



Thèse pour l'obtention du diplôme de Doctorat 3<sup>ème</sup> cycle en

Architecture et Urbanisme

**L'AMBIANCE URBAINE À ALGER**  
**COMMENT OFFRIR UN ESPACE PUBLIC D'UNE**  
**MEILLEURE QUALITE DE VIE**  
**CAS DU SECTEUR SAUVEGARDÉ**

Présentée et soutenue publiquement par :

**Assia TALHI**

Encadrant : **Dr. AICHOUB Boudjemâa**

Co-encadrante : **Dr. BARLET Aline**

**Membres du jury**

<b>F. NACEUR</b>	Professeur	Université de Batna 1	Présidente
<b>B. AICHOUB</b>	Maitre de Conférences « A »	Université de Batna 1	Encadrant
<b>A. BARLET</b>	Maitre de Conférences	ENSAP de Bordeaux	Co-encadrante
<b>F.Z BAHLOUL</b>	Maitre de Conférences « A »	Université de Batna 1	Membre
<b>M. BENABBES</b>	Professeur	Université de Biskra	Membre

02 / 02 / 2021

## Remerciements

Mes remerciements vont d'abord aux membres de jury qui ont pris le temps d'expertiser ce travail,

Mr. Aichour Boudjemâa, Directeur de cette thèse, pour tous les efforts et les moments où il était présent pour mener à bien cette thèse...

Mme. Aline Barlet ma co-encadrante, qui était toujours à mes côtés sur le plan scientifique mais aussi personnel... Je n'oublierai jamais son engagement en tant qu'encadrante et douce maman...

Une expérience unique au sein du GRECCAU, je remercie tous les membres de qui j'ai beaucoup appris en tout amour et amitié (Abdulaziz, Marion, Regis, Remy, Jean Jack, Ferran, ...)

Spécial remerciement va à Mme Katherine Sémidor et Mr Denis Bruneau pour leur contribution, soutien et encouragement, je n'oublierai jamais leur appréciation et leur aide...

Au-delà, de mon laboratoire, toute l'ENSAPBx était toujours un meilleur environnement pour moi, je remercie toute la gentillesse de Madame la directrice, le staff administratif, les enseignants et tous les employeurs avec qui j'ai partagé des bons moments...

Spécial remerciement à tous les doctorants des trois laboratoires pour les ateliers- cuisines, les repas qu'on a partagé ensemble et toute l'ambiance partagée...

Jyjy pour ses sourires matinaux ^^

Je n'oublierai jamais l'accueil chaleureux de Hassina au sein de l'Institut d'Architecture et d'Urbanisme de Batna 1, Merci beaucoup...

Kawtar, tous mes collègues et amis ayant été présents avec leur paroles et encouragement, merci ...

Chers participants à mes promenades micro-météorologiques à Alger, merci beaucoup.

Enfin, je n'ai qu'à remercier ma très chère famille pour le soutien et l'encouragement qui m'étaient indispensables pour traverser ce long parcours...

Sara, aucune parole ne saura exprimer ma reconnaissance... sans toi, ce travail n'aurait jamais été aussi admirable et complet...

Toute personne ayant aidé de près ou de loin, merci beaucoup...

Le Ministère de l'enseignement supérieur en Algérie et l'opérateur Campus France pour avoir soutenu financièrement cette recherche dans le cadre du programme Profasb+ 2017.

## Dédicaces

**A tous ceux qui aiment voir leur chère Assia évoluer...**

**A tous ceux qui ont fait partie de cette merveilleuse aventure...**

**A tous ceux qui désirent un meilleur avenir pour *my Algeria*...**

**A tous qui admirent l'architecture, l'urbanisme et la recherche...**

**Qu'ils *enjoy* my lovely work...**

## Résumé

Cette thèse de doctorat s'intéresse globalement à la question des ambiances urbaines avec une attention particulière consacrée au confort microclimatique perçu dans les espaces publics. Elle est basée sur la problématique de la production architecturale et urbaine actuelle sur le territoire algérien qui engendre un phénomène de standardisation du paysage urbain, ainsi qu'un inconfort microclimatique perçu en période estivale. Ce travail cherche, d'abord, à tirer des enseignements des anciennes architectures afin de concevoir des espaces urbains offrant une meilleure qualité de vie à l'avenir. Ainsi, elle vise l'identification des méthodes d'évaluation et les outils de prédiction du confort microclimatique adaptés à tous les contextes climatiques et socioculturels au service des concepteurs des espaces urbains.

Une méthodologie spécifique visant une évaluation globale et adaptée à la pratique architecturale et urbaine du confort microclimatique a été définie. Notre plan méthodologique est basé sur une simulation préliminaire de l'ensoleillement à l'échelle urbaine et une étude empirique concrétisée par une nouvelle approche dite « promenade micro-météorologique ». Cette dernière se matérialise par un parcours urbain qui permet d'interroger des personnes sur leurs ressentis et leur satisfaction en matière de confort microclimatique dans différentes configurations urbaines prédéfinies. Cette approche intègre un protocole de mesures micro-météorologiques qui se réalise simultanément sur les mêmes configurations. La promenade micro-météorologique a été appliquée sur le contexte d'Alger, choisi pour ses richesses en termes de diversité architecturale et urbaine. Douze points de mesure ont été sélectionnés attentivement au sein des quatre tissus constituant le secteur sauvegardé d'Alger (tissu ancien, tissu mixte, tissu colonial et tissu postcolonial). Les données collectées sur ces points ont permis d'évaluer les ambiances globales et microclimatiques d'une part et de calculer deux indices de confort (l'UTCI, indice objectif et l'APCI, indice subjectif) d'autre part.

Les résultats de cette étude ont mis en lumière l'efficacité microclimatique de certains modèles architecturaux et urbains existants dans le secteur sauvegardé d'Alger, quelles que soient leurs typologies (ancienne, mixte, coloniale ou postcoloniale). Les aspects positifs et négatifs ainsi que les améliorations proposées par les citoyens pour chacune des configurations étudiées ont fait émerger les configurations à renforcer et celles à éviter. Ainsi, nous trouvons que le croisement des deux approches (objective et subjective) appliqué à notre cas d'étude a permis la contextualisation d'une méthode globale. Ce résultat pourra servir à faciliter les tâches des praticiens visant à concevoir de nouveaux espaces adaptés à leur contexte naturel et culturel.

**Mots clés :** confort microclimatique, espaces publics extérieurs, promenade micro-météorologique, UTCI, APCI, Secteur Sauvegardé d'Alger.

## **Abstract**

This doctoral thesis is globally interested in the question of urban atmospheres with particular attention devoted to the microclimatic comfort perceived in public spaces. It is based on the issue of the current architectural and urban production on the Algerian territory. Nowadays, the Algerian urban landscape generates a phenomenon of urban landscape standardization, as well as a microclimatic discomfort perceived in the summer period. This work seeks, first, to draw lessons from ancient architectures to design urban spaces offering a better quality of life in the future. Thus, it aims to identify assessment methods and tools for predicting microclimatic comfort adapted to all climatic and socio-cultural contexts for the benefit of urban spaces designers.

A specific methodology, aiming at a global evaluation of microclimatic comfort, adapted to the architectural and urban practice has been defined. Our methodological plan is based on a preliminary simulation of sunshine on an urban scale and an empirical study concretized by a new approach called "micrometeorological walk". This approach is materialized by an urban route that allows us to question the same sample of citizens on their perceptions and satisfaction with microclimatic comfort in different predefined urban configurations. Simultaneously, this approach integrates a protocol of micro-meteorological measurements that are carried out on the same configurations. The micro-meteorological walk was applied to the context of Algiers, chosen for its richness in terms of architectural and urban diversity. Twelve points of measurement were carefully selected within the four fabrics constituting the Algiers safeguarded sector (old fabric, mixed fabric, colonial fabric, and postcolonial fabric). The data collected on these points made it possible to evaluate the global and microclimatic ambiances on the one hand and to calculate two comfort indexes (UTCI, objective index, and APCI, subjective index) on the other hand.

The results of this study highlighted the microclimatic efficiency of certain existing urban models' in the safeguarded sector of Algiers, whatever their typologies (old fabric, mixed fabric, colonial fabric, and postcolonial fabric). The positive and negative aspects as well as the improvements proposed by the city-dwellers for each of the studied configurations made emerge the configurations to be reinforced and those to be avoided. Thus, we find that the intersection of the two approaches (objective and subjective) applied to our case study has allowed the contextualization of a global method. This result can be used to facilitate the tasks of practitioners in designing new spaces adapted to their natural and cultural context.

**Keywords:** microclimatic comfort, outdoor public spaces, micrometeorological walk, UTCI, APCI. The safeguarded sector of Algiers.

## ملخص

تهتم هذه الأطروحة بمسألة جودة الأماكن العامة الخارجية، مع إيلاء اهتمام خاص للأجواء المناخية المحلية المعاشة في هذه الأماكن. تقوم هذه الدراسة على اشكالية الانشاءات العمرانية الحالية في القطر الجزائري والتي تشهد ظاهرة تهميش ورداءة الطابع العمراني، فضلاً عن عدم الراحة الملحوظة للمناخ المحلي في فترة الصيف. يسعى هذا العمل، أولاً إلى استخلاص الدروس من العمارة القديمة من أجل تصميم مساحات حضرية ذات نوعية أفضل في المستقبل. زيادة عن ذلك، فإنه يهدف إلى تحديد طرق التقييم وأدوات التنبؤ بالراحة الحرارية المحلية في مشاريع التصميم الحضرية، الصالحة لجميع البيئات المناخية، الاجتماعية والثقافية من أجل تسهيل خدمة مصممي المساحات الحضرية.

في هذا الإطار تم تحديد منهجية خاصة تهدف إلى تقييم شامل لشروط الراحة المناخية في الأماكن العامة مع الأخذ بعين الاعتبار وجوب تيسير هذه العملية لمصممي المنشآت المعمارية والحضرية. تعتمد خطتنا المنهجية على محاكاة أولية لأشعة الشمس على نطاق حضري ودراسة تجريبية تتجسد من خلال منهجية جديدة تسمى "جولة الأرصاد المناخية المحلية". تتجسد هذه الأخيرة من خلال طريق حضري يسمح للناس بالتعبير عن احساسهم في الأماكن العامة المختلفة المحددة مسبقاً ورضاهم عليها من حيث الراحة المناخية. إضافة إلى ذلك، تدمج هذه المنهجية بروتوكول قياس الأرصاد المناخية المحلية الذي يتم تنفيذه في نفس الوقت على نفس الأماكن العامة. تم تطبيق جولة الأرصاد المناخية المحلية في الجزائر العاصمة، التي تم اختيارها لثروتها من حيث التنوع المعماري والحضري. تم انتقاء اثنتي عشرة نقطة قياس بعناية من الأنسجة العمرانية الأربعة التي تشكل القطاع المحمي للجزائر العاصمة (النسيج القديم، النسيج المختلط، النسيج الاستعماري، ونسيج ما بعد الاستعمار). أتاحت المعطيات التي تم جمعها، تقييم جودة الأماكن العامة ومميزاتها المناخية من جهة، وحساب مؤشرين للراحة من جهة أخرى (UTCI الموضوعي وAPCI الذاتي).

سلطت نتائج هذه الدراسة الضوء على كفاءة المناخ المحلي لبعض النماذج المعمارية والحضرية الموجودة في القطاع المحمي للجزائر العاصمة، بغض النظر عن أنماطها (القديمة، المختلطة، الاستعمارية أو ما بعد الاستعمارية). أظهرت الجوانب الإيجابية والسلبية، بالإضافة إلى التحسينات التي اقترحها الأشخاص المشاركون في جولة الأرصاد المناخية المحلية لكل من الأماكن العامة التي تمت دراستها، النماذج التي يجب تعزيزها وتلك التي يجب تجنبها. وهكذا، نجد أن تقاطع النهجين (الموضوعي والذاتي) المطبقين في حالة دراستنا سمح بخلق طريقة شاملة للتنبؤ بالراحة الحرارية المحلية في مشاريع التصميم الحضرية. يمكن استخدام هذه النتيجة لتسهيل مهام المصممين بهدف انشاء أماكن عامة محترمة للخصائص الطبيعية والثقافية للمنطقة المراد تهيئتها.

المفردات الأساسية: الراحة مناخية، الأماكن العامة الخارجية، جولة الأرصاد المناخية المحلية، القطاع المحمي للجزائر العاصمة، APCI، UTCI

## Table des matières

<b>Introduction générale.....</b>	<b>1</b>
<b>I. CHAPITRE 1 ESPACE PUBLIC, SIGNIFICATIONS ET HISTORIQUE... ..</b>	<b>7</b>
I.1 L'espace public au cœur de l'architecture de la ville .....	9
I.2 L'espace public, un élément de permanence dans l'histoire des villes .....	12
I.2.1 L'espace public des villes antiques.....	12
I.2.2 L'espace public occidental du moyen âge à l'ère contemporaine .....	16
I.2.2.1 Moyen-âge .....	16
I.2.2.2 Temps modernes.....	19
I.2.2.3 Epoque contemporaine : .....	21
I.2.3 L'espace public de la ville « islamique ».....	24
I.2.3.1 La ville islamique traditionnelle .....	25
I.2.3.2 Espace public islamique à l'époque contemporaine.....	30
<b>II. CHAPITRE 2 VECU, AMBIANCES ET CONFORT THERMIQUE DES ESPACES PUBLICS.....</b>	<b>35</b>
II.1 De l'espace public au vécu, dimension sensible.....	37
II.2 Notion d'ambiances, définitions multiples et enjeux.....	39
II.2.1 Quelques définitions .....	39
II.2.2 Enjeux des ambiances.....	42
II.3 Du confort global au confort thermique .....	45
II.3.1 Confort global.....	45
II.3.2 Confort thermique dans les espaces publics extérieurs .....	48
1. Confort thermique, dimension physiologique .....	48
2. Confort thermique, dimensions psychologiques et socioculturelles.....	50
II.4 Climat et conditions thermiques en ville (Microclimat urbain).....	51
II.4.1 Types de climats .....	51
II.4.2 Echelles d'études des données climatiques .....	53
II.4.3 Microclimat urbain, signification et impacts .....	55
II.4.3.1 Bilan énergétique en milieu urbain.....	55
II.4.3.2 Ilot de chaleur urbain .....	61
<b>III. Chapitre 3 Méthodes et outils de caractérisation, d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique .....</b>	<b>68</b>
III.1 Méthodes expérimentales .....	71
III.1.1 Approches objectives.....	71
III.1.1.1 Caractérisation physique.....	71
III.1.1.2 Caractérisation et prédiction thermo-physiologiques .....	76

-	PET (Physiological Equivalent Température).....	77
-	PMV (Predicted Mean Vote / Vote moyen prévisible).....	78
-	UTCI (Universal Thermal Climate Index).....	78
III.1.2	Approches subjectives .....	79
III.1.3	Approches combinées (objectives-subjectives).....	83
III.2	Simulation numérique des microclimats urbains.....	86
III.2.1	Logiciels permettant la caractérisation physique.....	86
III.2.2	Outils numériques permettant l'évaluation thermo-physiologique .....	89
<b>IV. Chapitre 4 Choix des outils méthodologiques et contexte d'étude</b>		<b>99</b>
.....		
IV.1	Choix des outils méthodologiques.....	101
IV.1.1	Caractérisation physique préliminaire des ambiances thermiques par simulation numérique.....	102
IV.1.2	Promenades micro-météorologiques .....	106
IV.1.2.1	Mesures micro-météorologiques .....	106
IV.1.2.1.1	Paramètres mesurés .....	107
IV.1.2.1.2	Instruments de mesure.....	107
IV.1.2.1.3	Calcul d'un indice objectif (UTCI).....	110
IV.1.2.2	Données sensibles.....	111
IV.1.2.2.1	Structuration et élaboration du questionnaire.....	112
IV.1.2.2.2	Calcul d'un indice subjectif (APCI).....	114
IV.2	Choix du contexte d'étude .....	117
IV.2.1	Contexte géographique et climatique .....	117
IV.2.1.1.1	Situation géographique.....	117
IV.2.1.1.2	Contexte climatique.....	119
IV.2.2	Contexte architectural et urbain d'Alger au fil du temps .....	120
IV.2.2.1	Alger sous l'empire romain .....	120
IV.2.2.2	Alger au moyen-âge (Djezair Bani Mezghanna).....	121
IV.2.2.3	Alger à l'époque ottomane.....	123
IV.2.2.4	Alger à l'époque coloniale.....	126
IV.2.2.5	Alger postcoloniale.....	132
<b>V. Chapitre 05 Définition du cadre expérimental et stratégie de traitement des données.....</b>		<b>136</b>
V.1	Définition du cadre expérimental .....	138
V.1.1	Prospection urbaine à Alger (du contexte d'Alger au Secteur Sauvegardé).....	138
V.1.2	Caractérisation des typologies urbaines, guide pour l'expérimentation .....	141
V.1.2.1	Caractéristiques architecturales et urbaines.....	141



V.1.2.2	Simulation de l'ensoleillement .....	143
V.1.3	Test du protocole de mesure de la période d'hiver .....	145
V.1.4	Déroulement des promenades micro-météorologiques de la période d'été .....	148
V.1.4.1	Configurations urbaines choisies .....	148
V.1.4.2	Organisation des promenades microclimatiques .....	152
V.2	Stratégie de traitement des données .....	154
V.2.1	Analyse des données physiques .....	155
V.2.2	Analyse des données subjectives .....	157
<b>VI.</b>	<b>Chapitre 06 Résultats et discussion .....</b>	<b>163</b>
VI.1	Evaluation globale des configurations urbaines .....	165
VI.1.1	Tissu ancien (P1, P2, P3) .....	166
VI.1.2	Tissu mixte (P4, P5, P6) .....	170
VI.1.3	Tissu colonial (P7, P8, P9) .....	174
VI.1.4	Tissu postcolonial (P10, P11, P12) .....	178
VI.1.5	Classement des appréciations des configurations urbaines .....	184
VI.2	Evaluation objective et subjective du confort microclimatique .....	185
VI.2.1	Tissu ancien (P1, P2, P3) .....	185
VI.2.2	Tissu mixte (P4, P5, P6) .....	188
VI.2.3	Tissu colonial (P7, P8, P9) .....	190
VI.2.4	Tissu postcolonial (P10, P11, P12) .....	192
VI.3	Résultats du calcul des indices UTCI, APCI .....	194
VI.3.1	UTCI .....	194
VI.3.2	APCI .....	195
VI.3.3	Comparaison du confort global avec le confort microclimatique .....	199
VI.4	Corrélation des indices UTCI et APCI, vers un modèle global du confort microclimatique .....	202
	<b>Conclusion générale .....</b>	<b>207</b>
	<b>Bibliographie .....</b>	<b>215</b>
	<b>Annexes .....</b>	<b>225</b>

## Liste des figures

Figure 1: Restitution de l'Agora d'Athènes 1 <sup>er</sup> siècle après J-C. Source : <a href="https://www.akg-images.fr/archive/Le-Forum-(Agora)-d%27Athènes--1er-siecle-apres-J.-C.---Illustration-2UMEBMIHHTTN.html">https://www.akg-images.fr/archive/Le-Forum-(Agora)-d%27Athènes--1er-siecle-apres-J.-C.---Illustration-2UMEBMIHHTTN.html</a> , 2016.....	13
Figure 2 : Plan de la ville de Milet antique (plan Hippodaméen). Source : Gruet, 2008.....	14
Figure 3: Restitution du forum de Rome antique 1 <sup>er</sup> siècle après J-C. Source : <a href="https://www.akg-images.fr/CS.aspx?VP3=SearchResult&amp;VBID=2UMESQ5W6HBAD6&amp;SMLS=1&amp;RW=1366&amp;RH=625">https://www.akg-images.fr/CS.aspx?VP3=SearchResult&amp;VBID=2UMESQ5W6HBAD6&amp;SMLS=1&amp;RW=1366&amp;RH=625</a> . 2016.....	15
Figure 4: Plan du site archéologique romain à Timgad. Source : Etude de mise en valeur du site archéologique de Timgad à Batna. Office National de Gestion et d'Exploitation des Biens Culturels. 2014.....	16
Figure 5: Place de l'église et habitat avoisinant à Sienne. Source : <a href="http://urbed.coop/projects/tomorrow-peaceful-path-urban-reform">http://urbed.coop/projects/tomorrow-peaceful-path-urban-reform</a> . 1998.....	17
Figure 6: Plan de Padoue médiévale en l'an 1100. Source : <a href="http://padovamedievale.it/info/padoue_moyen_age/fr">padovamedievale.it/info/padoue_moyen_age/fr</a> . 2010.....	17
Figure 7: Vue sur le plan de Monpazier médiévale XIII <sup>ème</sup> . Source : <a href="https://www.michaeldelahaye.com/monpazier.html">https://www.michaeldelahaye.com/monpazier.html</a> , 2006.....	18
Figure 8: Tracé de la place et la ville de Palmanova en Italie de la renaissance XVI <sup>ème</sup> . Source : <a href="https://autrecarnetdejimidi.wordpress.com/2015/12/21/palmanova-italie/">https://autrecarnetdejimidi.wordpress.com/2015/12/21/palmanova-italie/</a> .....	19
Figure 9: Place royale de Stanislas à Nancy de la France classique. Source : Aquarelles anonymes 1760 - Archives municipales de Nancy <a href="https://www.stanislasurbietorbi.com/stanislas/photos-stanislas-histoire/place_royale_meridionale.jpg">https://www.stanislasurbietorbi.com/stanislas/photos-stanislas-histoire/place_royale_meridionale.jpg</a> .....	20
Figure 10: Espaces publics du quartier Mériadeck (Bordeaux) XX <sup>e</sup> . Source : auteure 2017..	22
Figure 11: Vue sur le projet d'Eco-quartier des Grands Moulins à Paris XXI <sup>e</sup> . Source : auteure 2018.....	24
Figure 12: Médine en 1787. Source : Msefer, 1984.....	26
Figure 13: Différences morphologiques des villes islamiques traditionnelles.....	26
Figure 14: Tracé organique du Ksar de Ghardaia en 1047 qui montre la mosquée au cœur du tissu et la place du marché dans la partie basse de la ville. Source : (J. Gascou, et al, 2012)..	28
Figure 15: Organisation et hiérarchisation de l'espace extérieur dans les villes islamiques. Source : Hasan Mansour, 2016.....	29
Figure 16: Eléments architecturaux et urbains caractérisant les rues des villes islamiques : le Qubou à gauche (A et B) et le Sabat à droite (C et D). Sources : A et D Hasan Mansour, 2016. B- Hawra Jaafar Shaikh, 2016. C- Ragette, 2012.....	30
Figure 17A : Transformation coloniale de la ville de Constantine. Plan du percement du tissu ancien.....	31
Figure 18 : Images urbaines des villes islamiques contemporaines. A gauche, Dubaï, Source : <a href="https://www.luxhabitat.ae/apartments-for-sale/dubai/downtown-dubai/29-burj-boulevard/apartment-3154/">https://www.luxhabitat.ae/apartments-for-sale/dubai/downtown-dubai/29-burj-boulevard/apartment-3154/</a> .2020.....	32
Figure 19 : Alger : Manifestations politiques des citoyens dans l'espace public. (Source : auteure 2019).....	37
Figure 20 : Schéma synthétique de la notion des ambiances urbaines. Source : auteure.....	41
Figure 21: Principaux facteurs influençant la sensation du confort dans les espaces extérieur. Source : (Djekic et al. 2018).....	46
Figure 22: Modalités de transfert thermique entre l'individu et le milieu ambiant Source : (Havenith, 2005).complétée par l'auteure.....	49
Figure 23: World Map of Köppen-Geiger Climate Classification updated. (Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. Meteorol Z, 15, 259-263. 2006.....	52

Figure 24: Echelles spatiales permettant les études de la climatologie urbaine, source : Jeremy Bernard 2017 .....	54
Figure 25: Flux impliqués dans le bilan énergétique. Source : Morgane (Colombert, 2008)..	56
Figure 26: Echanges radiatifs entre l’atmosphère et l’espace urbain. Source (Colombert, 2008), adaptée par l’auteure. ....	58
Figure 27: Ilot de chaleur urbain, variation de la température de l'air d'un centre urbain vers sa périphérie Source : (Reiter, 2007). ....	62
Figure 28 : Phénomène du piégeage radiatif en milieu urbain par rapport au milieu naturel. Source : (Colombert, 2008).....	63
Figure 29: Divers albédos du milieu urbain. Source : (Colombert, 2008).....	64
Figure 30: Différence entre le comportement des bâtiments et des arbres vis-à-vis du rayonnement solaire Source : (Hanafi 2018).....	66
Figure 31: Mini station pour mesurer les paramètres météorologiques, source : (Li et al., 2018) .....	72
Figure 32: Mesures des températures de l’air et surfaciques dans trois cours : nue, végétalisée et avec piscine d'eau. Source : (Taleghani et al., 2014) .....	73
Figure 33 : à gauche, humidification de la chaussée, à droite résultat de mesures des températures de surface de la chaussée pilote (capteur 13) et de la rue témoin (capteur 16) Source : projet EVA 2017. ....	74
Figure 34: Rapport d'aspect H/W et SVF (Slimani 2018).....	76
Figure 35: Exemple de différentiels sémantiques utilisés dans le projet SAGACités. Source : (Barlet, 2003) .....	81
Figure 36 : Exemple de Rose de Jugement. Source : (Barlet 2003).....	82
Figure 37: Approches expérimentales de prédiction et d'évaluation du confort microclimatique à l'échelle urbaine. ....	83
Figure 38: Méthode longitudinale d'étude de la perception des conditions microclimatiques. Source : Lau et al. 2019.....	85
Figure 39: Etude d'ensevelissement Solar Analysis d'Autodesk insight 360® intégré à Autodesk Revit®. Source : <a href="https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/building-E2-80-93architecture-E2-80-94handling-solar-analysis-the-design-phase.html">https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/building-E2-80-93architecture-E2-80-94handling-solar-analysis-the-design-phase.html</a> .....	87
Figure 40: Ombre générée à l'échelle du quartier à différentes heures de la journée. Source : auteure. ....	88
Figure 41: mode de représentation de l'étude d'ensevelissement sous Shadow analysis pour Sketchup. Source : <a href="https://deltacodes.eu/en">https://deltacodes.eu/en</a> .....	89
Figure 42: Simulation numérique de différents scénarios pour l'amélioration du confort thermique sous ENVI-met. Source : (Zölch et al., 2016).....	92
Figure 43 : Phénomènes du microclimat urbain qui peuvent être simulés sous Solene-Microclimat. Source : (Al-hafiz 2017). ....	93
Figure 44: « Bonhomme confort » dans une scène maillée intégré à Solene microclimat. Source : (Al-hafiz, 2017).....	94
Figure 45: Simulation de l'UTCI sous Grasshopper. Source : Evola 2020.....	95
Figure 46 : Processus de simulation du confort thermique extérieur sous Grasshopper. Source : Evola 2020.....	96
Figure 47: Réflexion méthodologique. Source : Auteure. ....	101
Figure 48 : Chaîne d'analyse des radiations solaires sous Autodesk Revit®. Source : Auteure. ....	103
Figure 49 : Importation des données, à analyser, sous format IFC. Source : Auteure.....	103
Figure 50 : Configuration des paramètres du soleil. Source : auteure. ....	104

Figure 51 : Fenêtre de renseignement des résultats et mode de représentation souhaités. Source : Auteure.....	105
Figure 52 : Matériels de mesure utilisés pour la campagne d'hiver. À gauche, data logger thermometer (YC-747U) à droite thermo-hygro-anemometer (PCE-THA 10). Source : Auteure.....	108
Figure 53: Matériels de mesure utilisés pour la campagne d'été. À gauche, Heat Index Cheker 8778, à droite Hot Wire Anemometer (PCE-423). Source : Auteure.....	109
Figure 54: Echelle de classement de l'UTCI. Source : (Bröde et al. 2012).....	111
Figure 55: Identification de l'importance de chacun des paramètres microclimatiques pour le bien-être en ville.....	113
Figure 56: Exemple d'une échelle de satisfaction.....	114
Figure 57: Echelle d'évaluation de l'APCI. Source : (Barlet 2003) .....	116
Figure 58: Situation d'Alger dans le bassin méditerranéen. ....	118
Figure 59: Délimitation de la wilaya d'Alger.....	118
Figure 60: Classification climatique du territoire Algérien selon KÖPPEN CLIMATE MAP. Source : (Kottek et al. 2006) .....	119
Figure 61: ICOSIUM. Structure et limites d'extension. Source : Missoum 2003 .....	121
Figure 62: Djaza'ir Banu Mazghana, organisation et limites d'extension avant 1516. Source : Missoum, 2003 .....	122
Figure 63 : Gravure d'Alger à l'époque ottomane (1570 ou 1571). Source : Cresti, 1982.....	123
Figure 64: Caractéristiques architecturales et urbaines dans une partie de la haute Casbah d'Alger à l'époque ottomane. Plan de la ville, source : PPSMVS 2007 adapté par l'auteure.....	124
Figure 65: Typologies des rues, à droite le Sabat, à gauche le Qubou. Source : Auteure 2017 .....	125
Figure 66: Place Keçi Ova, place des chèvres à l'époque Ottomane - Place des martyrs actuellement. Source : OGEBCE.....	126
Figure 67 : transformation du réseau viaire de la Casbah d'Alger pendant la période coloniale. Source : Merad 2012. ....	127
Figure 68: Alger à l'époque coloniale. A gauche : Place du Gouvernement en 1902, l'actuelle place des Martyrs, Source : <a href="http://algeroisementvotre.free.fr/site0201/alg00000.html">http://algeroisementvotre.free.fr/site0201/alg00000.html</a> , 2009. À droite vue sur la rue Bab Azzoun, Source : Chérif, 2017.....	128
Figure 69: Plan d'Alger coloniale en 1880. Source : Mezoued 2010.....	129
Figure 70: Boulevard de la République avec ses rampes et ses escaliers construits sur des voûtes étagées de 1860 à 1866. Source : <a href="http://algeroisementvotre.free.fr/site1000/alger09/alger040.html">http://algeroisementvotre.free.fr/site1000/alger09/alger040.html</a> . 2009.....	129
Figure 71: Alger à l'époque coloniale. La place d'Isly en 1870. Source : <a href="http://algeroisementvotre.free.fr/s">http://algeroisementvotre.free.fr/s</a> , 2009. ....	130
Figure 72: Barres de Soccard et avenue du Premier Novembre. Modèle architectural et urbain de l'époque coloniale Source : auteure, 2017 .....	131
Figure 73: <i>Alger durant les dernières années de colonisation. En haut à gauche : la cité des Dune, source : Auteure 2017. A droite : la cité des Annassers, source : <a href="http://casbah-tribune.com/cite-des-annassers">http://casbah-tribune.com/cite-des-annassers</a>.</i> .....	132
Figure 74: exemples de morphologies urbaines d'Alger postcoloniale. Source : Auteure 2017 .....	133
Figure 75: Exemples d'espaces publics récemment réalisés à Alger. Source : Auteur 2017	134
Figure 76 : Limite du Secteur Sauvegardé d'Alger. Source : PPSMVSS. 2008. ....	140
Figure 77 : Morphologie urbaine de la typologie ancienne du secteur sauvegardé d'Alger (à droite, coupe schématique d'une rue contenant un Sabat). Source : Auteure.....	141
Figure 78: Morphologie urbaine de la typologie coloniale haussmannienne à Alger (à gauche, coupe schématique d'une rue à arcades de double-hauteur). Source : Auteure.....	142

