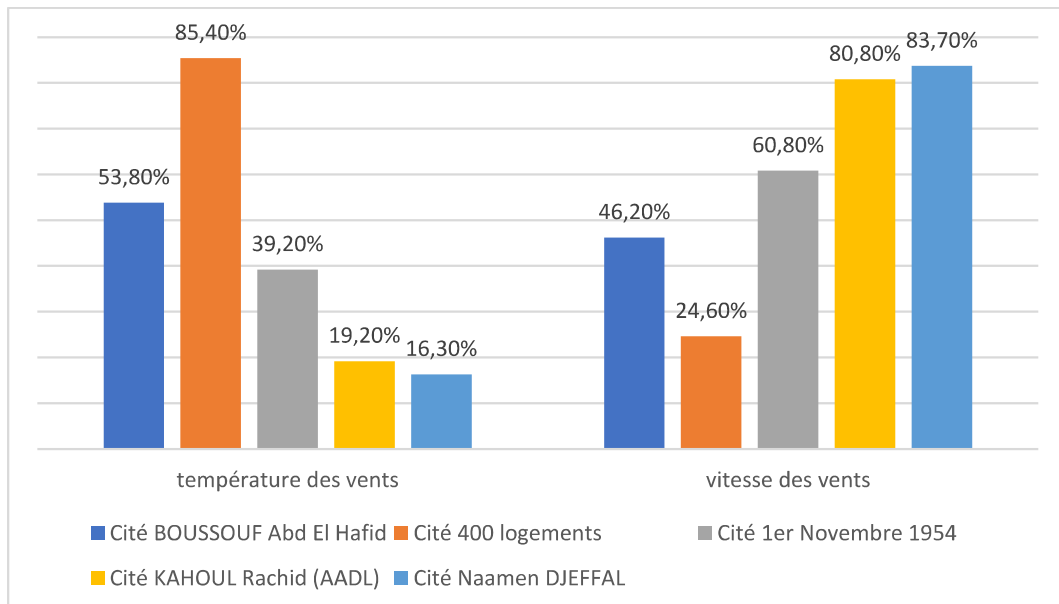


Figure IV-39: raisons des perceptions selon les usagers en été.

4.4 Aires des jeux

La Figure IV-40 présente les pourcentages de satisfaction des usagers des aires des jeux, par rapport à ses emplacements. D'après la lecture de cette figure, on peut dire que : 95,60% des piétones de la cité KAHOUL Rachid, comme 65,30% de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid, ne sont satisfait de l'emplacement des aires des jeux, et ils trouvent qu'ils sont affectés par les vents dominants Nord- Sud. Par contre, les participants des configurations urbaines 400 logements (55,30%), 1^{er} Novembre 1954 (74,80%) et Naaman DJEFFAL (98,20%), trouvent que les aires des jeux sont protégées.

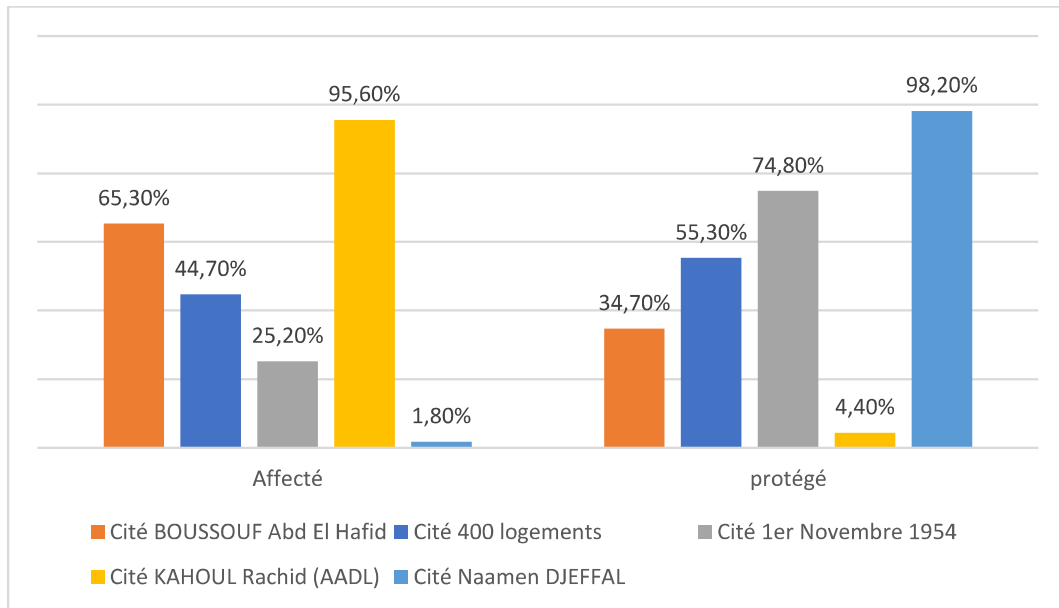


Figure IV-40: pourcentage de satisfaction des utilisateurs des aires des jeux.

La Figure IV-41, illustre les réponses des participants à la question de ses préférences aux vitesses des vents dans les aires des jeux. On constate que 95,10% des usagers de la cité Naaman DJEFFAL veulent avoir plus de vitesse de vent. Contrairement aux 98,20% des piétonnes de la cité KAHOUL Rachid, qui souhaite avoir moins de vitesse. Les réponses des usagers des cités 400 logements et 1^{er} Novembre 1954 varient entre : plus de vitesse de vent (38,40% et 45,80% respectivement), et pas de changement (55,30% et 38,50% respectivement). Pour la cité BOUSSOUF Abd El Hafid, leurs réponses varient entre pas de changement et moins de vitesse (44,80% et 47,60% respectivement) comme indique la figure.

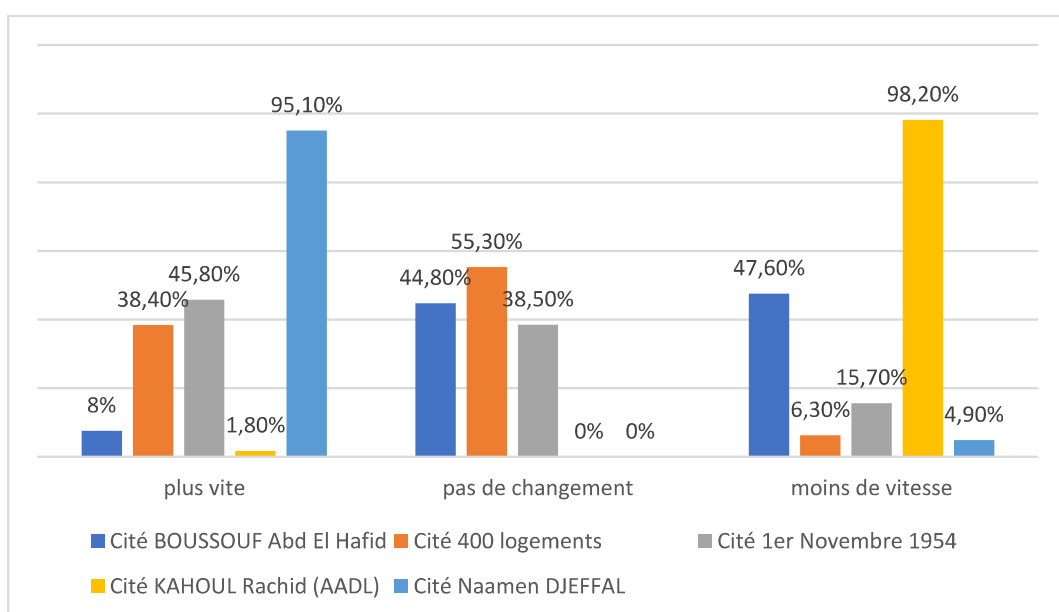


Figure IV-41: préférences des usagers des aires des jeux.

4.5 Espaces de circulation

La Figure IV-42, illustre les résultats obtenus de la question, que soit le vent est gênant pendant leurs marches ou pas, pendant les deux périodes estivale et hivernale. On découvre que 89,50% des piétonnes de la cité KAHOUL Rachid sont gênés. Les participants de la cité 1^{er} Novembre 1954, affirment qu'ils ne sont pas gênés par les vents dominant (45,10%), sauf pour le cas de la station 9, qui se trouve dans le vide sous immeuble. Les piétonnes des cités BOUSSOUF Abd El Hafid (75,80%), 400 logements (90,78%), et spécialement ceux de la cité Naaman DJEFFAL (98,70%), trouvent le vent de manière générale ne provoque pas de malaise pendants leurs marches, durant les deux périodes.

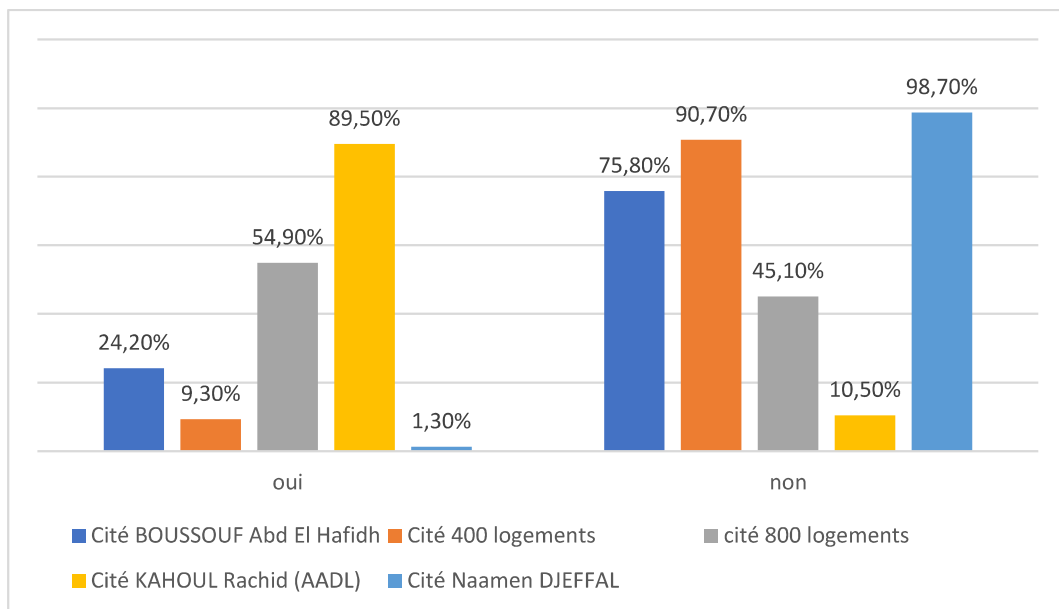


Figure IV-42: pourcentage des participants gênés ou pas par les vents pendant la marche.

5 Discussion

A travers l'analyse des résultats de questionnaire, distribué aux différents échantillons simultanément avec la prise des mesures. Il s'avère que la majorité de ces échantillons sont des jeunes (moins de 35 ans), qui n'avaient pas répondu à ce genre d'investigation, ainsi qu'ils ignorent l'effet des configurations urbaines sur le confort aéraulique.

Suite au manque des espaces de détente, au sein des ilots intermédiaire de la forme compacte (cité Naaman DJEFFAL), les gens ne sont pas sensés à se promener dans la cité. Ce comportement est suite aux faibles vitesses d'air, ainsi que la température élevée durant l'été. Ces deux paramètres ont un impact sur le potentiel de rafraîchissement (Liu, et al., 2020), ainsi qu'ils influent sur la perception thermique des échantillons (Eliasson, Knez, Westerberg,

Thorsson, & Lindberg, 2007), leurs niveaux de confort (Whitmarsh, Lorenzoni, & O'Neill, 2012), et l'appréciation de l'espace ouvert. (Melnikov, Valeria V, & Peter MA, 2017)

Dans la même perspective, le niveau du confort aéraulique des échantillons dans les formes traversantes (Cités KAOUL Rachid et BOUSSOUF Abd El Hafid) est touché par les forces des vents. Cette fois ci la majorité des échantillons de la cité KAHOUL Rachid (45,70%), sont obligés à arrêter leurs activités ou le changement de l'endroit vers des endroits plus calmes, suites aux vitesses élevés d'air, contrairement à ceux de la cité BOUSSOUF Abd El Hafid ou ils préfèrent que le changement d'endroit. La différence de mode d'adaptation entre les deux cas, est à cause de la disponibilité des zones protégés dans la deuxième configuration (Cité BOUSSOUF), et les vitesses d'air moyennement basses par rapport à la première configuration (Cité KAHOUL). Avant ou après l'adaptation vis-à-vis l'environnement aéraulique, les piétons aux niveaux des configurations de forme verticale (cité des 400 logements) ou traversantes (Cités BOUSSOUF et 1^{er} Novembre 1954), affirment qu'ils sont satisfaits de la qualité aérauliques des espaces ouverts, contrairement à ceux des tissus urbains de forme compacte (Cité Naaman DJEFFAL), ou de forme traversante (Cité KAHOUL Rachid).

Par rapport à l'effet thermique de la ventilation durant la période hivernale, les occupants des ilots intermédiaires horizontales de la forme compacte, se sentent plus chaud, suite au piégeage radiatif fournit par cette forme urbaine (Zhang J. X., 2019), ce qui influe sur la vitesse de la marche nécessaire, et sur la marche facultative elle-même, ou on trouve que les piétons ne se déplace en cette dernier, qu'après le coucher du soleil pour le rafraichissement du corps. La causalité est différente pour les formes urbaines verticale et traversantes, ou on trouve que les espaces ouverts sont ensoleillés pendant une longue période durant la journée (Hou, Lu, & Fu, 2017), sauf le cas de la forme traversante : cité KAHOUL Rachid, ou les piétons se sentent plus froide, suite aux vitesses élevées d'air (Andrade, Alcoforado, & Oliveira, 2011), générées par la géométrie de l'espace, les grandes hauteurs des bâtiments, la porosité et la rugosité de la cité. (Wang, Sun, & Duan, 2018), ceci influe sur la vitesse de marche nécessaire (Liang, Leng, Yuan, Wang, & Yuan, 2020). En revanche, pendant l'été les piétons bénéficient de ces vitesses d'écoulement qui rafraichissent la température d'air, ce qui encouragent les piétons à se déplacer et se promener (Mouada, Zemmouri, & Meziani, 2019), et par la suite l'activité économique des magasins de la cité. (Tavares & Chaiechi, 2019)

Conclusion

Au cours de ce chapitre, nous avons exposé les différentes stratégies méthodologiques, qui nous permis de mettre en évidence : l'effet de la morphologie urbaine sur la variabilité de l'environnement aéraulique dans le milieu urbain.

L'analyse comparative des différents paramètres microclimatiques, des configurations urbaines du corpus choisis de la présente étude, nous a permis d'affirmer que :

- La forme, la disposition ainsi que la continuité des configurations urbaines, influent d'une manière très importante sur le confort aérauliques des usagers de l'espace urbain, notamment l'écoulement aéraulique.
- La qualité de l'environnement aéraulique extérieur, est tributaire de la configuration urbaine, et est déterminante du comportement des usagers des espaces publics.

La densité bâtis comme la rugosité urbaine, joue un rôle très important, dans la détermination de la qualité des ambiances aérauliques. L'espacement entre les bâtiments réduit cette densité bâtis, et abouti à des ambiances aéraulique favorables pour les activités des usagers des espaces extérieurs, notamment la marche que soit facultative ou nécessaire. (Cas des cités des 400 logements et 1^{er} Novembre 1954)

Les résultats ont montré que les bâtiments de grande hauteur, tel de la cité KAHOUL Rachid, favorisent et accélèrent la ventilation naturelle, néanmoins que ces hautes configurations urbaines, provoquent un malaise des piétonnes, dans certains cas. Néanmoins que cette ventilation accélérée favorise la marche facultative en été, dans le but de rafraîchissement du corps, particulièrement dans le soir.

Les vides sous immeubles améliorent l'accessibilité des ilots pour les piétonnes, en revanche, ils accélèrent la vitesse d'écoulement aéraulique, spécialement pour ceux qui ont la même orientation que les vents dominants. Si on favorise une orientation différente l'effet de coin est toujours présent dans ces vides. Ceci résulte de l'abondance de ces espaces, ainsi que de l'ignorance de ces accès par les piétons, puisqu'ils peuvent présenter un danger pour leurs usagers.

L'écoulement aéraulique est l'un des facteurs les plus déterminant de la dispersion des polluants, ou ses concentrations dans les espaces ouverts, ces écoulements doivent être bien

étudier et manipuler, dans le but de la promotion du confort des piétons, et par la suite la préservation de la santé.

Généralement les gens ne sont pas informés sur la problématique du confort aéraulique liée aux formes et géométries urbaines, mais ça ne les empêche pas à s'adapter à cet environnement. Ce comportement est variable selon l'activité, les résultats microclimatiques de la forme urbaine. Ces conditions microclimatiques, soient, ils favorisent l'utilisation des espaces ouverts, ou ils obligent les piétons à les quitter. Les indicateurs de la morphologie urbaine, ainsi que leurs effets sur les niveaux du confort et par la suite les comportements des usagers, sont présentés et discutés.

Par ailleurs, l'utilisation des indices appropriés d'évaluation du confort, nous a permis de distinguer entre les différentes typologies qui améliorent la qualité aérauliques des espaces extérieurs urbains, et ceux qui les détériores.

Conclusion générale

Conclusion générale

1 Conclusions

A travers plusieurs thématiques abordées dans ce travail, des conclusions peuvent être déduites :

Par rapport à la morphologie urbaine

La morphologie urbaine est l'examen des formes urbaines. Elle est pluridisciplinaire et très utile, dans le but d'examiner le tissu urbain sous plusieurs angles, tel que l'évolution et le développement des formes urbaines des villes, la productivité des réseaux de transport, le bilan énergétique consommée, l'environnement aéraulique, etc... En effet, la forme urbaine est complexe, et les masses d'air qui y circulent sont turbulent, et variable en vitesse et en direction. Afin que notre travail soit exploitable, l'échelle choisie est celle de la configuration urbaine. Cette dimension est la plus adaptée, pour aboutir des résultats fiables, afin de caractériser les formes et les géométries urbaines. Ceci permet également de trouver un confort aéraulique adapté aux espaces extérieurs urbains.

Plusieurs critères de classement des formes urbaines ont été dévoilés. Dans le cadre de cette recherche, les critères d'analyse de la morphologie urbaine conviennent à la mixité des tissus urbains dans la ville. Pour les indicateurs de la morphologie urbaine, nous nous attachons à ce qui lie la forme physique et ses interactions entre les bâtiments, le vent ainsi que le comportement humain. Ces interactions sont visibles aux niveaux des microclimats urbaines, qui sont les premiers à agir sur le corps et par la suite sur les niveaux du confort. Des indicateurs de la forme urbaine qui nous semble utile durant cette recherche ont été choisis,

L'écoulements du vent aux alentours des bâtiments isolés sont cités et expliqués à partir des travaux antérieurs. Cette phase nous a permis d'élargir nos prérequis sur les effets et les influence de la forme urbaine sur les mouvements de l'air.

Par rapport au confort et à la santé

L'espace urbain est un élément important dans la vie des piétons. Ces usagers doivent satisfaire le besoin de rencontre, discussion, etc., pour maintenir un équilibre psychologique, ce

qui améliore leurs niveaux de santé. Les espaces extérieurs urbains doivent avoir des conditions favorables, afin de promouvoir le confort de ces usagers.

Les paramètres microclimatiques des espaces urbains, agissent sur les niveaux de confort, notamment le confort aéraulique des piétons, durant leurs activités. Cette action se voit dans les comportements des usagers. Ces comportements varient selon plusieurs facteurs personnels et environnementaux. Si les gens se trouvent dans un état d'inconfort durant ses activités, ils seront obligés à s'adapter pour optimiser leurs niveaux de confort ; et s'ils se sentent incapables de le faire, l'abondant de l'espace extérieur sera le choix le plus facile.

Le vent qui est l'un des composants déterminants du confort aéraulique, dans les espaces extérieurs des configurations urbaines, agit sur le corps des piétons de plusieurs manières. Cette action que soit mécanique ou thermique, est compensée par une réaction du corps humain, qui se voit dans le comportement des usagers des espaces extérieurs des configurations urbaines. Les conditions inconfortables peuvent avoir une incidence négative, sur le succès des espaces urbains.

Différents écoulements aérauliques, affecteront la dispersion des polluants atmosphériques. Dans les conditions les moins favorables, l'environnement éolien qui favorise l'accumulation de polluants atmosphériques dans une certaine plage se formera à l'intérieur des configuration urbaines.

L'évaluation de toute confort, s'établie selon des critères, qui considèrent le type d'activité des piétons dans la détermination du niveau du confort. Celui du confort aéraulique ont été défini par plusieurs chercheurs. Vue la diversité de ces critères une comparaison entre plusieurs critères a été faite, ainsi que le choix du critère adopté pour lors de ce travail.

Par rapport à la morphologie et la climatologie du cas d'étude

La variabilité de forme urbaine nous oblige de combiner des stratégies méthodologiques notamment : l'analyse typo morphologique et des indicateurs morphologiques, pour démontrer la variabilité des tissus urbains choisis, ainsi que pour les caractériser. Ces stratégies nous a permis de collecter :

- Une base de données climatiques urbaines à partir de plusieurs sources scientifiques définissant le type du climat et déterminant des périodes des mesures des paramètres microclimatiques des espaces publics des différentes configurations urbaines.

- Une base de données composées des indicateurs typo morphologique à l'échelle urbain (densité bâtie, densité végétale, rugosité urbaine, etc.) et à l'échelle de l'espace public, qui caractérise les différentes configurations urbaines. Ces indices sont évalués sur terrain et d'autres à travers un procédé de traitement d'image.
- Les formes urbaines présentent pour cette étude sont : la forme traversante, verticale et compacte. Ces formes urbaines comprennent des ilots semi-ouverts, ouverts et intermédiaires horizontales.

Par rapport à la méthodologie et l'évaluation du confort aéraulique

L'analyse comparative des différents paramètres microclimatiques, des configurations urbaines du corpus choisis de la présente étude, nous a permis de dire :

- La géométrie, la disposition ainsi que la continuité des bâtiments, influent d'une manière très importante, sur le confort aérauliques des usagers de l'espace extérieurs, notamment la qualité et les vitesses de l'air.
- La qualité de l'environnement aéraulique extérieur est tributaire de la configuration urbaine et de l'architecture des bâtiments.

La densité bâtis comme la rugosité urbaine, jouent un rôle très important, dans la détermination de la qualité des ambiances aéraulique. L'espacement entre les bâtiments réduit cette densité bâtis, et résultent des ambiances aéraulique favorables pour les activités, que soit facultatives ou nécessaires des usagers des espaces extérieurs.

Les résultats ont montré que les bâtiments de grande hauteur, favorisent et accélèrent la ventilation naturelle, néanmoins que ces hautes configurations urbaines, provoquent un malaise des piétonnes, dans certains cas. Cependant cette ventilation accélérée favorise la marche facultative en été, dans le but de rafraichissement du corps, particulièrement durant la soirée.

L'écoulement aéraulique est l'un des facteurs les plus déterminant de la dispersion des polluants, ou de leurs concentrations dans les espaces ouverts. Ces écoulements doivent être bien étudié et manipulé, dans le but de la promotion du confort des piétons, et par la suite la préservation de la santé.

Les vides sous immeubles améliorent l'accessibilité des ilots pour les piétons, en revanche, ils accélèrent les vitesses des vents, spécialement pour ceux qui ont la même orientation que les vents dominants. Si on favorise une orientation différente l'effet de coin est

toujours présent dans ces vides. Ceci résulte l'abondance de ces espaces, ainsi que l'ignorance de ces accès par les piétonnes, puisqu'ils peuvent résultent un danger pour leurs usagers.

Généralement les gens ne sont pas informés sur la problématique du confort aéraulique liée aux formes et géométries urbaines, mais ça ne les empêche pas à s'adapter à cet environnement. Ce comportement est variable selon l'activité, les résultats microclimatiques de la forme urbaine. Ces conditions microclimatiques, soient favorisent l'utilisation des espaces ouverts, ou ils obligent les piétons à les quitter. Les indicateurs de la morphologie urbaine, ainsi que leurs effets sur les niveaux du confort et par la suite les comportements des usagers, sont présentés et discutés.

Par rapport à l'effet thermique de la ventilation, les ilots intermédiaires horizontaux de la forme compacte, favorisent le piégeage radiatif ce qui n'est acceptable qu'en hiver, néanmoins que cet effet doit être diminué ou même éliminé par l'optimisation de l'écoulement aéraulique. Cette optimisation diminue la pollution atmosphérique et la température d'air en été, ce qui favorise la marche facultative. Les formes urbaines verticale et traversantes, résultent un ensoleillement important pendant une longue période durant la journée, ce qui réduit la sensation du froid des usagers des espaces urbain en hiver, ce qui récompense l'exposition aux vents froids.

2 Recommandations

- Les géométries triangulaires des ilots favorisent l'effet venturi, et doivent être bien orientés par rapport aux vents dominants, afin d'éviter l'orientations de ces derniers vers l'étranglement de cette géométrie.
- Il faut bien éviter les valeurs élevées du ratio aux niveaux des entrées des ilots, dans le cas où ces derniers ont la même orientation que les vents dominants.
- La forme traversante des ilots, génère des vitesses d'écoulement aéraulique adéquate au niveau des piétons, si les immeubles de ces ilots n'ont pas des grandes hauteurs.
- La diminution de la densité urbaine, ainsi que l'implantation adéquaté avec la direction des vents dominants, favorisent le potentiel de ventilation, et par la suite le rafraichissement d'air ainsi que la marchabilité.
- Les formes compactes favorisent le piégeage radiatif, ce qui n'est acceptable qu'en hiver. L'optimisation de la porosité urbaine de ce type de forme urbaine, améliore le confort aéraulique des piétons.

3 Limites de recherche

La méthode de recherche que nous avons adoptée à certaines limites :

- Les données microclimatiques mesurées ne concernent que des endroits précis, et ne peuvent pas être généralisées pour tout l'espace urbain.
- L'identification de différents types des effets aérauliques aux tours des bâtiments, n'est parfaitement lisible qu'à travers la simulation (CFD).

Ces limites nous conduisent à évoquer d'autres axes de recherche afin d'améliorer ce travail.

4 Perspectives de recherche

Nous estimons qu'il serait intéressant d'explorer le recours à des méthodes de suivi en temps réel des piétons, afin de disposer d'informations sur leurs cheminements encore plus précises comme de l'observation par enregistrements vidéo. Cette technique permettrait notamment de disposer d'une information temporelle plus complète sur les parcours.

Nous envisageons dans le futur d'utiliser la CFD, afin d'aboutir à des améliorations au niveaux de la conception des ilots existantes, dans le but de l'optimisation du confort aéraulique des piétons.

Références bibliographiques

- Aboulata, T., Zayed, M., & Elmassah, O. (2020). Impact of compact urban morphology on wind behavior using CFD for sustainable development. *Journal of engineering and applied science*, 67(8), 2187-2204.
- Adlakha, D. H. (2016). Neighborhood-based differences in walkability, physical activity, and weight status in India. *Journal of transport & health*, 3(4), 485-499. doi:10.1016/j.jth.2016.10.008
- Adolphe, L. (2001). Modelling the link between built environment and urban climate: towards simplified indicators of the city environment. *Seventh International IBPSA Conference*, (pp. 13-15). Rio de Janeiro.
- Adolphe, L. C. (2002). *SAGACités, Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines*. Rapport final, MENRT, Action Concertée Incitative Ville.
- Afiq, W. M., Azwadi, C. N., & Saqr, K. M. (2012). Effects of buildings aspect ratio, wind speed and wind direction on flow structure and pollutant dispersion in symmetric street canyons: a review. *International Journal of Mechanical and Materials Engineering*, 7(2), 158-165.
- Ahmed, K. S. (2003). Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments. *Energy and Buildings*, 35(1), 103-110. doi:10.1016/S0378-7788(02)00085-3
- Aida, M. &. (1982). Urban albedo as a function of the urban structure—a two-dimensional numerical simulation.,. *Boundary-layer meteorology*, 23(4), 415-424. doi:https://doi.org/10.1007/BF00116270
- AIT-AMEUR, K. (2002). Characterization of the microclimate in urban public spaces through the validation of a “morpho-climatic” indicator system. *In Proceedings of PLEA*, (pp. 305-311).
- AitAmeur, K. A. (2002). Characterization of the microclimate in urban public spaces through the validation of a " morpho-climatic" indicator system. *In Proceedings of PLEA (Vol. 306)*.
- Akbari, H. K. (1997). Peak power and cooling energy savings of shade trees. *Energy and buildings*, 25(2), 139-148.
- Alexander, C. (2004). *The Phenomenon of Life: BOOK ONE The Nature of Order: An Essay on the Art of Building and The Nature of the Universe*. Berkeley Taylor Fr.
- ALLAIN, R. (2004). Morphologie urbaine. Géographie, aménagement et architecture de la ville. *Cahiers de géographie du Québec*, 49(138), 438-439. doi:https://doi.org/10.7202/012570