Figure 79: Morphologie urbaine des typologies coloniales et postcoloniales modernes (à gauche, coupe schématique d'un boulevard colonial). Source : Auteure. ....	142
Figure 80: Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie ancienne et mixte du secteur sauvegardé d'Alger. Source : Auteure. ....	143
Figure 81: Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie coloniale haussmannienne à Alger. Source : Auteure. ....	144
Figure 82 : Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie coloniale et postcoloniale moderne à Alger. Source : Auteure. ....	144
Figure 83: Tissus urbains composant le secteur sauvegardé d'Alger. Source : PPSMVSS adapté par l'auteur. ....	146
Figure 84 : Participation des citoyens aux promenades micro-météorologiques d'hiver. Source : Auteure. ....	147
Figure 85: Tissu ancien et configurations urbaines associées. Source : Auteure. ....	149
Figure 86: Tissu mixte et configurations urbaines associées. Source : Auteure. ....	150
Figure 87: Tissu colonial et configurations urbaines associées. Source : Auteure. ....	151
Figure 88: Tissu postcolonial et configurations urbaines associées. Source : Auteure. ....	151
Figure 89: Parcours des promenades micro-météorologiques effectuées en période d'été. Source : Auteure. ....	153
Figure 90: Méthodologie de traitement des données. Source : Auteure. ....	155
Figure 91: Aperçu sur une saisie d'une partie des données subjectives. Source : Auteure. ...	158
Figure 92: Définition du confort microclimatique local (définition des coefficients). Source : Auteure. ....	160
Figure 93: Exemple d'analyse des données textuelles (Distribution des thèmes). Source : Auteure. ....	160
Figure 94: Exemple d'analyse des données textuelles (Verbatim illustratifs des thèmes.) Source : Auteure. ....	161
Figure 95: Point 1 la fontaine Ain Mzawka. Source : Auteure 2018. ....	167
Figure 96: Point 2 Sabat. Source : Auteure 2018. ....	168
Figure 97: Point 3 rue du Qubou. Source : Auteure 2018. ....	169
Figure 98: Point 4, l'Escalier Zigzag. Source : Auteure 2018. ....	171
Figure 99: Point 5 la rue de la mosquée. Source : Auteure 2018. ....	172
Figure 100: Point 6 l'escalier du palais. Source Auteure 2018. ....	174
Figure 101: Point 7 sous l'arcade en face de la Place des Martyrs. Source : Auteure 2018. ...	175
Figure 102: Point 8 La Place des Martyrs. Source : Auteure 2018. ....	176
Figure 103: Point 9 sous l'arcade des barres de Socard. Source : Auteure 2018. ....	178
Figure 104: Point 10 Le Parking. Source : Auteure 2018. ....	180
Figure 105: Point 11 la façade latérale de l'institut de musique. Source : Auteure 2018. ....	181
Figure 106: Point 12 L'Institut de musique de l'époque postcoloniale. Source : Auteure 2018. ....	183
Figure 107 : Dépouillement des causes de préférence des configurations urbaines évaluées. ....	185
Figure 108: Données micro-météorologiques du tissu ancien. ....	186
Figure 109: Données sensibles du tissu ancien. ....	187
Figure 110: données micro-météorologiques du tissu mixte. ....	188
Figure 111: Données sensibles du tissu mixte. ....	189
Figure 112: données micro-météorologiques du tissu colonial. ....	190
Figure 113: Données sensibles du tissu colonial. ....	191
Figure 114: Données micro-météorologiques du tissu postcolonial. ....	192
Figure 115: données sensibles du tissu postcolonial. ....	193

Figure 116: Moyennes des paramètres climatiques mesurés pour les 12 configurations urbaines. (Plages horaires : 9h00 -10h30 ; 12h15 – 13h15 ; 13h00 – 16h30 pour 3 journées chaudes typiques 28/07, 30/07, 01/08-2018). .....	195
Figure 117 : Niveau de satisfaction moyen pour les paramètres climatiques perçus pour les 12 configurations urbaines. (Plages horaires : 9h00 -10h30 ; 12h15 – 13h15 ; 13h00 – 16h30pm pour 3 journées chaudes typiques 28/07, 30/07, 01/08-2018).....	199
Figure 118 : Evaluation globale et microclimatique de l'ensemble des configurations urbaines étudiées.....	200
Figure 119 : Corrélation APCI/UTCI.....	203
Figure 120: Figure 1: Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 09 :25 à 13:47. Source : Auteur.....	235
Figure 121: 2ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 15 :30 à 16:43. Source : Auteur.....	236
Figure 122: 3ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 09:55 à 11:58. Source : Auteur.....	237
Figure 123: 4ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 13:48 à 15:27. Source : Auteur.....	239
Figure 124: 5ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 09:47 à 10:44. Source : Auteur.....	241
Figure 125: 6ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 11:54 à 12:36. Source : Auteur.....	242
Figure 126: 7ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 10:10 à 11:25. Source : Auteur.....	243
Figure 127: 8ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 12:30 à 13:15. Source : Auteur.....	244
Figure 128: 9ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 10:20 à 11:33. Source : Auteur.....	245
Figure 129: 10ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 13:37 à 14:59. Source : Auteur.....	246
Figure 130: 11ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 16:04 à 17:43. Source : Auteur.....	247
Figure 131: 12ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 11:15 à 13:15. Source : Auteur.....	248
Figure 132: 13ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 15:20 à 16:20. Source : Auteur.....	249
Figure 133: 14ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 12:50 à 14:21. Source : Auteur.....	250
Figure 134: Promenade micro-météorologique effectuée en période d'été.....	251

## Liste des Tableaux

Tableau 1 : Codification de l'échelle de satisfaction.....	115
Tableau 2: Prospection urbaine à Alger, quelques exemples de configurations urbaines potentielles.....	139
Tableau 3: Déroulement des promenades micro-météorologiques de la campagne d'hiver..	148
Tableau 4 : Détails du déroulement des promenades micro-météorologiques d'été.....	153
Tableau 5: Exemple de saisie des données brutes (première promenade de la campagne d'été).....	155
Tableau 6: Exemple de lecture initiale des données micro-météorologiques brutes (point de mesures 11). .....	156
Tableau 7: Exemple de traitement des données micro-météorologiques par promenade et par typologie urbaine (tissu ancien : P1, P2, P3).....	156
Tableau 8: Données nécessaires pour le calcul de l'UTCI (Exemple du point de mesure P12). .....	157
Tableau 9 : Moyennes des niveaux de satisfaction pour toutes les promenades urbaines (Exemple de P1). .....	158
Tableau 10: Exemple de traitement des données sensibles par promenade et par typologie urbaine (tissu ancien : P1, P2, P3).....	159
Tableau 11: Classement de préférence des différentes configurations urbaines étudiées.....	184
Tableau 12: Valeurs d'UTCI obtenues et niveaux de stress thermique associés. ....	194
Tableau 13: Perception de l'importance des paramètres climatiques (items) par le panel des citoyens interrogés. ....	196
Tableau 14 : Valeurs de l'APCI pour les 12 configurations urbaines étudiées et niveaux de confort microclimatique associés. ....	196
Tableau 15: 1 <sup>ère</sup> Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 09 :25 à 13:47. Source : Auteur.....	234
Tableau 16: 2 <sup>ème</sup> Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 15:30 à 16:43. Source : Auteur.....	236
Tableau 17: 3 <sup>ème</sup> Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 09:55 à 11:58. Source : Auteur.....	237
Tableau 18: 4 <sup>ème</sup> Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 13:48 à 15:27. Source : Auteur.....	238
Tableau 19: 5 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 09:47 à 10:44. Source : Auteur.....	240
Tableau 20: 6 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 11:54 à 12:36. Source : Auteur.....	242
Tableau 21: 7 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 10:10 à 11:25. Source : Auteur.....	243
Tableau 22: 8 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 12:30 à 13:15. Source : Auteur.....	244
Tableau 23: 9 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 10:20 à 11:33. Source : Auteur.....	245
Tableau 24: 10 <sup>ème</sup> promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 13:37 à 14:59. Source : Auteur.....	246

Tableau 25: 11ème promenade micro-météorologique effectuée en période d’hiver en date du 18/02/2018 de 16:04 à 17:43. Source : Auteur.....	247
Tableau 26: 12ème promenade micro-météorologique effectuée en période d’hiver en date du 20/02/2018 de 11:15 à 13:15. Source : Auteur.....	248
Tableau 27: 13ème promenade micro-météorologique effectuée en période d’hiver en date du 20/02/2018 de 15:20 à 16:20. Source : Auteur.....	249
Tableau 28: 14ème promenade micro-météorologique effectuée en période d’hiver en date du 20/02/2018 de 12:50 à 14:21. Source : Auteur.....	250
Tableau 29: 1ère promenade micro-météorologique effectuée en période d'été du 15/07/2018 de 10:10 à 11:15. Source : Auteur.....	251
Tableau 30: 2ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'été en date du 18/07/2018 de 11 :20 à 12 :20.....	252
Tableau 31: 3ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'été en date du 18/07/2018 de 15:40 à 17:00.....	252



## Introduction générale

Bien qu'elle s'intéresse, particulièrement au confort thermique estival, cette thèse explore plus largement des connaissances autour de l'espace public urbain et des ambiances qu'il peut générer. Lieu de citoyenneté, de rencontre et de vie publique, l'espace public, véhicule une idée sur la qualité de vie de ses usagers dans le temps et dans l'espace. Il demeure, ainsi, l'un des éléments autour desquels la vie des villes s'articule. Il est le miroir reflétant l'état des sociétés et l'écho de l'expression des désirs des citoyens, l'expression de leur joie mais aussi de leur tristesse. Il est donc clair qu'un espace public de qualité doit être vécu, il doit apporter des éléments de confort pour mieux recevoir ses usagers. Ces derniers l'apprécient grâce à ses "ambiances" qui le distinguent d'autres espaces publics. Ce sont ces ambiances qui restent ancrées dans la mémoire des gens l'ayant fréquenté. Elles peuvent être la raison pour laquelle un passant s'attarde dans un lieu et espère revenir le visiter une ou plusieurs fois dans sa vie. A partir de là, cette thèse s'intéresse à la globalité des éléments du confort dans les espaces publics (formes, couleurs, textures, conditions thermique, olfactives, lumineuses, acoustiques). Une attention particulière est prêtée, notamment, aux conditions microclimatiques perçues dans les espaces publics.

De nos jours, il paraît nécessaire, voire urgent, de s'intéresser à la question du confort thermique à l'échelle urbaine. En effet, un travail sur cette thématique pourrait répondre aux enjeux de la ville contemporaine, connue pour sa consommation d'énergie très importante, mais aussi par le manque de qualité de vie qu'elle offre, notamment, en termes de confort microclimatique. De plus, le changement climatique et le phénomène d'îlot de chaleur urbain s'accroissent ces dernières années, engendrant pour l'homme des conséquences parfois mortelles. La recherche de solutions architecturales et urbaines respectueuses des besoins de l'Homme et de la nature s'avère, donc, une urgence. A cette fin, il semble pertinent de réaffirmer l'importance de l'intégration de la notion d'ambiances dans les processus de conception et de réaménagement de l'espace public urbain. Pour cela, nous avons souhaité étudier différentes ambiances urbaines dans ce travail et développer des questionnements autour des méthodes et outils adaptés aux concepteurs, permettant évaluation et prédiction du confort microclimatique.

## **Confort microclimatique en Algérie, problématique et questionnements**

En Algérie, de nombreuses études ont été effectuées sur la question du confort, de la perception et des ambiances ces dernières années, notamment au sein des laboratoires LAE (EPAU, Alger), LACOMOFA (Université de Biskra) et ABE (Université de Constantine). Ces études se sont concentrées généralement soit sur les ambiances intérieures (Afren et al., 2017; Daoudi, 2013; Hanafi & Alkama, 2017; Medjelekh et al., 2016), soit sur les ambiances urbaines en climat arides (Boukhelkhal & Bourbia, 2016; Kitous, 2012; Slimani & Mazouz, 2018) ou semi-arides (Louafi Bellara & Abdou, 2012). Quelques études ont été réalisées sur les ambiances urbaines dans les villes algériennes caractérisées par un climat méditerranéen (Lamraoui & Boussoualim, 2012; Tebbani & Bouchahm, 2016). Toutefois, l'état de l'art montre que ces études demeurent insuffisantes au regard des besoins des concepteurs de la ville, notamment en termes d'outils adaptés à la conception prenant en compte le microclimat urbain. Les particularités de chaque ville rendent difficile la définition des stratégies d'optimisation du confort microclimatique efficaces pour tous les contextes. Ainsi, il est important de comprendre le fonctionnement climatique des villes pour être capable de proposer un design urbain en fonction de ses particularités (Ruiz et al., 2017). Ainsi, cette thèse vient s'inscrire dans ce contexte afin de répondre à des besoins identifiés au cours de nos propres expériences personnelles dans l'espace urbain mais aussi à des questionnements professionnels, que nous nous sommes posée en tant qu'architecte sensible aux questions des ambiances urbaines, notamment celles liées au confort microclimatique.

Pratiquer les espaces publics de la ville d'Alger peut procurer beaucoup de plaisir aux piétons grâce aux différentes architectures reflétant la succession des cultures caractérisant cette ville. Cependant, un certain stress thermique perçu en période estivale dans les nouveaux espaces urbains d'Alger peut venir ternir l'image de la ville et altérer la satisfaction ressentie. Nous nous sommes donc interrogée sur la différence entre les conditions microclimatiques perçues dans les nouveaux et celles dans les anciens espaces publics. Pour ce faire, il nous a semblé nécessaire au préalable de définir les méthodes et outils permettant l'évaluation et la prédiction du confort microclimatique. La question, ici, est donc « comment offrir une démarche adaptée aux concepteurs d'aujourd'hui, permettant d'intégrer le contexte climatique et socioculturel d'Alger ? »

La production architecturale et urbaine sur le territoire algérien engendre un phénomène de standardisation du paysage urbain ainsi qu'un inconfort microclimatique perçu en période estivale. Si nous nous concentrons sur le cas d'Alger et précisément sur l'aire d'étude définie

par le secteur sauvegardé de la Casbah d'Alger, car il présente une diversité de dispositifs architecturaux et urbains, intéressants d'un point de vue microclimatique. Nos questionnements de départ sont donc les suivants :

- Puisque les conditions microclimatiques dans les nouveaux espaces urbains semblent souvent inconfortables, l'étude de certaines caractéristiques des architectures antérieures, existantes dans notre patrimoine architectural et urbain, pourrait-elle nous permettre d'en tirer des enseignements afin de mieux concevoir des espaces urbains d'une meilleure qualité de vie à l'avenir ?

- Quelles sont les méthodes d'évaluation et les outils de prédiction du confort microclimatique adaptés aux concepteurs des espaces urbains ? Comment pourrions-nous les appliquer sur un contexte climatique et culturel particulier, peu étudié jusqu'à ce jour ?

## **Hypothèses**

L'histoire de nos villes et l'évolution des modèles locaux d'architecture et d'urbanisme s'avèrent être un champ pertinent à investiguer. Ainsi, selon les textes disponibles sur les vieilles villes algériennes, une réelle attention devrait être consacrée à leurs ambiances urbaines (Belakehal & Farhi, 2004). Le confort perçu dans les rues de la Casbah d'Alger a été décrit par plusieurs écrivains, historiens, architectes et urbanistes. Citons à titre d'exemple, Ravéreau qui a trouvé cette Casbah d'Alger unique, précisant que sa géographie la place dans un microclimat particulier du fait d'une orientation protégée et favorable et qu'aucune autre Casbah n'a à la fois cette orientation, cette position, ce climat, cette architecture précise (Ravéreau, 1989). De même, Le Corbusier a été fasciné par ses ambiances et plus particulièrement par ses ruelles étroites où il a senti de l'ombre et de la fraîcheur (Merrad, 2012).

Nous adoptons comme première hypothèse que l'étude des ambiances présentes dans la Casbah d'Alger peut nous aider à créer des villes durables avec des espaces publics confortables pour les habitants et pour les passants. Elles peuvent aussi, nous servir à concevoir des modèles d'urbanisme bien intégrés dans leur contexte culturel et climatique. Pour cela, une étude microclimatique fine devra être effectuée au sein des espaces urbains de la Casbah d'Alger afin d'identifier des stratégies adaptées aux contextes climatique et socioculturel.

De nos jours, les outils d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique sont de plus en plus nombreux. Ces outils sont à la fois complexes, non-adaptés à tous les contextes et la plupart du temps utilisés uniquement par les chercheurs (cas d'Algérie). Nous admettons à travers notre seconde hypothèse que le développement d'une méthode globale croisant

différentes approches existantes permettrait de faciliter les tâches des praticiens et leur donnerait ainsi l'opportunité de concevoir de nouveaux espaces adaptés et contextualisés, du point de vue des données naturelles et culturelles. De plus, nous pensons que, de nos jours, la modélisation numérique s'avère être l'approche la mieux maîtrisée et la plus utilisée par les concepteurs des espaces architecturaux et urbains. Il est donc pertinent de nous intéresser à la fiabilité des modèles numériques utilisés dans les outils logiciels afin de prédire le confort microclimatique et ce quel que soit le contexte climatique et culturel envisagé.

## Objectifs

Le paysage urbain généré ces dernières années en Algérie reflète l'absence de sensibilité des concepteurs et des autorités à la question des ambiances. Belakehal et Farhi soulignent :

La lecture des textes réglementaires algériens révèle la non prise en compte des aspects d'ambiances [JORA n° 40, 1998]. Ces derniers font, généralement, état d'absence dans les divers travaux de recherche d'académiciens nationaux ou internationaux concernés par des tissus urbains comparables à ceux des médinas algériennes. L'examen des communications présentées dans les événements scientifiques anciens ou récents montre que les ambiances ne sont pas citées en tant que telles. L'accent est mis plutôt sur les formes et parfois sur les activités du patrimoine d'un point de vue historique, de gestion et /ou économique.<sup>1</sup>

Mettre en évidence l'importance des ambiances urbaines et sensibiliser les créateurs de nos espaces urbains aux enjeux conceptuels de ces dernières pour un environnement sain et durable s'avèrent être indispensable pour faire face aux dangers liés aux changements climatiques ainsi qu'au phénomène d'îlot de chaleur urbain. Pour cela, nous souhaitons, à travers cette recherche, apporter de nouvelles connaissances permettant une meilleure conception des espaces publics urbains. Nous considérons, donc, un double objectif à atteindre dans cette thèse :

- **L'évaluation globale et microclimatique des ambiances existantes** : l'étude globale des modèles urbains existants à Alger nous paraît pertinente pour une meilleure prise en compte des points forts à reproduire dans les futurs projets et des points faibles à éviter. Ainsi, l'évaluation microclimatique de ces modèles permettra de comprendre les causes du stress

---

<sup>1</sup> BELAKEHAL Azeddine et FARHI Abdallah, *Les ambiances environnementales de la médina : Le patrimoine oublié*, In Conférence Internationale sur la Médina, Tlemcen, 2008. p. 81.

thermique dans les nouveaux espaces urbains en période estivale. Pour cela, notre premier objectif est d'évaluer le confort microclimatique de différentes typologies urbaines du secteur sauvegardé d'Alger. La comparaison de ces typologies avec le degré de satisfaction des usagers dans chacune d'elles nous permettra d'identifier les potentielles leçons architecturales et urbaines de la vieille ville d'Alger et d'ainsi espérer combler les insuffisances conceptuelles actuelles.

- **Définition des outils permettant évaluation et prédiction du confort microclimatique** : notre thèse vise à établir, en premier lieu, une revue critique des méthodes et outils (empiriques et numériques) existants permettant l'évaluation des conditions microclimatiques. Cela permettra aux concepteurs de mieux connaître et explorer le domaine des ambiances urbaines en général et la question du confort microclimatique en particulier. De plus, notre recherche a pour but de développer un modèle global d'évaluation du confort microclimatique qui soit simplifié et adapté à la pratique des architectes et urbanistes, dans le but de leur permettre de concevoir et de réaliser des espaces publics d'une meilleure qualité d'un point de vue thermique mais aussi global..

### **Structure de la thèse**

Notre manuscrit est organisé en six chapitres. Dans le premier chapitre, nous mettons l'accent sur l'espace public en tant qu'élément fondateur des villes au fil des époques. Nous abordons d'abord les multiples définitions proposées de cet élément urbain pour mieux cerner son importance dans la vie des villes. Une lecture historique est proposée dans un second temps. Elle vise à illustrer les caractéristiques des espaces publics au cours des dynasties successives, de la période romaine jusqu'à nos jours.

Le deuxième chapitre, met en lumière la relation individu-espace public. Il explore la notion d'ambiances urbaines, rassemblant les propriétés physiques de l'espace public et l'aspect sensible lié aux usagers qui le fréquentent. Du confort global au confort thermique, une investigation théorique sur les éléments agissant sur le bien-être des usagers dans les espaces publics est présentée, notamment en termes de perception thermique. Une attention particulière est consacrée, en fin de ce deuxième chapitre, aux connaissances sur le climat urbain et aux phénomènes qui altèrent le confort thermique dans les espaces extérieurs de la ville.

Dans le troisième chapitre, nous nous concentrons sur les méthodes et outils permettant la caractérisation et l'évaluation du confort microclimatique dans les espaces publics urbains. Entre les méthodes expérimentales et la simulation numérique par logiciels, des connaissances appropriables par les concepteurs sont mises en lumière. Nous présentons également dans ce chapitre les indices de confort issus des méthodes expérimentales et permettant la prédiction du confort thermique par modélisation numérique. Les limites de ces modèles sont ainsi discutées.

Nous présentons, dans la première partie du quatrième chapitre, la stratégie méthodologique développée afin d'atteindre les objectifs de notre thèse. Les outils méthodologiques utilisés sont dévoilés tout en justifiant leurs choix et leurs apports. Dans la deuxième partie, nous mettons l'accent sur le contexte où notre méthodologie spécifique est appliquée. Le cas particulier d'Alger est, donc, présenté tout en abordant son contexte géographique, climatique, et historique. Ce dernier met en lumière le développement architectural et urbain des espaces publics d'Alger sous l'influence de plusieurs cultures qui les ont produits.

Après avoir choisi les outils méthodologiques et le contexte d'application, nous définissons, dans le cinquième chapitre, le protocole expérimental mis en œuvre dans ce travail. Un passage de l'échelle d'Alger à l'échelle de son secteur sauvegardé, s'effectue, tout en montrant les différentes étapes permettant le choix de cette aire d'étude. Ainsi, le parcours urbain à étudier se définit grâce aux premiers résultats de l'investigation numérique et empirique testée en période d'hiver. En fin de ce chapitre, la méthodologie de traitement des données recueillies en période d'été est exposée.

Le dernier chapitre est dédié à la présentation et à la discussion des résultats. L'évaluation du confort global des différentes configurations urbaines étudiées est exposée en premier lieu. Sont présentées ensuite la caractérisation physique et l'évaluation sensible du confort microclimatique. Les résultats du calcul des indices de confort sont ainsi discutés. Une confrontation du confort global et microclimatique est présentée afin de mettre en évidence l'aspect global de l'évaluation du confort microclimatique. Pour conclure, nous présentons les résultats de la corrélation des deux indices de confort (objectif et subjectif) calculés pour proposer, enfin, un modèle de confort microclimatique global qui s'ouvre à l'universalité.

Dans la conclusion générale, des synthèses constructives et des perspectives de recherches sont exposées.

# **I. CHAPITRE 1**

## **ESPACE PUBLIC, SIGNIFICATIONS ET HISTORIQUE...**

Dans ce chapitre, nous mettons l'accent sur l'espace public en tant qu'élément fondateur des villes au fil des temps. Nous abordons d'abord le fondement architectural et les multiples définitions proposées de cet élément urbain pour mieux cerner son importance dans la vie des villes. Une lecture historique est proposée dans un second temps. Cette dernière vise à illustrer les caractéristiques des espaces publics présentes au cours des dynasties successives, de la période romaine jusqu'à nos jours.

## Contenu du chapitre

<b>I. CHAPITRE 1 ESPACE PUBLIC, SIGNIFICATIONS ET HISTORIQUE...</b>	<b>7</b>
I.1 L'espace public au cœur de l'architecture de la ville	9
I.2 L'espace public, un élément de permanence dans l'histoire des villes	12
I.2.1 L'espace public des villes antiques	12
I.2.2 L'espace public occidental du moyen âge à l'ère contemporaine	16
I.2.2.1 Moyen-âge	16
I.2.2.2 Temps modernes	19
I.2.2.1 Epoque contemporaine :	21
I.2.3 L'espace public de la ville « islamique »	24
I.2.3.1 La ville islamique traditionnelle	25
I.2.3.2 Espace public islamique à l'époque contemporaine	30



## I.1 L'espace public au cœur de l'architecture de la ville

Développé dans les années 60 en philosophie politique (Toussaint & Zimmermann, 2001), l'espace public est un concept qui englobe aujourd'hui différentes significations. Negt souligne la polysémie de ce concept en déclarant que :

D'un côté, l'espace public désigne certaines institutions, dispositions, activités par exemple, la force publique, la presse, l'opinion publique, le public, les relations publiques, des rues et des places, alors que, de l'autre, l'espace public se présente comme un champ d'expérience de la société, et qui comprend tout ce qui est important pour ses membres.<sup>2</sup>

De plus, Paquot explique que :

L'espace public (d'autres diront " sphère publique") et les espaces publics (d'autres les appelleront " espaces libres", "lieux publics" ou encore... "Lieux urbains") ont subi de nombreuses et profondes modifications, tant de forme que de contenu, depuis leurs premières formulations. Ces expressions existent, il nous faut comprendre les significations et en mesurer la portée<sup>3</sup>.

Il est donc clair que ces éléments constituant la ville méritent une attention particulière dans plusieurs champs de recherche, notamment celui de l'architecture et de l'urbanisme. En effet, plusieurs chercheurs dans ce domaine ont investigué ce concept en offrant des définitions multiples à la notion d'espace public. Selon (David, 2002), l'expression « espace public » est introduite au vocabulaire de l'urbanisme au cours des années 1970, nous nous intéressons, donc, dans cette section à définir cette notion d'un point de vue architectural et urbain.

L'espace public témoigne de la moindre action caractérisant la ville, du détail architectonique à l'image urbaine. Nous entendons par action, toutes les interventions d'ordre constructif sur un territoire donné engendrant une « ville ». D'ailleurs, Beauchard & Moncomble insistent sur le fait que : « la ville construit son urbanité à partir de son espace public »<sup>4</sup>. Entre, rue, boulevard, avenue, place, parvis et autres termes désignant des espaces où les individus peuvent marcher librement, apprécier la ville et faire une pause si besoin, la notion d'espace public prend sens.

---

<sup>2</sup> NEGOT Oskar, *L'espace public oppositionnel*, Paris, Payot, 2007, p. 56.

<sup>3</sup> PAQUOT Thierry, *L'espace public*, Paris, Edition La découverte, 2009, p. 07.

<sup>4</sup> BEAUCHARD Jacques et MONCOMBLE Françoise, *L'architecture du vide : espace public et lien civil*, Collection « essais », Presses Universitaires de Rennes, 2013, p. 75.

(De Sablet, 1988) voit que : “Les espaces collectifs urbains, appelés encore espaces publics ou espaces extérieurs, sont constitués par l'ensemble des lieux ouverts à tous. Ils sont généralement sous la responsabilité des collectivités publiques ou parfois de droit privé. Ils sont le plus souvent en plein air, mais peuvent être partiellement ou totalement couverts ”<sup>5</sup>

Selon Paquot, « depuis quelques années, les espaces publics sont ceux que le public -ou des publics- fréquente indépendamment de leurs statuts juridiques. Ainsi, des lieux privés ouverts à un certain public sont qualifiés d'espaces publics, comme par exemple un centre commercial ou une galerie marchande ». <sup>6</sup> Certains auteurs, associent la notion d'espace public aux termes « creux urbain » ou « vide urbain ».

L'espace public correspond à plusieurs sortes de cordonnées. Lorsqu'il se constitue, sa structure se dessine suivant le profil d'un creux urbain. “ La coupe prime sur la façade” là se joue le passage de l'intérieur sur l'extérieur. Mais simultanément la scène publique du site est aussi mise en perspective : rencontre du ciel et insertion dans le mouvement de la ville. <sup>7</sup>

Selon Beauchard et Moncomble, l'espace public se caractérise « par une architecture du vide, il demeure ouvert en tant qu'espace »<sup>8</sup>. Au-delà des espaces urbains, les mêmes auteurs illustrent leur définition par des espaces publics ne faisant pas forcément partie de la ville tels que « les plages, les sentiers forestiers et le réseau viaire et ses à-côtés qui permettent le libre mouvement de chacun, dans le double respect de l'accessibilité et de la gratuité »<sup>9</sup>. Bien que ces deux derniers aspects (accessibilité et gratuité) soient très importants dans la définition d'un espace public et que réellement, de nos jours, certains espaces privés sont qualifiés d'espaces publics, nous nous concentrons dans cette thèse sur les espaces publics urbains donnant existence à des activités à l'extérieur.

Un espace public urbain est inévitablement défini par la forme urbaine qui l'accueille. Par ailleurs, il peut être caractérisé par une ou différentes typologies urbaines. Il est perçu comme configuration urbaine par ses propres données architecturales et fonctionnelles qu'il s'approprie au fil du temps. Des notions comme « morphologie », « forme », « structure » ou « géométrie » urbaine reviennent souvent lors de l'étude d'un espace public urbain. L'étude ou l'analyse de ce dernier se fait par l'examen de ses formes et ses typologies. En tant qu'élément constituant

---

<sup>5</sup> GHERRAZ Halima, *Les espaces publics entre forme et pratique dans les villes arides et semi arides (Cas des places publiques de la ville de Ouargla)*, Magistère en Architecture, Université de Mohamed Khider, Biskra, 2013, pp. 18- 19.

<sup>6</sup> PAQUOT Thierry, *op.cit.*, p. 03.

<sup>7</sup> *Ibid.*, p. 41.

<sup>8</sup> BEAUCHARD Jacques et MONCOMBLE Françoise, *op.cit.*, p. 57.

<sup>9</sup> *Ibid.*, p. 03.

la ville, l'espace public se distingue par ses dimensions, son aménagement et ses détails. Beauchard & Moncomble soulignent que « par le truchement des façades et des trottoirs, le vide se met en scène et se donne une identité ».<sup>10</sup> Aichour indique : « un espace vide n'est pas le négatif du bâti, car il structure l'espace urbain et participe à sa matérialité et à son animation.»<sup>11</sup> Un espace public prend donc sa naissance de toute existence architecturale constituant les tissus urbains des villes. C'est dans l'harmonieuse alliance entre l'échelle urbaine et l'échelle architecturale, voire, architectonique que les espaces publics se produisent et donnent image à la ville. Aldo déclare que « L'art et la science de la ville sont indissolublement liés à la qualité architectoniquement urbaine de son architecture. Mais attention, ce n'est pas l'urbanisme au sens strict, mais l'architecture qui est au point de départ de tout raisonnement sur la “*forma urbis*” »<sup>12</sup>. Ainsi, l'espace public, « lieu d'urbanité par excellence est considéré comme un élément de composition urbaine [...] C'est l'essence même de l'urbanisation d'une ville »<sup>13</sup>.

Si l'espace public est considéré comme un élément de haute importance dans l'architecture de la ville, c'est par ce qu'il fait partie du « tissu urbain » constituant cette ville. (Benamor, 2017) définit un tissu urbain comme étant une structure dynamique, vivante et en mutation. Tel un corps organique, la ville est de nature évolutive, ses pleins et ses vides sont en constante transformation tout comme un tissu cellulaire (Matallah, 2015). Dans la recherche menée par Slimani, le tissu urbain est ainsi défini comme un « projet conceptuel correspondant au système agrégatif de plusieurs types de bâtiments dans un domaine historique homogène [...] Il prend une longue période de temps à travers les agrégations et transformations ponctuelles des formes et des compositions »<sup>14</sup>.

Enfin, nous pouvons dire qu'un espace public, tout comme le tissu urbain qui l'abrite, est un élément qui se caractérise par sa mutation permanente. L'espace public est donc soumis aux changements qui résultent de l'évolution de son tissu urbain.

---

<sup>10</sup> *Ibid.*, p. 75.

<sup>11</sup> AICHOUR Boudjemâa, *Problèmes de la réhabilitation de la Casbah de Constantine*, Thèse de Doctorat, ingénieur, IUP. Université Paris XII, 1985, p.36.

<sup>12</sup> ROSSI Aldo, *L'architecture de la ville*, traduction de l'italien par Françoise Brun, In Folio éditions, 2001, p. 07.

<sup>13</sup> HADJI Lydia, *La qualité des espaces publics et les stratégies du développement durable urbain : méthode d'évaluation et application aux abords des stations de métro et de tramway à Alger*, Thèse de Doctorat, EPAU, Alger, 2014, p. 32.

<sup>14</sup> SLIMANI Mohamed Seghir, *Fabrique de la ville entre les contraintes réglementaires urbaines et les exigences bioclimatiques ; vers une réconciliation*, Magistère en Architecture, Université de Mohamed Khider, Biskra, 2017, pp. 35-206.

## **I.2 L'espace public, un élément de permanence dans l'histoire des villes**

La section précédente nous a permis de mettre en évidence l'importance de l'espace public dans la constitution et la vie des villes. Cet élément, structurant le vide urbain, constitue ainsi une scène idéale pour la représentation collective de la vie citadine depuis l'aube des temps. Il est donc clair que l'espace public a tendance à être un élément de permanence dans l'histoire des villes et de leur image (Hadji, 2014). De ce fait, nous trouvons pertinent de mettre en évidence sa prise en charge par les cultures ayant traversé nos villes algériennes, à savoir : les cultures occidentale et arabo-musulmane. Ces dernières ont fortement influencé l'image actuelle des villes algériennes, notamment les espaces publics de la ville d'Alger, objet de notre étude. Nous avons donc décidé d'effectuer une brève lecture historique sur l'évolution de la forme et l'usage de l'espace public correspondant à ces cultures typiques pour étudier par la suite, leur impact sur le cas particulier d'Alger. Nous commençons d'abord, par examiner l'image des espaces publics des villes antiques, où l'*Agora* et le *Forum* constituaient les pièces maîtresses des villes grecques et romaines. L'espace public des villes européennes du moyen âge jusqu'à nos jours est abordé, tout comme celui des villes arabo-musulmanes.

### *1.2.1 L'espace public des villes antiques*

Bien que l'existence des espaces publics remonte à la préhistoire, sous forme de lieux de rassemblement ou places de marchés dans les villes de Mésopotamie (2000 avant J.-C.) (Bendjedidi, 2019; Stein, 2003), ce sont les grecques et les romaines qui ont accentué les espaces publics dans leurs villes en terme de forme et d'usage. En fait, les Grecs et les Romains sont les premiers à avoir pavé et redressé les rues pour permettre le mouvement et la sécurité. De plus, ils ont construit leurs *Agoras* et *Forums* pour fournir des centres pratiques et nobles pour la vie publique. Il s'agissait des places publiques où les citoyens se réunissaient pour marchander, traiter des affaires politiques ou économiques ou encore célébrer des événements religieux (Bada, 2012).

En parcourant les villes grecques, (Kettaf, 2013) souligne que la politique et la religion sont les deux fondements ayant dicté leurs morphologies. De plus, la défense, la beauté et le respect de l'environnement naturel s'ajoutaient comme principes d'édification de ces villes. Cela se traduisait par la diversité des plans et formes des cités grecques englobant toutes des lieux urbains favorisant la vie en communauté. Athènes, à titre d'exemple, (cf. [figure 1](#)) contenait des espaces publics qui animaient la vie sociale et économique. Caractérisée par son *Agora* qui

Parait être la première forme non rurale, non exclusivement religieuse et symbolique, d'un lieu urbain de vie publique collective consciente et organisée, un lieu collectif d'échange politique, de tenue des assemblées et de discussions. C'était aussi un lieu d'échanges culturels, de festivités, de commémorations et de transmissions de nouvelles. C'était un lieu d'échanges commerciaux, de marché, de ventes ambulantes ou permanentes. Sa fonction sociale et politique acquiert de plus en plus d'importance, et les édifices publics forment une sorte de "corniche architectonique" de cette place à portiques, agrémentée d'autels, de fontaines, et de statues.<sup>15</sup>



Figure 1: Restitution de l'Agora d'Athènes 1er siècle après J-C. Source : [https://www.akg-images.fr/archive/Le-Forum-\(Agora\)-d%27Athènes--1er-siecle-apres-J.-C.--Illustration-2UMEBMIHHTTN.html](https://www.akg-images.fr/archive/Le-Forum-(Agora)-d%27Athènes--1er-siecle-apres-J.-C.--Illustration-2UMEBMIHHTTN.html), 2016.

Au-delà de l'*Agora*, la ville grecque se dotait d'une structure viaire permettant la connexion entre les différentes composantes de la cité. Cette dernière était basée sur une logique traditionnelle regroupant plusieurs villages en une cité (cf. [figure 2](#)), dite « Synœcisme », ou sur un système géométrique « Hippodamique » relatif à Hippodamos, célèbre architecte grec,

<sup>15</sup> AMIRECHE Toufik, *Approche des espaces publics urbains : Cas de la ville nouvelle Ali Mendjeli*, Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine, 2012, p. 09.

considéré comme l'un des premiers créateurs de plans réguliers et contextualisés aux sites (Kettaf, 2013). Selon Boucheriba, Tayar (1996) a souligné que : “Cette organisation permettait à la fois une protection contre les effets indésirables du climat et profiter des éléments désirables de celui-ci.”<sup>16</sup>.

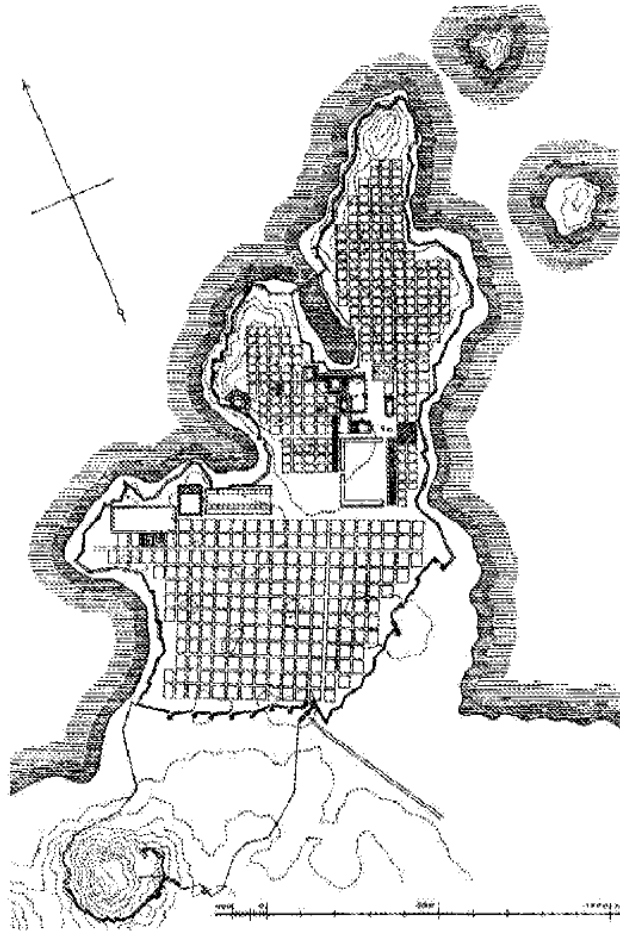


Figure 2 : Plan de la ville de Milet antique (plan Hippodaméen). Source : Gruet, 2008

Les romains ont été les vrais promoteurs de l'élargissement et du pavage des rues. La conception de leurs réseaux routiers obéissait à des normes urbanistiques, dont la régularité et la hiérarchisation sont les principes les plus remarquables. Il s'agissait d'exposer le pouvoir de l'empire romain et la richesse climatique en assurant un certain degré de confort extérieur à la population (Boucheriba, 2006). Tout comme les villes grecques, les villes romaines se dotaient de *Forums*, places publiques réunissant les habitants pour s'exprimer, discuter, acheter et accomplir la plupart de leurs activités quotidiennes. Le *Forum* était le centre des affaires et le

---

<sup>16</sup> BOUCHERIBA Fouzia, *Impact de la géométrie des canyons urbains sur le confort thermique extérieur - cas du coudiat de Constantine -*, Mémoire de Magister, Université Mentouri, Constantine, 2006, p. 09.

vrai cœur des villes romaines. Il était à la fois centre politique, commercial et religieux de la cité. C'était une place dallée, rectangulaire, fermée et encadrée de portiques (cf. [figure 3](#)).



Figure 3: Restitution du forum de Rome antique 1<sup>er</sup> siècle après J-C. Source : <https://www.akg-images.fr/CS.aspx?VP3=SearchResult&VBID=2UMESQ5W6HBAD6&SMLS=1&RW=1366&RH=625>. 2016.

Ce modèle de ville se répandait lors des conquêtes et dans les nouvelles villes romaines. Ainsi, les Romains se référaient à deux axes principaux pour tracer la trame de la ville, le *decumanus maximus* et le *cardo maximus*, qui étaient les plus larges axes est-ouest et nord-sud, et qui se croisaient en un point considéré comme le centre idéal de la colonie. En termes de contextualisation, sur un terrain incliné les *decumanus* étaient disposés horizontalement, et les *cardos* selon les lignes de la plus grande pente ; le long d'un fleuve ou du littoral, les *decumanus* étaient parallèles au rivage, les *cardos* perpendiculaires. Le forum se situait presque à l'intersection des deux axes, car on évitait de faire croiser les flux des axes principaux dans la place (Bendjedidi, 2019). Il est à noter que la présence romaine a été marquée dans plusieurs villes algériennes, notamment les villes d'Alger, de Tipaza, de Sétif (Djemila) de Batna (Lambèse et Timgad) (cf. [figure 4](#)), dans lesquelles des sites archéologiques sont encore présents.

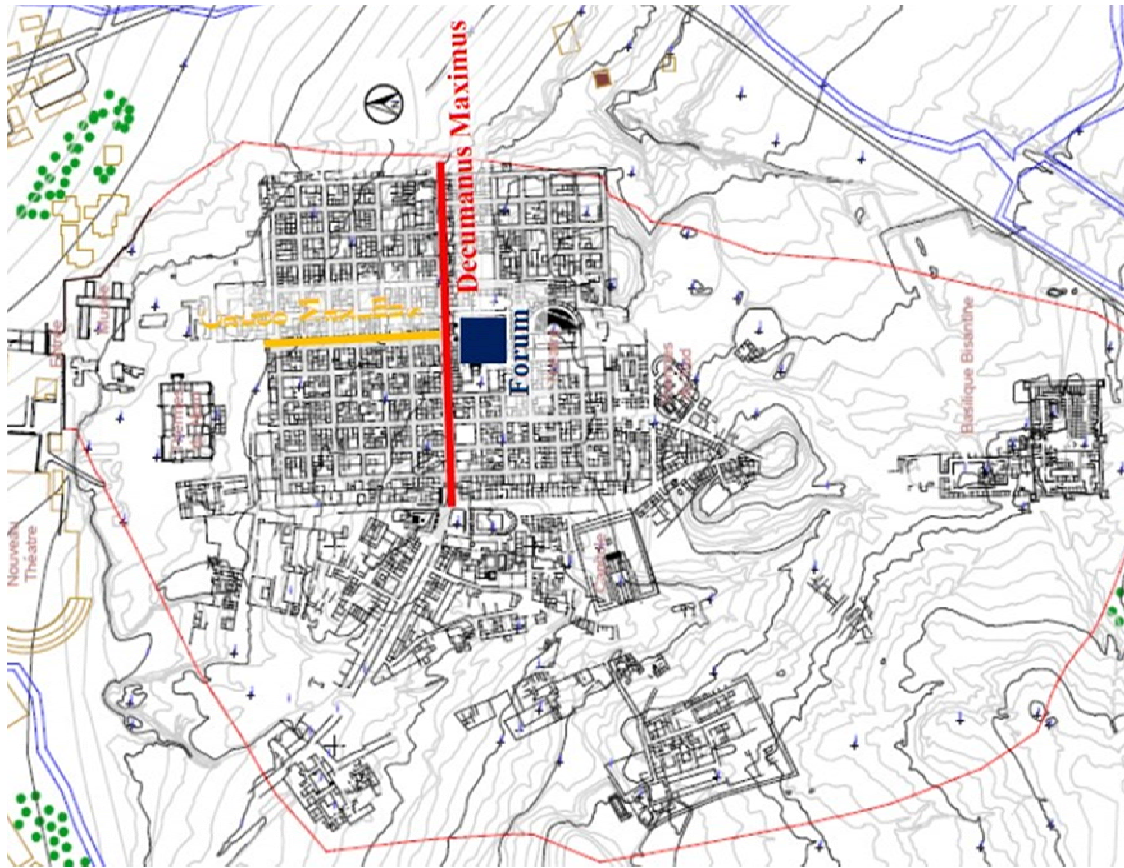


Figure 4: Plan du site archéologique romain à Timgad. Source : Etude de mise en valeur du site archéologique de Timgad à Batna. Office National de Gestion et d'Exploitation des Biens Culturels. 2014.

## *1.2.2 L'espace public occidental du moyen âge à l'ère contemporaine*

### *1.2.2.1 Moyen-âge*

A la fin de l'Antiquité et suite à la chute de l'empire Romain, les villes occidentales ont vécu une période assez déstabilisée induisant un réseau urbain fortement dégradé (Jahel & Racinet, 1996). Cependant, des villes dites « médiévales » ont vu le jour au cours d'un long processus entre le V<sup>e</sup> et le XV<sup>e</sup> siècle. D'après (Paquot, 2009), il n'existait pas de ville médiévale type. Celles-ci étaient construites en fonction de la topographie des sites ou de l'existence de vestiges antiques. Dans une tentative de classification, (Kettaf, 2013) explique que les villes médiévales peuvent être regroupées en trois catégories distinctes :

- A. La ville créée (spontanée) : Edifiée sur des collines ou des monts, elle se caractérisait principalement par un plan radioconcentrique adapté à une structure organique. Ses espaces urbains se développaient spontanément autour des parvis des églises sous forme



d'un réseau viaire irrégulier (Amireche, 2012). L'habitat de cette ville était dense avec des rues étroites (cf. [figure 5](#)).



Figure 5: Place de l'église et habitat avoisinant à Sienne. Source : <http://urbed.coop/projects/tomorrow-peaceful-path-urban-reform>, 1998.

B. La ville réaménagée : installée sur des sites à tracé ancien, la ville médiévale réaménagée se superposait sur des sites antiques en adoptant leurs plans Hippodaméens originaires.



Figure 6: Plan de Padoue médiévale en l'an 1100. Source : [padovamedievale.it/info/padoue\\_moyen\\_age/fr](http://padovamedievale.it/info/padoue_moyen_age/fr), 2010.

Ce type de ville se caractérisait par la possibilité de superposer un plan radioconcentrique à la trame existante (Paquot, 2009) (cf. [figure 6](#)). Les places de cette catégorie de villes étaient issues généralement de l'élargissement des voies qui les traversent (Gherraz, 2013).

C. La ville de fondation (ville neuve) : selon (Paquot, 2009), cette typologie appelée aussi « bastide », était caractérisée par son développement sur une trame urbaine régulière en damier en référence au plan Hippodamien (cf. [figure 7](#)). Les espaces publics de ces villes étaient principalement des rues orthogonales qui s'intersectaient pour former des places régulières ordonnancées qui disposaient d'une galerie couverte et d'une halle sur un des côtés (Gherraz, 2013).



Figure 7: Vue sur le plan de Monpazier médiévale XIIIème. Source : <https://www.michaeldelahaye.com/monpazier.html>, 2006.

Au-delà des différentes typologies de ville médiévale, un point commun caractérisaient leurs espaces publics : la rue à cette époque était le lieu de travail, d'échange, de fête et de vie des familles du fait de l'exiguïté des logements. Elle était d'abord un « espace de contact », comme le signale Paquot « En bref, note Françoise Choay (2003, p42), la ville du moyen âge, offre un *espace de contact*, qui à la fois informe (et forme) immédiatement par lui-même et fait médiatiquement en tant qu'instrument, coïncider les voies de la circulation et de l'information.»<sup>17</sup>

<sup>17</sup> PAQUOT Thierry, *op.cit.* p. 74.

### 1.2.2.2 Temps modernes

Les dernières années du XV<sup>ème</sup> siècle ont marqué la fin du moyen-âge, donnant naissance à une autre époque dite « temps modernes ». Si la date de commencement de cette période est claire, sa date d'achèvement fait toujours l'objet d'un grand débat entre les historiens francophones et anglo-saxons. Pour ces derniers, l'époque des temps modernes est toujours en cours. Quant aux historiens francophones, cette période s'achève avec le début de la Révolution Française en 1789 et celui de l'époque contemporaine. Nous allons donc, suivre la chronologie francophone pour notre lecture historique de l'espace public des « temps modernes ». Ce choix est basé sur le fait que la ville d'Alger se caractérise par des changements urbanistiques résultant de la colonisation française. L'époque des temps modernes, où l'espace public a retrouvé son ampleur, couvrait alors, trois siècles de la renaissance au siècle des lumières incluant donc la période classique.

Tribillon (1990) écrit que la renaissance des XV<sup>ème</sup> et XVI<sup>ème</sup> siècles “apparaît comme l'aube de la pensée moderne sur la ville”. Cité par Kettaf<sup>18</sup>. Pendant cette époque, les espaces publics ont été conçus pour être des œuvres d'art plus que des endroits fonctionnels, tout en rappelant l'héritage de l'antiquité. L'urbanisme de la renaissance se caractérisait par l'élaboration théorique de la ville idéale avec un schéma en étoile ou en circonférence de symétrie centrale (cf. [figure 8](#)). La mise en perspective de l'espace urbain avec des allées



Figure 8: Tracé de la place et la ville de Palmanova en Italie de la renaissance XVI<sup>ème</sup>. Source : <https://autrecarnetdejimidi.wordpress.com/2015/12/21/palmanova-italie/>

<sup>18</sup> KETTAF Fadila, *LA FABRIQUE DES ESPACES PUBLICS : Conceptions, formes et usages des places d'Oran (Algérie)*, Thèse de Doctorat, Université de Paul-Valéry, Montpellier III, 2013, p. 65.

aménagées et plantées d'arbres à la disposition du grand public était aussi l'une des principales règles à cette époque. Les qualités architecturales des espaces publics à cette époque formaient donc, un cadre de vie bien soigné et décoré, avec la participation d'artistes, qui multipliaient les effets visuels. Ainsi, l'harmonie et l'organisation semblaient être les principales caractéristiques de ces espaces.

La période classique a été marquée par un renforcement de la monarchie absolue. De ce fait, l'espace public à cette époque était un lieu d'expression du « pouvoir » et de mise en scène de l'architecture du pouvoir (Paquot, 2009). Ainsi, la ville classique se caractérisait par son espace royal ordonné et bien dessiné à l'avance avec une forme géométrique bien définie, comme l'indique Paquot : « La période classique adopte l'alignement et la place royale, [...] La voirie doit être à la fois, belle et pratique, mettre en spectacle la ville et faciliter la circulation... »<sup>19</sup> Ou Pinon « Plans orthogonaux, espaces publics réguliers, places carrées ou rectangulaires, architectures ordonnancées, (répétitives). La notion clef est celle d'embellissement par la régularité et la décoration, qui n'exclut pas l'utilité »<sup>20</sup> (cf. [figure 9](#)).

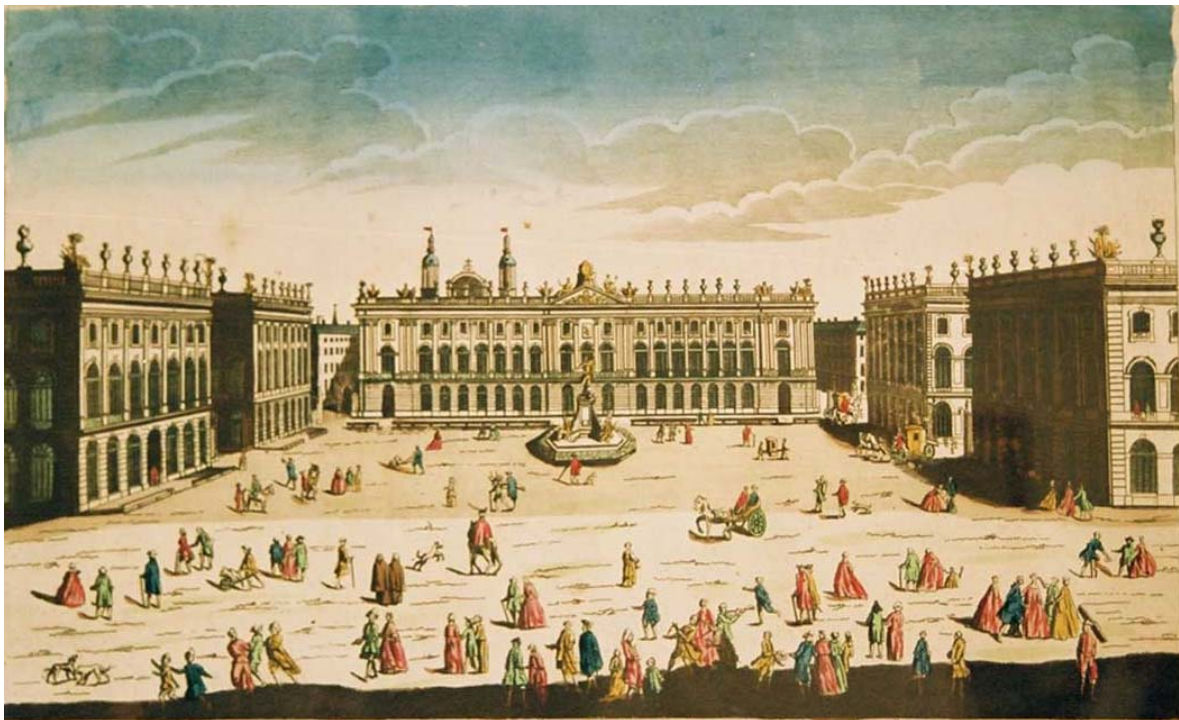


Figure 9: Place royale de Stanislas à Nancy de la France classique. Source : Aquarelles anonymes 1760 - Archives municipales de Nancy [https://www.stanislasurbietorbi.com/stanislas/photos-stanislas-histoire/place\\_royale\\_meridionale.jpg](https://www.stanislasurbietorbi.com/stanislas/photos-stanislas-histoire/place_royale_meridionale.jpg)

<sup>19</sup> PAQUOT Thierry, *op.cit.* p. 76.

<sup>20</sup> PINON Pierre, *Lire et composer l'espace public*, Paris, Service Technique de l'Urbanisme, 1991, p. 50.

La dernière partie des temps modernes dite « âge des lumières » témoignait d'une ville qui consolidait ce qui a été mis en place dans la période classique et participait à l'affirmation de la « *sphère publique bourgeoise* »<sup>21</sup>. Cité par Kettaf, (Thiberge, 2002) explique que : « Les galeries du palais royal, [...] accueillent à côté des théâtres, les cafés littéraires et les clubs politiques, qui vont permettre à une opinion publique de se manifester en faisant usage de sa raison »<sup>22</sup>.

### *1.2.2.3 Epoque contemporaine :*

L'époque contemporaine couvre une période historique qui diffère selon les pays. Chez les historiens francophones, elle débute avec le début de la Révolution Française, soit en 1789 pour se prolonger jusqu'aujourd'hui.

La Révolution Industrielle (du XVIII<sup>ème</sup> au XX<sup>ème</sup> siècle) a provoqué un développement économique et démographique important. Cela a été traduit par une croissance anarchique des villes, croissance accompagnée d'un ensemble de processus, qui ont modifié profondément la structure interne des villes. Dès l'industrialisation, la circulation a pris progressivement le dessus sur les autres dimensions de l'espace public. Cette période était marquante pour les espaces publics urbains, les réseaux fonctionnels (eau, assainissement et électricité) se multipliaient, un réseau ferroviaire s'est mis en place, connectant les villes entre elles et les mettant en situation de concurrence (selon leur proximité par rapport aux voies et aux gares).

C'est sous l'influence de la Révolution Industrielle que l'espace public, synonyme de sociabilité et de vitalité, a progressivement perdu sa légitimité, et il est entré en crise. Pour l'individu, « l'espace public n'est plus le lieu de réalisation de son être social »<sup>23</sup>. L'espace public du XIX<sup>ème</sup> siècle était donc celui de l'industrialisation et non plus de la civilité ou des plaisirs. Il fut le résultat de la stratégie de transformation des grandes villes européennes. Il devait être organisé afin de répondre aux nouveaux besoins fonctionnels. Paris, à titre d'exemple, fut l'objet du plan de transformation de Napoléon III. Ce dernier choisit Haussmann pour élaborer ce grand projet d'urbanisme, à partir d'un tissu déjà formé. « L'Haussmannisation » de Paris consistait en la création de grands boulevards comme des larges percées à angle droit dans l'ancien tissu urbain. Les intersections des voies donnaient naissance non pas à des places, mais plutôt à des carrefours de circulation servant de point de repère à l'échelle urbaine grâce à la

---

<sup>21</sup> HABERMAS Jürgen, *L'espace public. Archéologie de la publicité comme dimension constitutive de la société bourgeoise*, Paris, Payot, Reed, 1988, p. 96.

<sup>22</sup> KETTAF Fadila, *op.cit.* p. 67.

<sup>23</sup> SENNETT Richard, *Les tyrannies de l'intimité*, Paris, Seuil, 1972, p. 152.

présence de monuments mis en perspective. Ainsi, l'espace public fortement influencé par le génie militaire devint un espace de contrôle de la ville en lui intégrant les normes d'hygiène et de sécurité urbaine (Stein, 2003).

Au début du XX<sup>e</sup> siècle, un nouveau courant nommé *mouvement moderne* apparaît et met en scène un certain urbanisme *fonctionnel ou progressiste* (Slimani, 2017). Ce courant est codifié par la charte d'Athènes de 1933. Celle-ci fut élaborée par les CIAM (Congrès Internationaux d'Architecture Moderne), sous l'égide de Le Corbusier. Cette charte a introduit des concepts nouveaux réduits à quatre fonctions : Habiter, circuler, travailler, se recréer (Ascher & Querrien, 1995). Elle aboutit à un urbanisme fonctionnel qui favorise le zonage des espaces et aménage selon un modèle d'espace standardisé. Cette vision d'urbanisme progressiste « a donné la priorité aux réalisations à grande échelle, à la rationalité technique et à l'efficacité des plans, et à l'architecture stéréotypée »<sup>24</sup> (cf. [figure 10](#)).



Figure 10: Espaces publics du quartier Mériadeck (Bordeaux) XX<sup>e</sup>. Source : auteure 2017.

L'espace public « moderne » du XX<sup>ème</sup> siècle devenait donc « un espace fonctionnel, qui a perdu toute qualité (physique sociale et symbolique), et la ville se vidait de tous ses espaces vitaux qui sont transformés à des espaces inhumains »<sup>25</sup>. Suite aux nouveaux besoins des citoyens, certains éléments du mobilier urbain se développaient, tels les abris, kiosques, bancs, poubelles, réverbères, la signalétique et l'affichage public ; d'autres éléments disparaissaient, telles les fontaines qui ne répondaient plus aux besoins du moment (adduction d'eau dans la plupart des logements). Cependant, certaines d'entre elles résistaient et devinrent des éléments du décor urbain. Enfin, l'éclairage électrique se généralisa, les anciens réverbères sont

---

<sup>24</sup> MATALLAH Mohamed El Hadi, *L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur - Cas d'étude ville de Tolga -*, Magistère en Architecture, Université de Mohamed Khider, Biskra, 2015, p. 18.

<sup>25</sup> GHERRAZ Halima, *op.cit.* p. 71.

modernisés ou remplacés par des lampadaires conçus pour l'alimentation électrique. Le développement des transports en commun (tramways, omnibus, autobus) incita à la création de points d'arrêt multiples qui marquaient dès lors le paysage urbain (Bendjedidi, 2019). Ainsi, il s'est avéré qu'en termes de places publiques, la ville moderne a offert deux typologies : « la première symbolique réservée aux fonctions politiques et culturelles, la seconde, plus utilitaire, réservée aux commerces entourée par des aires de stationnement »<sup>26</sup>.

Face à l'inhumanité de la ville moderne, des réactions plus conscientes de l'urgence du rétablissement de la vie sociale et des aspects humains sont apparus. A partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, la requalification des espaces publics ainsi que leur revalorisation patrimoniale dans les villes anciennes devenaient centrales pour les urbanistes et les architectes. « Cette revalorisation tend à une quasi transformation du patrimoine hérité en musée à ciel ouvert »<sup>27</sup>. Dans cette période, une prise de conscience engendra la reconquête des espaces publics, en renforçant leur valeur patrimoniale et en leur redonnant leur rôle d'espaces de sociabilité et de loisirs (Toussaint & Zimmermann, 2001). Le mouvement « postmoderne » vint donc redonner sens aux espaces publics urbains par « un retour aux principes anciens de composition urbaine, vers des propositions plus respectueuses des contextes existants, tentent de concilier les vertus des tissus urbains traditionnels et les contraintes de la modernité »<sup>28</sup>. Selon (Merad, 2017), ces tendances postmodernistes défendaient une architecture d'identité, une identité où l'histoire est source de créativité fondamentale rejetant le style international qui imposait un mode de vie identique pour différents peuples et différentes cultures. De plus, le mouvement postmoderniste est encouragé par une vision culturaliste. Cette dernière est influencée par la communauté culturelle défendant une ville hygiénique et mettant l'accent sur l'air, le soleil et la verdure (Slimani, 2017).