- Andrade, H., Alcoforado, M. J., & Oliveira, S. (2011). Perception of temperature and wind by users of public outdoor spaces: relationships with weather parameters and personal characteristics. *International journal of biometeorology*, 55(5), 665-680. doi:10.1007/s00484-010-0379-0
- ASCE. (2004). Outdoor Human Comfort and Its Assessment. *American Society of Civil Engineers (ASCE)*, 68.
- Azunre, G. A., Amponsah, O., Peprah, C., Takyi, S. A., & Braimah, I. (2019). A review of the role of urban agriculture in the sustainable city discourse. *Cities*, 93, 104-119. doi:10.1016/j.cities.2019.04.006
- Bardet, G. (1944). Principes d'analyse urbaine. *Journal de la société française de statistique*, 85, 245-271.
- Bardhan, R., Kurisu, K., & Hanaki, K. (2011). Linking urban form and quality of life in Kolkata. *In 47th ISOCARP congress (Vol. 2011)*. India.
- Basantes, A. C. (2018). Altitude, climate variables and people's length of stay in Ecuador squares. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 10(2), 414-425. doi:10.1590/2175-3369.010.002.a011
- Bell, P. A. (2005). *Environmental Psychology*. New Jersey: Fort Worth (TX) : Hartcourt College Publishers.
- Benyoucef, B. (1999). *Analyse urbaine, éléments de méthodologie*. Alger: OPU.
- Beranek, W. J. (1984). *Wind Environment Around Single Buildings of Rectangular Shape; And, Wind Environment Around Building Configurations*. Delft University of Technology.: Stevin-Laboratory of the Department of Civil Engineering.
- Bishop, S. H.-M. (2016). Bionomic design countermeasures for enhancing cognitive and psychological functioning and crew performance in isolated and confined habitats. *46th International Conference on Environmental Systems*. Vienna, Austria.
- Bjerregaard, E. a. (1981). *Wind environment around*. Hørsholm: Danish Buildings Research Institute.
- Black, C. C. (2001). Encouraging walking: the case of journey-to-school trips in compact urban areas. *Urban studies*, 38(7), 1121-1141. doi:10.1080/00420980124102
- Blocken, B. &. (2012). Ten iterative steps for model development and evaluation applied to Computational Fluid Dynamics for Environmental Fluid Mechanics. *Environmental Modelling & Software*, 33, 1-22. doi:https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2012.02.001
- Blocken, B. J. (2012). CFD simulation for pedestrian wind comfort and wind safety in urban areas: General decision framework and case study for the Eindhoven University

- campus. *Environmental Modelling & Software*, 30, 15-34.
doi:10.1016/j.envsoft.2011.11.009
- Blocken, B., & Carmeliet, J. (2004). Pedestrian wind environment around buildings: Literature review and practical examples. *Journal of Thermal Envelope and Building Science*, 28(2), 107-159. doi: <https://doi.org/10.1177/1097196304044396>
- Blocken, B., Stathopoulos, T., & Van Beeck, J. P. (2016). Pedestrian-level wind conditions around buildings: Review of wind-tunnel and CFD techniques and their accuracy for wind comfort assessment. *Building and Environment*, 100, 50-81.
doi:10.1016/j.buildenv.2016.02.004
- Booth, M. L. (2000). Social–cognitive and perceived environment influences associated with physical activity in older Australians. *Preventive medicine*, 31(1), 15-22.
doi:10.1006/pmed.2000.0661
- Bordes-Pagès, E. (1995). *Référentiel de densités et de formes urbaines*. Paris, France.: IAURIF.
- Bosselmann, P. A. (1995). Urban form and climate: case study, Toronto. *Journal of the American Planning Association*, 61(2), 226-239. doi:10.1080/01944369508975635
- Bosselmann, P. D. (1988). *Sun, Wind, and Comfort: A Field Study of Thermal Comfort in San Francisco*. Berkeley: No. CEDR-06-88). Berkeley, CA: Center for Environmental Design Research, University of California.
- Bottema, M. (1993). *Wind climate and urban geometry*. Technische Universiteit Eindhoven.
doi:<https://doi.org/10.6100/IR388789>
- BOUDOUKHA, A., & ZEMMOURI, N. (2019). Analyse de la symbiose environnement lumineux et qualité architecturale dans le secteur résidentiel. Cas d'étude : la cité des 426 lots El Eulma, Sétif. *International Journal of Innovative Technical and Applied Sciences*, 3(01), 001-008.
- Bouketta, S., & Bouchahm, Y. (2020). Numerical evaluation of urban geometry's control of wind movements in outdoor spaces during winter period. Case of Mediterranean climate. *Renewable Energy*, 146, 1062-1069. doi:10.1016/j.renene.2019.07.012
- Bourbia, F., & Awbi, H. B. (2004). Building cluster and shading in urban canyon for hot dry climate: Part 1: Air and surface temperature measurements. *Renewable energy*, 29(2), 249-262. doi:10.1016/S0960-1481(03)00170-8
- Bovy, P. H. (2012). *Route Choice: Wayfinding in Transport Networks: Wayfinding in Transport Networks (Vol. 9)*. Springer Science & Business Media.
- Burden, D. W. (1999). *Street design guidelines for healthy neighborhoods (pp. 1-15)*. Sacramento: Calif: Center for Livable Communities.

- Burden, D., Davis, D., Sprowls, S., Zykofsky, P., & Wallwork, M. (2002). *Street Design Guidelines for Healthy Neighborhoods*. Center for Livable Communities.
- Capeluto, I. G., Yezioro, A. B., & Shaviv, E. D. (2003). Climatic aspects in urban design—a case study. *Building and environment*, 38(6), 827-835. doi:10.1016/S0360-1323(02)00063-X
- Chaix, B. S. (2014). The environmental correlates of overall and neighborhood based recreational walking (a cross-sectional analysis of the RECORD Study). *International journal of behavioral nutrition and physical activity*, (pp. 11(1), 1-14).
- Chao, Y., & Edward, N. (2012). Building porosity for better urban ventilation in high-density cities—A computational parametric study. *building and environment*, 50: 176-189. doi:10.1016/j.buildenv.2011.10.023
- CHATELET, A. F. (1998). *Architecture climatique, une contribution au développement durable, tome2: concepts et dispositifs*. Aix-en-Provence: Edition de l'EDISUD.
- Chater, H. (2015). *L'évaluation de la qualité de la forme urbaine issue des nouveaux modes de production d'habitat collectif en Algérie: « Un essai à partir des programmes LSP dans la ville d'El-Eulma /SETIF »*.
- Chen, L. &. (2012). Outdoor thermal comfort and outdoor activities: A review of research in the past decade. *Cities*, 29(2), 118-125. doi:10.1016/j.cities.2011.08.006
- Chen, Q. Y. (2004). Using computational tools to factor wind into architectural environment design. *Energy and buildings*, 36(12), 1197-1209. doi:10.1016/j.enbuild.2003.10.013
- Chen, Y., Liu, T., & Liu, W. (2016). Increasing the use of large-scale public open spaces: A case study of the North Central Axis Square in Shenzhen, China. *Habitat International*, 53, 66-77. doi:10.1016/j.habitatint.2015.10.027
- Cheng, V. S. (2006). Urban form, density and solar potential. *The 23rd Conference on Passive and Low Energy Architecture*. Geneva.
- Cheng, V., Ng, E., Chan, C., & Givoni, B. (2012). Outdoor thermal comfort study in a subtropical climate: a longitudinal study based in Hong Kong. *International journal of biometeorology*, 56(1), 43-56. doi:10.1007/s00484-010-0396-z
- Chew, L. W., & Norford, L. K. (2019). Pedestrian-level wind speed enhancement with void decks in three-dimensional urban street canyons. *Building and Environment*, 155, 399-407. doi:10.1016/j.buildenv.2019.03.058
- Cichowicz, R., Wielgosiński, G., & Fetter, W. (2017). Dispersion of atmospheric air pollution in summer and winter season. *Environmental monitoring and assessment*, 189(12), 1-10. doi:10.1007/s10661-017-6319-2

- Cionco, R. M. (1998). High resolution urban morphology data for urban wind flow modeling. *Atmospheric Environment*, 32(1), 7-17.
- City, M. (2011). Récupéré sur Exploring Masdar City.
- Coccolo, S. M. (2017). On the impact of the wind speed on the outdoor human comfort: A sensitivity analysis. *Energy Procedia*, 122, 481-486. doi:https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.297
- Colaninno, N. R. (2011). An automatic classification of urban texture: form and compactness of morphological homogeneous structures in Barcelona. *51st Congress of the European Regional Science Association*. barcelona.
- Colombert, M. S. (2012). Le climat et la ville: la nécessité d'une recherche croisant les disciplines. *Vertigo-la revue électronique en sciences de l'environnement, (Hors-série 12)*. doi:https://doi.org/10.4000/vertigo.11811
- Comfort, W. (2006). *Wind Danger in the Built Environment*.
- Davenport A, G. G. (2000). Estimating the roughness of cities and sheltered country. *Dans Preprints, 12th Conf. on Applied Climatology* (pp. 96–99). Asheville: NC, American Meteorology Society.
- Du, Y. M. (2017). Effects of lift-up design on pedestrian level wind comfort in different building configurations under three wind directions. *Building and Environment*, 117, 84-99. doi:10.1177/1420326X15609967
- Du, Y., Mak, C., Kwok, K., Tse, K., & Lee, T. (2017). New criteria for assessing low wind environment at pedestrian level in Hong kong. *Building and Environment*, 123: 23–36. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.06.036
- Edussuriya, P. S. (2015). Analysis of urban morphological attributes and street level air pollution in high-density residential environments in Hong Kong. *In 49th International Conference of the Architectural Science Association*.
- Eliasson, I., Knez, I., Westerberg, U., Thorsson, S., & Lindberg, F. (2007). Climate and behaviour in a Nordic city. *Landscape and Urban Planning*, 82(1-2), 72-84. doi:https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2007.01.020
- Ermagun, A. &. (2017). Public transit, active travel, and the journey to school: a cross-nested logit analysis. *Transportmetrica A: Transport Science*, 13(1), 24-37. doi:10.1016/j.jtrangeo.2010.05.005
- Farida, N. (2013). Effects of outdoor shared spaces on social interaction in a housing estate in Algeria. *Frontiers of Architectural Research*, 2(4), 457-467. doi:10.1016/j.foar.2013.09.002

- Fouad, A. O. (2007). *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics: étude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*.
- Francis, M. (2003). *Urban open space: Designing for user needs*. Washington: Island Press.
- Frank, S. M. (2000). Age-related thermoregulatory differences during core cooling in humans. *American Journal of Physiology-Regulatory Integrative and Comparative Physiology*, 279(1), R349-R354. doi:<https://doi.org/10.1152/ajpregu.2000.279.1.R349>
- Gandemer, J. (1981). The aerodynamic characteristics of windbreaks, resulting in empirical design rules. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 7(1), 15-36. doi:[https://doi.org/10.1016/0167-6105\(81\)90065-9](https://doi.org/10.1016/0167-6105(81)90065-9)
- Gandemer, J. G. (1976). *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti*. Paris: Ministère de la Qualité de la Vie.
- Gandemer, J., & Barnaud, G. (1975). *Inconfort dû au vent aux abords des bâtiments: étude aérodynamique du champ de vitesse dans les ensembles bâtis: étude complémentaire*. Centre scientifique et technique du bâtiment, Établissement de Nantes.
- Gehl, J. (2007). Public spaces for a changing public life. Dans *In Open space: People space* (pp. 23-30). Taylor & Francis.
- Gehl, J. (2011). Three Types of Outdoor Activities, “Life Between Buildings,” and “Outdoor Activities and the Quality of Outdoor Space”: from Life Between Buildings: Using Public Space. In *In The City Reader* (pp. 586-608). Routledge.
- Gelormino, E., Melis, G., Marietta, C., & Costa, G. (2015). From built environment to health inequalities: An explanatory framework based on evidence. *Preventive Medicine Reports, Volume 2*, 737-745. doi:[10.1016/j.pmedr.2015.08.019](https://doi.org/10.1016/j.pmedr.2015.08.019)
- Genestier, P. (1996). *Vers un nouvel urbanisme: faire la ville, comment? pour qui?*.
- Ghasemi, Z. E. (2015). Promotion of urban environment by consideration of human thermal & wind comfort: a literature review. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 201, 397-408. doi:[10.1016/j.sbspro.2015.08.193](https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2015.08.193)
- Giezendanner, F. D. (2012). *Enquêtes: Principaux biais dans la formulation des questions*. Tiré de: <http://icp.ge.ch/sem/cms-spip/spip.php>.
- Givoni, B. (1987). *L'Homme, l'Architecture et le Climat*. Paris: Éditions du Moniteur.
- Golany, G. S. (1996). Urban design morphology and thermal performance. *Atmospheric Environment*, 30(3), 455-465. doi:[https://doi.org/10.1016/1352-2310\(95\)00266-9](https://doi.org/10.1016/1352-2310(95)00266-9)
- Grimmond, C. S. (1999). Aerodynamic properties of urban areas derived from analysis of surface form. *Journal of Applied Meteorology and Climatology*, 38(9), 1262-1292.

- Groleau, D. M. (1995). Environmental specificities of the urban built forms. Rebuilt-rebuilding in the European City-Integration.
- Grosso, M. (1998). Urban form and renewable energy potential. *Renewable energy*, 15(1-4), 331-336. doi:[https://doi.org/10.1016/S0960-1481\(98\)00182-7](https://doi.org/10.1016/S0960-1481(98)00182-7)
- Guerra, E. &. (2021). The relationship between urban form and mode choice in US and Mexican cities: A comparative analysis of workers' commutes. *Journal of Transport and Land Use*, 14(1), 441-462. doi:10.5198/jtlu.2021.1789
- Guo, Z. S. (2018). Public Open Space Design Study on the Basis of Microclimate and Spatial Behavior in Hot and Cold Weather Conditions in Downtown Area. *Modern Applied Science*, 12(2). doi:10.5539/mas.v12n2p128
- Guouizi, Y. (2004). *effet d'un groupe de batiments sur l'écoulement de l'air (le vent) et le confort des piétons dans les espaces exterieur cas d'étude: ensembles de batiments collectifs des ZHUN à biskra*. Biskra: (Doctoral dissertation, Université Mohamed Khider).
- Handy, S. P. (2003). *Planning for street connectivity. Getting from here to there*. Chicago: American Planning Association, Planning Advisory Service (.Planning Advisory Service report, no. 515) .
- Hang, J. L. (2010). Wind conditions and ventilation in high-rise long street models. *Building and Environment*, 45(6), 1353-1365. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2009.11.019>
- Hartman, C. W. (1972). *Social values and housing orientations*. Human Identity in the Urban Environment, Middlesex: Penguin.
- Hayati, H. &. (2012). Impact of tall buildings in environmental pollution. *Environmental Skeptics and Critics*, 1(1):8-11.
- Hewawasam, C. B. (2013). Analysis of factors affecting pedestrian route choice. *J. Chem. Inf. Model*, 53(9), 1689-1699.
- Hillier, B. (2007). *Space is the machine: a configurational theory of architecture*. *Space Syntax*.
- Hillier, B., Penn, A., Hanson, J., Grajewski, T., & Xu, J. (1993). Natural movement: or, configuration and attraction in urban pedestrian movement. *Environment and Planning B: planning and design*, 20(1), 29-66. doi:10.1068%2Fb200029
- Hou, T., Lu, M., & Fu, J. (2017). Microclimate perception features of commercial street in severe cold cities. *Energy Procedia*, 134, 528 - 535. doi:<https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.09.559>
- Houda, S., Belarbi, R., & Zemmouri, N. (2017). A CFD Comsol model for simulating complex urban flow. *Energy Procedia*, 139, 373-378.