De nos jours, grâce au développement progressif des travaux scientifiques, les villes occidentales reflétant les enjeux des grandes « métropoles » se voient offrir des espaces publics plus ou moins amis de l'homme et de la nature (Blanc, 2009). De nouvelles démarches de conception des plans urbains apparaissent pour mieux bâtir les lieux de vie. Entre urbanisme « écologique », « bioclimatique » et « durable », les dénominations diffèrent mais l'objectif demeure le même : celui d'offrir des lieux qui respectent l'environnement à travers des modes de construction innovants, des systèmes de construction écologiques et des modes de

---

<sup>26</sup> *Ibid.*, p. 72.

<sup>27</sup> TOUSSAINT Jean-Yves et ZIMMERMANN Monique, *User, observer, programmer et fabriquer l'espace public*, Collection des sciences appliquées de l'INSA de Lyon, 2001 p. 45.

<sup>28</sup> MATALLAH Mohamed El Hadi, *op.cit.* p. 19.

déplacements doux. Ainsi, l'écoute des usagers à travers l'encouragement des démarches citoyennes, nous laisse voir des modèles architecturaux et urbains performants en termes d'image urbaine et de vécu personnel (cf. [figure 11](#)). Enfin, nous dirons que les usagers des villes occidentales s'approprient les espaces urbains contemporains qui se développent entre utilisation excessive des nouvelles technologies et la volonté du retour à des systèmes écologiques.



Figure 11: Vue sur le projet d'Eco-quartier des Grands Moulins à Paris XXI<sup>e</sup>. Source : auteure 2018

### 1.2.3 *L'espace public de la ville « islamique »*

Tout comme l'espace public occidental, celui des villes islamiques a témoigné du développement urbain de ces dernières au fil du temps. Dans cette partie, nous nous intéressons d'abord à la structure urbaine des villes islamiques traditionnelles et au fondement de leurs espaces publics. Puis, nous essayons de lire leur développement au cours de l'histoire. Cela nous permettra, par la suite, d'interpréter les données architecturales et urbaines caractérisant les espaces publics d'Alger, objet de cette étude.

Avant d'entamer la lecture des espaces publics des villes islamiques, il nous a paru opportun de mettre en lumière leur développement historique. En termes d'appellation de ces villes, nous pouvons trouver différentes désignations dans la littérature, telles que : villes arabes, casbahs, Médinas, villes arabo-musulmanes, ou encore villes orientales. Nous avons choisi de parler de « ville islamique » ; cette dernière peut englober toutes les cités impactées par les principes de



l’Islam sans pour autant exclure les villes « islamiques » d’origine non-arabe ou très différentes de ce qu’on appelle « orientales ». En fait, l’apparition de l’Islam au début du VII<sup>e</sup> siècle a conduit à une édification de plusieurs cités dans la Péninsule Arabique mais aussi sur les différents territoires admettant cette religion plus tard suite aux conquêtes islamiques (les *Ksours* et *Casbahs* des villes Maghrébines, par exemple).

### *1.2.3.1 La ville islamique traditionnelle*

Les tissus urbains traditionnels des villes islamiques tirent leurs formes principalement de la « *Charea islamia* “*Coran*” ». Cette dernière dicte certaines règles d’ordre spirituel, comportemental et social qui ont été interprétés et appliqués, dans le domaine de la construction notamment (Khan, 2015). Cela a donné naissance à des principes d’organisation spatiale, architecturale et urbaine assez particuliers. Ces principes se matérialisaient dans la ville de Médine, considérée comme « modèle » de ville islamique, base de la tradition urbaine islamique. Selon Msefer :

ce modèle urbain typiquement islamique recouvre des notions relatives à une organisation particulière des espaces provenant notamment des antécédents nomades de cette civilisation du désert et des préceptes issus de l’Islam, loi révélée régissant la vie dans sa totalité et en particulier celle de la ville lieu de rassemblement de tous les croyants.<sup>29</sup>

Il explique que parmi les particularités de l’organisation urbaine islamique il y avait la mosquée, lieu de prière, de rencontre et d’échanges représentant le pôle par excellence et l’ouverture vers le ciel, en tant que symbole d’ordre religieux, effet d’ordre climatique et rappel des liens avec la nature (cf. [figure 12](#)).

---

<sup>29</sup> MSEFER Jaouad, *Villes islamiques : cités d’hier et d’aujourd’hui*, Revue française d’histoire d’outre-mer, édition du Conseil international de la langue française en collaboration de l’Institut international d’architecture méditerranéenne, tome 72, n°269, 4e trimestre 1984, p. 13.



Figure 12: Médine en 1787. Source : Msefer, 1984

Selon le mode de formation des villes islamiques (spontané, volontaire ou mixte) et les données locales de chaque territoire, différentes formes urbaines ont vu le jour tout en adaptant les mêmes innovations urbaines commandées par l’Islam. Ces données pouvaient être classées en données naturelles (climat, topographie, eau...), ou culturelles (règles d’urbanisme antérieur : grecques, romaines, byzantines, perses, etc...) (Msefer, 1984) (cf. [figure 13](#)).

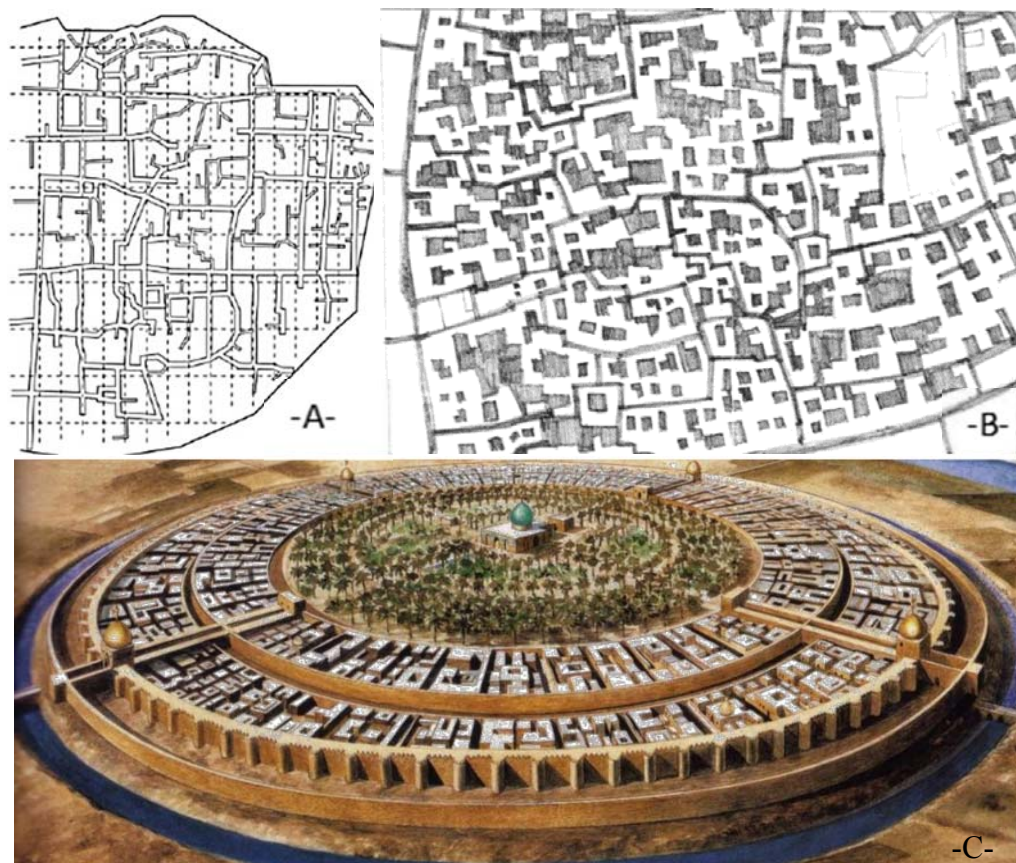


Figure 13: Différences morphologiques des villes islamiques traditionnelles.

A- Plan de l’ancienne ville de Damas, basée partiellement sur une trame régulière romaine. Source : Ragette, 2012.

B- Plan organique de la ville traditionnelle d’Al Muharraq. Source : Alraouf, 2014.

C- Plan radioconcentrique de l’ancienne ville de Baghdad. Source :

<http://emeraudechretienne.blogspot.com/2014/05/lapogee-de-la-science-sous-lere.html>. 2014.

Les fondements des espaces publics des villes islamiques anciennes semblaient être différents de ceux des villes antiques et occidentales. David souligne que « L'espace public comme forme ouverte, place, jardin public, boulevard, est absent du centre des villes arabo-musulmanes ou orientales traditionnelles, les médinas... »<sup>30</sup>. L'absence de ces dimensions d'espaces publics fut à nos yeux, causée par deux causes principales :

1. L'intimité comme facteur déterminant dans le monde musulman ; qui favorisait l'introversion et la hiérarchisation stricte du public au privé. En effet, nous trouvons rarement de larges places destinées au grand public dans les villes islamiques. (Gherraz, 2013) déclare que seule la place de la mosquée et celle du marché figuraient dans les plans assez denses de ces anciennes villes (cf. [figure 14](#)). Elle explique que Chaque mosquée est dotée d'un espace public qui assure la séparation entre l'espace sacré « la mosquée » et l'espace profane « le reste de la ville ». « Cette place est une extension de la mosquée où les gens se regroupaient, elle était considérée “comme un siège de débats largement ouverts sur les problèmes de la cité ” (Metral, 1993, p5) »<sup>31</sup>. Quant à la place du marché ou *Souk*, espace favorisant la rencontre et l'échange commercial, elle se situait généralement à l'entrée et en bas de la ville. Cet emplacement renforçait l'intimité des citoyens du fait qu'il ne permettait pas l'entrée des commerçants étrangers à l'intérieur des quartiers résidentiels. David précise que les espaces publics des villes islamiques :

Se caractérisent par un clivage fondamental entre une sphère du privé, fermée [...] et, d'autre part, une sphère du public ouverte au monde. Ces deux entités sont matérialisées par des formes spatiales spécifiques, d'une part les quartiers et les maisons, espaces familiaux et féminins, d'autre part le réseau principal de circulation et les souks, espaces essentiellement masculins, branchés sur les pistes qui conduisent à d'autres villes et à des pays lointains<sup>32</sup>.

---

<sup>30</sup> DAVID Jean-Claude, *Espace public au moyen orient et dans le monde arabe, entre urbanisme et pratiques citadines*, Géocarrefour, CNRS, Lyon, vol. 77, n°3, 2002, p. 220.

<sup>31</sup> BENDJEDIDI Souhaila, *Perception de territorialité et usage des espaces publics ouverts des grands ensembles d'habitat collectif -une investigation syntaxique- : Cas d'étude de la ville de Biskra*, Thèse de Doctorat, Université de Mohamed Khider, Biskra, 2019, p. 30.

<sup>32</sup> DAVID Jean-Claude, *op.cit.* p. 220.

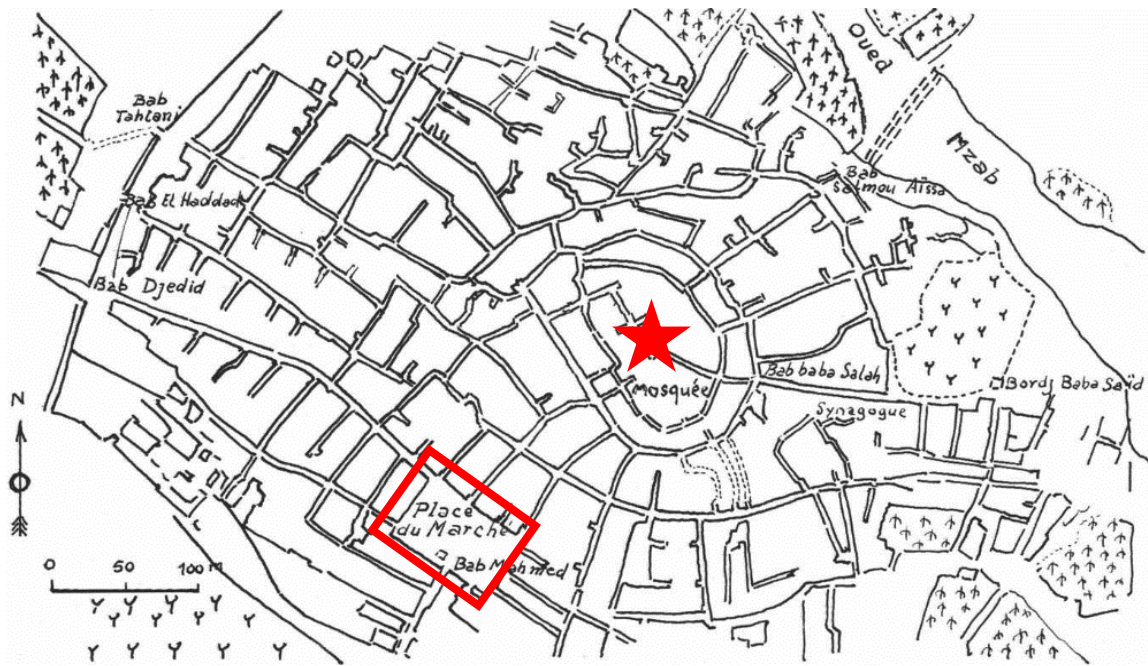


Figure 14: Tracé organique du Ksar de Ghardaia en 1047 qui montre la mosquée au cœur du tissu et la place du marché dans la partie basse de la ville. Source : (J. Gascou, et al, 2012)

Au sein des quartiers résidentiels, nous distinguons une certaine hiérarchisation d’espaces extérieurs selon leurs usages et leur appropriation par les citoyens (cf. [figure 15, gauche](#)) :

A. Des rues principales larges, considérablement animées, destinées à l’ensemble des habitants où le rez-de-chaussée était dédié à l’urbain à travers des activités artisanales et commerciales ;

B. Des rues secondaires ou ruelles moins larges, desservant différents groupements d’habitations ;

C. Des impasses permettant l’accès à un nombre limité d’habitations.

Selon (Grandet, 1986), la ville islamique était constituée sur la base de cette prolifération organisée et hiérarchisée. Ainsi, des lois d’urbanisme d’ordre religieux s’appliquaient pour mieux ordonner ces espaces tout en respectant l’intimité et l’usage. (Khan, 2015) a cité à titre d’exemple, les lois qui dictaient la largeur des rues et des ruelles. Ces dernières correspondaient respectivement à des valeurs minimales de 7 coudées (soit 3,23m) et 4 coudées (l’équivalent de 2m), ce qui était suffisant pour la circulation (cf. [figure 15, droite](#)).

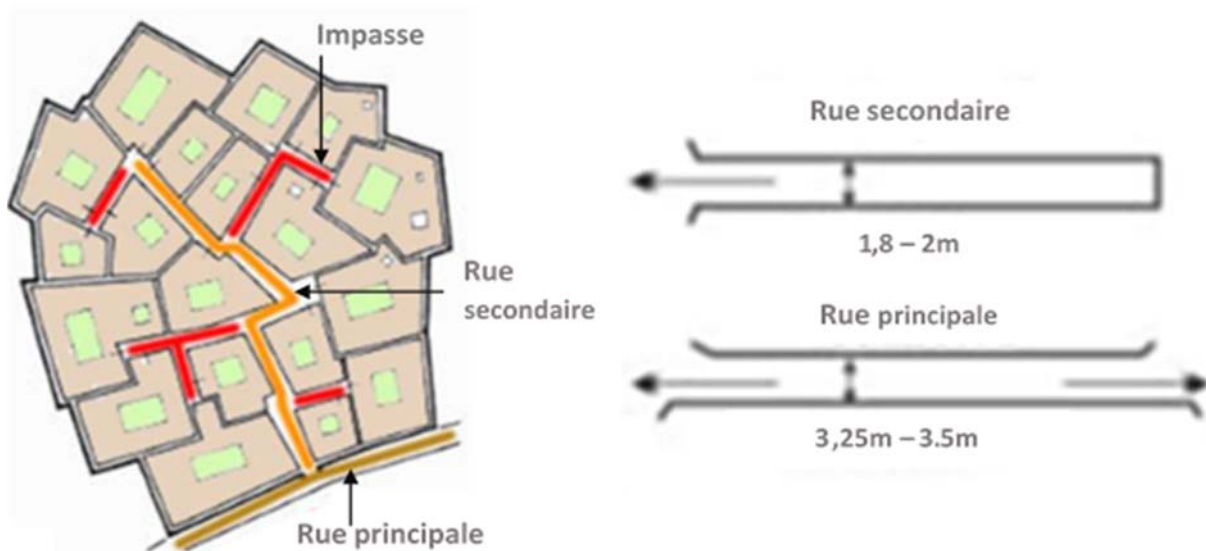


Figure 15: Organisation et hiérarchisation de l'espace extérieur dans les villes islamiques. Source : Hasan Mansour, 2016

2. L'adaptation aux conditions climatiques constituait le deuxième fondement de la structure des espaces extérieurs des villes islamiques. La majorité de ces dernières sont édifiées sur des territoires à caractère climatique particulier (aridité, soleil brûlant, vents chauds et poussiéreux, etc...) (Boucheriba, 2005 ; Msefer, 1984). De ce fait, de nombreux chercheurs impressionnés par les solutions architecturales et urbanistiques face à ces conditions climatiques extrêmes, ont fourni des éléments de compréhension de ces systèmes. Selon l'investigation de (Boukhabla, 2015), le génie urbain dictant les villes islamiques adoptait la stratégie de réduire au maximum la pénétration du soleil à l'intérieur des maisons ainsi que des espaces extérieurs. Pour cela, leurs tissus urbains se caractérisèrent par une compacité considérable, résultat du regroupement dense de maisons à cour. Cette configuration spatiale introvertie permettait aux habitations de bénéficier de l'air et de la lumière du jour tout en évitant toute perte d'espace entre les maisons (Khan, 2015). Ainsi, ce type de morphologie urbaine semblait très adapté et efficace en période d'été du fait qu'il réduisait les surfaces exposées au soleil et offrait des possibilités d'ombrage mutuel des façades. Le piéton était donc protégé du soleil incident et du vent chaud. Il bénéficiait aussi de la fraîcheur qui provenait d'une certaine technique de ventilation. Cette technique est liée à l'étroitesse des rues qui permettait au volume d'air d'y passer avec une vitesse importante (Boukhabla, 2015). En milieu aride, l'usage des espaces publics était aussi à l'abri des vents sableux grâce à l'irrégularité des rues. Ce traitement des rues, bloquait le mouvement excessif de l'air transportant du sable et de la poussière (Khan, 2015). Dans les espaces extérieurs des villes islamiques, nous observons des éléments saillants caractérisant les façades et donnant des morphologies spécifiques aux espaces extérieurs (cf. [figure 16](#)). Les *Rowshan*, *Mosharabieh* ou encore *K'bou* (cf. [figures 16A et 16B](#)), faisaient partie des pièces

habitées à l'étage qui sortaient en encorbellement, formant fréquemment des rues semi-couvertes (Ravéreau, 1989). Ces éléments saillants peuvent se chevaucher entre eux pour constituer ce qu'on appelle *Sabat*, partie couverte de la rue (cf. [figure 16C et 16D](#)). Ces morphologies typiques sont considérées comme des solutions très adaptées au climat chaud caractérisant la majorité des villes islamiques.

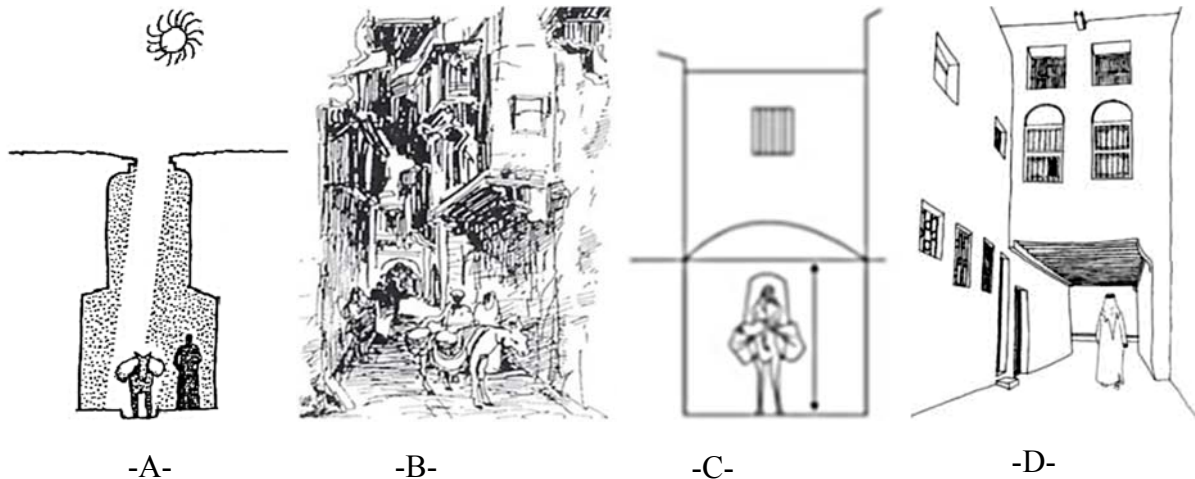


Figure 16: Eléments architecturaux et urbains caractérisant les rues des villes islamiques : le Qubou à gauche (A et B) et le Sabat à droite (C et D). Sources : A et D Hasan Mansour, 2016. B- Hawra Jaafar Shaikh, 2016. C- Rargette, 2012.

### 1.2.3.2 Espace public islamique à l'époque contemporaine

Tout comme les villes islamiques d'aujourd'hui, leurs espaces publics reflètent l'impact des changements politiques, culturels, et économiques qui marquent leur développement au cours du temps. La majorité de ces villes ont subi une colonisation occidentale laissant de fortes traces architecturales et urbaines. C'est à la recherche de la modernisation, que les villes du monde islamique ont vécu une profonde rupture avec leurs anciens modèles urbains. Cette modernisation, perçue comme violence des anciens principes architecturaux (David, 2002), a complètement bouleversé l'image des villes islamiques. Mostefaï déclare : « C'est à partir du XIXe siècle qu'une politique de modernisation des villes s'élabore sur le modèle européen. La volonté première des autorités est d'embellir les capitales, de les transformer en villes modernes et prestigieuses, à l'image de Londres, Paris ou Rome.»<sup>33</sup> Nous citons à titre d'exemple les transformations urbaines de la ville de Constantine durant la période coloniale qui a subi deux opérations de grand percement du tissu ancien de la ville (cf. [figure 17A](#)). L'exécution de ces opérations a eu lieu « à partir de la moitié du 19ème siècle ; époque où le baron HAUSSMANN entama sa politique d'urbanisme, d'éventrement et de grands percements à Paris entre 1853 et

<sup>33</sup> MOSTEFAÏ Imane, *Cités arabes d'hier et d'aujourd'hui*, Institut du monde arabe, n°22, 2002, p. 03.

1882 »<sup>34</sup> a déclaré Bakiri. De ce fait, des modèles architecturaux à l'image des villes européennes se sont installés et un nouveau paysage urbain a vu le jour (cf. [figures 17B et 17C](#)).

L'industrialisation, la mondialisation et surtout la voiture étaient les éléments majeurs affectant la structure urbaine des villes du monde islamique du XX<sup>ème</sup> siècle à nos jours. En fait, ces dernières ont vécu une certaine accélération du processus d'urbanisation dont résulte une image urbaine anarchique. Les solutions d'urgence ne cessent pas de se proposer pour construire les villes. Comme le signale Paquot, pour les villes occidentales mais qui correspond globalement aux villes du monde islamiques d'aujourd'hui :

Partout le discours de l'«urgence» impose ses (non-)règles : dans l'humanitaire, le social, la santé, le logement, etc. or il faut beaucoup de temps et d'attention pour que la ville se constitue, se transforme et puisse accueillir convenablement les populations qui viennent, de plus en plus nombreuses, s'y fixer. L'urgence, là comme ailleurs, est une commode invention des décideurs pour légitimer l'à-peu-près, le vite-fait, le «on verra plus tard», la non-concertation («on» n'a pas le temps!) et, finalement, l'arbitraire. C'est au nom de l'urgence qu'on a édifié les grands ensembles, ce coup de poignard dans le dos des villes, cette bonne conscience de l'urbanisme moderniste alliée à la promotion immobilière libérale...<sup>35</sup>

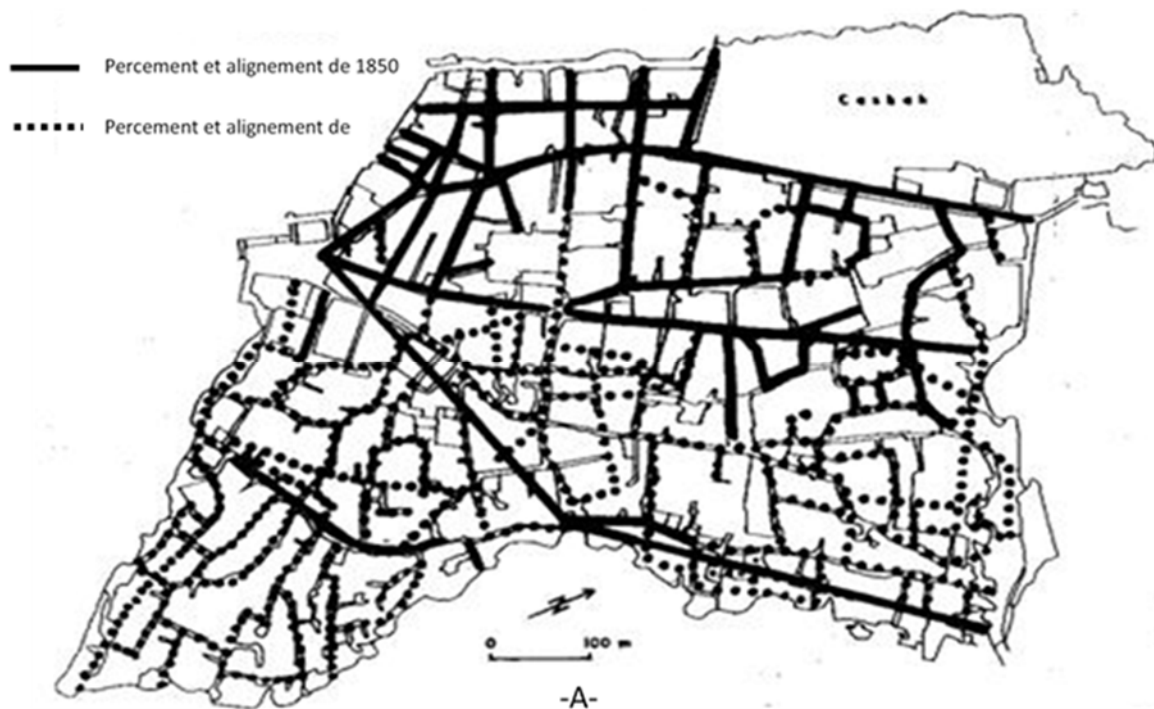


Figure 17A : Transformation coloniale de la ville de Constantine. Plan du percement du tissu ancien.  
Source : Bakiri, 2011.

<sup>34</sup> BAKIRI Rym, *Impact de l'intervention coloniale sur la vieille ville de Constantine Cas des maisons hybrides*, Magistère en Architecture, Université de Mentouri Constantine, 2011, p. 114.

<sup>35</sup> PAQUOT Thierry, *L'architecte, l'urbaniste et le citoyen*, Le Monde diplomatique, Novembre 1999, pp. 26-27.



-B-



-C-

Figure 17 B : Place de la Brèche, source : <https://collection-ifm.fr/>.

Figure 17 C : Rue de France. Source : Bakiri, 2011.

Jusqu'au jour d'aujourd'hui et malgré l'adoption de différents plans d'urbanisme, les villes du monde islamique n'ont pas réussi à retrouver leur identité architecturale et urbaine, pouvant répondre aux besoins actuels et futurs des citoyens. En fait, une standardisation des modes de construction caractérise les villes du monde islamique d'aujourd'hui (Shabana, 1991). De grands boulevards, de larges places et parkings composent les plans actuels de ces villes. Néanmoins, plusieurs questions se posent sur leurs emplacements, aménagements et adéquation aux usages quotidiens. Les efforts fournis par les constructeurs, autrefois, pour répondre aux exigences naturelles et socioculturelles sont complètement absentes des villes islamiques de nos jours. Ces dernières importent des modèles architecturaux et urbains européens (pour les villes du Maghreb) ou américains (pour les pays du Golf Arabe) (cf. [figure 18](#)) qui prouvent un énorme manque de contextualisation dans ces territoires connus pour leurs spécificités culturelles et climatiques (Belakehal & Tabet Aoul, 2000).



Figure 18 : Images urbaines des villes islamiques contemporaines. A gauche, Dubaï, Source : <https://www.luxhabitat.ae/apartments-for-sale/dubai/downtown-dubai/29-burj-boulevard/apartment-3154/>, 2020.

A droite, la nouvelle ville de Bouinan à Blida. Source : <http://www.aps.dz/regions/>, 2020.



Enfin, nous disons que mise à part les pays du Golf qui ont réussi à transposer les plans américains sans grande difficulté (Mostefaï, 2002), l'alliance plein-vide urbain dans le reste des villes islamiques est difficile à expliquer, vu le désordre perçu au niveau des trames viaire et parcellaire exprimant l'anarchisme. Les places y sont très mal façonnées, elles sont le résultat des débris des voiries, des volumes bâtis, ou du budget des projets. Donc, nous ne pouvons pas parler d'espace public comme élément intégré dans la conception des nouvelles villes. Par ailleurs, le concept de durabilité, motivé par la qualité de l'environnement, la santé publique et le bien-être des personnes, renforce aujourd'hui la nécessité d'améliorer la qualité de vie publique, à travers la concrétisation de lignes directrices, de recommandations et de lois adéquates pour des espaces publics fondateurs de la vie urbaine.

Dans ce premier chapitre, la notion d'espace public a été abordée dans ses dimensions architecturale, urbaine et historique. Il s'est avéré que le fondement de cet élément particulier est très lié au contexte où il est édifié. Chaque espace public urbain reflète la situation politique, économique, géographique et socioculturelle des gouvernements l'ayant fondé. Tout cela a été discuté et illustré en mettant en lumière le développement des espaces publics sous différents contextes politiques et socioculturels au fil du temps.

Le chapitre qui suit, nous permettra de comprendre comment l'espace public en tant qu'environnement physique génère des ambiances et agit sur le confort des usagers.

## II. CHAPITRE 2 : VECU, AMBIANCES ET CONFORT THERMIQUE DES ESPACES PUBLICS

« Une rue, si belle soit-elle, ne manifeste pas d'existence par la seule vertu de son architecture. Organisme inerte, elle a besoin d'être habitée et parcourue pour acquérir une âme. Dès lors, reflet d'humanité, elle adopte, dans la collectivité urbaine, l'attitude que lui communiquent ses habitants et ses passants » déclare Paquot<sup>36</sup>. En tant que socle d'une vie sociale et communautaire, l'espace public extérieur demeure un environnement physique et social vécu et évalué en permanence par ses usagers. Apprécié ou pas, cela dépend des ambiances perçues par les individus qui le vivent. Dans ce deuxième chapitre, nous mettons en lumière la relation individu-espace public et nous explorons la notion d'ambiances urbaines pour mieux situer notre intérêt pour ce sujet, rassemblant les propriétés physiques de l'espace public et l'aspect sensible lié aux usagers qui le fréquentent. Du confort global au confort thermique, nous présentons une investigation théorique sur les éléments agissant sur le bien-être des usagers dans les espaces publics, notamment en termes de perception thermique. Enfin, une attention particulière est consacrée aux connaissances sur le climat urbain et aux phénomènes qui altèrent le confort thermique dans les espaces extérieurs de la ville.

---

<sup>36</sup> PAQUOT Thierry, op.cit. p.52.

## Contenu du chapitre

<b>II. CHAPITRE 2 VECU, AMBIANCES ET CONFORT THERMIQUE DES ESPACES PUBLICS.....</b>	<b>35</b>
II.1 De l'espace public au vécu, dimension sensible.....	37
II.2 Notion d'ambiances, définitions multiples et enjeux.....	39
II.2.1 Quelques définitions .....	39
II.2.2 Enjeux des ambiances.....	42
II.3 Du confort global au confort thermique .....	45
II.3.1 Confort global.....	45
II.3.2 Confort thermique dans les espaces publics extérieurs .....	48
1. Confort thermique, dimension physiologique .....	48
2. Confort thermique, dimensions psychologiques et socioculturelles.....	50
II.4 Climat et conditions thermiques en ville (Microclimat urbain).....	51
II.4.1 Types de climats .....	51
II.4.2 Echelles d'études des données climatiques .....	53
II.4.3 Microclimat urbain, signification et impacts.....	55
II.4.3.1 Bilan énergétique en milieu urbain.....	55
II.4.3.2 Ilot de chaleur urbain .....	61

## II.1 De l'espace public au vécu, dimension sensible

Nous avons vu dans le chapitre précédent que l'espace public, lieu de citoyenneté, de rencontre et de vie publique, véhicule une idée sur la qualité de vie de ses usagers dans le temps et dans l'espace. Selon (Paquot, 2009), c'est la propreté du trottoir et son animation qui expriment la « bonne santé » de la ville et de sa population. La fin du trottoir indique la fin de la ville. La vocation d'un espace public est donc au-delà d'être une simple entité physique, d'être « un lieu d'échange, de rencontre avec l'autre, le lieu de l'évocation de la mémoire, de l'expression de l'appartenance ».<sup>37</sup> L'espace public demeure, ainsi, l'un des éléments autour desquels la vie des villes s'articule. Il est le miroir reflétant l'état des sociétés et l'écho de l'expression des désirs des citoyens, l'expression de leur joie mais aussi de leur tristesse. Nous pouvons illustrer notre propos par les événements politiques qui ont marqué toutes les villes de l'Algérie durant la période de rédaction de cette thèse, pendant laquelle le peuple s'est approprié les espaces publics urbains en s'exprimant dans ces lieux pour que sa voix soit entendue (cf. [figure 19](#)). Ainsi, de très belles images ont marqué les mémoires des grands et des petits ayant toutes un seul fond : espace public.



Figure 19 : Alger : Manifestations politiques des citoyens dans l'espace public. (Source : auteure 2019)

<sup>37</sup> CHABERT Henry, *Espaces publics- espaces de vie*, les réponses lyonnaises, Editions Horvath, 1993, p. 21.

L'espace public urbain est donc une plate-forme permettant une certaine interaction entre l'individu et la ville. Cette interaction se fait par des liens qui se tissent entre l'utilisateur et l'espace à travers sa sensibilité et sa perception. Dans ce sens, Paquot explique qu'un « espace public peut être aimable, revêche, prétentieux, accueillant, coloré, animé, désert ou triste »<sup>38</sup>. Ces descriptions sont purement subjectives, un « bon » espace public est donc celui qui invite les citoyens à le vivre et y devenir un vrai acteur et non seulement un simple observateur. Naturellement, l'utilisateur deviendra acteur dès qu'il se sent à l'aise dans l'espace, et à partir de ce moment il peut vivre et partager son plaisir avec d'autres personnes ; tout en sachant que parmi les enjeux majeurs d'un espace public réussi, Sansot souligne qu'il doit mettre en évidence des besoins oubliés : tel que « le besoin de rencontre »<sup>39</sup>. Des conditions favorables doivent être envisagées lors de la conception, réalisation ou réaménagement d'un espace public car « ce dernier doit revenir un espace de vie : le dernier “salon où l'on cause”. La petite placette... la promenade fleurie... l'entrée de l'école... Deux bancs pour mieux se regarder, quelques lumières d'un réverbère pour chasser l'ombre et enfin se reconnaître... »<sup>40</sup> Souligne Chabert.

Il est donc clair qu'un espace public de qualité doit être vécu, il doit apporter des éléments de confort pour mieux recevoir ses usagers. Ces derniers l'apprécient grâce à ses “ambiances” qui le distinguent d'autres espaces publics. Ce sont ces ambiances qui restent ancrées dans la mémoire des gens l'ayant fréquenté. Elles peuvent être la raison pour laquelle un passant s'attarde dans un lieu et espère revenir le visiter une ou plusieurs fois dans sa vie. Selon Sitte :

Les souvenirs de voyage offrent à notre fantaisie la matière la plus plaisante qui soit. Des villes splendides, des monuments, des places, des beaux paysages repassent devant nos yeux, et nous goutons à nouveau les plaisirs des lieux sublimes, ou charmants où nous fûmes autrefois heureux de séjourner. Si seulement nous pouvions revenir plus souvent en ces lieux qu'on ne se lasse de contempler !<sup>41</sup>

---

<sup>38</sup> PAQUOT Thierry, op.cit. p. 77.

<sup>39</sup> SANSOT Pierre, *Poétique de la ville*, éditions Klincksieck, Paris 1973, p. 10.

<sup>40</sup> CHABERT Henry, op.cit. p. 08.

<sup>41</sup> SITTE Camillo, *L'art de bâtir les villes, L'urbanisme selon ses fondements artistiques*, éditions l'équerre 1980, p. 01.

L'objectif de la section suivante est donc de mettre en évidence les éléments de confort dans les espaces publics extérieurs à travers l'exploration de la notion d'ambiances urbaines. Cette dernière s'avère le meilleur champ d'investigation du moment que nous sommes à la recherche du bien-être et d'une meilleure qualité de vie dans les espaces publics extérieurs.

## II.2 Notion d'ambiances, définitions multiples et enjeux

### II.2.1 *Quelques définitions*

Tout comme un espace architectural intérieur, l'espace public extérieur est caractérisé par ses formes, ses couleurs, ses textures... mais aussi par les données thermiques, lumineuses, olfactives, acoustiques, ... qui le caractérise. Toutes ces composantes donnent naissance à ce que nous appelons « des ambiances ». Ambiances, ce terme chargé de significations est « la synthèse pour un individu et à un moment donné, des perceptions multiples que lui suggère le lieu qui l'entoure »<sup>42</sup>, souligne Adolphe. Duarte, quant à elle, trouve que

“Ambiance” [...] confère à l'espace, entité physique, le statut d'une entité poétique, sensorielle et multidirectionnelle. Les ambiances sont des atmosphères matérielles et morales (Amphoux, 2004, p. 18) rassemblant des sensations thermiques, lumineuses, sonores ou olfactives et aussi des modalités d'appréhension culturelles et subjectives propres à un lieu déterminé et à ses occupants.<sup>43</sup>

Certaines recherches sur la thématique des ambiances architecturales et urbaines ont démontré que le fondement théorique de cette notion remonte aux écrits de Bachelard et de Norberg-Shulz, en passant par ceux de Merleau-Ponty (Ouard, 2008). Entre les années 1955-1965, le milieu de l'architecture et de l'urbanisme s'est montré sensible aux questions d'« ambiances et d'environnement » (Daro, 2008). Ainsi, la notion d'ambiances a fait son entrée dans le domaine de la recherche scientifique par les chercheurs du CRESSON et du CERMA entre 1971 et 1979 (Belakehal, 2013). À partir de 1990, il s'est avéré que l'attention

---

<sup>42</sup> ADOLPHE Luc, *Ambiances architecturales et urbaines*, Les cahiers de la recherche architecturale 42/43 3<sup>ème</sup> trimestre, Editions Parenthèses, Marseille, 1998, p. 07.

<sup>43</sup> DUARTE Christiane Rose et al. *Exploiter les ambiances : dimensions et possibilités méthodologiques pour la recherche en architecture*, In Faire une ambiance / Creating an atmosphere, actes du 1er Congrès International sur les Ambiances, Grenoble, Septembre 2008, p. 416.

consacrée aux nouvelles technologies et aux besoins fonctionnels ont fait que les études sur les ambiances sont passées au second plan. Selon Augoyard :

Avant les années 1990, “la maîtrise des ambiances” était une discipline reconnue, bien étayée sur la physique et enseignée dans tous les secteurs de formation à la construction et à l’architecture. Or plus le savoir et les techniques ont progressé, plus certains problèmes pratiques sont devenus criants dans le champ de la conception de l’espace bâti, dans celui de la gestion de l’espace urbain et dans celui de l’usage et de la perception quotidienne de la ville.<sup>44</sup>

Si cette rupture a touché la pratique de la conception architecturale et urbaine, elle n’a pas empêché l’évolution de la recherche sur les ambiances. En effet, l’étude de cette thématique n’a pas cessé d’évoluer dans l’objectif répondre aux besoins des usagers évoluant au fil du temps, notamment en termes d’inconforts ressentis dans les espaces extérieurs, au moment où les villes se développent rapidement sans assurer une qualité de vie suffisante à ses usagers. Un nouveau regard a donc été porté sur les ambiances, qui « surpasse bien ceux de l’hygiénisme, de l’économie de l’énergie, du confort, et de la qualité de l’environnement en s’orientant vers un état d’âme “hors normes” manifeste et en se focalisant sur l’expérience sensorielle ordinaire de l’espace architectural et/ou urbain »<sup>45</sup>.

Avec le développement des recherches dans ce domaine, nous pouvons trouver différentes définitions de la notion d’ambiances architecturales et urbaines. Selon Augoyard, « dire “ambiance” sans autres précisions ne signifie rien du tout. La nature de ce mot nous laisse toujours attendre la suite pour comprendre le contexte, une “ambiance” annonce forcément une situation particulière dans un lieu et un temps bien précis »<sup>46</sup>. Dans les dictionnaires, la définition du mot “ambiance” est toujours liée aux termes : atmosphère, climat, contexte, milieu et état d’esprit. Tiazzoldi dans son article : *Qu’est-ce qui fait une atmosphère dans le raisonnement architectural ?* A défini le concept d’atmosphère comme suit :

Le concept d’atmosphère se réfère [...] à une influence de notre entourage ou de notre environnement. Le concept français d’ambiance se réfère quant à lui aux qualités d’un espace qui sont en mesure de modifier le comportement des gens. L’atmosphère se réfère à des conditions impalpables qui ont la capacité d’influencer le ressenti des gens qui l’expérimentent.<sup>47</sup>

---

<sup>44</sup> AUGOYARD, Jean-François, *Conférence inaugurale*, In *Faire une ambiance / Creating an atmosphere*, op.cit. p. 11.

<sup>45</sup> BELAKEHAL Azzedine, *De la notion d’ambiance*, *Courrier du savoir*, Journal dialogue, Vol 16, 2013, p. 15.

<sup>46</sup> AUGOYARD, Jean-François, op.cit. p. 18.

<sup>47</sup> TIAZZOLDI Caterina, *Qu’est-ce qui fait une atmosphère dans le raisonnement architectural*, In *Faire une ambiance / Creating an atmosphere*, op.cit. p. 168.



Selon Puaud :

Dans notre travail d'architecte, [...] Les ambiances ne définissent pas la forme des ouvrages. Elles sont la résultante plus ou moins maîtrisée de ceux-ci [...] en recherchant à mutualiser les intentions spatiales au service d'un ensemble croisé d'objectifs, nous combinons différents usages et nous comprenons que le questionnement des ambiances peut générer directement notre processus de projet. Ce questionnement rend possible de globaliser la conception architecturale. Ce questionnement intéresse directement ce que nous nommons la fabrication du milieu, c'est-à-dire ce paysage interne à la fois physique et sensitif. Il ne s'agit pas de construire un espace mais d'élaborer les conditions de perception de celui-ci comme un lieu d'échange, de transition, d'articulation, d'urbanité dans le sens de cette politesse raffinée que l'on acquiert par l'usage du monde.<sup>48</sup>

Enfin, nous citons la définition de Thomas,

L'ambiance ne peut être réduite, [...] à un ensemble de facteurs physiques mesurables et objectivables. D'une nature complexe, mettant en jeu des perceptions et des impressions subjectives, l'ambiance procède d'une articulation entre les différentes dimensions de l'environnement urbain [...] elle relève des formes et des échelles spatiales, des formes sensibles et sociales de la vie urbaine et d'une dynamique temporelle et autre culturelle ... l'ambiance n'est jamais désincarnée : elle s'inscrit dans un contexte socio-culturel particulier ; elle affecte l'habitant et provoque des émotions.<sup>49</sup>

Partant de ces définitions, nous pouvons schématiser notre compréhension de la notion d'ambiances urbaines comme étant le résultat des interactions de l'usager avec les éléments physiques du milieu urbain dans ses dimensions spatiales et temporelles. Autrement dit, les ambiances urbaines réfèrent à la perception purement subjective d'un environnement vécu (cf. [figure 20](#)).

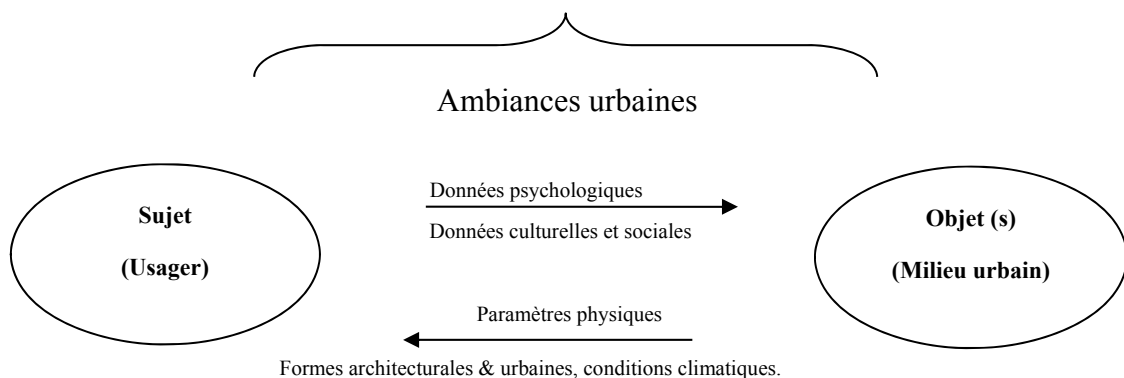


Figure 20 : Schéma synthétique de la notion des ambiances urbaines. Source : auteure.

<sup>48</sup> PUAUD Claude, *Remanence contextuelle : architecture et ambiances ; Parking cathédrale / Nantes*, In Faire une ambiance / Creating an atmosphere, op.cit p. 72

<sup>49</sup> THOMAS Rachel, *Qualifier les ambiances architecturales et urbaines*, In Faire une ambiance / Creating an atmosphere, op.cit. p. 39

## II.2.2 *Enjeux des ambiances*

Aujourd'hui, l'ambiance comme thème est en soi un enjeu pour beaucoup d'espaces architecturaux et urbains. Au-delà de la connaissance de ses composantes et de ses dynamiques, l'ambiance invite à l'action, ouvre à un opératoire diversifié car la conception n'épuise pas son champ de compétence ; bien après l'inauguration des lieux, leur occupation, leur appropriation et leur maintenance placent les dispositifs d'ambiances parmi les principaux outils de dialogue entre acteurs sociaux et responsables.<sup>50</sup>

Afin d'identifier les problèmes liés au vécu des espaces urbains et à la perception quotidienne de leurs usagers, il faudra définir les enjeux de la prise en compte des ambiances dans le processus d'élaboration des projets architecturaux et urbains mais aussi ceux d'aménagement ou réaménagement des espaces publics à usage quotidien. Parmi les enjeux qui devraient motiver les milieux de l'architecture et de l'urbanisme à se réapproprier la question des ambiances nous pouvons noter :

### 1. Enjeux socio-psychologiques :

Face à une marginalisation des espaces publics de la ville, il faut rappeler que ces "creux ou vides" sont au fondement de la cité qui met en scène un état de société :

Il s'agit de dépasser l'ordre des plans masses et de l'architecture du bâti au bénéfice d'un espace public posé comme une œuvre constitutionnelle productrice du lien civil. La ville en creux met en scène celui-ci à travers une urbanité remarquable alors que nous sommes souvent aveuglés par l'ordre économique des pleins et l'approche fonctionnaliste des circulations.<sup>51</sup>

Le paysage urbain peut donc générer des ambiances qui favorisent un meilleur cadre de vie. Des ambiances urbaines favorables poussent le citoyen à la pratique des espaces urbains dans son quotidien. À l'inverse des ambiances défavorables peuvent être des sources de stress empêchant les citoyens à vivre la ville. Selon (Blum, 2008), les citoyens sont donc soit « victimes » ou « bénéficiaires » du paysage urbain imposé. De ce fait, un cadre de vie approprié, résultant d'une architecture saine où les ambiances sont prises en considération dès la conception, peut retisser les liens sociaux d'autrefois et régénérer des villes citoyennes et

---

<sup>50</sup> TORGUE Henry, *Les enjeux des ambiances*, In *Faire une ambiance / Creating an atmosphere*, op.cit. p. 399.

<sup>51</sup> BEAUCHARD Jacques et MONCOMBLE Françoise, op.cit. p. 36.

écoresponsables. Toutefois, il s'est avéré que des ambiances désagréables peuvent influencer négativement le comportement des usagers de la ville. Dans le projet, *Sagacités*, (Luc; Adolphe et al., 2002) ont cité l'état de l'art réalisé par (Bell et al., 1996), ces derniers ont étudié l'influence des conditions thermiques extrêmes sur les comportements et les pratiques négatives et asociales ainsi que l'influence des températures (basses ou hautes) sur les performances individuelles. Cette recherche montre, par exemple, que le taux de violence et d'agressions accroît avec l'augmentation de la température. (Bell et al. 1996) citent également d'autres études qui indiquent que les individus montrent une meilleure volonté pour apporter de l'aide aux autres et qu'ils sont plus généreux avec les serveurs dans les cafés quand il fait bon (frais en été et doux en hiver). A l'inverse, dans des ambiances inconfortables (très chaudes, très froides), ils se montrent très désagréables et refusent souvent d'apporter de l'aide aux autres.

## 2. Enjeux économiques et environnementaux :

En plus de leur responsabilité sur la qualité de vie offerte aux citoyens, les concepteurs de la ville sont également responsables des modes de fonctionnement, qui n'ont de choix aujourd'hui que d'être durables. Les acteurs de la ville sont à la recherche d'une ville autosuffisante, une ville qui à travers ses espaces publics peut satisfaire ses citoyens et attirer des personnes à la visiter et la connaître. De ce fait, les ambiances urbaines relèvent d'enjeux économiques considérables. Nous pouvons ainsi les répartir sur deux axes ; le premier axe est l'attractivité urbaine tandis que le deuxième s'appuie sur l'économie d'énergie nécessaire au fonctionnement d'une ville espérée intelligente :

### A. Ambiances et attractivité urbaine

« D'habitude, lorsque l'on visite une ville étrangère on est surpris par son caractère singulier, et cette différence devient importante pour notre expérience. »<sup>52</sup> Ainsi, nous comprenons que la singularité des ambiances urbaines d'une ville joue un rôle assez important permettant qu'elle soit une destination favorisée. Une ville offrant des ambiances urbaines agréables et inédites peut attirer de nouveaux usagers, de nouveaux investisseurs mais aussi des touristes. « Le touriste, aujourd'hui, est considéré comme une "source fertile" de revenus, partout, les responsables des opérations urbaines veillent à les doter d'espaces publics, c'est à dire de lieux

---

<sup>52</sup> NORBERG-SCHULZ Christian, *Genius loci ; paysage, ambiance, architecture*, Traduction : Odile Seyler, troisième édition, Pierre Margada éditeur. L'édition originale de cet ouvrage a paru en italien sous le titre « GENIUS LOCI » by Electa Editrice GRUPPO EDITORIALE ELECTA S.p.A/Milano, 1979, p. 14.

propices à la déambulation, aux transports, aux loisirs»<sup>53</sup>. Le tourisme urbain connaît actuellement une croissance très forte, sous une forme différente ; les touristes ne cherchent plus à visiter une « cité musée » mais à découvrir le cadre et les modes de vie de ses habitants (Vlès, et al., 2005). Il est donc clair que penser les ambiances urbaines et la qualité de vie en ville relève un réel défi car cela peut inviter le passant ou au contraire l'écartier (Beauchard & Moncomble, 2013).

## B. Ambiances et économie d'énergie

La ville est un organisme complexe nécessitant des énergies permanentes pour survivre. Les secteurs du bâtiment et des transports s'avèrent aujourd'hui des facteurs majeurs en termes d'utilisation des ressources naturelles et d'impacts environnementaux (Lotteau, 2017). A titre d'exemple, les bâtiments sont responsables de plus de 40% de la consommation mondiale d'énergie (Rosso et al., 2018). Parmi les causes de cette consommation, nous pouvons noter l'utilisation de systèmes d'air conditionné pour rafraichir les espaces intérieurs en période chaude. Les gens évitent la pratique des espaces extérieurs pendant la période chaude et préfèrent rester à l'intérieur sous des conditions thermiques favorables grâce à l'air conditionné. Par conséquent, une énorme énergie est consommée pour la climatisation des espaces intérieurs... Ce qui empêche les citoyens de pratiquer les espaces publics, est le manque d'espaces dédiés aux piétons, leurs dimensions inappropriées, l'absence de pistes cyclables et les conditions thermiques inadaptées qui engendrent un taux élevé d'usage automobile, source de pollution et perte d'énergie. Il est donc évident que ces conditions défavorables dans les espaces extérieurs influent d'une façon indirecte sur le taux de consommation d'énergie dans le monde. De ce fait, penser aux ambiances urbaines durant le processus global de conception des projets architecturaux et urbains nous paraît un véritable enjeu qui peut nourrir la création des villes durables et éco-citoyennes.

---

<sup>53</sup> PAQUOT Thierry, op.cit. p.

## II.3 Du confort global au confort thermique

### II.3.1 Confort global

C'est en réponse aux approches fonctionnalistes réduisant les conditions du confort urbain que l'intégration des ambiances devient indispensable. Cela permet de mieux concevoir des espaces extérieurs confortables et adaptés aux besoins des usagers. Ces derniers apprécient un lieu dès que les conditions de confort global ou de bien-être sont garanties. Au contraire, un lieu inconfortable est généralement désagréable et invivable. L'espace public extérieur dans ce cas ne sert qu'à la circulation et s'exclut complètement de sa vocation première qui est d'inciter à la rencontre, au partage et au vécu de la ville dans ses détails.

Des projets comme Sagacités 2002<sup>54</sup> ou RUROS 2004<sup>55</sup>, réalisées auparavant sur la question du confort dans les espaces publics, ou encore des recherches comme celle de (Azeddine. Belakehal, 2013) et de (Djekic et al. 2018) ont mis en évidence différents éléments qui influent sur le confort des citoyens. Selon, Barlet, « Le confort est à la fois social et environnemental (thermique, acoustique, visuel...). Il représente tout ce qui contribue au bien-être et à la commodité de la vie, par la satisfaction des besoins quels qu'ils soient. Il recouvre des aspects subjectifs (confort psychologique) et des aspects objectifs (confort physique)». <sup>56</sup>

En réalité, la notion du confort est très difficile à définir, elle est évolutive et complexe. Sa définition change en fonction des variables temporelles, situationnelles et personnelles (Luc; Adolphe et al., 2002). Cela tient au fait que le confort d'un individu est influencé par les aspects sensoriels naissant d'un certain stimulus physique considéré comme un signal (un bruit, une odeur, une lumière...). Ce signal n'a pas de signification en soi sauf s'il est perceptible. Ainsi, la perception devient un élément assez important qui influe sur le confort des usagers. Un seul espace peut être perçu confortable par un individu et plus ou moins confortable par un autre.

---

<sup>54</sup> ADOLPHE Luc, CHATELET Alain, BOUSSOUALIM Aïcha, AIT-AMEUR Karima, BARLER Aline, CASAL Aimée & al. *SAGACités Vers un Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines, Mandataire* : GRECO-EAT & EAPB, *Partenaires* : LTMU-IFU, UMR CNRS N°7543 ABC- EAML, IRPHE, UMR CNRS N°6594-OPTIFLOW, MENRT- Direction de la Technologie N° 99 V0532. 2002

<sup>55</sup> NIKOLOPOULOU Marialena, LYKOUDIS Spyros, KIKIRA Maria & al. *RUROS Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces, Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain : une approche bioclimatique*, Centre for Renewable Energy Sources, Department of Buildings, 5<sup>ème</sup> Framework programme 1998-2002 Grèce.

<sup>56</sup> BARLET Aline, *La notion de confort global abordée à partir du confort sonore*, In SAGACités, Partie A : Synthèse bibliographique Chapitre A.4 Perception et confort urbain, p. A4-28

Cette différence de perception revient naturellement à l'adaptation de l'individu à son contexte culturel, social et climatique (Belakehal, 2013). Dans son étude, (Djekic et al. 2018) a fourni une définition du confort, spécialement ressenti par les piétons en ville, comme étant une réaction émotionnelle "positive" à l'environnement extérieur tout en assurant une satisfaction physique, sociale et psychologique. Selon la même auteure, l'environnement extérieur impacte fortement les conditions du confort à travers sa complexité et ses différents aspects. Ces derniers se manifestent par les conditions thermiques, visuelles, acoustiques, tactiles et celles des odeurs et de la qualité de l'air. Cette étude a permis aussi d'identifier d'autres facteurs impactant le confort des piétons tels que le sentiment de sécurité, l'attractivité de l'environnement, les conditions de circulation, et l'état des chaussées (pavage) (cf. [figure 21](#)). (Djekic et al. 2018) a insisté dans son étude sur le fait que l'aspect climatique est le facteur le plus influent qui détermine le niveau du confort thermique et global des piétons dans les espaces publics.

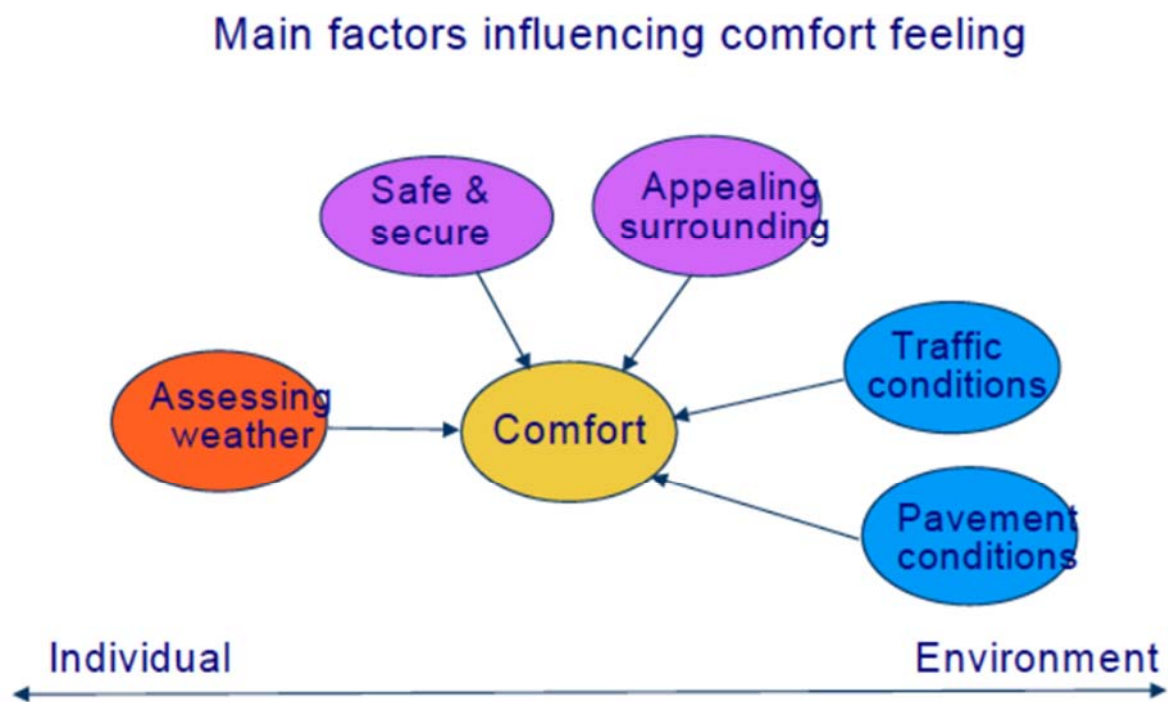


Figure 21: Principaux facteurs influençant la sensation du confort dans les espaces extérieur. Source : (Djekic et al. 2018)

Confort, bien-être et santé des citadins ont toujours été au cœur de la réflexion sur la ville et ses espaces urbains. Selon Paquot,

Ce qui institue une ville relève avant tout d'un ordre politique et religieux. Ce qui n'empêche pas un certain 'bon sens' dans le choix du site et l'agencement du bâti et de ses dessertes. Hippocrate, célèbre médecin, dans son *Traité de l'air, des eaux et des lieux*, examine les effets des éléments naturels sur la santé des habitants et prodigue quelques conseils sur l'orientation des édifices, le rapport au relief, à l'exposition aux vents ou au soleil<sup>57</sup>.

Nous comprenons alors que la réalisation d'espaces publics nécessite une mise en avant de certaines conditions physiques et sensibles favorables pour assurer le confort des usagers car d'après Bahrmann et Mang « la santé est un état de complet bien-être physique, mental et social, il est normal que l'architecture et l'urbanisme qui conditionne la vie des hommes, ne doivent pas, sous peine de faillir à leur mission, négliger ces différents aspects »<sup>58</sup>.

Pour conclure, nous citons cette description de Jacques Beauchard et Françoise Moncomble, particulièrement intéressante pour illustrer un espace public urbain apprécié et confortable :

Un jour tu cherches une table sur une placette, au bord de l'eau et du soleil, à l'ombre d'une église [...] A petites gorgées, vous vous êtes installés au centre du lieu, ou plutôt le lieu s'est agencé autour de vous pour vous installer au centre... Au gré du jour, d'une visite sans fin poursuivie, Venise te faisait voir les métamorphoses du lieu. Comment celui-ci devenait-il un centre ? [...] Le jeu des fenêtres, l'enceinte des façades, un parasol et quelques chaises, l'architecture du vide s'assemblait dans ton esprit, tu t'inscrivais dans un cercle, tu faisais partie du lieu comme si tu étais invité, attendu, voire encore lié à son origine<sup>59</sup>.

Bien que ce passage n'englobe pas tous les éléments du confort, tel que l'aspect acoustique, les auteurs ont bien décrit une interaction agréable entre un lieu public et un sujet. Il est à noter dans ce passage la mise en avant de la perception de l'ombre et du soleil et leur impact sur le bien-être global et donc la sensibilité au confort thermique. Ce dernier est le point sur lequel nous nous focalisons dans la section qui suit pour mieux comprendre cette notion et les paramètres agissant sur le confort thermique des usagers dans l'espace public extérieur.