- Houda, S., Zemmouri, N., Athmani, R., & Belarbi, R. (2011). Effect of urban morphology on wind flow distribution in dense urban areas. *Revue des énergies renouvelables*, 14(1), 85-94.
- Huang, C. H. (2012). The Influence of Community Planning on Urban Thermal Environment. *In Proceedings of the 2012 International Conference on Environment Science and Engineering* (pp. pp. 7-8). Bangkok, Thailand: IPCBEE.
- Huizhi, L. J. (2002). Influences of structures on urban ventilation: a numerical experiment. *Advances in Atmospheric Sciences*, 19(6), 1045-1054. doi: <https://doi.org/10.1007/s00376-002-0063-3>
- Huler, S. (2007). *Defining the wind: the Beaufort scale and how a 19th-century admiral turned science into poetry*. New York: Crown.
- Humpel, N. O. (2004). Perceived environment attributes, residential location, and walking for particular purposes. *American journal of preventive medicine*, 26(2), 119-125. doi:10.1016/j.amepre.2003.10.005
- Hunt, J. C. (1976). The effects of wind on people; new criteria based on wind tunnel experiments. *Building and Environment*, 11(1), 15-28. doi:[https://doi.org/10.1016/0360-1323\(76\)90015-9](https://doi.org/10.1016/0360-1323(76)90015-9)
- Isyumov, N., & Davenport, A. G. (1975). The ground level wind environment in built-up areas. *In Proceedings of the 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures*, (pp. 403-422).
- Itani, M. G. (2020). Bioheat modeling of elderly and young for prediction of physiological and thermal responses in heat-stressful conditions. *Journal of thermal biology*, 88, 102533. doi:<https://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2020.102533>
- Jabarudin, W. M. (2012). Harnessing Wind Comfort in Coastal Resort Malaysia. *Procedia-Social and Behavioral Sciences*, 50, 537-548. doi:10.1016/j.sbspro.2012.08.057
- Jacobs, A. B. (2013). Conclusion: Great streets and city planning. Dans *In The Urban Design Reader* (pp. 234-237). Routledge.
- Jamieson, N. J. (1992). The effect of architectural detailing on pedestrian level wind speeds. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 44(1-3), 2301-2312. doi:10.1016/0167-6105(92)90020-B
- Janssen, W. D. (2013). Pedestrian wind comfort around buildings: Comparison of wind comfort criteria based on whole-flow field data for a complex case study. *Building and Environment*, 59, 547-562. doi:10.1016/j.buildenv.2012.10.012

- Jensen, M., & Franck, N. (1963). *Model-scale tests in turbulent wind*. Copenhagen: Danish Technical Press.
- Ji, H. P. (2019). A Quantitative Study of Geometric Characteristics of Urban Space Based on the Correlation with Microclimate. *Sustainability*, 11(18), 4951. doi:<https://doi.org/10.3390/su11184951>
- Johansson, E. (2006). Influence of urban geometry on outdoor thermal comfort in a hot dry climate: A study in Fez, Morocco. *Building and environment*, 41(10), 1326-1338. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.022>
- Jordana, S. J. (2008). Evaluating and modeling the response of an individual to a sudden change in wind speed. *Building and Environment*, Vol 43. pp. 1521-1534. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2007.08.004>
- Kamel, M. A. (2013). Encouraging walkability in GCC cities: Smart urban solutions. *Smart and Sustainable Built Environment*, 2(3), 288–310. doi:10.1108/sasbe-03-2013-0015
- Kang, J. E. (2019). Evaluating the effect of compact urban form on air quality in Korea. *Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science*, 46(1), 179-200. doi:10.1177/2399808317705880
- Kaplan, S. (2001). Meditation, restoration, and the management of mental fatigue. *Environment and behavior*, 33(4), 480-506. doi:<https://doi.org/10.1177/00139160121973106>
- Kaufmann, V. (2007). *La motilité: une notion clé pour revisiter l'urbain?* Enjeux de la sociologie urbaine.
- Kitous, S. B. (2012). Airflow patterns within a complex urban topography under hot and dry climate in the Algerian Sahara. *Building and Environment*, 56, 162-175. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.02.022>
- Kliczkowski, H. (2003). *Antoni Gaudi*. A. Asppan SL.
- Koerniawan, D. M. (2016). *Effect of urban structure on thermal comfort and walking comfort in Jakarta*. Japan: The University of Kitakyushu.
- Koohsari, M. J. (2019). Natural movement: A space syntax theory linking urban form and function with walking for transport. *Health & place*, 58, 102072. doi:10.1016/j.healthplace.2019.01.002
- Koss, H. H. (2006). On differences and similarities of applied wind comfort criteria. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 94(11), 781-797. doi:10.1016/j.jweia.2006.06.005
- Krier, R. &. (1979). *Urban space*. London: Academy editions.

- Kun, Z. L. (2011). Cooling effects study on ventilated embankments under the influence of the temperature differences between the sunny slopes and the shady slopes. *Cold regions science and technology*, 65(2), 226-233.
- Kusaka, M. S. (2018). Human Behavior in Downtown Public Spaces during Cooling Periods in Winter Cities. *J. Civ. Eng. Arch*, 12, 1-10.
- L, A., A, C., M, M., Levy, A., Casal, A., Boussoulim, A., & Ait-ameur, K. (2002). *SAGACités, Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines*.
- Lawson, T. V. (1978). The wind content of the built environment. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 3(2-3), 93-105. doi:[https://doi.org/10.1016/0167-6105\(78\)90002-8](https://doi.org/10.1016/0167-6105(78)90002-8)
- Lawson, T., & Penwarden, A. (1975). The effects of wind on people in the vicinity of buildings. *Proceedings 4th International Conference on Wind Effects on Buildings and Structures* (pp. pp. 605–622). Heathrow: Cambridge University Press.
- Lee, C. (2019). Impacts of urban form on air quality: Emissions on the road and concentrations in the US metropolitan areas. , 246, 192-202. *Journal of environmental management*, 246, 192-202. doi:10.1016/j.jenvman.2019.05.146
- Lee, K. Y. (2018). Influence of the vertical wind and wind direction on the power output of a small vertical-axis wind turbine installed on the rooftop of a building. *Applied Energy*, 209, 383-391. doi:10.1016/j.apenergy.2017.08.185
- Lei, L. F.-L.-H.-G. (2006). Numerical simulation of the flow within and over an intersection model with Reynolds-averaged Navier–Stokes method. , . <https://doi.org/10.1088/1009-1963/15/1/024>
- Levy, I. S. (1998). *La ville ou la proximité organisée*. Paris: J.M. Huriot.
- Liang, S., Leng, H., Yuan, Q., Wang, B. W., & Yuan, C. (2020). How does weather and climate affect pedestrian walking speed during cool and cold seasons in severely cold areas? *Building and environment*, 175, 106811. doi:<https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106811>
- Lima, R. G. (2017). A influência de diferentes arranjos construtivos no comportamento da ventilação natural. *urbe. Revista Brasileira de Gestão Urbana*, 9, 425-441. doi:<https://doi.org/10.1590/2175-3369.009.supl1.ao013>
- Liu, J. Z. (2019). Pedestrian-level wind and gust around buildings with a ‘lift-up’ design: Assessment of influence from surrounding buildings by adopting LES. *Building Simulation*, Vol. 12, No. 6, 1107-1118.

- Liu, Junwei, Ji, Z., Debao, Z., Shifei, J., Jincheng, X., . . . Jian, Z. (2020). Sub-ambient radiative cooling with wind cover. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 130, 109935. doi:10.1016/j.rser.2020.109935
- Ma, L., Xiong, H., Wang, Z., & Xie, K. (2019). Impact of weather conditions on middle school students' commute mode choices: Empirical findings from Beijing, China. *Transportation research part D: transport and environment*, 68, 39-51. doi:10.1016/j.trd.2018.05.008
- Marchand, B. (1974). Pedestrian traffic planning and the perception of the urban environment: a French example. *Environment and Planning A*, 6(5), 491-507. doi:https://doi.org/10.1068%2Fa060491
- Martonne, E. (1942). NOUVELLE CARTE MONDIALE DE L'INDICE D'ARIDITÉ (Carte hors texte). In *Annales de Géographie*, (Vol. 51, No. 288, pp. 241-250). Armand Colin.
- Massabie, P. &. (1996). Incidence d'un faible débit de ventilation sur la qualité de l'air, l'état de sante et les performances zootechniques du porc à l'engrais élevé à 24 C. *Journées de la recherche porcine en France*, (pp. 28, 201-208.).
- Mattuella, J. M., Loredou-Souza, A. M., Oliveira, M. G., & Petry, A. P. (2016). Wind tunnel experimental analysis of a complex terrain micro-siting. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 110-119. doi:10.1016/j.rser.2015.09.088
- McCormack, G. R. (2015). Neighbourhood urban form and individual-level correlates of leisure-based screen time in Canadian adults. *BMJ open*, 5(11), e009418. doi:10.1136/bmjopen-2015-009418
- McVay, S. K. (1993). *The biophilia hypothesis*. Washington DC: Island Press.
- Mehrabian, A., & Russell, J. A. (1974). *An approach to environmental psychology*. the MIT press.
- Melbourne, W. H. (1978). Criteria for environmental wind conditions. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 3(2-3), 241-249. doi:https://doi.org/10.1016/0167-6105(78)90013-2
- Melnikov, V., Valeria V, K., & Peter MA, S. (2017). Models of pedestrian adaptive behaviour in hot outdoor public spaces. *Procedia Computer Science*, 108 : 185-194. doi:10.1016/j.procs.2017.05.006
- Merlin, P., D'Alfonso, E., & Choay, F. (1988). Morphologie urbaine et parcellaire : colloque d'Arc-et-Senans:(28 et 29 octobre 1985). Presses universitaires de Vincennes.
- Metz, F. (1995). Les origines du concept d'adaptation physiologique. . *Revue Philosophique de la France et de l'Étranger*, , 185(4), 463-483.

- Millot, M. (2003). Développement urbain et insécurité routière: l'influence complexe des formes urbaines. *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, (43), 85-118.
- Molaei, P. T. (2021). Measuring Walkability with Street Connectivity and Physical Activity: A Case Study in Iran. *World* 2(1), 49-61. doi:10.3390/world2010004
- Moore, R. C. (2017). *Childhood's domain: Play and place in child development*. Routledge.
- Moser, G. W. (2003). *Espaces de vie: Aspects de la relation homme-environnement*. Armand Colin. doi:https://doi.org/10.4000/cybergeog.795
- Mouada, N., Zemmouri, N., & Meziani, R. (2019). Urban morphology, outdoor thermal comfort and walkability in hot, dry cities: Case study in Sidi Okba, Algeria. *International Review for Spatial Planning and Sustainable Development*, 7(1), 117-133. doi:10.14246/irspsda.7.1_117
- Nady, R. (2017). Dynamic facades: environmental control systems for sustainable design. *Renewable Energy and Sustainable Development*, 3(1), 118-127. doi:10.21622/resd.2017.03.1.118
- Nakamura, Y. &. (1988). Wind, temperature and stability conditions in an east-west oriented urban canyon. (1967),. *Atmospheric Environment (1967)*, 22(12), 2691-2700. doi:https://doi.org/10.1016/0004-6981(88)90437-4
- Ng, E., Yuan, C., Chen, L., Ren, C., & Fung, J. C. (2011). Improving the wind environment in high-density cities by understanding urban morphology and surface roughness: a study in Hong Kong. *Landscape and Urban planning*, 101(1), 59-74.
- Nikolopoulou, M. (2004). *Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain : une approche bioclimatique*. Grèce: Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings.
- Nikolopoulou, M. (2004). *Designing open spaces in the urban environment: a bioclimatic approach*. Athens: Centre for Renewable Energy Sources, EESD, FP5.
- Nikolopoulou, M. B. (1999). Thermal comfort in urban spaces: different forms of adaptation. *Proc. REBUILD 1999: Shaping Our Cities for the 21st Century*.
- Nikolopoulou, M. L. (2006). Thermal comfort in outdoor urban spaces: analysis across different European countries. *Building and environment*, 41(11), 1455-1470. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.05.031
- Nikolopoulou, M., & Lykoudis, S. (2007). Use of outdoor spaces and microclimate in a Mediterranean urban area. *Building and environment*, 42(10), 3691-3707. doi:10.1016/j.buildenv.2006.09.008

- Oke, T. R. (1987). Urban heat storage derived as energy balance residuals. *Boundary-Layer Meteorology*, 39(3), 233–245. doi:<https://doi.org/10.1007/BF00116120>
- Organization World Health, O. (2010). *Recommandations Mondiales sur l'activité Physique pour la santé*.
- Ouamer, A. F. (2007). *Morphologie urbaine et confort thermique dans les espaces publics: étude comparative entre trois tissus urbains de la ville de Québec*.
- Patnode, C. D.-A. (2010). The relative influence of demographic, individual, social, and environmental factors on physical activity among boys and girls. *International Journal of Behavioral Nutrition and Physical Activity*, 7(1), 1-10. doi:10.1186/1479-5868-7-79
- Peng, C. L. (2015). Improvement of air quality and thermal environment in an old city district by constructing wind passages. *Sustainability*, 7(9), 12672-12692. doi:<https://doi.org/10.3390/su70912672>
- PENWARDEN, A. (1973). Acceptable wind speeds in towns., *Build. Sci, Vol. 8.*, pp. 259- 267. doi:[https://doi.org/10.1016/0007-3628\(73\)90008-X](https://doi.org/10.1016/0007-3628(73)90008-X)
- Penwarden, A. D. (1975). *Wind environment around buildings*. . Building Research Establish Report.
- Piombini, A. (2008). Modélisation des choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain. In *Colloque des jeunes docteurs en sciences humaines et sociales*. Universités de Bourgogne et de Franche-Comté.
- Plate, E. J. (1999). Methods of investigating urban wind fields—physical models. *Atmospheric Environment*, 33(24-25), 3981-3989. doi:10.1016/S1352-2310(99)00140-5
- Plate, E. J. (2001). Wind loads in urban areas. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 89(14-15), 1233-1256. doi:[https://doi.org/10.1016/S0167-6105\(01\)00159-3](https://doi.org/10.1016/S0167-6105(01)00159-3)
- PORTZAMPARC, C. D. (1996). *Généalogie des formes= genealogy of forms*. France.
- Reiter, S. (2007). *Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes*. Belgium: Université catholique de Louvain.
- Reiter, S. (2010). Assessing wind comfort in urban planning. *Environment and Planning B: Planning and Design*, 37(5), 857-873. doi:10.1068/b35154
- Rotach, M. (2000). Review of atmospheric turbulence over cities. *Quart. J. Roy. Meteor.* doi:<https://doi.org/10.1002/qj.49712656409>
- Rotilio, M. &. (2014). Open spaces and environmental design. *GSTF Journal of Engineering Technology (JET)*, 3(1), 23.