---

<sup>57</sup> PAQUOT Thierry, op.cit. p. 69.

<sup>58</sup> BAHRMANN Henri & MANG ho van, *L'ambiance urbaine*, CRU Centre de Recherche d'Urbanisme, Editeur, 4 avenue du Recteur Poincaré-Paris XVI, dépôt légal 2ème trimestre 1972-044. p. 1

<sup>59</sup> BEAUCHARD Jacques & MONCOMBLE Françoise, *L'architecture du vide : espace public et lien civil*, collection "essais" presses universitaires de Rennes 2013. p. 41.

## II.3.2 Confort thermique dans les espaces publics extérieurs

Relié principalement à l'état psycho-physiologique de l'individu, le confort thermique dans les espaces extérieurs est un sujet de recherche immanent dans différents domaines. L'étude du confort thermique extérieur fait partie intégrante des domaines de la biométéorologie et de la climatologie urbaine, qui étudient les conditions climatiques et météorologiques et leur impact sur la vie de l'être humain. Les sciences humaines quant à elles ont montré beaucoup d'intérêt à cette thématique de recherche à travers l'étude du comportement des usagers vis-à-vis des données microclimatiques grâce aux travaux menés en psychologie de l'environnement et en sociologie urbaine. Enfin, l'architecture et l'urbanisme se présentent comme des champs qui s'engagent de plus en plus dans les investigations théoriques et pratiques sur les ambiances thermiques offertes aux usagers des espaces extérieurs. Etant donné que notre thèse s'inscrit au cœur de la problématique du confort microclimatique des espaces urbains extérieurs, nous présentons dans cette section les dimensions physiologiques et psychosociologiques agissant sur la sensation et la perception des citoyens en milieu urbain.

### 1. Confort thermique, dimension physiologique

Physiologiquement, la définition du confort thermique est basée principalement sur l'équilibre thermique du corps humain. Le fonctionnement correct de la "machine humaine" implique une température du noyau proche de 37°C pour garantir le bon fonctionnement des organes internes et du cerveau (Izard & Millet, 1993). En fait, la chaleur est produite par le métabolisme et toute activité musculaire (external work). Le surplus de la chaleur doit être rejeté dans l'environnement. En réaction aux résultats du métabolisme et aux conditions externes, la température de l'enveloppe (la peau) et des extrémités varie de sorte à maintenir la température du noyau en jouant le rôle d'un régulateur thermique. Si les conditions thermiques de l'environnement ambiant sont extrêmes et la thermorégulation devient impossible, la température du noyau central peut être altérée ce qui met en danger la vie de l'individu.

(Havenith, 2005) définit l'équation du bilan thermique comme suit :

$$M + W + R + C + ED + E_{Re} + E_{Sw} + S = 0 \quad 1$$

En Eq.

- M est le taux métabolique (production d'énergie interne par oxydation des aliments),
- W est le rendement du travail physique,



- R est le rayonnement net du corps,
- C est le flux de chaleur convectif,
- ED est le flux de chaleur latente pour évaporer l'eau dans la vapeur d'eau diffusant par la peau (transpiration imperceptible),
  - ERe est la somme des flux de chaleur pour chauffer et humidifier l'air inspiré,
  - Esw est le flux de chaleur dû à l'évaporation de la sueur, et S le flux de chaleur de stockage pour chauffer ou refroidir la masse corporelle. Les termes individuels de cette équation ont des signes positifs s'ils entraînent un gain d'énergie pour le corps et des signes négatifs dans le cas d'une perte d'énergie (M est toujours positif, W, ED et Esw sont toujours négatifs).

L'unité pour tous les flux de chaleur est le watt.

Les flux de chaleur individuels de [l'Equation 1](#) sont directement affectés par les paramètres météorologiques suivants :

- Température de l'air : C, ERe ;
- Humidité de l'air : ED, ERe, Esw ;
- Vitesse de l'air : C, Esw ;
- Température radiante moyenne : R.

[L'équation 1](#) ci-dessus montre que certaines réactions physiologiques entrent en jeu pour maintenir l'équilibre thermique du corps humain. Ainsi, l'échange thermique entre le corps et son environnement se fait par convection, conduction, évaporation, rayonnement (ondes longues et courtes) et respiration. La vêtue est un paramètre assez important, elle agit comme une résistance à la chaleur et au transfert d'humidité entre la peau et l'environnement. De cette façon, elle peut protéger contre la chaleur extrême (Havenith, 2005).

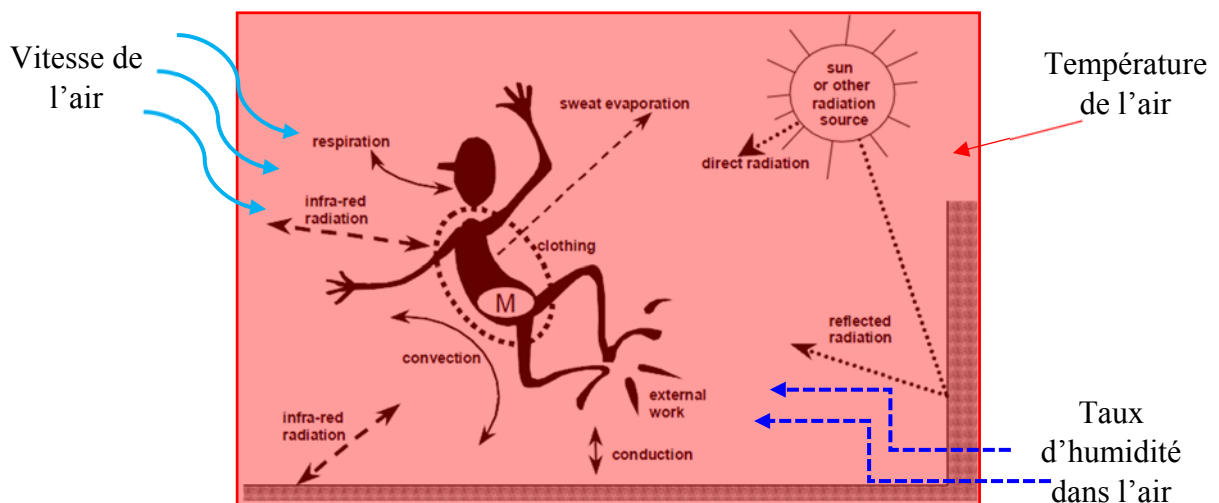


Figure 22: Modalités de transfert thermique entre l'individu et le milieu ambiant Source : (Havenith, 2005).complétée par l'auteure.

Dans l'espace extérieur, différents paramètres climatiques peuvent conditionner les échanges énergétiques entre le corps humain et l'environnement ambiant (cf. [figure 22](#)). Les paramètres météorologiques les plus influents sur le bilan thermique du corps humain sont la température de l'air, le taux d'humidité dans l'air, la vitesse de l'air et la température moyenne radiante incluant ondes longues et courtes (Jendritzky et al., 2012). Des études ont révélé qu'en plus de ces paramètres liés au climat s'ajoutent d'autres facteurs propres aux individus, tels que l'âge, le sexe, l'état de santé et les émotions (Adolphe et al. 2002; Havenith 2005).

## ***2. Confort thermique, dimensions psychologiques et socioculturelles***

Le confort thermique est avant tout un état de satisfaction « ressenti » par un individu. Cela veut dire qu'en plus des paramètres physiques et physiologiques cités auparavant, certains paramètres liés à la perception de la personne jouent sur l'évaluation de la situation du confort. Plusieurs recherches ont mis en évidence le fait que l'interaction dynamique de l'individu avec l'environnement peut influencer le degré de son confort microclimatique perçu. (Marialena Nikolopoulou, 2004) dans le cadre du projet RUROS a bien souligné que la notion d'adaptation devient de plus en plus importante quand il s'agit de l'étude du comportement thermique des usagers dans les espaces publics. Le terme "adaptation" est souvent défini comme une diminution graduelle de la réponse de l'organisme à une stimulation environnementale répétée. L'opportunité d'adaptation est la liberté réelle et perçue de pouvoir modifier son environnement local ou son propre ressenti. Cette opportunité d'adaptation diminue les exigences de confort du sujet. Il y a donc un aspect psychologique et pas seulement physique dans ce comportement d'adaptation (Reiter, 2007). La notion de confort thermique est donc très personnalisée et subjective dans la mesure où les individus sont psychologiquement différents (Kitous, 2012). Les recherches menées sur la notion du confort perçu procédant par des approches empiriques ont démontré que psychologiquement parlant, le choix personnel, la mémoire, les attentes, le passé, l'imaginaire, la représentation et la symbolique de l'espace sont des paramètres déterminants de la satisfaction avec un environnement thermique.

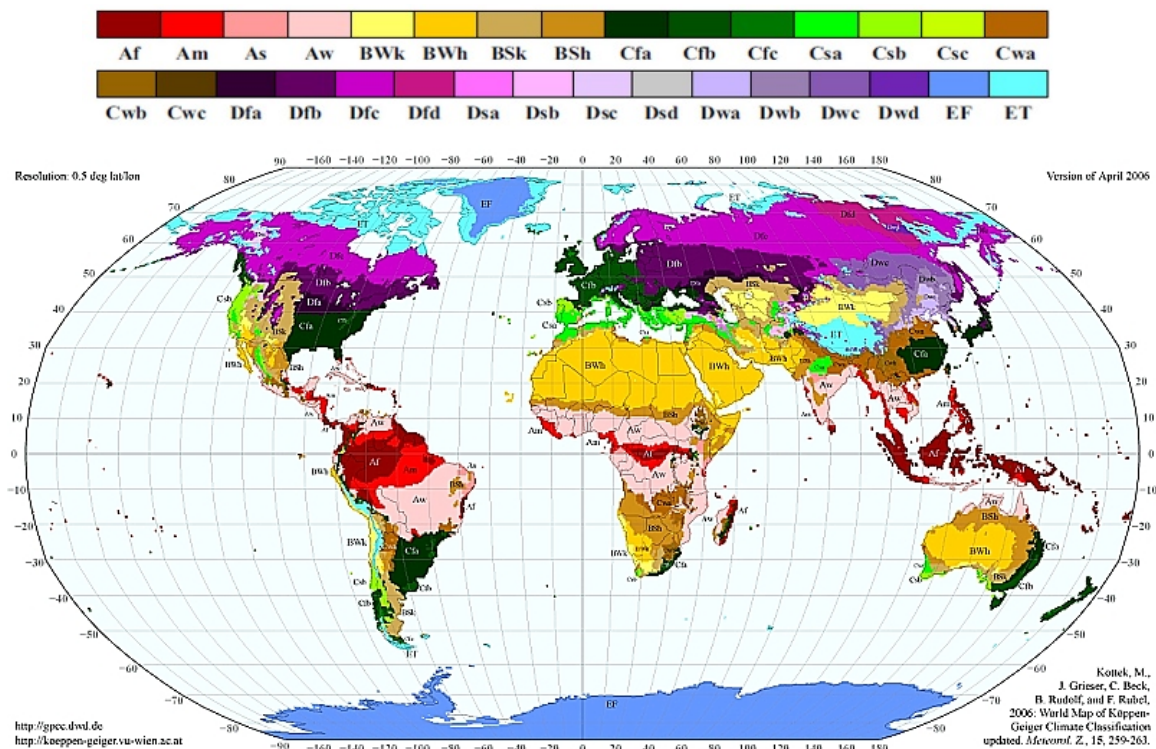
## II.4 Climat et conditions thermiques en ville (Microclimat urbain)

Avant d'entamer notre lecture du microclimat urbain, nous nous arrêtons d'abord sur quelques notions climatiques générales. Ainsi, les études sur le confort thermique dans les espaces extérieurs comprennent la caractérisation de l'espace à travers l'évaluation des différents paramètres climatiques et météorologiques agissant sur le ressenti des usagers. L'impact de ces paramètres (Ensoleillement, ombre, humidité, température et vitesse de l'air...) diffère d'un climat à un autre mais aussi d'une échelle (spatiale ou temporelle) à une autre.

### II.4.1 *Types de climats*

Selon la classification de « Köppen-Geiger Climate Classification » (cf. [figure 23](#)), la plus couramment utilisée, le globe terrestre se constitue de cinq catégories principales de climats différents. La [figure 23](#) illustre cette classification. Nous retrouvons ainsi :

1. (A), climat tropical, caractérisé par une température moyenne mensuelle  $> 18\text{ °C}$ , pas de saison hivernale avec des fortes précipitations annuelles ;
2. (B), climat sec, connu par sa sécheresse dont l'évaporation annuelle est supérieure aux précipitations annuelles ;
3. (C), climat tempéré, caractérisé par une température moyenne du mois le plus froid comprise entre  $-3\text{ °C}$  et  $18\text{ °C}$  et une température moyenne du mois le plus chaud  $> 10\text{ °C}$  ;
4. (D), climat continental, caractérisé par une température moyenne du mois le plus froid  $< -3\text{ °C}$ , température moyenne du mois le plus chaud  $> 10\text{ °C}$  ;
5. (E), climat polaire étant le climat le plus froid se caractérise par une température moyenne du mois le plus chaud  $< 10\text{ °C}$ , la saison d'été est y très peu marquée.



### Main climates

**A:** equatorial  
**B:** arid  
**C:** warm temperate  
**D:** snow  
**E:** polar

### Precipitation

**W:** desert  
**S:** steppe  
**f:** fully humid  
**s:** summer dry  
**w:** winter dry  
**m:** monsoonal

### Temperature

**h:** hot arid  
**k:** cold arid  
**a:** hot summer  
**b:** warm summer  
**c:** cool summer  
**d:** extremely continental  
**F:** polar frost  
**T:** polar tundra

Figure 23: World Map of Köppen-Geiger Climate Classification updated. (Kottek M, Grieser J, Beck C, Rudolf B, Rubel F. *Meteorol. Z.*, 15, 259-263. 2006.)

Il est à noter que cette différence de climats joue un rôle important dans la prédiction du confort en milieux urbains. D'ailleurs, les conditions thermiques en ville dépendent principalement de la situation géographique et du climat de celle-ci (Chatzidimitriou & Yannas, 2016). Des solutions architecturales et urbaines adaptées doivent accompagner et respecter l'environnement climatique local pour garantir un certain confort thermique et permettre aux citoyens un vécu sain et satisfaisant. Pour cela, différentes recherches effectuées ces dernières années mettent en évidence l'urgence de traiter l'espace urbain selon les données climatiques locales tout en étudiant des cas réels. Nous citons à titre d'exemple l'étude de (Shui et al., 2018). Cette dernière insiste sur la nécessité d'attirer l'attention des concepteurs sur les conditions éoliennes affectant le bien-être des piétons dans les zones résidentielles des régions froides sévères en Chine. Le même article propose des outils d'évaluation et des recommandations architecturales permettant des ambiances thermiques favorables aux usages des piétons dans un

climat extrêmement froid. De même, (Ali-Toudert et al., 2005) dans son étude traite la question du confort thermique extérieur dans un climat chaud et sec. Son travail expérimental, mené dans une vieille ville du désert algérien, fournit des connaissances sur l'efficacité des formes urbaines traditionnelles adaptées pour assurer un environnement thermique confortable à l'extérieur dans des conditions estivales extrêmes.

Il est donc clair qu'un environnement climatique spécifique nécessite des solutions architecturales et urbaines particulières qui doivent protéger l'utilisateur des incidences climatiques.

#### *II.4.2 Echelles d'études des données climatiques*

Avant tout, il est à préciser que les conditions de confort thermique dans l'espace extérieur urbain sont soumises également à une échelle temporelle. Cette dernière met en évidence l'inégalité des données climatologiques et météorologiques. En fait, les études d'ordre climatique sont celles qui s'inscrivent dans des longues périodes, 30 ans généralement. Les investigations à court terme s'intéressent principalement à des données météorologiques qui changent au fil des heures, jours et saisons. Ainsi, les études sur le confort thermique dans les espaces publics peuvent s'inscrire dans des plages de temps importantes ou brèves selon les objectifs des études. Plusieurs échelles temporelles peuvent être adoptées dans les études de confort : horaires, journalières, mensuelles allant jusqu'aux analyses ou simulations des données climatiques pour une ou des dizaines d'années. Pour caractériser le confort d'été, par exemple, il est suffisant de se limiter à une échelle temporelle saisonnière, celle de la période estivale.

Passons maintenant aux échelles spatiales. Le climat d'un lieu peut être défini à trois échelles spatiales différentes, interagissant entre-elles, comprises dans l'un des climats globaux cités auparavant (cf. [figure 23 carte des climats mondiaux](#)). La [figure 24](#) montre les échelles d'étude distinctes entre le domaine de la climatologie et celui de la climatologie urbaine :

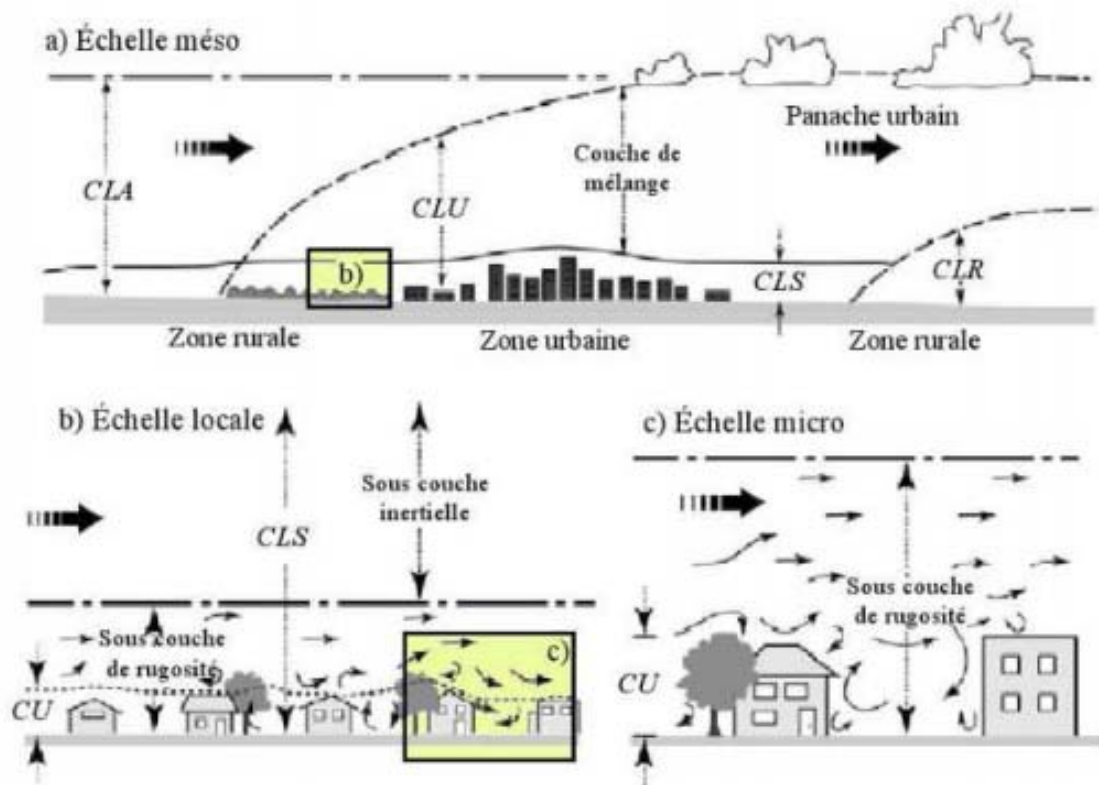


Figure 24: Echelles spatiales permettant les études de la climatologie urbaine, source : Jeremy Bernard 2017

1. Méso-échelle : comprend des régions de quelques centaines de kilomètres carrés, soumises à certains phénomènes météorologiques bien particuliers (des vents régionaux, par exemple). Cette échelle correspond à la Couche Limite Atmosphérique (CLA) caractérisant une étendue géographique couvrant les données climatiques de zones rurales et urbaines.
2. Echelle locale : couvre des sites s'étendant sur quelques dizaines de kilomètres carrés en moyenne. Elle correspond aux caractéristiques climatiques régionales influencées par les données géographiques locales telles que les données topographiques, la présence des plans d'eau de grande taille, de couvertures végétales importantes ou de zones urbaines.
3. Echelle microclimatique : englobe des sites peu étendus, une centaine de mètres carrés en moyenne et parfois beaucoup moins, situés sous la couche de surface de l'atmosphère. Cette échelle correspond à des conditions physiques résultant d'une composition urbaine bien précise ; c'est ce que nous appelons "microclimat urbain". Les traits spécifiques de la topographie et de l'environnement à petite échelle (bâtiments et obstacles divers, couvert végétal...etc) modifient dans ce cas les caractéristiques générales du mouvement de l'air, de l'ensoleillement, de la température et de l'humidité.

A cette dernière échelle, nous pouvons étudier avec précision les conditions de confort pour un usager d'un espace public extérieur. Dans la section qui suit, nous nous attardons sur les éléments physiques engendrant et influençant les microclimats urbains, notamment, en période d'été.

### *II.4.3 Microclimat urbain, signification et impacts*

Un microclimat urbain est le résultat d'une intervention architecturale et urbaine sur un climat local. L'édification des espaces publics extérieurs demeure l'un des actes majeurs incitant l'apparition des microclimats urbains. En fait, les parois de ces espaces, leurs revêtements de sol, aménagements, aspects formel, végétal et hydrique impliquent des nouvelles caractéristiques thermiques propres à chaque espace (Boussoualim, 2002). Il est à noter que, si aujourd'hui, la question du confort thermique a été largement étudiée et maîtrisée pour les espaces intérieurs, il est toutefois évident que cette question demeure différente et plus complexe quand il s'agit des espaces extérieurs (Luc; Adolphe et al., 2002). D'un point de vue physique, cela dépend essentiellement des changements assez rapides des conditions météorologiques dans les espaces ouverts. Ces derniers sont exclus de l'enveloppe architecturale qui joue le rôle d'une peau protectrice des ambiances thermiques intérieures. Les espaces extérieurs sont, donc, plus exposés aux variations des conditions météorologiques impactant le confort des usagers (Reiter, 2007).

Afin de mieux appréhender les microclimats urbains, nous abordons dans cette section les paramètres constituant ces phénomènes et leurs effets sur les conditions microclimatiques urbaines. Nous commençons, d'abord, par l'explication du bilan énergétique en milieu urbain qui est à la base de la compréhension des phénomènes thermiques en espaces extérieurs. Puis, nous mettons en lumière la définition du phénomène d'îlot de chaleur urbain tout en présentant les principaux facteurs physiques agissant sur l'augmentation de la température dans les espaces publics extérieurs.

#### *II.4.3.1 Bilan énergétique en milieu urbain*

En parlant du microclimat urbain, il est essentiel de mettre en évidence l'interaction des paramètres climatiques, architecturaux et urbains constituant les conditions thermiques à une échelle "microclimatique". En fait, l'état thermique d'un espace urbain donné est le résultat des

transferts d'énergie et de masse entre les différents éléments constituant cet espace (Bouyer, 2009). Selon Vinet « L'atmosphère est une machine thermique dont l'équilibre énergétique dépend des bilans relatifs aux transferts radiatifs, convectifs et conductifs. »<sup>60</sup>. Ces bilans dépendent, des surfaces et des activités urbaines qui modifient, par conséquent, le bilan d'énergie thermique naturel (celui des zones rurales) (Colombert, 2008). Cela veut dire, qu'en milieu urbain, un déséquilibre des bilans d'énergie est omniprésent suite aux bouleversements des caractéristiques radiatives, thermiques, aérodynamiques et d'humidité (Goyette-Pernot & Compagnon, 2003). Selon différents auteurs, (Benzerzour, 2009; Bernard, 2017; Colombert, 2008; Oke, 1988), le bilan d'énergie thermique d'une surface urbaine s'exprime comme suit :

$$Q^* + Q_F = Q_H + Q_E + \Delta Q_S (+\Delta Q_A) \quad (W \cdot m^{-2}) \quad 2$$

Où

$Q^*$  est le rayonnement net,

$Q_F$  est le flux de chaleur artificiel (d'origine anthropique) produit par les processus de combustion, de métabolisme et de rejets thermiques (industries, transports, habitats, etc.),

$Q_H$  est le flux turbulent de chaleur sensible,

$Q_E$  est le flux turbulent de chaleur latente,

$\Delta Q_S$  est la variation de la quantité de chaleur stockée par la zone urbaine (les constructions et l'air du volume étudié.),

$\Delta Q_A$  est le flux de chaleur advectif (transport horizontal).

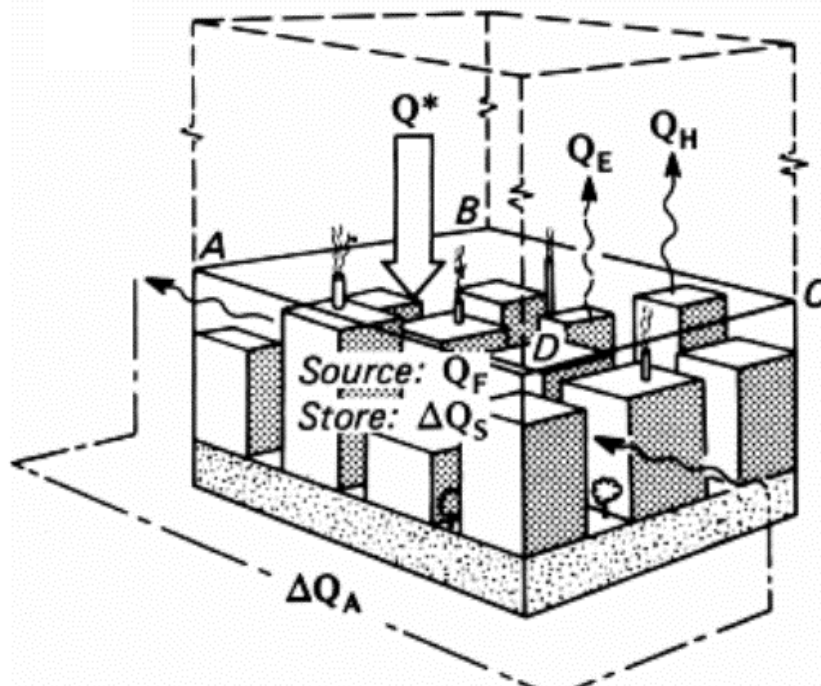


Figure 25: Flux impliqués dans le bilan énergétique. Source : Morgane (Colombert, 2008)

<sup>60</sup> VINET Jérôme, *Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs*, Thèse de Doctorat, Ecole d'Architecture de Nantes, 2000, p. 25.



[L'équation 2](#) et la [figure 25](#), ci-dessus présentent les transferts d'énergie dans un milieu urbain. Chaque terme de l'équation met en évidence l'intervention de certains paramètres influençant le bilan d'énergie thermique en milieu urbain. Ces termes sont expliqués dans les paragraphes qui suivent afin de mieux saisir toutes les données climatiques et urbaines entrant en jeu pour constituer un microclimat en ville :

### **Rayonnement net $Q^*$**

Cette première composante du bilan énergétique est, elle-même, le résultat du bilan radiatif caractérisant l'espace urbain (équation). Par définition, le rayonnement net  $Q^*$  « correspond au rayonnement de courtes et grandes longueurs d'ondes “capturé” (terme positif) ou “perdu” (terme négatif) par la surface étudiée. »<sup>61</sup>. L'équation ci-dessous traduit les échanges radiatifs entre l'atmosphère et l'espace urbain. Selon la littérature, le bilan radiatif pour une surface horizontale s'écrit comme suit :

$$Q^* = L_{\downarrow} - L_{\uparrow} + (1 - \alpha)K_{\downarrow} \quad (\text{W.m}^{-2}) \quad 3$$

Où

$Q^*$  est le rayonnement net,

$\alpha$  est l'albédo du sol,

$L_{\uparrow}$  est le rayonnement de grande longueur d'onde émis par le milieu,

$L_{\downarrow}$  est le rayonnement atmosphérique descendant,

Et  $K_{\downarrow}$  est le rayonnement solaire global reçu sur une surface horizontale.

Evidemment, les rayonnements solaires sont considérés comme la principale source d'énergie du système terre-atmosphère (Vinet 2000). Ils traversent les couches atmosphériques pour atteindre, enfin, les surfaces urbaines. La figure ci-dessous (cf. [figure 26](#)) illustre les différents trajets de l'énergie solaire atteignant un milieu urbain tout en schématisant les différents termes de l'équation précédente.

---

<sup>61</sup> COLOMBERT Morgane, *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville*, Thèse de Doctorat, Université Paris-Est, 2008, p. 83.

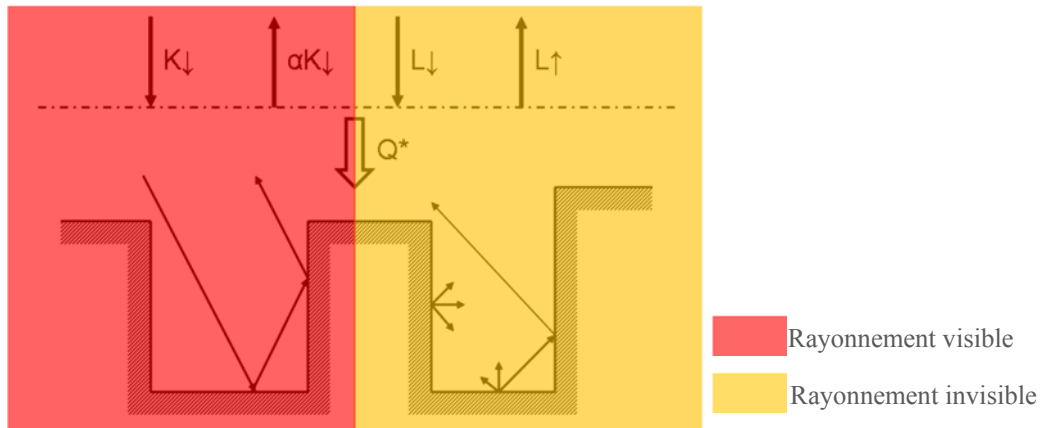


Figure 26: Echanges radiatifs entre l’atmosphère et l’espace urbain. Source (Colombert, 2008), adaptée par l’auteur.

A partir de la figure et l’équation ci-dessus, nous distinguons deux types de rayonnements impactant le bilan radiatif d’une surface urbaine. Le flux solaire global reçu sur une surface horizontale, désigné  $K_{\downarrow}$ , correspond au rayonnement solaire visible et le flux atmosphérique descendant, désigné  $L_{\downarrow}$ , correspond au rayonnement invisible.  $K_{\downarrow}$  comprend trois types de rayonnements d’où sa dénomination “flux solaire global”. Sa première composante est le flux solaire direct, la deuxième composante est l’énergie solaire rediffusée par le ciel après avoir été absorbée par les particules atmosphériques ; la troisième composante correspond aux rayonnements solaires rediffusés par les autres corps urbains avoisinants après avoir reçu eux-mêmes des flux solaires.  $L_{\downarrow}$  est un flux émis dans le domaine infrarouge par l’atmosphère. Son intensité dépend de la température et de la composition chimique de la couche limite urbaine CLU (Bouyer, 2009).

Une fois la totalité des flux ( $K_{\downarrow}$ ,  $L_{\downarrow}$ ) arrivée en milieu urbain, d’autres facteurs interviennent pour déterminer la quantité d’énergie, réellement, capturée ou perdue par la surface étudiée de ce milieu. Il est à noter que les surfaces urbaines émettent elles-mêmes des rayonnements de grande longueur d’onde correspondant aux flux ascendants  $L_{\uparrow}$  dans l’équation 3 et la (figure 26). En fait, pour le domaine invisible (infrarouge), chaque surface urbaine est considérée comme un corps qui reçoit et émet du rayonnement. Le flux émis par chaque surface est étroitement lié à sa température et son émissivité. Les flux ascendants  $L_{\uparrow}$  sont donc le résultat des échanges radiatifs entre les surfaces urbaines qui se dégagent vers le ciel.

Enfin, le rayonnement solaire réfléchi  $\alpha K_{\downarrow}$  (cf. équation 3, figure 26) correspond à l’ensemble des flux solaires qui sont rejetés par la surface étudiée (non-absorbés). Il dépend d’abord, de la nature des matériaux de construction et leur capacité à réfléchir les flux énergétiques. Ainsi, la géométrie urbaine du milieu étudié influe significativement sur la

manière dont les rayons énergétiques se réfléchissent, suite au phénomène de piégeage radiatif. Ces deux derniers points seront plus détaillés dans la section traitant des Ilots de chaleur urbain.

### **Flux de chaleur artificiel $Q_F$**

Après avoir identifié les composantes du premier terme de l'équation du bilan énergétique ( $Q^*$ , rayonnement net), nous consacrons ce paragraphe au deuxième terme  $Q_F$ , dit flux de chaleur artificiel.  $Q_F$  représente le flux de chaleur anthropique engendrant des rejets thermiques en milieu urbain. Comme nous l'avons vu dans le premier chapitre, la ville, depuis l'ère industrielle a connu plusieurs nouveaux modes de vie ainsi que des nouvelles pratiques. Les industries, les véhicules motorisés, la densité des quartiers, le chauffage et la climatisation représentent de véritables sources de chaleur. Cette chaleur se propage en milieu urbain sous forme de flux radiatif, turbulent, ou encore flux de chaleur stockée (Colombert, 2008). Selon la même auteure, « la production d'énergie anthropique est étroitement liée à la taille et à la densité de la ville, à ses fonctions et à son industrialisation, ainsi qu'à la zone climatique et aux besoins de chauffage ou de climatisation. »<sup>62</sup>

### **Flux turbulent de chaleur sensible $Q_H$**

Dans un milieu urbain et du fait de la différence de température entre les surfaces solides et les masses d'air, un courant aérodynamique se produit. Ce courant provoque des échanges de chaleur sensible qui sont à l'origine de l'apparition du phénomène de la convection thermique. Le flux turbulent qui en résulte, désigné  $Q_H$  dans l'équation Correspond à la fois aux transferts thermiques par convection naturelle et/ou forcée. La convection naturelle est due à la différence de densité de l'air causée par la différence de température. La convection forcée est le résultat de la mise en mouvement de l'air sous l'action d'une force externe. Ainsi, plus la vitesse de l'air est élevée, plus les échanges thermiques sont importants (Vinet, 2000). Selon la littérature, la densité du flux turbulent de chaleur sensible  $Q_H$  dépend principalement de la différence entre la température de surface urbaine solide et la température de l'air (Bouyer, 2009).

### **Flux turbulent de chaleur latente $Q_E$**

Le flux de chaleur latente,  $Q_E$ , correspond à la quantité d'énergie consommée pour assurer le processus d'évaporation des eaux ou d'évapotranspiration de la végétation et des sols naturels en ville (Benzerzour, 2009). Le passage progressif des masses de l'état liquide à l'état gazeux

---

<sup>62</sup> Ibid., p. 85.

du fait de ces phénomènes demande une quantité d'énergie en général non négligeable dite chaleur latente d'évapotranspiration (Bouyer, 2009). Selon (Benzerzour, 2009) ce flux,  $Q_E$ , « induit un abaissement de la température de l'eau puis un abaissement de la température d'air du fait des échanges convectifs entre la surface de l'eau et l'air. »<sup>63</sup> Il est à noter qu'en milieu urbain, le manque d'espaces végétalisés ainsi que l'imperméabilisation des surfaces diminuent considérablement le flux de chaleur latente par rapport au milieu rural.

### **Flux de chaleur stockée $\Delta Q_S$**

En plus des flux turbulents de chaleur sensible  $Q_H$  et latente  $Q_E$ , le milieu urbain se caractérise aussi par une quantité de chaleur stockée. Cette énergie, cumulée principalement durant la journée au sein des sols et volumes urbains, provient des échanges radiatifs et thermiques cités auparavant. Pendant la nuit, cette énergie est renvoyée vers l'atmosphère, d'où le terme  $\Delta Q_S$  qui exprime la différence entre le flux stocké et le flux restitué. Le flux de chaleur stockée dépend principalement de la nature des surfaces urbaines et de leur capacité de stockage d'énergie thermique. En effet, les zones urbaines sont sensiblement plus chaudes la nuit que leur environnement rural du fait de la restitution de la chaleur stockée le jour (Benzerzour, 2009).

### **Flux de chaleur advectif $\Delta Q_A$**

Le dernier terme du bilan énergétique en milieu urbain,  $\Delta Q_A$ , exprime le flux de chaleur échangée avec les constructions voisines par advection. Il correspond, en effet, au transport horizontal de l'énergie thermique suite au gradient spatial de température, d'humidité et de vent. Selon (Colombert, 2008),  $\Delta Q_A$  est souvent considéré comme négligeable pour les sites ayant une forme horizontale étendue et relativement homogène et ainsi il est négligé dans les études sur les milieux urbains.

Finalement et à titre de synthèse, nous pouvons dire que l'urbanisation génère des modifications dans les échanges naturels d'énergie et de masse. Cela se traduit par le déséquilibre du bilan énergétique en ville par rapport à celui des zones rurales avoisinantes. En effet, des microclimats urbains apparaissent tout en présentant des changements dans les écoulements et la température de l'air, l'intensité des flux radiatifs, mais aussi les conditions hydriques. Il est, donc, à noter que ces changements affectent les conditions thermiques en ville

---

<sup>63</sup> BENZERZOUR Mohamed, *Transformations urbaines et variations du microclimat : application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur « morpho-climatique »*, Thèse de Doctorat, Université de Nantes 2009, p. 200.

et engendrent des phénomènes indésirables tels que l'îlot de chaleur urbain que nous allons voir dans la section qui suit.

#### *II.4.3.2 Ilot de chaleur urbain*

Au cours des dernières décennies, une concentration majeure de la population dans les zones urbaines s'est largement répandue dans le monde entier. Cette tendance n'est pas nouvelle, mais est implacable (Ruiz et al., 2017). Selon (UN-Habitat, 2016). En 1990, 43% de la population mondiale habitaient en zone urbaine ; en 2015, ce chiffre était passé à 54%. Comme la population urbaine augmente, la superficie occupée par les villes a augmenté à un taux encore plus élevé. Il a été projeté que d'ici 2030, la population urbaine des pays en développement doublera. L'un des effets les plus connus de ce développement est le réchauffement climatique qui augmente la consommation d'énergie des bâtiments, augmente la concentration de polluants atmosphériques et diminue le confort thermique extérieur en période d'été (Ruiz et al., 2017).

Face à ces changements climatiques et urbanistiques, des études sur le confort microclimatique dans les espaces extérieurs se sont multipliées. Parmi ces études, certaines recherches se sont concentrées sur le phénomène d'îlot de chaleur urbain, l'effet des formes urbaines et de la végétation sur le confort microclimatique mais aussi la mortalité et la morbidité liées aux stress thermiques (Park et al., 2014). Il s'est avéré, en effet, que l'inconfort thermique et le taux de mortalité des piétons en conditions climatiques chaudes sont fortement corrélés en raison de l'effet d'îlot de chaleur urbain et des vagues de chaleurs accentuées dans différentes villes du monde entier ((Elmira; Jamei et al., 2016). Par exemple, la canicule européenne de l'été 2003 a causé près de 15 000 décès en France et entre 25 000 et 70 000 dans toute l'Europe (Elmira; Jamei et al., 2016; Kitous, 2012). De plus, la vague de chaleur de quatre jours à Melbourne en janvier 2009 a entraîné 374 décès, principalement parmi les personnes âgées et les personnes souffrant de problèmes cardio-vasculaires. Des études ont montré une augmentation soudaine du taux de mortalité au cours de l'été chez les personnes âgées de plus de 75 ans, mais en cas de vague de chaleur de longue durée, le taux de mortalité s'étend aux groupes d'âge plus jeunes (Elmira; Jamei et al., 2016).

Par conséquent, ces études ont mis en évidence l'urgence à réagir contre cette problématique du stress thermique qui affecte le confort et la santé du piéton en ville, notamment en période d'été (Ait-Ameur, 2002; Khan, 2015; Kitous, 2012). Dans la section suivante, une synthèse des données favorisant l'apparition des îlots de chaleur urbains est présentée. Ensuite, nous mettons en relief une synthèse des solutions proposées pour atténuer ce phénomène.

Plusieurs études portant sur les conditions thermiques estivales dans les espaces publics extérieurs ont mis en évidence l'impact négatif de l'urbanisation de la ville sur le confort des citoyens. Comme nous l'avons indiqué auparavant, l'industrialisation, les modes de transport et la densification des tissus urbains modifient les conditions du bilan radiatif des villes par rapport à leur environnement naturel. De ce fait, des microclimats apparaissent et engendrent un phénomène de réchauffement de l'air en milieu urbain, nommé : Ilot de Chaleur Urbain "ICU". Ce dernier correspond à la constitution par accumulation, en strate horizontale circonscrite au-dessus de la zone urbaine, d'une couche d'air à forte température par rapport à la température d'un site rural périphérique (Boussoulim, 2002). Ce phénomène s'accroît par la présence des bâtiments et les routes à matériaux imperméables, souvent sombres, qui captent l'énergie solaire durant la journée et la stockent. Les parois artificielles limitent le refroidissement de l'air, la nuit, en relâchant de la chaleur et en émettant du rayonnement. La forme urbaine tridimensionnelle agit également comme un piège pour l'énergie reçue et échangée dans les rues (Redon, 2017). La dénomination d'Ilot de chaleur urbain "ICU" vient donc du fait que la représentation de l'évolution spatiale de la température révèle un pic de température, semblable à un « îlot », au niveau des agglomérations (figure 27). Ce pic est constaté tant au niveau des températures de surface que de la température d'air (Bouyer, 2009). Historiquement, la première étude scientifique qui prouve l'existence d'un îlot de chaleur urbain a été réalisée par Luke Howard en 1820 sur la ville de Londres. Il réalisa une analyse durant 10 ans de la température moyenne journalière et fournit la première constatation scientifique d'une variation à la fois saisonnière et journalière de la variation de température ville/campagne (Reiter, 2007).

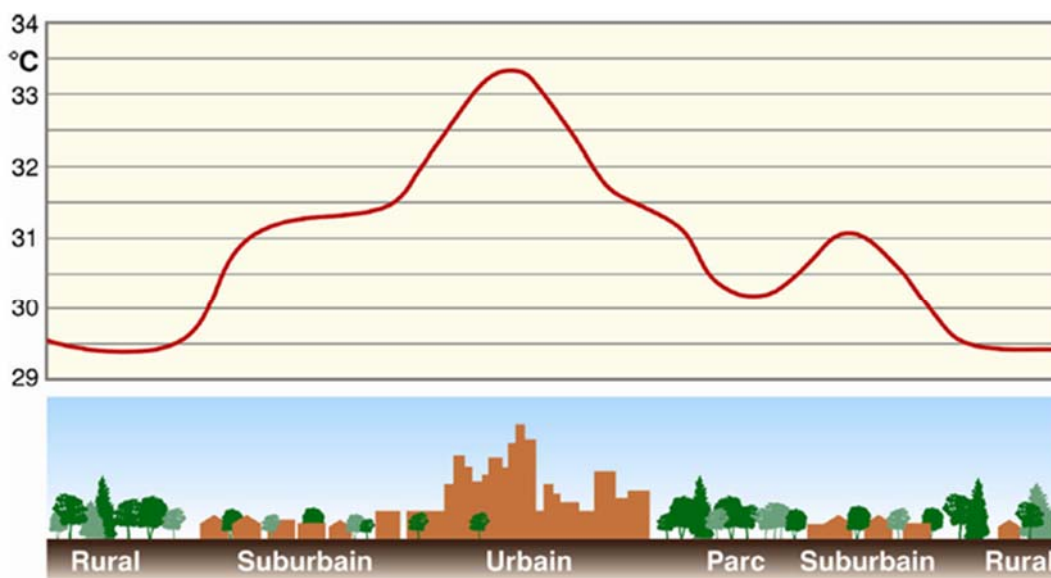


Figure 27: Ilot de chaleur urbain, variation de la température de l'air d'un centre urbain vers sa périphérie  
Source : (Reiter, 2007).

La [figure 27](#) de (Oke, 1988), présente dans les travaux de (Bouyer, 2009; Kitous, 2012; Reiter, 2007; Vinet, 2000) et d'autres, montre comment la température de l'air varie d'un centre urbain vers sa périphérie, pour un jour ensoleillé en fin d'après-midi. De nombreuses études ont été effectuées durant les dernières décennies, à la recherche des causes de la hausse de température dans les espaces urbains. Nous présentons, ici, un résumé des principaux facteurs physiques agissant sur l'augmentation de la température dans les espaces urbains :

A. Géométrie et morphologie de l'environnement bâti : les conditions microclimatiques impactant le confort des citoyens dans les espaces publics extérieurs sont étroitement liées à la forme urbaine. Les grandeurs de la température et la vitesse de l'air, l'humidité, l'ensoleillement et l'ombre diffèrent d'un espace à un autre selon leurs degrés d'ouverture, leurs orientations et le rapport Hauteur / Largeur des bâtiments qui les entourent. Parmi les causes principales de la hausse de température en milieu urbain, nous pouvons citer la diminution du transport turbulent de chaleur suite à la réduction de la vitesse du vent causée par les gabarits urbains et leur densité. Ainsi, le phénomène du piégeage radiatif est très connu comme cause de rétention de la chaleur en espaces extérieurs. La [figure 28](#) illustre ce phénomène qui consiste en l'accumulation de l'énergie thermique dans les rues suite aux inter-réflexions entre les surfaces verticales durant la journée (Tebbani & Bouchahm, 2016). Le processus de dégagement de cette énergie est dans ce cas très long suite à la faible ouverture vers le ciel ce qui induit à une nouvelle capture de la chaleur emmagasinée et réémise (rayonnement infrarouge de grandes longueurs d'onde) par les surfaces de la rue.

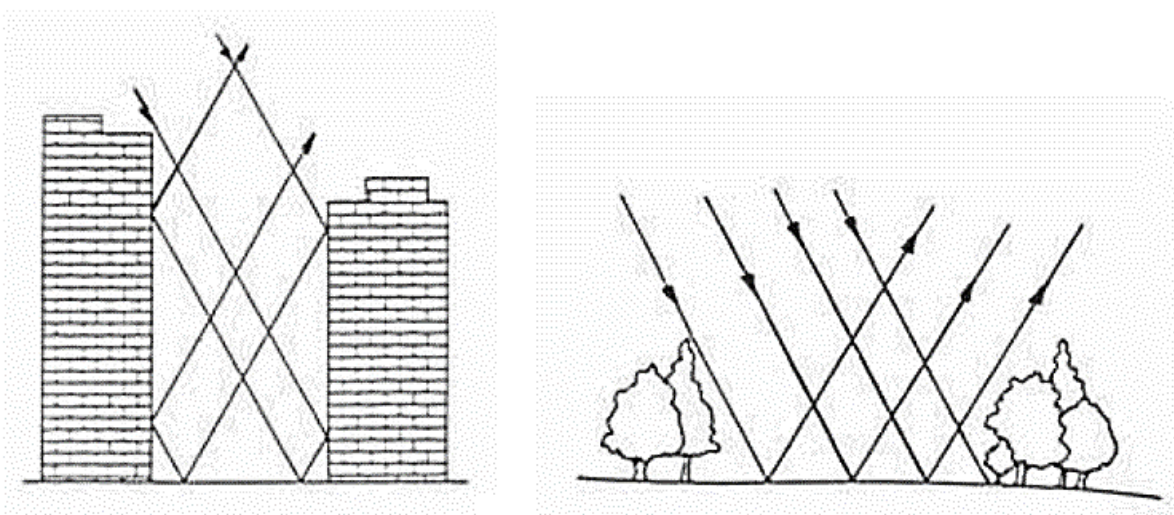


Figure 28 : Phénomène du piégeage radiatif en milieu urbain par rapport au milieu naturel. Source : (Colombert, 2008)

B. Nature des surfaces et des matériaux : en plus de la diminution de l'évapotranspiration due à l'imperméabilisation des surfaces et au manque de la végétation en milieu urbain, la hausse de température peut s'expliquer aussi par les caractéristiques réfléchives des matériaux de construction. Ces derniers se distinguent par leur « albédo », qui signifie la mesure de la capacité d'une surface à réfléchir le rayonnement solaire (Reiter, 2007). L'albédo est une grandeur comprise entre 0 et 1. Les matériaux à un faible albédo absorbent plus de chaleur par rapport à ceux caractérisés par un fort albédo. La nature du matériau, sa couleur et sa texture déterminent son degré de réflectivité et d'absorption du rayonnement solaire. Il est bien connu qu'un matériau de couleur sombre reflète moins le rayonnement solaire ce qui engendre une augmentation de la température de l'air ; par contre les matériaux de couleur claire absorbent moins le rayonnement solaire (Hanafi, 2018). La [figure 29](#) ci-dessous montre la différence entre quelques albédos des surfaces urbaines.

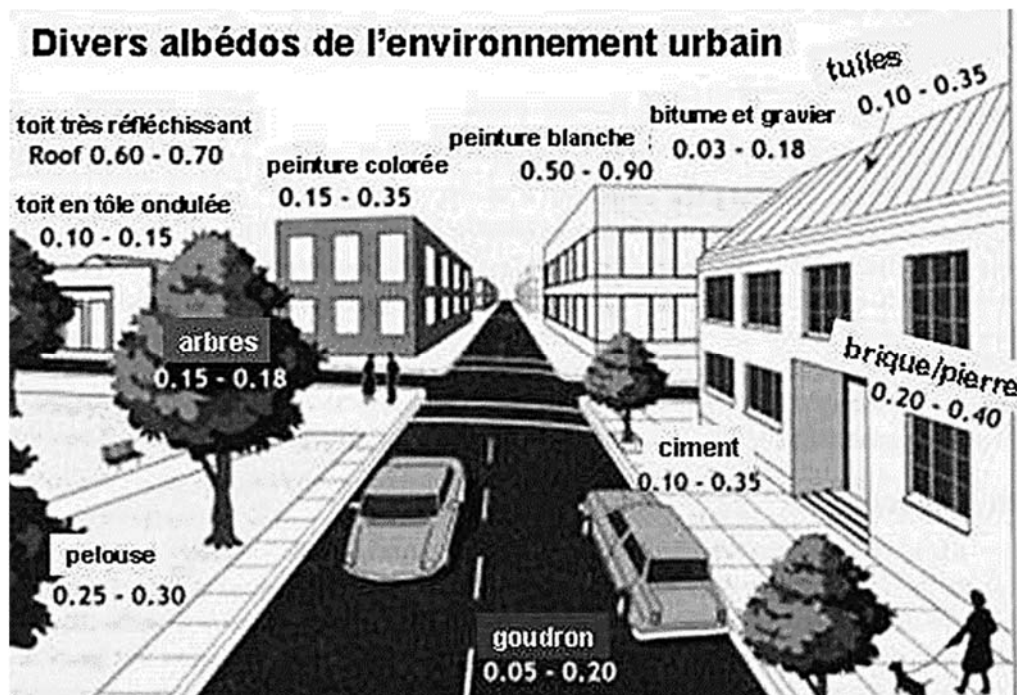


Figure 29: Divers albédos du milieu urbain. Source : (Colombert, 2008)

C. Sources anthropiques de chaleur : comme nous l'avons vu dans la section précédente, des gains thermiques dus aux activités humaines en milieu urbain peuvent engendrer un déséquilibre dans le bilan énergétique. Ce déséquilibre accentue l'intensité du phénomène d'îlot de chaleur urbain en période estivale. Selon leurs situations géographique et climatique, les villes produisent de la chaleur d'ordre anthropique. La climatisation, le chauffage, le déplacement motorisé, l'industrie et l'éclairage des bâtiments ou des lieux publics sont les principales activités engendrant des rejets de chaleur en milieux urbains. De plus, la



concentration de polluants qui découlent de ces activités engendre une augmentation d'émission de rayonnement infrarouge ce qui multiplie le réchauffement de l'air des zones polluées.

Durant les dernières décennies, les études se sont multipliées à la recherche des différentes stratégies pouvant diminuer l'effet de l'îlot de chaleur urbain pour un niveau de confort thermique adapté en espaces extérieurs. Les résultats approuvés sont généralement valables pour les cas spécifiques étudiés. Ce sont les données naturelles des sites urbains (climat local, topographie), leurs densités urbaines, les systèmes architecturaux, les matériaux de construction et les activités humaines qui déterminent les stratégies qui peuvent être adoptées. Parmi les points essentiels sur lesquels il est possible d'agir, les études de (Ali-Toudert et al. 2005; Kitous 2012; Slimani, & Mazouz 2018) mettent en évidence que, pour un climat aride, les conditions microclimatiques peuvent être modifiées de manière considérable par la géométrie de la rue et son orientation, permettant une meilleure gestion des quantités de radiations solaires absorbées mais aussi favorisant la ventilation urbaine qui sert à diminuer l'intensité de l'îlot de chaleur urbain.

D'autres recherches se sont concentrées sur les caractéristiques des matériaux de construction et leurs effets sur l'augmentation ou la diminution de la chaleur urbaine. Selon (Djekic et al. 2018; Rosso et al. 2017), les températures des revêtements de sol en espaces publics extérieurs sont significativement supérieures à celles de l'air et des pelouses. Ainsi, il est fortement conseillé de bien choisir les matériaux de revêtement de sol et des façades urbaines en phase d'étude et de planification. En effet, les matériaux à fort albédo sont souhaitables, contrairement aux matériaux sombres qui stockent des quantités importantes de chaleur. De plus, les stratégies de rafraîchissement par la végétation et l'eau semblent efficaces pour améliorer les conditions thermiques en milieu urbain. Ici, nous rappelons que les phénomènes d'évaporation et d'évapotranspiration participent considérablement dans le processus de réduction de la chaleur. L'eau peut intervenir en aménagement urbain sous forme de petits bassins, jets d'eau, fontaines... tandis que la végétation peut apparaître comme parcs de ville, arbres d'alignement, pelouses mais aussi, façades et terrasses végétalisées. De multiples recherches (Hanafi & Alkama, 2017; Elmira Jamei & Rajagopalan, 2017; Louafi Bellara & Abdou, 2012; Musy et al., 2017; Oliveira et al., 2011; Taleghani et al., 2014) ont démontré que les végétaux améliorent considérablement les performances thermiques de l'environnement urbain, du fait de leur comportement vis-à-vis du rayonnement solaire, qui se traduit par (1) l'ombrage, (2) la réflexion, (3) la convection et (4) l'évapotranspiration (cf. [figure 30 b](#)). Les bâtiments, par contre, absorbent et inter-réfléchissent le rayonnement, ce qui favorise

le phénomène du piègeage radiatif et le rechauffement des espaces urbains par la suite (cf. [figure 30 a](#)).

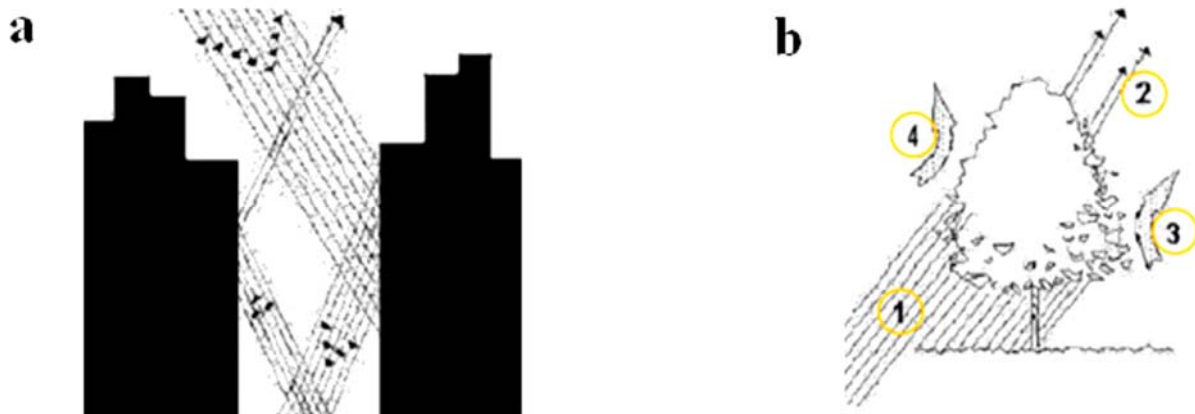


Figure 30: Différence entre le comportement des bâtiments et des arbres vis-à-vis du rayonnement solaire Source : (Hanafi 2018)

Enfin, nous voyons que malgré la simplicité des stratégies qui viennent d'être citées, elles demeurent absentes des espaces publics, notamment en Algérie, là où se situe notre cas d'étude. Généralement, les planificateurs des espaces publics s'intéressent principalement aux qualités financières tout en répondant aux états d'urgence d'édifier des villes sans la moindre réflexion sur les effets microclimatiques des choix architecturaux et d'aménagement extérieur.

Après avoir appréhendé la notion d'espace public urbain et son évolution à travers l'histoire en premier chapitre, ce deuxième chapitre a mis en relief la dimension sensible et les conditions microclimatiques déterminant la qualité de ce lieu. La notion d'ambiances a été définie et discutée afin de positionner notre étude qui a pour objet de contribuer à la remise en chantier de cette thématique influençant fortement le confort des usagers de la ville, notamment dans l'espace public extérieur. Ainsi, des connaissances sur les données agissant sur le confort global et particulièrement le confort microclimatique ont été communiquées. Il s'est avéré que ces données impliquent différents champs de recherche, d'où la complexité de cette thématique de recherche.

Enfin, la dernière partie a été consacrée aux données climatiques et leurs interactions avec le milieu urbain pour mieux cerner la question du confort microclimatique. Ce dernier, souffre aujourd'hui d'une certaine ignorance, par les planificateurs et les concepteurs des espaces publics extérieurs. Dans le chapitre qui suit, nous mettons en avant les causes de cette ignorance et nous offrons une revue critique des différents outils permettant la prédiction du confort microclimatique dans les espaces publics extérieurs.

### **III. Chapitre 3**

## **Méthodes et outils de caractérisation, d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique**

Dans ce chapitre, nous nous concentrons sur les méthodes et outils permettant la caractérisation et l'évaluation du confort microclimatique dans les espaces publics urbains. Entre les méthodes expérimentales et la simulation numérique par logiciels, des connaissances appropriables par les concepteurs sont mises en lumière. Nous présentons aussi les indices de confort issus des méthodes expérimentales et permettant la prédiction du confort thermique par modélisation numérique. Les limites de ces modèles sont ainsi discutées.

## Contenu du chapitre

<b>III. Chapitre 3 Méthodes et outils de caractérisation, d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique .....</b>	<b>68</b>
III.1 Méthodes expérimentales .....	71
III.1.1 Approches objectives.....	71
III.1.1.1 Caractérisation physique.....	71
III.1.1.2 Caractérisation et prédiction thermo-physiologiques .....	76
- PET (Physiological Equivalent Température).....	77
- PMV (Predicted Mean Vote / Vote moyen prévisible).....	78
- UTCI (Universal Thermal Climate Index).....	78
III.1.2 Approches subjectives .....	79
III.1.3 Approches combinées (objectives-subjectives).....	83
III.2 Simulation numérique des microclimats urbains.....	86
III.2.1 Logiciels permettant la caractérisation physique.....	86
III.2.2 Outils numériques permettant l'évaluation thermo-physiologique .....	89

Comme nous l'avons déjà vu dans le chapitre précédent, le confort thermique en espace public urbain dépend de plusieurs paramètres physiologiques, psychosociologiques et microclimatiques. Ces paramètres agissent ensemble sur la sensation et la perception du citadin et définissent son degré de confort ou de stress thermique. Les créateurs des espaces urbains sont, donc, face à l'obligation de prendre en considération ces paramètres afin de proposer des lieux confortables et sains. Par ailleurs, il s'est avéré que malgré l'existence de multiples méthodes et outils de prédiction et d'évaluation du confort thermique urbain, les concepteurs de la ville sont encore peu nombreux à les maîtriser et à les mettre en pratique. Le nombre important de ces méthodes ainsi que la complexité des outils qui en découlent rendent difficile le choix du modèle à utiliser pour l'évaluation du confort microclimatique urbain (Djekic et al. 2018; Ruiz et al. 2017). Ainsi, la collecte des données nécessaires, la méthode d'évaluation à mettre en œuvre et le mode de visualisation des résultats sont souvent peu explicites voire peu explicités pour les concepteurs.

Les méthodes permettant l'évaluation du confort microclimatique peuvent être classées en deux catégories principales :

- Les expérimentations in situ ou études empiriques qui s'appuient sur des mesures physiques des paramètres climatiques et/ou sur l'évaluation du ressenti des usagers ;
- Les simulations numériques, basées sur des logiciels de calcul et de modélisation traitant les données environnementales (ensoleillement, vents, ...) et/ou les données thermo-physiologiques qui aboutissent au calcul de différents indices de confort ;

Il est à noter que la deuxième catégorie (simulations numériques par logiciels de modélisation) s'appuie principalement sur des données recueillies auparavant au cours d'expérimentations in situ. Ces dernières fournissent des bases de données et des modèles numériques qui permettent la prédiction des conditions du confort microclimatique à l'aide de différents logiciels sans avoir besoin de refaire l'expérimentation in-situ. Dans les sections qui suivent, nous présentons un état de l'art sur ces deux catégories de méthodes tout en montrant les points forts et les points faibles de chaque catégorie.

## III.1 Méthodes expérimentales

L'étude des conditions microclimatiques de façon expérimentale (empirique) peut se faire en caractérisant l'espace urbain, uniquement, d'un point de vue physique. Cela se fait à travers des approches objectives basées sur l'analyse des données micro-météorologiques liées aux effets morphologiques du tissu urbain. Le confort thermique peut être, également, caractérisé en se basant sur des modèles physico-physiologiques. Ces derniers prennent en considération la physiologie du corps humain et la nécessité de l'équilibre de son bilan thermique. Il est aussi possible d'évaluer les conditions microclimatiques en adoptant des approches expérimentales subjectives qui permettent de quantifier scientifiquement le ressenti des usagers. Dans les dernières décennies, des modèles plus complets conjuguant des approches objectives et subjectives ont été développées pour étudier l'impact des conditions microclimatiques sur le confort thermique perçu dans les espaces publics extérieurs. Nous présentons dans cette section l'ensemble des approches objectives et subjectives utilisées, de nos jours, pour l'évaluation du confort microclimatique.