- Rotton, J. S. (1990). Temperature and pedestrian tempo: Walking without awareness. *Environment and Behavior*, 22(5), 650-674. doi:10.1177/0013916590225005
- Sakakibara, Y. (1996). A numerical study of the effect of urban geometry upon the surface energy budget. *Atmospheric Environment*, 30(3), 487-496. doi:https://doi.org/10.1016/1352-2310(94)00150-2
- Sampaio, P. G. (2017). Photovoltaic solar energy: Conceptual framework. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 74, 590-601. doi:https://doi.org/10.1016/j.rser.2017.02.081
- Semahi, S., Zemmouri, N., Singh, M. K., & Attia, S. (2019). Comparative bioclimatic approach for comfort and passive heating and cooling strategies in Algeria. *Building and Environment*, 161, 106271. doi:10.1016/j.buildenv.2019.106271
- Seneviratne, P. N., & Morrall, J. F. (1985). Analysis of factors affecting the choice of route of pedestrians. *Transportation Planning and Technology*, 10(2), 147-159. doi:https://doi.org/10.1080/03081068508717309
- Shaftoe, H. &. (2013). Planning out crime: the appliance of science or an act of faith? In *Handbook of crime prevention and community safety* (pp. 271-291). Willan.
- Sharag-Eldin, A. M. (1998). *Predicting natural ventilation in residential buildings in the context of urban environments*. Berkeley: University of California.
- Shashua-Bar, L. H. (2006). Integrated thermal effects of generic built forms and vegetation on the UCL microclimate. *Building and environment*, 41(3), 343-354. doi:https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.01.032
- Shatu, F. Y. (2019). Shortest path distance vs. least directional change: Empirical testing of space syntax and geographic theories concerning pedestrian route choice behaviour. *Journal of Transport Geography*, 74, 37-52. doi:https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2018.11.005
- Shooshtarian, S. &. (2019). Perception of wind in open spaces. *Climate*, 7(9), 106. doi:https://doi.org/10.3390/cli7090106
- Stathopoulos, T., Wu, H., & Bédard, C. (1992). Wind environment around buildings: a knowledge-based approach. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 44(1-3), 2377-2388. doi:10.1016/0167-6105(92)90028-9
- Stathopoulos, T., Wu, H., & Zacharias, J. (2004). Outdoor human comfort in an urban climate. *Building and Environment*, 39(3), 297-305. doi:10.1016/j.buildenv.2003.09.001
- Steane, M. A. (2004). *Environmental diversity in Architecture*. London: Routledge. doi:https://doi.org/10.4324/9780203561270

- Stewart, I. D. (2009). Classifying urban climate field sites by “local climate zones”: The case of Nagano, Japan. . *IN: Seventh International Conference on Urban Climate (Vol. 29)*.
- Taha, H. &. (1999). Urbanization of meteorological models and implications on simulated heat islands and air quality. . *In Biometeorology and Urban Climatology at the Turn of the Millenium. Selected Papers from the Conference ICB-ICU*, (pp. 8 -12). Sydney, Australia.
- Tavares, S., & Chaiechi, T. (2019). *City temperatures and city economics, a hidden relationship between sun and wind and profits*. Récupéré sur <https://theconversation.com/city-temperatures-and-city-economics-a-hidden-relationship-between-sun-and-wind-and-profits-116064>
- Terjung, W. H. (1973). Solar radiation and urban heat islands. *Annals of the Association of American Geographers*, 63(2), 181-207. doi:<https://doi.org/10.1111/j.1467-8306.1973.tb00918.x>
- Tse, K. T. (2017). Adopting ‘lift-up’ building design to improve the surrounding pedestrian-level wind environment. *Building and Environment*, 117, 154-165. doi:10.1016/j.buildenv.2017.03.011
- Tse, K. T. (2017). Pedestrian-level wind environment around isolated buildings under the influence of twisted wind flows. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 162, 12-23. doi:10.1016/j.jweia.2017.01.002
- Van Hove, L. W. (2015). Temporal and spatial variability of urban heat island and thermal comfort within the Rotterdam agglomeration. *Building and Environment*, 83, 91-103. doi:10.1016/j.buildenv.2014.08.029
- Vanky, A. P., Verma, S. K., Courtney, T. K., Santi, P., & Ratti, C. (2017). Effect of weather on pedestrian trip count and duration: City-scale evaluations using mobile phone application data. *Preventive medicine reports*, 8, 30-37. doi:10.1016/j.pmedr.2017.07.002
- Vasilikou, C. &. (2020). Outdoor thermal comfort for pedestrians in movement: thermal walks in complex urban morphology., , . *International journal of biometeorology*, 64(2), 277-291. Retrieved from <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01782-2>
- Vilate, J. C. (2007). *Vilate, J. C. (2007). Méthodologie de l'enquête par questionnaire. Laboratoire Culture & Communication Université d'Avignon*. Université d'Avignon: Laboratoire Culture & Communicatio.

- 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*. (Doctoral dissertation, Université de Nantes).
- Völker, S. H. (2018). Do perceived walking distance to and use of urban blue spaces affect self-reported physical and mental health. *Urban forestry & urban greening*, 29, 1-9.
- Wang, B. (2015). *Les impacts de la morphologie urbaine sur le vent: performance d'énergie éolienne à l'échelle de quartier* (Doctoral dissertation, Toulouse, INSA).
- Wang, B., Sun, S., & Duan, M. (2018). Wind potential evaluation with urban morphology-A case study in Beijing. *Energy Procedia*, 153, 62-67. doi:10.1016/j.egypro.2018.10.078
- Wang, H., Dai, X., Wu, J., Wu, X., & Nie, X. (2019). Influence of urban green open space on residents' physical activity in China. *BMC Public Health*, 19(1), 1-12. doi:10.1186/s12889-019-7416-7
- Wang, L., Su, J., Gu, Z., & Tang, L. (2021). Numerical study on flow field and pollutant dispersion in an ideal street canyon within a real tree model at different wind velocities. *Computers & Mathematics with Applications*, 81, 679-692. doi:10.1016/j.camwa.2019.12.026
- Wendel, H. E. (2012). Accessibility and usability: Green space preferences, perceptions, and barriers in a rapidly urbanizing city in Latin America. *Landscape and urban planning*, 107(3), 272-282. doi:10.1016/j.landurbplan.2012.06.003
- Westerberg, U. (1944). Climatic planning—physics or symbolism. *Architecture and Behaviour*, 10(1), 49-71.
- Whitmarsh, L., Lorenzoni, I., & O'Neill, S. (2012). *Engaging the public with climate change: Behaviour change and communication*. Routledge.
- Willemsen, E., & Wisse, J. A. (2007). Design for wind comfort in The Netherlands: Procedures, criteria and open research issues. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 95(9-11), 1541-1550. doi:10.1016/j.jweia.2007.02.006
- Williams, D. S. (2019). Vulnerability of informal settlements in the context of rapid urbanization and climate change. *Environment and Urbanization*, 31(1), 157-176. doi:10.1177%2F0956247818819694
- Wise, A. F. (1970). Effects due to groups of buildings. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series A, Mathematical and Physical Sciences*, 269(1199), 469-485. doi:10.1098/rsta.1971.0045
- Xia, Q. L. (2017). Effects of building lift-up design on the wind environment for pedestrians. *Indoor and built environment*, 26(9), 1214-1231. doi:10.1177%2F1420326X15609967

- Xiaomin, X., Zhen, H., & Jiasong, W. (2006). The impact of urban street layout on local atmospheric environment. *Building and Environment*, 41(10), 1352-1363. doi:10.1016/j.buildenv.2005.05.028
- Yang, J., Shi, B., Shi, Y., Marvin, S., Zheng, Y., & Xia, G. (2020). Air Pollution Dispersion in High Density Urban Areas: Research on the Triadic Relation of Wind, Air Pollution, and Urban Form. *Sustainable Cities and Society*, Vol. 54, pp. 101941. doi:10.1016/j.scs.2019.101941
- Yassin, M. F. (2013). Numerical modeling on air quality in an urban environment with changes of the aspect ratio and wind direction. *Environmental Science and Pollution Research*, 20(6), 3975-3988. doi:10.1007/s11356-012-1270-9
- Ye, J. (2019). Re-orienting geographies of urban diversity and coexistence: Analyzing inclusion and difference in public space. *Progress in human geography*, 43(3), 478-495. doi:10.1177/0309132518768405
- Ying, X. W. (2020). Group Layout Pattern and Outdoor Wind Environment of Enclosed Office Buildings in Hangzhou. *Energies*, 13(2), 406. doi:10.3390/en13020406
- Yu, Y. d. (2021). Impact of wind turbulence on thermal perception in the urban microclimate. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 216, 104714. doi:10.1016/j.jweia.2021.104714
- Yuan, C., & Edward, N. (2012). "Building porosity for better urban ventilation in high-density cities—A computational parametric study. *Building and Environment*, 50: 176-189. doi:10.1016/j.buildenv.2011.10.023
- Yuen, C. Z. (2004). Performance of a Building Integrated Wind Farm. *In The 21st Conference on Passive and Low Energy Architecture (Plea)*.
- Zacharias, J., Stathopoulos, T., & Wu, H. (2001). Microclimate and downtown open space activity. *Environment and Behavior*, 33(2), 296-315. doi:10.1177/0013916501332008
- Zacharias, J., Stathopoulos, T., & Wu, H. (2004). Spatial behavior in San Francisco's plazas: The effects of microclimate, other people, and environmental design. *Environment and behavior*, 36(5), 638-658. doi:10.1177/0013916503262545
- Zekri, E. (2010). *Caractérisation environnementale et comportementale des parcours piétonniers en milieu urbain*. Nantes: Doctoral dissertation.
- Zhang, H., Xu, T., Zong, Y., Tang, H., Liu, X., & Wang, Y. (2015). Influence of meteorological conditions on pollutant dispersion in street canyon. *Procedia Engineering*, 121, 899-905. doi:10.1016/j.proeng.2015.09.047

- Zhang, J. X. (2019). Impact of urban block typology on building solar potential and energy use efficiency in tropical high-density city. *Applied Energy*, 240, 513-533. doi:10.1016/j.apenergy.2019.02.033
- Zhang, L. &. (2020). Urban volumetrics: spatial complexity and wayfinding, extending space syntax to three dimensional space. . *arXiv preprint arXiv:2012.14419*.
- Zhang, X. T. (2017). Evaluation of pedestrian wind comfort near 'lift-up'buildings with different aspect ratios and central core modifications. *Building and Environment*, 124, 245-257. doi:10.1016/j.buildenv.2017.08.012
- Zheng, X. W., Li, H. N., & Li, C. (2019). Damage probability analysis of a high-rise building against wind excitation with recorded field data and direction effect. *Journal of Wind Engineering and Industrial Aerodynamics*, 184, 10-22. doi:10.1016/j.jweia.2018.11.018

Annexes

1 Effets typiques du vent autour

1.1 Autour des bâtiments isolés

1.1.1 Effet de trous

Phénomène d'écoulement dans les trous frontaux, ou dans les passages sous les immeubles, qui relie l'avant du bâtiment en suppression et son arrière en dépression. La hauteur des structures bâties joue un rôle important sur le renforcement de la gêne dans ces ouvertures. En effet, plus les bâtiments sont élevés, plus le confort diminue dans ces porches. Il est assimilable à l'effet Venturi. Les valeurs de la survitesse évoluent entre, 1,2 et 1,5 fois, pour une hauteur construite variant de 20 à 50 m. Cet effet présente un intérêt sur le potentiel éolien. (Figure V-1)

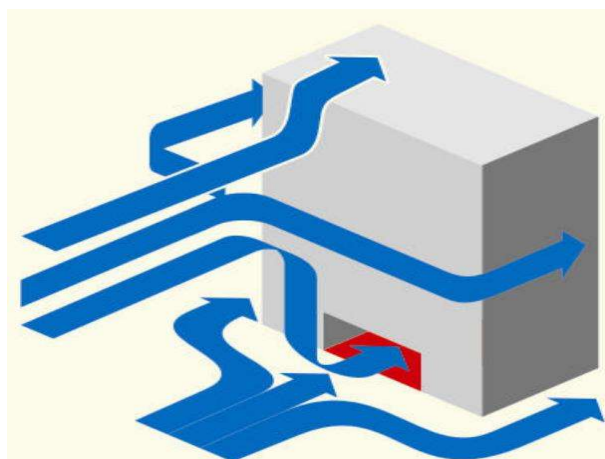


Figure V-1: effet de trous

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.1.2 Effet de coin

Phénomène d'accélération localisée, à l'angle d'un bâtiment. La vitesse peut augmenter de 1,2 à plus de 2 fois son état initial, pour des bâtiments de quelques étages à des tours de grande hauteur (30 étages plus). Cet effet présente un intérêt sur le potentiel éolien. (Figure I-2)

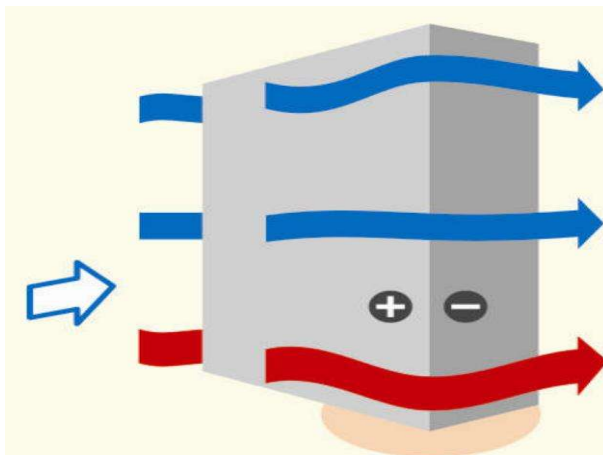


Figure I-2: Effet de coin

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.1.3 Effet de sillage

Phénomène de tourbillonnement à l'arrière d'une construction en présence d'une circulation fluide. Le phénomène est proportionnel à la surface du bâtiment qui s'oppose à l'écoulement principal du vent et la vitesse est faible au centre. Cet effet ne favorise pas le potentiel éolien. (Figure I-3)

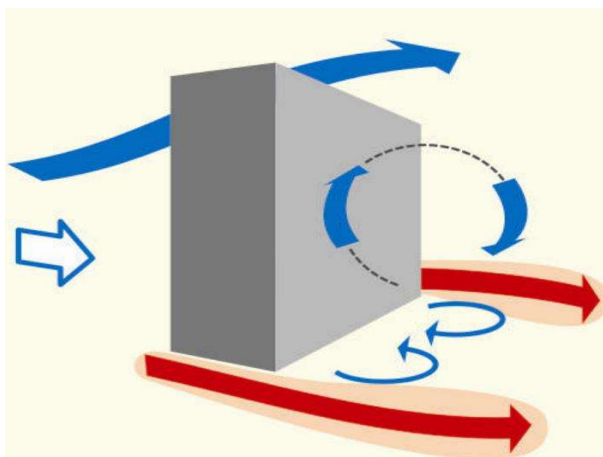


Figure I-3: effet de sillage

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.1.4 Effet de barre

Phénomène de déviation en ville de l'écoulement au passage d'une barre sous un vent incident à 45° , c'est-à-dire lorsqu'une barre isolée est face au vent ou parallèle au vent, ou dans le cas de plusieurs barres de hauteur voisines si les espacements entre les constructions sont inférieurs ou égaux à la hauteur des bâtiments. Aggravation de la survitesse de l'ordre de 1,4

sur une distance d'environ 2 fois la hauteur construite. Ce phénomène n'a pas d'intérêt sur le potentiel éolien. (Figure I-4)

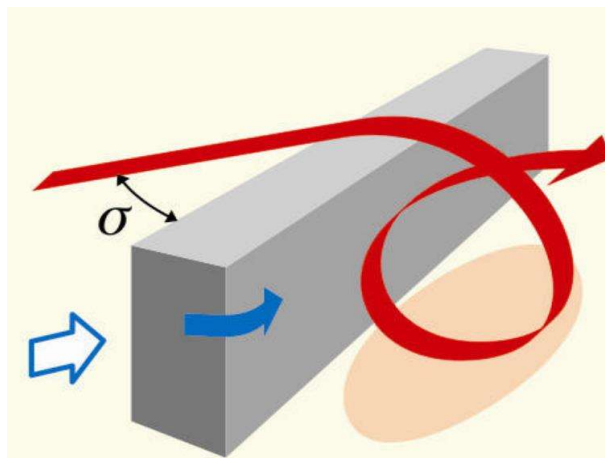


Figure I-4: Effet de barre

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.1.5 Effet de tourbillon

Phénomène de mouvement d'air tourbillonnaire à composante verticale, plongeant sur la façade directement exposée au vent. Peu d'effet pour les constructions basses, effet important pour les constructions de plus de 5 étages (augmentation de 1,5 fois dans le cas d'un immeuble de 20 étages). Ce phénomène n'a pas d'intérêt sur le potentiel éolien. (Figure I-5)

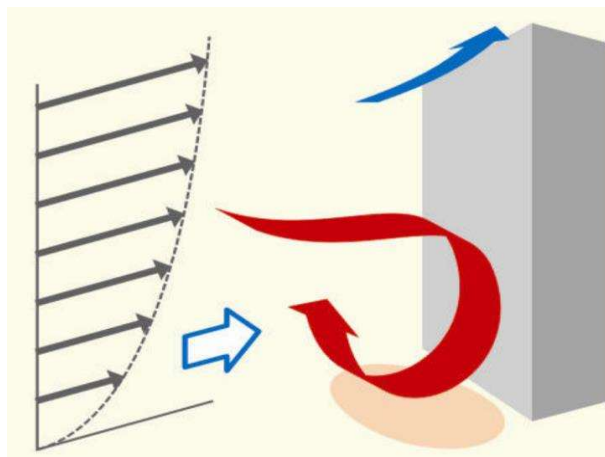


Figure I-5: Effet de tourbillon amont

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2 Autour des groupes de bâtiments

Dans ce qui suit quelques résultats fondamentaux, d'interaction des écoulements des vents et des groupes de bâtiments

1.2.1 Effet Wise

Phénomène de tourbillonnement à composante verticale au pied des bâtiments face au vent, lorsqu'une circulation fluide traverse un ensemble de bâtiments de tailles différentes et implantés parallèlement. Lorsque l'ensemble des bâtiments a une hauteur qui se situe entre 10 et 30 m, le coefficient de survitesse peut prendre la valeur 1,5. Pour un ensemble dont les hauteurs sont entre 15 et 90 m, la valeur de la survitesse peut être égale à de 1,8. (Figure I-6)

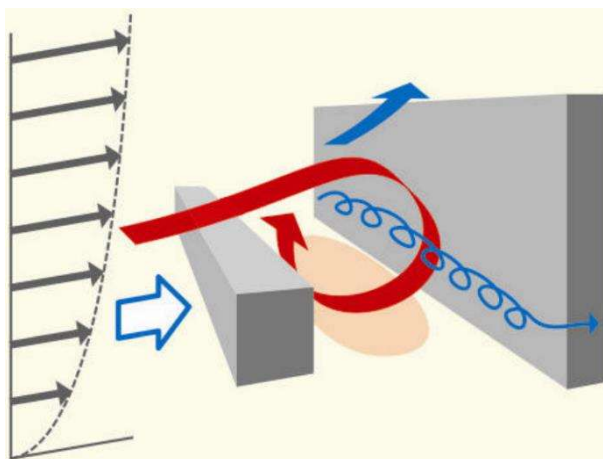


Figure I-6: Effet Wise

Source : (Gandemer & Barnaud, Inconfort dû au vent aux abords des bâtiments: étude aérodynamique du champ de vitesse dans les ensembles bâtis: étude complémentaire, 1975)

1.2.2 Effet Venturi

Phénomène de collecteur formé, avec une vitesse augmentée par des constructions, dessinant un angle ouvert au vent, et les côtés de ce passage, étant des zones de dépression, qui donnent un effet d'aspiration. L'espacement critique de 2 à 3 fois la hauteur des constructions (hauteur moyenne de 45 m) formant l'effet Venturi entraîne une valeur de la survitesse d'environ 1,6 fois. La zone critique pour le confort se situe à l'étranglement qui représente une zone de survente. Ce phénomène a un intérêt sur le potentiel éolien. (Figure I-7)

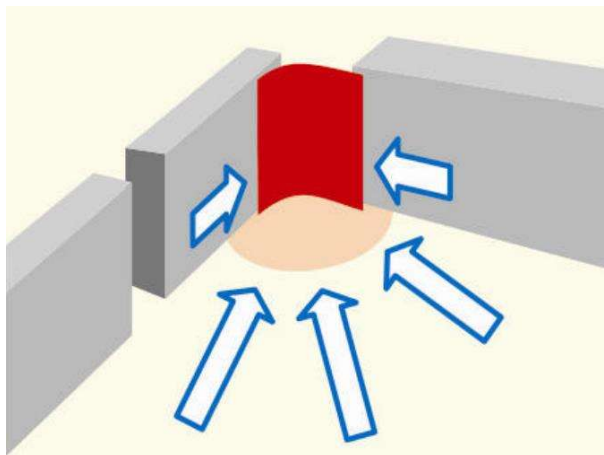


Figure I-7: Effet Venturi

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2.3 Effet de double coin

C'est un effet engendré par deux bâtiments de type barre espacé entre eux, sur le même alignement. Cet espacement est souvent une zone accélératrice de vent. (Figure I-8)

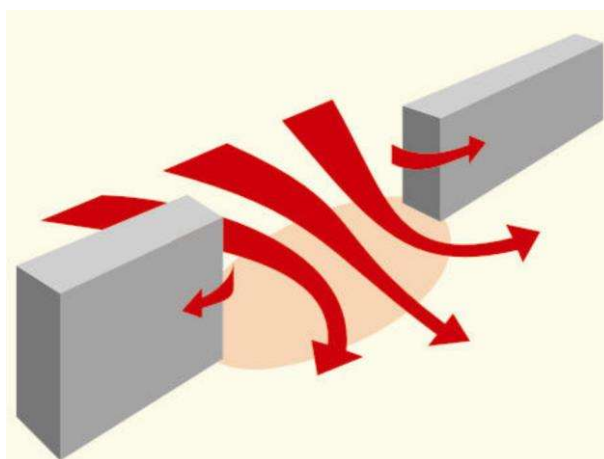


Figure I-8: Effet de double coin

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2.4 Effet de liaison

Phénomène d'écoulement entre des zones de pressions différentes entre des immeubles. Il est formé à cause de la disposition de deux constructions décalées créant un couloir de liaison. La valeur de la survitesse évolue entre 1,2 et 1,6 pour des constructions entre 12 et 35 m de hauteur. Entre 2 tours de 100 m de haut la valeur de la survitesse peut atteindre 1,8. Cet effet ne favorise pas le potentiel éolien. (Figure I-9)

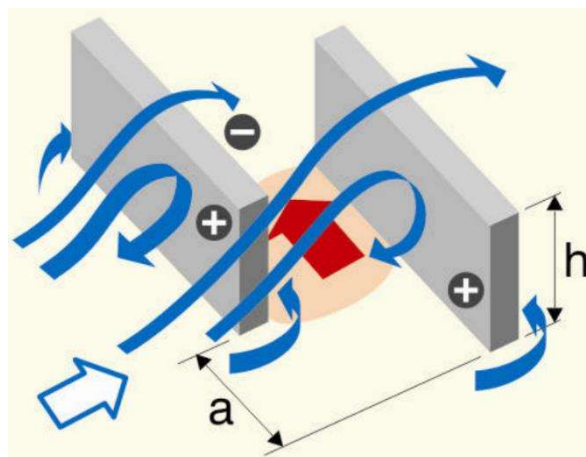


Figure I-9: effet de liaison

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2.5 Effet de canalisation

Phénomène d'écoulement le long d'une rue ou d'un couloir à ciel ouvert. La rue n'agit que si elle est associée à une anomalie aérodynamique qu'elle transmet sur toute sa longueur. Le phénomène est entretenu pour un espacement de 2 fois la hauteur moyenne de la rue (qui doit être supérieure ou égale à 6 m) et les deux parois doivent posséder une porosité inférieure à 5 %. Cet effet favorise le potentiel éolien. (Figure I-10)

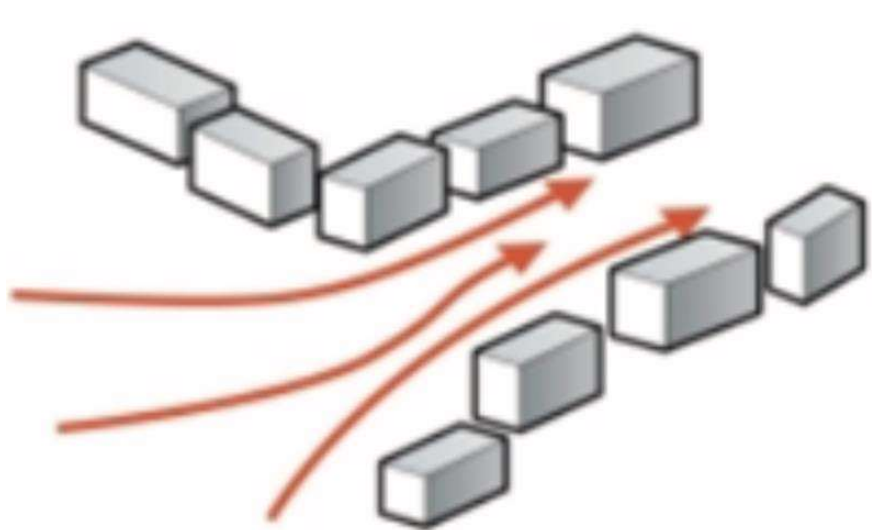


Figure I-10: Effet de canalisation

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2.6 Effet de maille / cour

Phénomène d'écoulement provoqué par une juxtaposition de bâtiments qui forment une alvéole ou une poche. Lorsque la maille de l'alvéole a une ouverture de 3 fois la hauteur

moyenne de 10 m, elle est exposée quel que soit l'incidence du vent. Ce phénomène ne favorise pas le potentiel éolien. (Figure I-11)

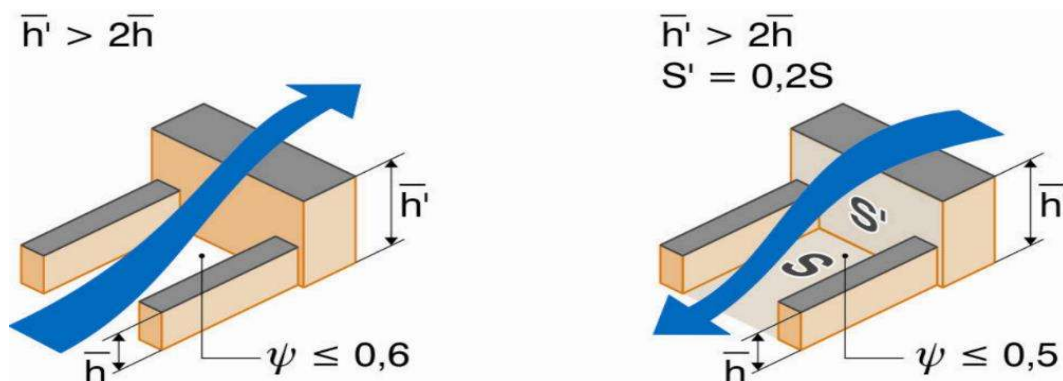


Figure I-11: effet de maille

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

1.2.7 Effet de pyramide

Phénomène d'écoulement provoqué par un groupement de constructions avec des décrochements et de forme pyramidale. Les survitesses sont faibles et les Turbulences assez élevées. Cet effet n'a pas d'intérêt sur le potentiel éolien. (Figure I-12)

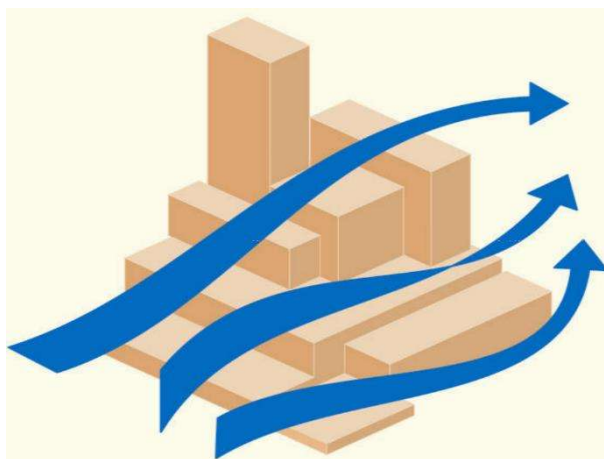


Figure I-12: Effet de pyramide

Source : (Gandemer & Barnaud, 1975)

2 Grille des mesures

2.1 La cité BOUSSOUF Abd El Hafid

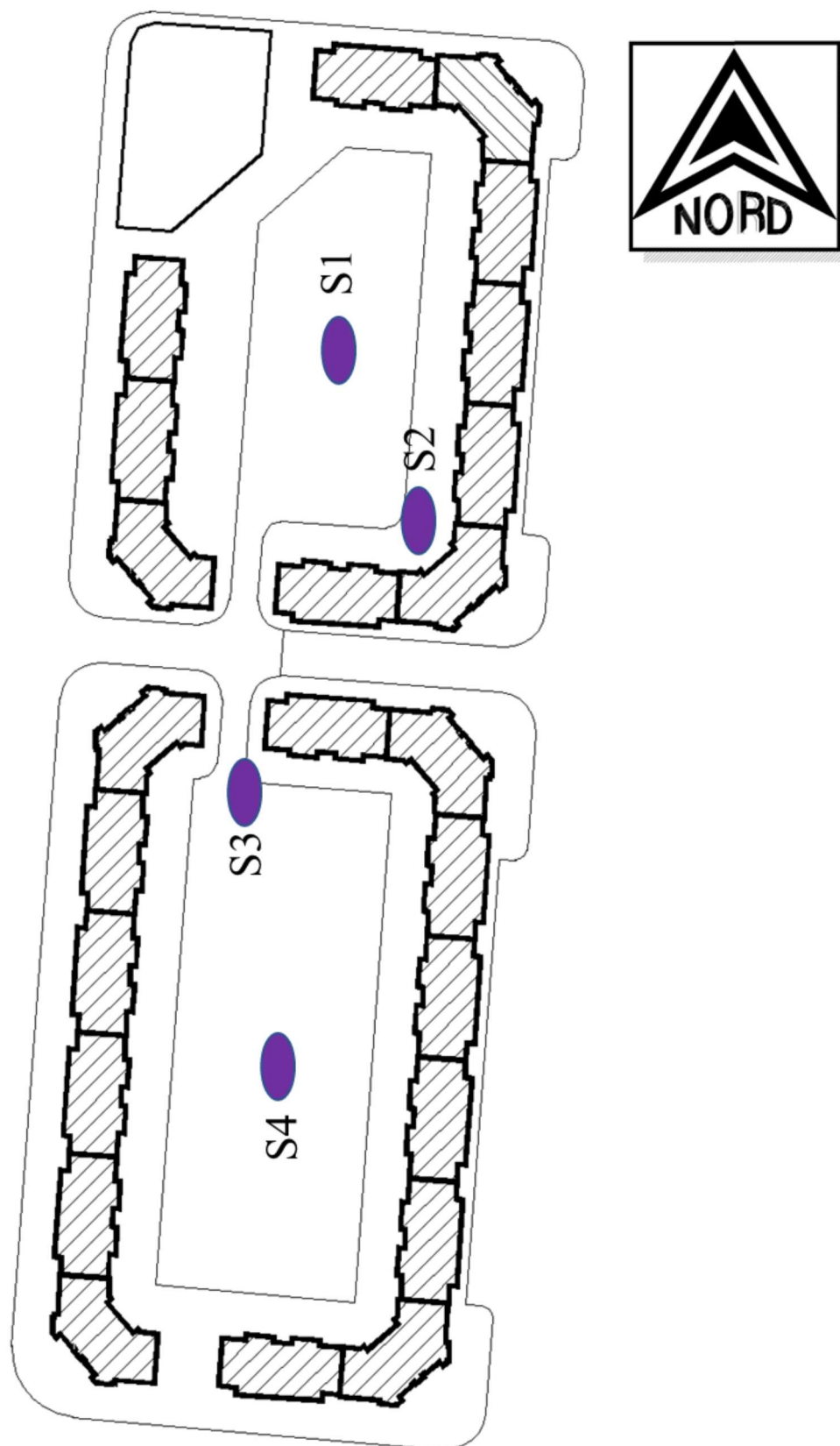


Figure I-13 : Emplacement des stations, cité BOUSSOUF Abd El Hafid

2.2 La cité des 400 logements

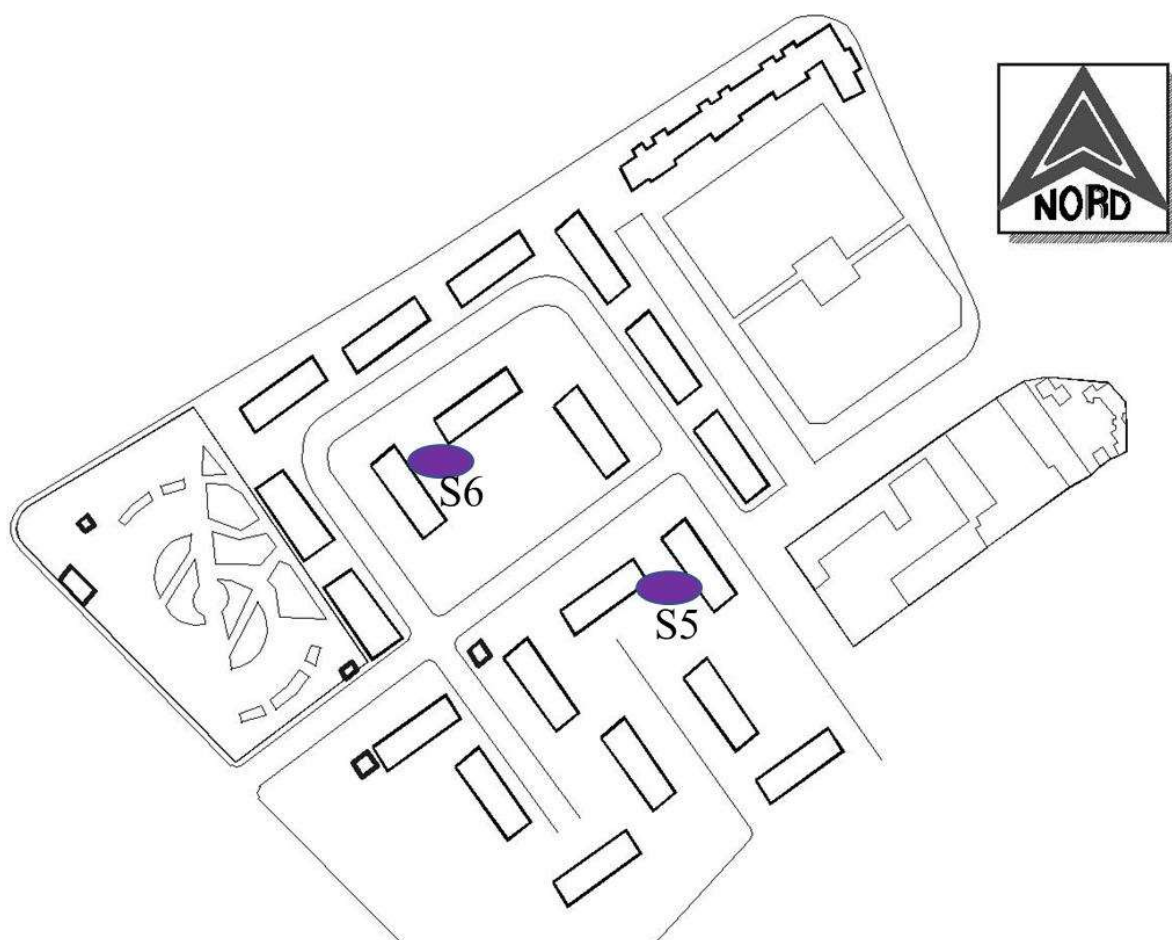


Figure I-14: emplacements des stations de mesures cité 400 logements

2.3 La cité 1^{er} Novembre 1954

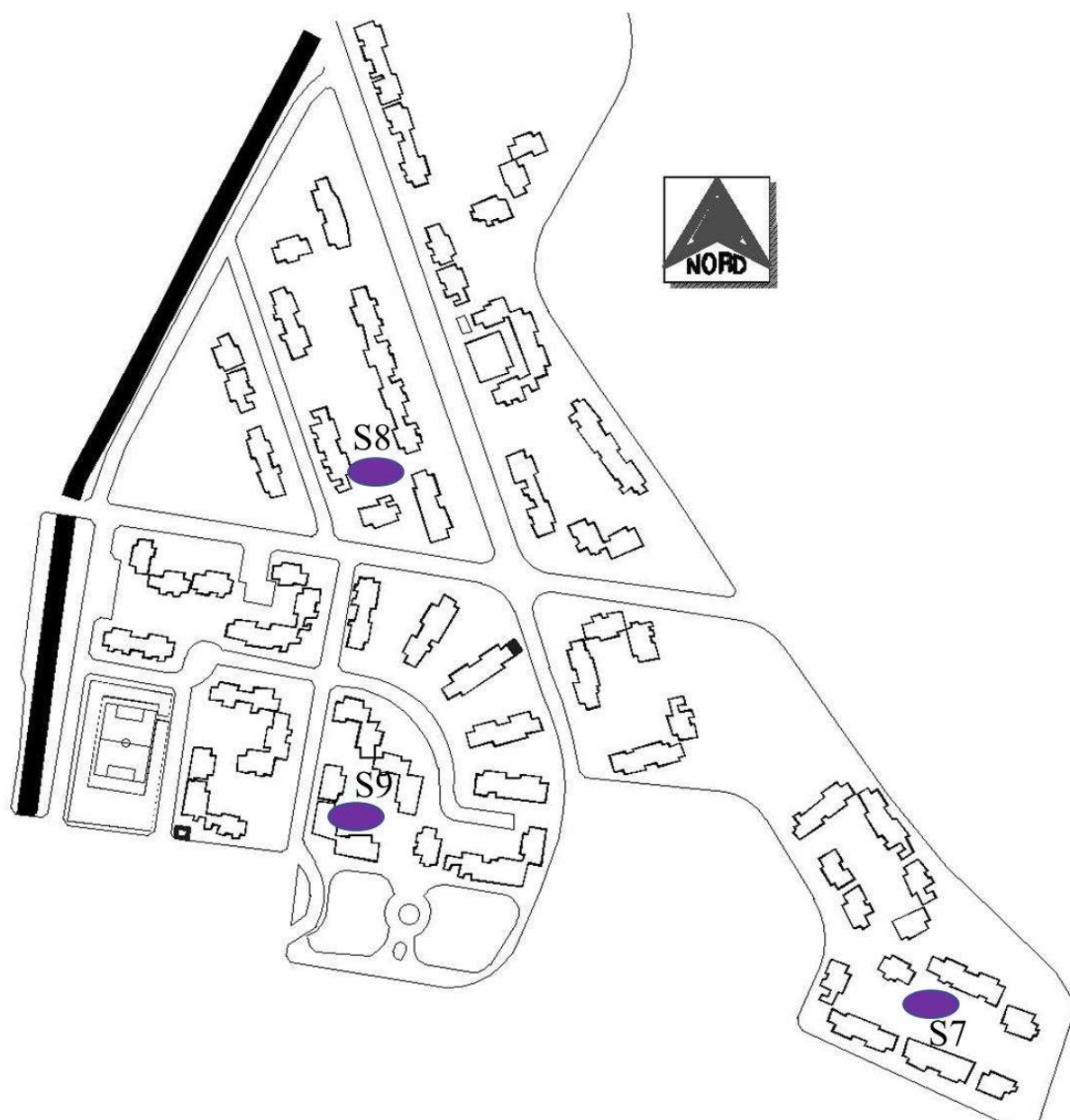


Figure I-15: emplacements des stations de mesures, cité 1^{er} Novembre 1954.

2.4 La cité KAHOUL Rachid

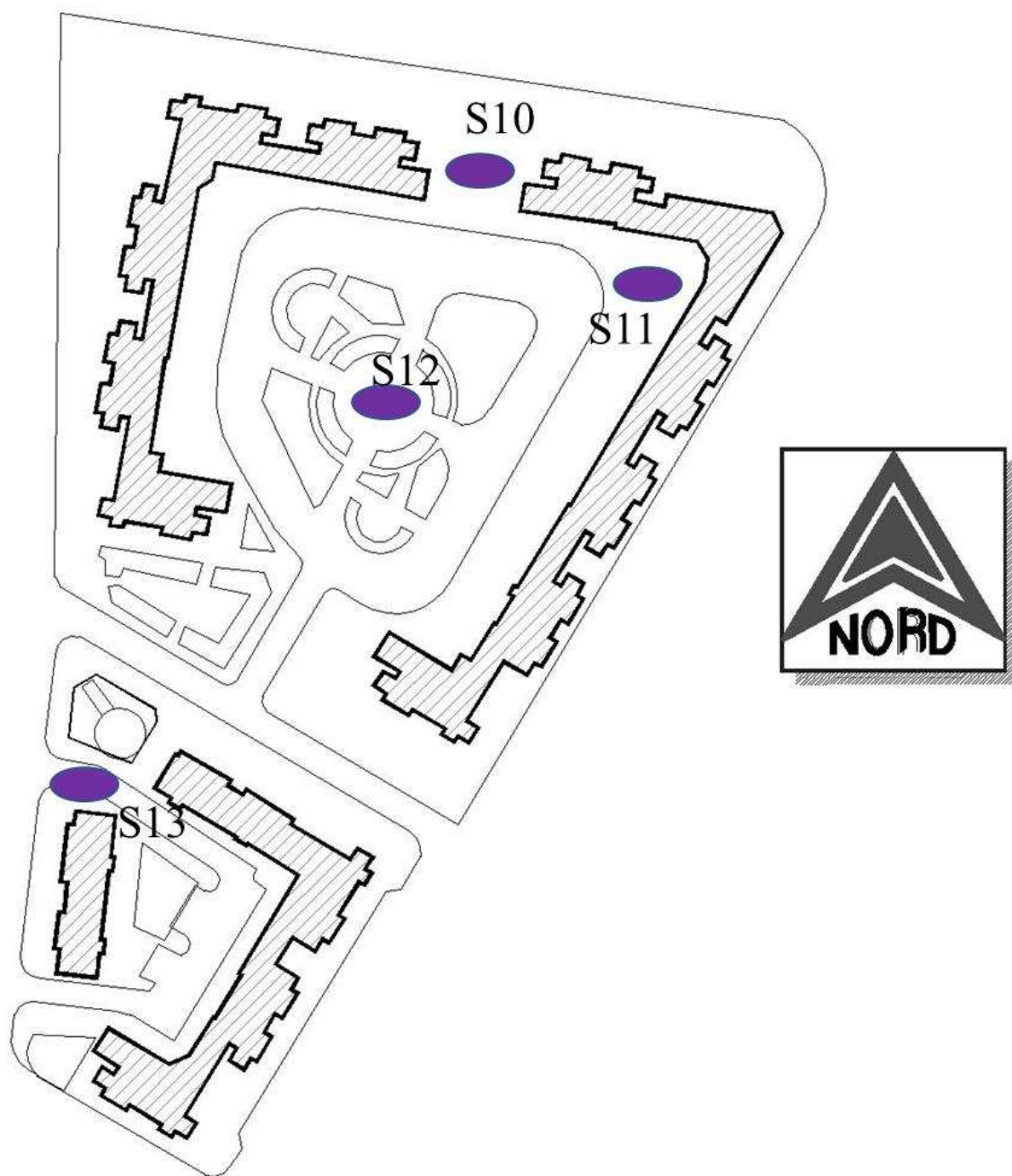


Figure I-16: emplacements des stations de mesures cité KAHOUL Rachid

2.5 La cité Naaman DJEFFAL

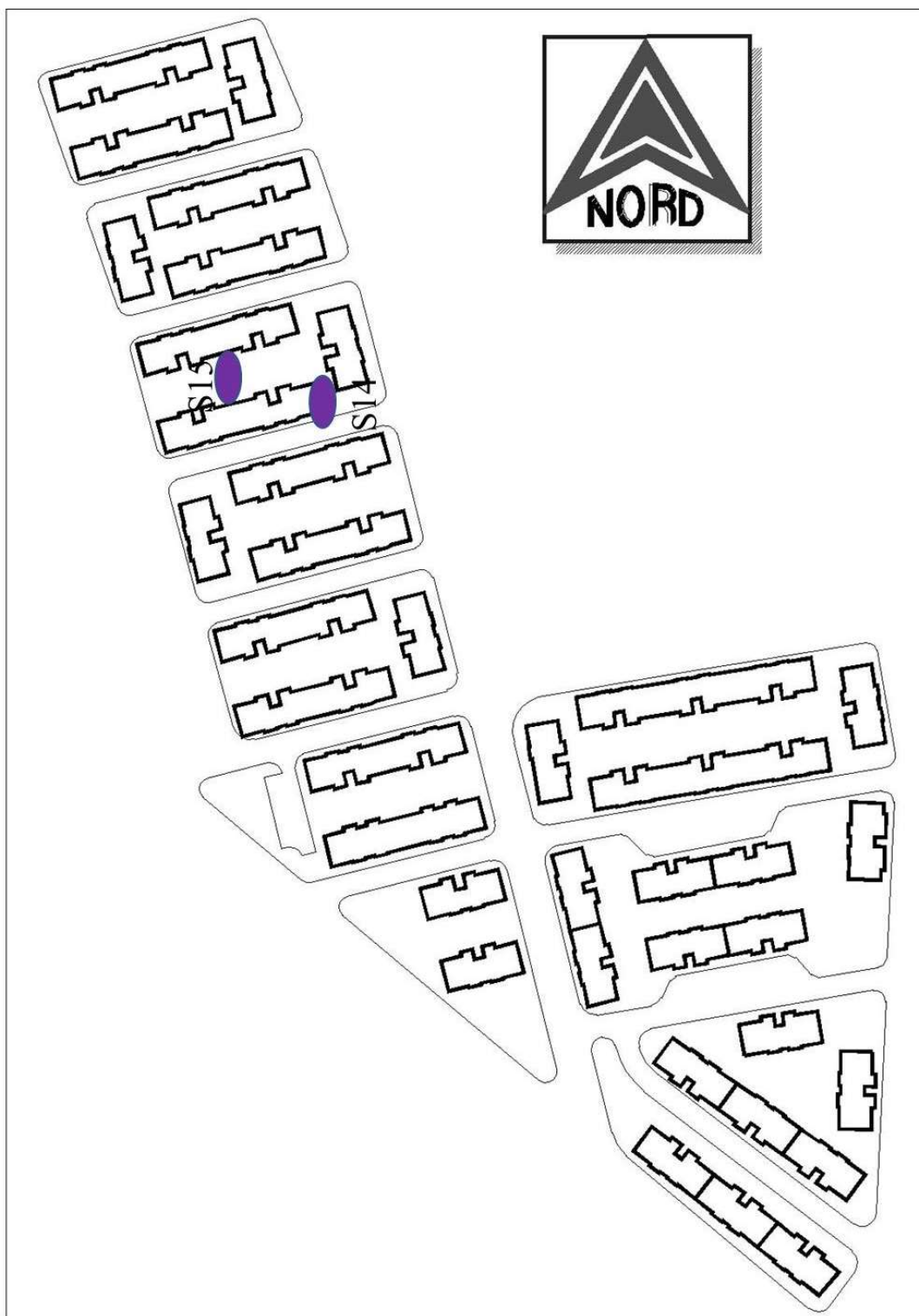


Figure I-17: emplacements des stations de mesures cité Naaman DJEFFAL

3 Questionnaire

Questionnaire sur le confort aéraulique

De la part de Ayoub BOUDOUKHA

Encadré par Pr. Nour Eddine ZEMMOURI

Monsieur, Madame ;

Tout d'abord je vous remercie pour votre participation à ce questionnaire qui rentre dans le cadre d'élaboration d'une thèse doctoral en architecture, qu'on prépare sous la direction de Pr. Nour Eddine ZEMMOURI au sein du laboratoire LACOMOFA de l'université Mohamed KHIDER- Biskra.

Dans cette perspective je me permets de vous solliciter de bien vouloir rependre ce questionnaire, en cochant (X) sur la bonne réponse que vous choisissez, pour bien décrire votre point de vue, sachant que ce questionnaire reste anonyme, élaboré pour un but strictement académique.

Je vous informe que votre participation à ce questionnaire est fortement relative au succès de ce travail de recherche.

On vous remercie infiniment pour votre coopération et pour votre compréhension.

Veillez agréer mes salutations les plus distinguées.

QuestionsInformations personnelles

- o Age <25 25__35 35__55 >55
- o Sexe : Homme femme
- o Avez-vous déjà répondu ce genre de questionnaire
 Oui Non
- o Selon vous, est-il important de considérer le confort aéraulique dans l'espace extérieur urbain
 Oui Non

Environnement

- o Quelle est la raison de choix de cet espace
 Intimité calme confortable
- o Orientation de l'espace :
 Nord – Sud Est – Ouest

Comportement

- o Quelle est l'activité pour laquelle vous utiliser cet espace extérieur ?

a) assis longtemps b) assis coute c) se promener d) marcher vite
- o Quelle est la fréquentation d'utilisation d'espace ?
 Une fois 03 fois Chaque jour
- o Combien de temps occupez-vous l'espace extérieur par jour ?

- o Est-ce que le vent provoque un malaise pour votre activité ?
 Oui non
- o Que faite vous pour éviter les vents forts
 Changement de place arrêt de l'activité ne rien faire

Perception de température

- Comment trouvez-vous la température a cet espace ?
Plus chaude plus froide
- Qu'elle est la raison de cette sensation
Température des vents vitesse de vent
- Que préféreriez-vous que soit la température
Plus chaude Plus froide

Perception des vents

- Êtes-vous satisfait par rapport à la ventilation à cet espace ?
Satisfaisante Non satisfaisante
- Que souhaitez-vous que la ventilation soit ?
Plus neutre moins
- Comment trouvez-vous la vitesse d'air à cet endroit ?
Elevée neutre diminuée
- Que préféreriez-vous ?
Plus vite neutre plus lente
- Comment vous trouvez la durée d'ensoleillement à cet espace ?
Longue Courte
- Trouvez-vous que l'ensoleillement influe sur la température des vents ?
Oui Non
- Que préféreriez-vous
Plus d'ensoleillement moins d'ensoleillement

Aires des jeux

- Comment décrivez-vous la végétation dans cet espace ?
Forte moyenne faible
- Selon vous comment la végétation influe sur le confort aéraulique ?
Oui elle rafraichie non pas de changement
- D'après vous, l'emplacement des aires des jeux est
Affecté par les vents Protégé des vents

- Que préféreriez vous
Changement d'endroit pas de changement
- D'après vous, l'emplacement des airs des jeux est
Plus chaud neutre plus froid
- Estimez-vous que l'environnement aéraulique est acceptable ?
Oui Non
- Que préféreriez vous
Plus de vitesse pas de changement moins de vitesse

Espaces de circulation

- Comment vous préférer arriver à cet espace ?
En marche par bicyclette par voiture
- Le vent est-il gênant à par rapport à votre mode de circulation
Oui Non

4 Valeurs numériques des résultats de mesures

4.1 Période hivernale

Cité BOUSSOUF Abd El Hafid							
S1	HR	C°	M/S	S2	HR	C°	M/S
08:00:00	30%	23	3	08:00:00	32%	22	2
10:00:00	26%	28	2	10:00:00	26%	28	3,5
12:00:00	18%	30	5	12:00:00	18%	28	3
14:00:00	32%	24	3,5	14:00:00	23%	25	1,5
16:00:00	20%	30	4	16:00:00	22%	29	2
18:00:00	32%	22	1	18:00:00	38%	22	1,5
S3	HR	C°	M/S	S4	HR	C°	M/S
08:00:00	34%	22	5	08:00:00	34%	22	4
10:00:00	26%	25	5	10:00:00	26%	25	3
12:00:00	18%	28	6	12:00:00	17%	26	8
14:00:00	33%	23	6	14:00:00	33%	24	5,5
16:00:00	23%	29	4	16:00:00	26%	27	5
18:00:00	32%	22	1	18:00:00	32%	22,5	1,5
La cité des 400 logements							
S5	HR	C°	M/S	S6	HR	C°	M/S
08:00:00	36%	22	3	08:00:00	36%	23	2,5
10:00:00	25%	28	5,5	10:00:00	26%	28	4,5
12:00:00	17%	28	6	12:00:00	17%	28	5
14:00:00	25%	30	5	14:00:00	29%	24	4
16:00:00	21%	30	4,5	16:00:00	22%	29	2,5
18:00:00	31%	23	1	18:00:00	31%	22	3
La cité 1^{er} Novembre 1954							
S7	HR	C°	M/S	S8	HR	C°	M/S
08:00:00	44%	19	1	08:00:00	47%	21	1
10:00:00	32%	25	2,5	10:00:00	36%	21	2,5
12:00:00	25%	30	3,5	12:00:00	25%	30	3,5
14:00:00	22%	29	4	14:00:00	22%	28	2,5

16:00:00	27%	27	4	16:00:00	27%	26	5
18:00:00	31%	23	2	18:00:00	34%	23	1

S9	HR	C°	M/S
08:00:00	41%	20	2
10:00:00	30%	25	3,5
12:00:00	33%	26	6
14:00:00	23%	27	3
16:00:00	30%	24	3,5
18:00:00	35%	22	2

Cité KAHOUL Rachid

S10	HR	C°	M/S	S11	HR	C°	M/S
08:00:00	43%	20	2	08:00:00	44%	19	1
10:00:00	33%	24	3,5	10:00:00	33%	25	2
12:00:00	24%	28	4	12:00:00	26%	26	2
14:00:00	24%	27	6	14:00:00	23%	27	5
16:00:00	29%	24	5,5	16:00:00	29%	25	2,5
18:00:00	32%	22	3	18:00:00	31%	23	2

S12	HR	C°	M/S	S13	HR	C°	M/S
08:00:00	39%	23	1	08:00:00	41%	24	1
10:00:00	30%	24,5	2,5	10:00:00	30%	28	2
12:00:00	28%	26	5	12:00:00	23%	30	2,5
14:00:00	24%	27	6	14:00:00	23%	27	3
16:00:00	30%	25	6	16:00:00	29%	25	2,5
18:00:00	31%	23	2,5	18:00:00	32%	22,5	1,5

Cité Naaman DJEFFAL

S14	HR	C°	M/S	S15	HR	C°	M/S
08:00:00	33%	22	1	08:00:00	32%	23	3
10:00:00	28%	26	2	10:00:00	28%	26	2
12:00:00	18%	31	3,5	12:00:00	18%	31	2,5
14:00:00	22%	28	3	14:00:00	23%	27	2

16:00:00	27%	26	2	16:00:00	27%	26	2
18:00:00	31%	23	1	18:00:00	31%	23	2

4.2 Période estivale

Cité BOUSSOUF Abd El Hafid							
S1	HR	C°	M/S	S2	HR	C°	M/S
08:00:00	27%	31	2	08:00:00	30%	30	2
10:00:00	21%	36	5	10:00:00	25%	32	4
12:00:00	20%	37	4	12:00:00	21%	35	4
14:00:00	18%	38	4	14:00:00	20%	35	6
16:00:00	19%	36	2	16:00:00	19%	35	2,5
18:00:00	20%	34	1,5	18:00:00	21%	34	0,5
S3	HR	C°	M/S	S4	HR	C°	M/S
08:00:00	30%	30	2	08:00:00	28%	30	4
10:00:00	24%	32	6	10:00:00	23%	33	5
12:00:00	23%	33	6	12:00:00	21%	35	7
14:00:00	19%	36	3,5	14:00:00	20%	35	6
16:00:00	20%	34	6	16:00:00	20%	34	7
18:00:00	20%	33	2,5	18:00:00	20%	33	2
400 logements							
S5	HR	C°	M/S	S6	HR	C°	M/S
08:00:00	30%	30	6	08:00:00	28%	31	5
10:00:00	22%	36	4	10:00:00	20%	37	3
12:00:00	22%	34	7	12:00:00	21%	37	5
14:00:00	20%	35	7	14:00:00	19%	37	3
16:00:00	17%	36	3,5	16:00:00	19%	36	3
18:00:00	20%	33	5	18:00:00	20%	33	2
La cité 1^{er} Novembre 1954							
S7	HR	C°	M/S	S8	HR	C°	M/S
08:00:00	37%	26	4	08:00:00	37%	26	1,5
10:00:00	24%	33	3	10:00:00	27%	31	2

12:00:00	23%	36	3	12:00:00	21%	36	3
14:00:00	20%	36	5,5	14:00:00	20%	37	3
16:00:00	20%	37	3	16:00:00	20%	36	3
18:00:00	20%	34	5	18:00:00	21%	34	3

	S9	HR	C°	M/S
	08:00:00	37%	26	4
	10:00:00	27%	30	6
	12:00:00	23%	33	5
	14:00:00	22%	35	6,5
	16:00:00	20%	36	4
	18:00:00	21%	34	3

Cité KAHOUL Rachid

S10	HR	C°	M/S	S11	HR	C°	M/S
08:00:00	37%	27	3	08:00:00	37%	26	3
10:00:00	27%	31	7	10:00:00	25%	32,5	5
12:00:00	22%	34	8	12:00:00	23%	34	6
14:00:00	21%	35	8	14:00:00	21%	35	5
16:00:00	19%	36	5	16:00:00	18%	37	3,5
18:00:00	20%	33	8	18:00:00	20%	33	5

S12	HR	C°	M/S	S13	HR	C°	M/S
08:00:00	37%	26	3	08:00:00	26%	40	1,5
10:00:00	27%	30	2	10:00:00	24%	33	3
12:00:00	24%	32	7	12:00:00	23%	33	6
14:00:00	22%	34	14	14:00:00	21%	35	4,5
16:00:00	19%	36	5	16:00:00	19%	35	2,5
18:00:00	20%	34	4,5	18:00:00	21%	34	3,5

Cité Naaman DJEFFAL

S14	HR	C°	M/S	S15	HR	C°	M/S
08:00:00	33%	29	1,5	08:00:00	33%	29	1,5

10:00:00	20%	36	3	10:00:00	22%	36	3
12:00:00	18%	38	2	12:00:00	18%	38	2
14:00:00	18%	39	4	14:00:00	18%	39	4
16:00:00	17%	37	1,5	16:00:00	17%	37	1,5
18:00:00	19%	34	2,5	18:00:00	19%	34	2,5