### *III.1.1 Approches objectives*

#### *III.1.1.1 Caractérisation physique*

Les approches empiriques, purement physiques, caractérisent l'impact de l'environnement bâti et de l'aménagement urbain sur le microclimat en ville. Généralement, les paramètres météorologiques mesurables agissant sur le bilan thermique des individus (Ait-Ameur, 2002) sont utilisés, tels que la température et la vitesse de l'air, la température rayonnante et le taux d'humidité dans l'air. Ces approches permettent d'avoir des données météorologiques en temps réel de l'étude. Pour procéder de la sorte, il est nécessaire d'avoir le matériel adéquat pour collecter les données, à savoir : Thermomètre pour mesurer la température de l'air, Hygromètre pour le taux d'humidité dans l'air, Thermomètre à globe pour la température rayonnante et Anémomètre pour mesurer la vitesse de l'air.

D'autres instruments sont aussi utiles pour les études microclimatiques, comme par exemple une caméra thermique pour mesurer les températures de surfaces. Il est aussi possible de d'installer sur site une mini-station afin de collecter le maximum de données micro-météorologiques simultanément (cf. [figure 31](#)).

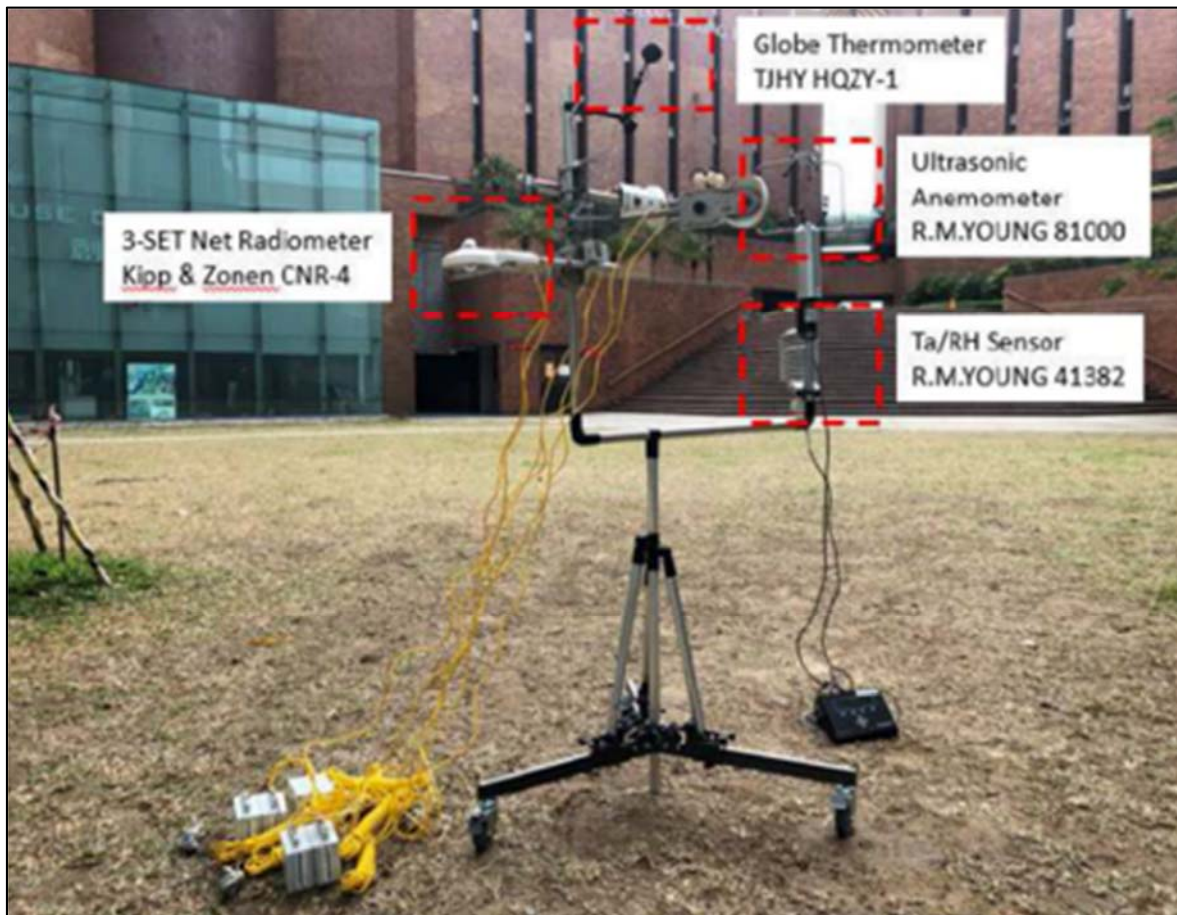


Figure 31: Mini station pour mesurer les paramètres météorologiques, source : (Li et al., 2018)

Dans ce cas, les études permettent d'évaluer certains effets de la morphologie urbaine ainsi que la géométrie des bâtiments sur les conditions microclimatiques. Nous citons à titre d'exemple, une partie des résultats du projet Sagacités 2002 (Luc; Adolphe et al., 2002) issus de l'investigation expérimentale objective. Les campagnes de mesures météorologiques ont démontré que chaque configuration urbaine étudiée se caractérise par un microclimat spécifique. Il a été conclu que différents phénomènes microclimatiques se produisent en fonction des données locales des cas étudiés, nous présentons ici quelques effets identifiés :

- **L'effet de l'orientation des canyons** : les mesures des vitesses et températures de l'air ont démontré qu'il fait plus frais dans les rues canyons orientées Nord-Sud, par rapport aux configurations urbaines orientées Est-Ouest.

- **L'effet de dièdre** : il a été constaté, suite aux mesures de la température rayonnante, qu'un phénomène de multi-réflexions du rayonnement solaire se produit entre une façade verticale et une autre horizontale séparées par une arête. L'énergie solaire incidente provoque un accroissement de l'échauffement, notamment dans les zones proches de l'arête par rapport au reste du plan.



- **L'effet du végétal** : des valeurs faibles de température de l'air ont été relevées sur les points proches du végétal par rapport aux autres configurations dépourvues de végétation. Il a été aussi déduit, grâce aux mesures des températures rayonnantes, que le végétal filtre le rayonnement solaire incident et diminue son effet de réchauffement thermique. Les taux d'humidité à proximité du végétal étaient élevés par rapport aux autres ce qui a permis de conclure que la végétation contribue à l'apparition de microclimats plus frais.

- **L'effet pilotis "effet de trous sous immeuble"** : les mesures des vitesses de vent ont permis d'identifier cet effet qui correspond à l'accélération localisée du vent sur une zone de communication au niveau du sol entre deux façades, l'une en surpression, l'autre en dépression.

- **L'effet de la densité du quartier en bâti** : les températures d'air mesurées dans les zones denses étaient élevées en comparaison avec celles relevées à la station météo. Ces mesures mettent en évidence l'effet du piégeage thermique dans les rues mais aussi celui des apports thermiques anthropiques, vus dans le chapitre précédent.

Une autre recherche empirique menée par (Taleghani et al., 2014) dans un campus universitaire à Portland, Oregon, USA a étudié différentes stratégies d'atténuation de la chaleur.

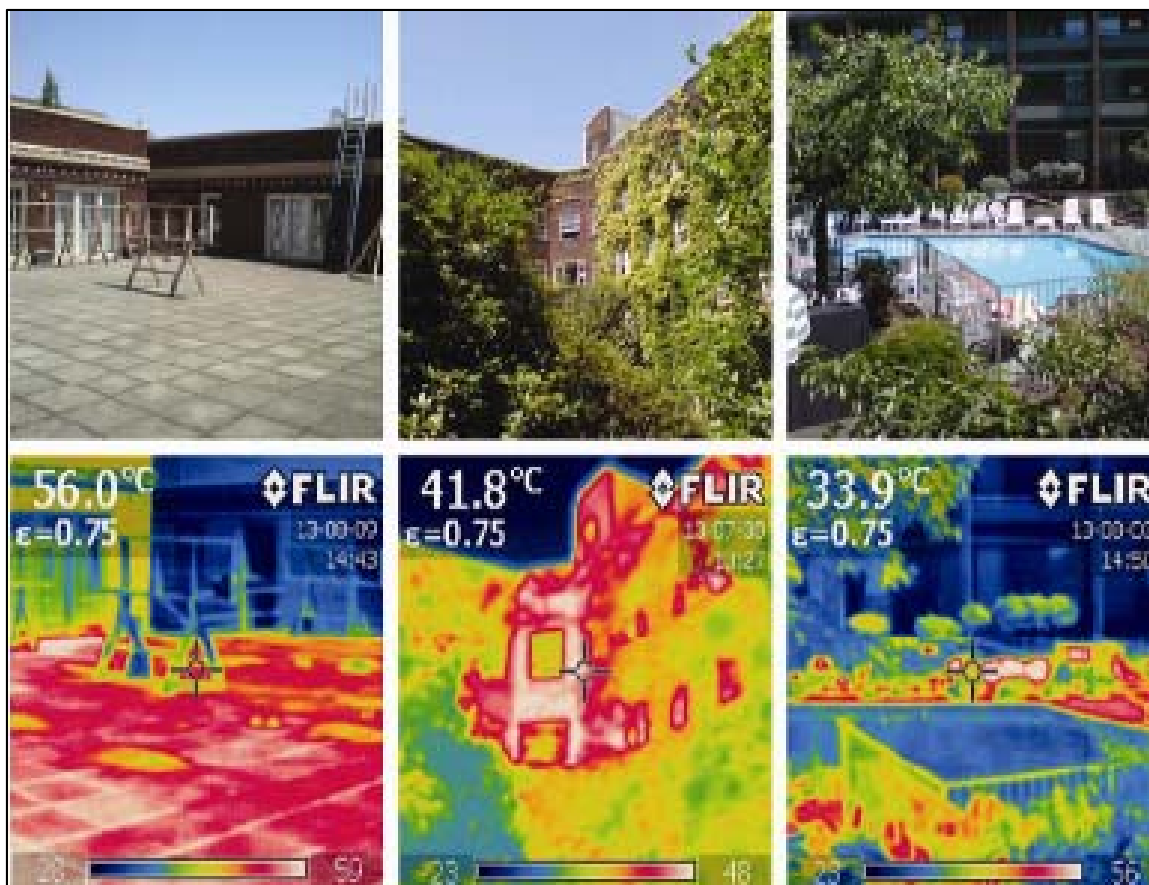


Figure 32: Mesures des températures de l'air et surfaciques dans trois cours : nue, végétalisée et avec piscine d'eau. Source : (Taleghani et al., 2014)

La [figure 32](#) montre les trois cours du campus qui ont été étudiées. L'objectif principal de cette phase de l'étude est de comparer les ambiances thermiques des différentes configurations afin de caractériser l'effet de la nature des matériaux et des surfaces. La cour de gauche se caractérise par son effet minéral, celle du milieu présente une quantité considérable de végétation et celle de droite est dotée d'un plan d'eau. Les mesures micro-météorologiques mettent en évidence que le couvert végétal génère une température moins élevée que celle mesurée dans la cour minérale (écart d'environ 14°C). Ainsi, il a été conclu que plus de fraîcheur a été relevée dans la 3<sup>ème</sup> cour résultant de la végétation environnante mais surtout de la présence de l'eau.

Dans le projet EVA mené par (Musy et al., 2017), une solution d'humidification d'une chaussée à Lyon a été expérimentée afin de quantifier son impact sur le microclimat. La [figure 33](#) montre les résultats des mesures de température des surfaces sur une chaussée témoin et celle sur laquelle le test était effectué. Il a été démontré que la solution d'humidification permet de réduire la température de chaussée d'environ 5°C, sur quelques jours de forte chaleur.

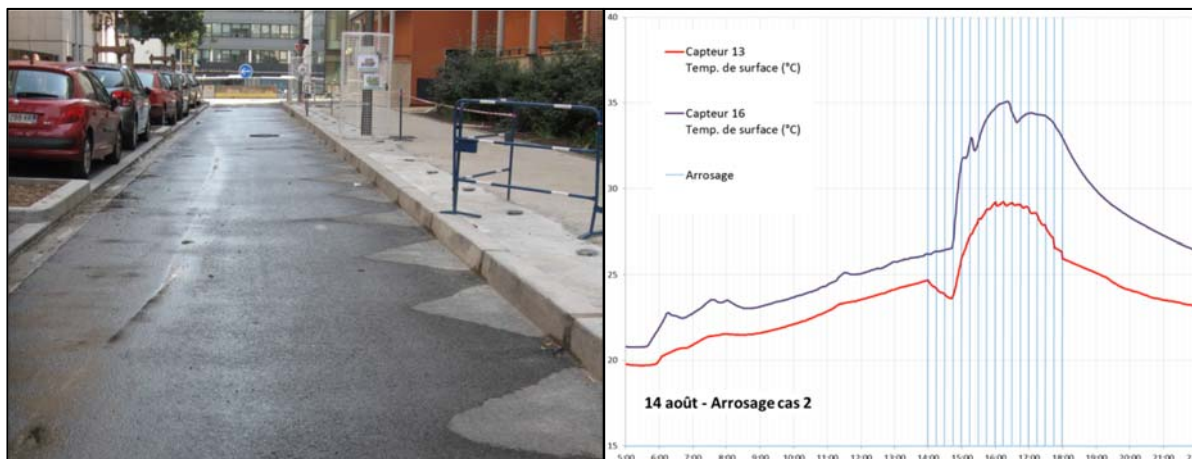


Figure 33 : à gauche, humidification de la chaussée, à droite résultat de mesures des températures de surface de la chaussée pilote (capteur 13) et de la rue témoin (capteur 16) Source : projet EVA 2017.

Il est aussi à noter que des indicateurs morphologiques découlent des approches purement physiques. Ces indicateurs permettent de déduire les conditions microclimatiques dans les espaces urbains en se basant sur les résultats validés par des expérimentations antérieures. Selon Ait-Ameur, « ils se définissent comme descripteurs physiques des caractéristiques morphologiques du projet urbain. Leur objectif est de quantifier ; mais aussi de qualifier de manière simple les éléments de l'espace, et d'interpréter la complexité des configurations

spatiales »<sup>64</sup>. Nous citons, à titre d'exemples, le SVF (Sky View Factor) et le rapport d'aspect (H/L) :

- Le SVF (Sky View Factor ou facteur de vue du ciel) correspond à l'angle d'ouverture de l'espace vers le ciel (cf. [figure 34](#)). Il est compris entre 0 et 1, selon le profil géométrique de la configuration urbaine (Ait-Ameur, 2002). Un SVF de 0 traduit un lieu totalement couvert et un SVF de 1 correspond à un espace totalement ouvert. D'un point de vue climatique, il se définit comme, « le rapport entre la radiation reçue par une surface plane et celle reçue par la totalité de l'environnement radiatif »<sup>65</sup>. En fait, les valeurs du SVF conditionnent le rayonnement thermique en milieu urbain, ce qui affecte directement la température de l'air (Mohamed Seghir; Slimani & Mazouz, 2018). Ainsi, un SVF réduit implique une température minimale pendant la journée par rapport à un SVF élevé. Néanmoins, il est important de citer que ces conditions varient durant la nuit suite au phénomène du piégeage thermique cité dans le chapitre précédent.

- L'aspect ratio H/W (Height/Width) ou le prospect H/L (Hauteur/Largeur), illustré dans (cf. [figure 34](#)) correspond au rapport entre la hauteur moyenne du bâti et la largeur de l'espace (la largeur minimale est considérée pour le cas d'un espace non-homogène) (Hanafi, 2018). Les études empiriques sur cet indicateur mettent en évidence qu'un prospect H/L réduit implique une température de l'air faible pour une journée d'été chaude (Mohamed Seghir; Slimani & Mazouz, 2018). Ainsi, il est à noter que pour diminuer l'effet de l'îlot de chaleur urbain, le rapport H/L doit être inférieur à 0,4, et que des valeurs de prospect supérieures à 0.6 incitent la dissipation de la pollution et favorisent l'ensoleillement des espaces urbains (Benzerzour, 2009).

Enfin, d'autres indicateurs empiriques d'ordre microclimatique ont été abordés dans la littérature telle que le "Discomfort Index", l'"Apparent temperature" et le "Wind-chill Index". Ces derniers ne prennent pas en considération certains paramètres météorologiques pertinents. De ce fait, ils ont été jugés insuffisants pour évaluer le microclimat urbain. Höpfe déclare à propos de ces indicateurs : « Utilisés très souvent, ces modèles partiels pourraient être très utiles

---

<sup>64</sup> AIT-AMEUR Karima, *Vers une méthode multicritère de caractérisation du microclimat dans les espaces publics urbain : validation d'un système d'indicateurs "morpho-climatiques" et d'un indicateur de confort*, Thèse de Doctorat, Ecole d'Architecture de Toulouse, 2002 p. 91.

<sup>65</sup> SLIMANI Mohamed Seghir & MAZOUZ Said, *Le confort thermique extérieur dans deux rues de type canyon : la règlementée et la traditionnelle, Cas de la ville de Bechar*, In Séminaire international : Gestion urbaine et gouvernance locale, 2018 p. 03.

pour des situations spécifiques car elles peuvent être calculées facilement mais ils ont de nombreuses limites.»<sup>66</sup>

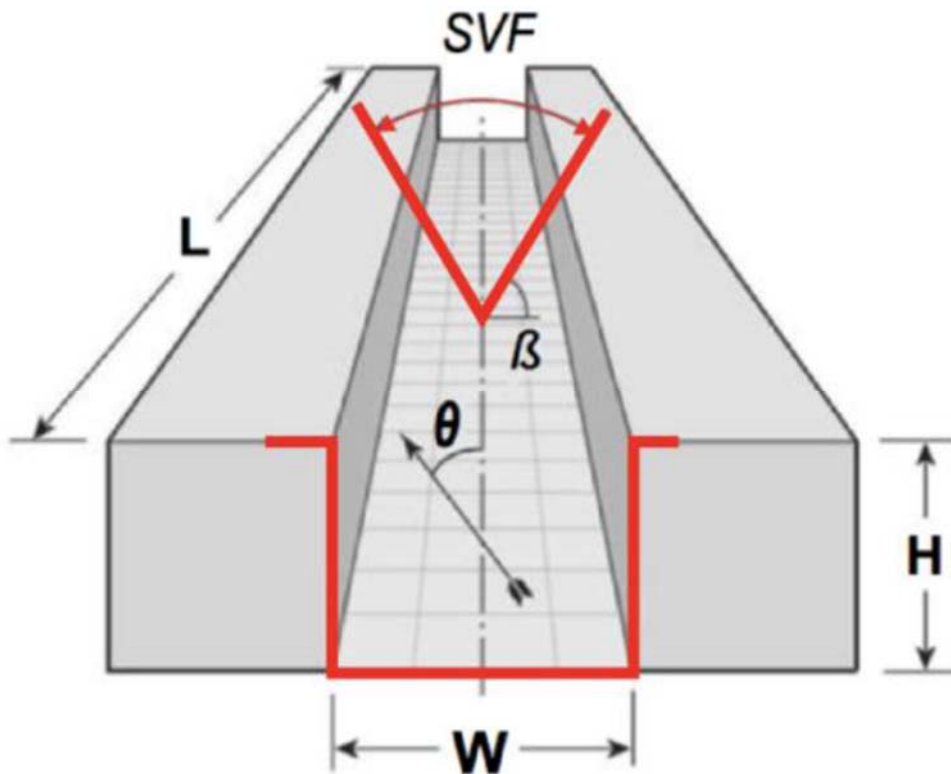


Figure 34: Rapport d'aspect H/W et SVF (Slimani 2018).

En conclusion, nous pouvons dire que ce premier type d'approches (purement physique) permet de caractériser les effets des configurations et surfaces urbaines sur le microclimat physique. Cela semble efficace en termes d'aide à la décision conceptuelle des projets respectant les données climatiques des sites. Néanmoins, ces approches ne prennent pas en considération le facteur humain dans l'évaluation du microclimat, elles se limitent donc à la caractérisation thermo-morphologique de l'espace.

### III.1.1.2 Caractérisation et prédiction thermo-physiologiques

Du fait de l'interdisciplinarité de la thématique des ambiances thermiques urbaines, des chercheurs appartenant au domaine de la biométéorologie s'intéressent également à ces questions. En effet, plusieurs études ont été menées en se basant sur l'intégration du facteur humain dans l'évaluation des conditions microclimatiques (Cheung & Jim, 2018; Holst & Mayer, 2011; Lee & Mayer, 2018a, 2018b; Matzarakis et al., 1999; Mayer et al., 2008; Park et al., 2014; Zölch et al., 2016). Des indices de confort thermo-physiologiques issus des

<sup>66</sup> HOPPE Peter, *The physiological equivalent temperature – a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*, In Int. J. Biometeorol 43:71–75 1999, p. 72.

expérimentations in-situ ont donc été mis en place. Selon, Höppe ces indices sont apparus en 1938, suite aux déclarations de Büttner : « Si l'on veut évaluer l'influence du climat sur l'organisme humain au sens le plus large, il est nécessaire d'évaluer les effets non seulement d'un seul paramètre mais de tous les composants thermiques. Cela nous amène à la nécessité de modélisation de l'équilibre thermique humain »<sup>67</sup>. Sur la base des conclusions de Büttner et depuis les années 1960, les modèles d'équilibre thermique du corps humain ou indices de confort physico-physiologiques ont été de plus en plus intégrés dans l'évaluation du confort thermique. Nous rappelons, ici, [l'équation 4](#) du bilan thermique du corps humain (the Energy Balance Model for Individual, MEMI), qui est selon (Höppe, 1999), la base de tous ces indices de confort thermique.

$$M + W + R + C + ED + ERe + ESw + S = 0 \quad 4$$

Où :

- M est le taux métabolique,
- W le rendement du travail physique,
- R le rayonnement net du corps,
- C le flux de chaleur convectif,
- ED le flux de chaleur latente,
- ERe la somme des flux de chaleur pour chauffer et humidifier l'air inspiré,
- Esw le flux de chaleur dû à l'évaporation de la sueur,
- S le flux de chaleur de stockage pour chauffer ou refroidir la masse corporelle.

Nous nous attardons sur les indices thermo-physiologiques largement utilisés dans la communauté scientifique :

#### - **PET (Physiological Equivalent Température)**

Développé préalablement pour l'évaluation du confort thermique intérieur, le PET est un indice de confort pour les espaces extérieurs et semi-extérieurs (Walther & Goestchel, 2018). Le PET, est calculé à partir du modèle de thermorégulation du corps humain, (cf. [équation 4](#)) (Salata et al., 2016). Il est donc basé sur les travaux de (Höppe, 1999; H. Mayer & Höppe, 1987) et se définit comme : « la température opérative d'un environnement de référence qui provoquerait sur le sujet la même réponse physiologique que l'environnement étudié, soit les

---

<sup>67</sup> Ibid. p. 71. Traduit de l'anglais par l'auteure. Texte original: "If one wants to assess the influence of climate on the human organism in the widest sense, it is necessary to evaluate the effects not only of a single parameter but of all thermal components. This leads us to the necessity of modelling the human heat balance".

mêmes températures de peau et de noyau. »<sup>68</sup> Il est à noter que l'environnement de référence correspond à un espace intérieur avec des ambiances thermiques proches de celui d'un bureau (Walther & Goestchel, 2018). L'évaluation se fait par une échelle de classement des valeurs du PET qui sont comprises entre 04 °C (très froid) et 41°C (très chaud) (Matzarakis et al., 1999). Cet indice est largement utilisé dans l'évaluation du confort thermique extérieur (Hwang et al., 2011; Mayer et al., 2008; Salata et al., 2016). Néanmoins, des erreurs ont été identifiées dans l'ancien modèle proposé par (Höppe, 1999) suite aux travaux récents de (Walther & Goestchel, 2018). Ces travaux ont conduit à une version corrigée du PET, intégrant un modèle conforme à l'état de l'art.

#### - **PMV (Predicted Mean Vote / Vote moyen prévisible)**

Le PMV est un indice thermo-physiologique développé par Fanger sur la base des données d'un test sur 1565 sujets dans un environnement intérieur (Nikolopoulou, 2004; Nikolopoulou et al., 2001; Salata et al., 2016; Zare, et al., 2018). Son application en espaces extérieurs a été connue sous le nom de "Klima-Michel model" (KMM). Il prédit la valeur moyenne des votes thermiques d'un grand groupe de personnes exposées au même environnement thermique. Il est basé sur des paramètres météorologiques ainsi que sur des paramètres opérationnels liés aux piétons. Les paramètres climatiques sont la température de l'air, la température moyenne de rayonnement, la vitesse du vent et l'humidité relative tandis que les paramètres liés aux piétons sont le taux métabolique et l'isolation des vêtements (Salata et al., 2016). Le PMV classe la sensation thermique sur une échelle de 7 niveaux qui varie entre -3 (très froid) à +3 (très chaud) (Rosso et al., 2017).

#### - **UTCI (Universal Thermal Climate Index)**

L'UTCI (Indice Universel du Climat Thermique) est un indice thermo-physiologique qui a été introduit en 1994. Il a été développé, spécifiquement pour l'évaluation du confort thermique extérieur (Park et al., 2014). L'UTCI est considéré comme l'un des indices les plus complets pour la caractérisation du stress thermique dans les espaces extérieurs (Zare, et al., 2018). Sa version actuelle a été développée en 2009 dans le cadre d'une commission spéciale de la Société Internationale de Biométéorologie (ISB) et de l'action européenne COST 730 (Błażejczyk et

---

<sup>68</sup> WALTHER Edouard & GOESTCHEL Quentin, *Indicateur de confort P.E.T. : une revue critique*, In Conférence IBPSA, Bordeaux, 2018, p. 02.

al., 2013). Il est issu d'un travail coopératif de plus de 45 scientifiques de 23 pays (Australie, Canada, plusieurs pays d'Europe, Nouvelle-Zélande et États-Unis) ayant eu pour objectif le développement d'un indice thermique universel facilement accessible (Jendritzky et al., 2012). Il a été développé sur la base d'un modèle de régulation thermique multi-nœuds avancé, dénommé « Fiala » (Li et al., 2018). Le calcul de l'UTCI amène à une valeur de température d'air, correspondant à une condition de référence dont la réponse thermo-physiologique est identique à celle des conditions réelles rencontrées (Błażejczyk et al., 2013). L'échelle de cet indice permet de classer les espaces étudiés en fonction d'un niveau de stress thermique allant d'un stress thermique extrême « froid » (-40°C) à un stress thermique extrême « chaud » (+46°C).

Les indices de confort qui viennent d'être cités traduisent les résultats des expérimentations traitant les données thermo-physiologiques. Ils sont appréciés par la communauté scientifique grâce à leur aspect quantitatif qui permet le classement des configurations urbaines selon le degré de confort ou de stress thermique sans nécessité d'avoir un grand bagage théorique dans les domaines de la climatologie urbaine et de la biométéorologie. De plus, ces indices sont intégrés à certains logiciels de simulation des microclimats urbains et confort thermique à l'extérieur que nous allons aborder dans la deuxième partie de ce chapitre. Cependant, le PET, le PMV et l'UTCI, dits "indices universels" sont jugés comme indices physiques insuffisants pour l'évaluation correcte du confort thermique en espaces extérieurs. Cela est dû au fait que leurs approches ne prennent pas en considération les données subjectives ainsi que l'effet de la grande variété des conditions micro-météorologiques dans les espaces extérieurs (Marialena; Nikolopoulou et al., 2001).

Dans la prochaine section nous abordons les approches subjectives pour mieux comprendre comment les données sensibles sont prises en charge durant le processus d'évaluation du confort microclimatique urbain.

### *III.1.2 Approches subjectives*

Etant donné que les approches physiques ne peuvent pas, à elle seules, évaluer le confort thermique en espaces publics, l'investigation subjective s'avère une approche complémentaire qui permet une analyse fine du comportement humain face à l'influence des facteurs climatiques (Marialena; Nikolopoulou et al., 2001). La problématique du confort thermique en espaces publics extérieurs fait, donc partie intégrante des champs de recherches en sciences

humaines. Ces dernières ont fourni différents outils pour la collecte et l'analyse des données sensibles permettant d'évaluer les conditions microclimatiques d'un point de vue subjectif. Elles se basent sur des techniques intégrant l'usage de l'espace dans l'investigation empirique, à travers des enquêtes par questionnaire, entretien, observation.

Bien que les enquêtes adoptent la technique d'entretien, le questionnaire demeure la technique la plus utilisée dans l'évaluation du confort microclimatique. Le questionnaire auprès des usagers est un outil qui permet de traduire le ressenti des individus en données qualitatives mais aussi quantitatives. Pour une investigation scientifiquement fiable et efficace, les enquêtes par questionnaire se développent généralement selon les étapes suivantes :

- Formulation claire et significative de l'objet et des objectifs de l'enquête, ainsi qu'identification de l'échantillon représentatif de la population étudiée.
- Structuration et élaboration des questions constituant le corps du questionnaire.
- Recueil des données à travers la diffusion du questionnaire (soit de main à main, version papier ou via internet, version en ligne).
- Dépouillement et traitement des données sensibles collectées.
- Mise en valeur des résultats significatifs répondant aux objectifs préliminaires de l'étude et susceptibles de conduire à des actions ou permettant une prise de décision.

Dans sa thèse, (Boussoualim, 2002) a utilisé deux techniques complémentaires afin de collecter les données sensibles, concernant son cas d'étude, situé à Blagnac en France. Le questionnaire auprès des individus avait pour objectif l'étude de la perception du microclimat. Cette technique lui a permis de susciter un ensemble de discours individuels, les interpréter et les généraliser sur la base d'une classification des individus en fonction de leurs caractéristiques personnelles (âge, sexe, etc.). La deuxième technique est l'observation par vidéo qui a eu pour but l'analyse des modes d'occupation de l'espace. Cette technique a permis d'étudier l'appréciation subjective des individus, à partir d'une analyse fine et détaillée de leurs comportements. Selon l'auteure, l'observation est une approche qui complète la technique du questionnaire quand il s'agit d'étudier l'influence des facteurs climatiques sur les comportements.

Dans le cadre du projet SAGACités, (Barlet, 2003) a publié les résultats de recherche liés à l'approche sensible adoptée afin d'analyser le confort microclimatique. Un questionnaire en deux parties a été administré aux sujets participant à l'enquête. La première partie qualitative,



comprenant des questions ouvertes, propose une interrogation générale sur la perception et l'évaluation des caractéristiques environnementales du site. Il s'agit de déterminer l'importance du microclimat dans la qualification de l'espace urbain. La seconde partie de l'outil, porte directement sur l'étude du confort perçu et attendu en rapport avec les effets climatiques étudiés. Ainsi, cette partie du questionnaire interroge l'importance relative des différents paramètres pris en compte dans la définition du confort microclimatique par les citoyens. Elle est composée principalement de questions fermées, présentées sous la forme soit d'une liste préétablie de réponses possibles soit d'un différentiel sémantique ou échelle d'Osgood (cf. [figure 35](#)). Le différentiel sémantique utilise les techniques de dimensionnement entre des paires d'items de jugement sémantiquement opposés. Ils permettent aux personnes interrogées de décrire leur sensation instantanée et leurs réels besoins pour les différents paramètres envisagés (température de l'air, humidité, mouvement d'air...).

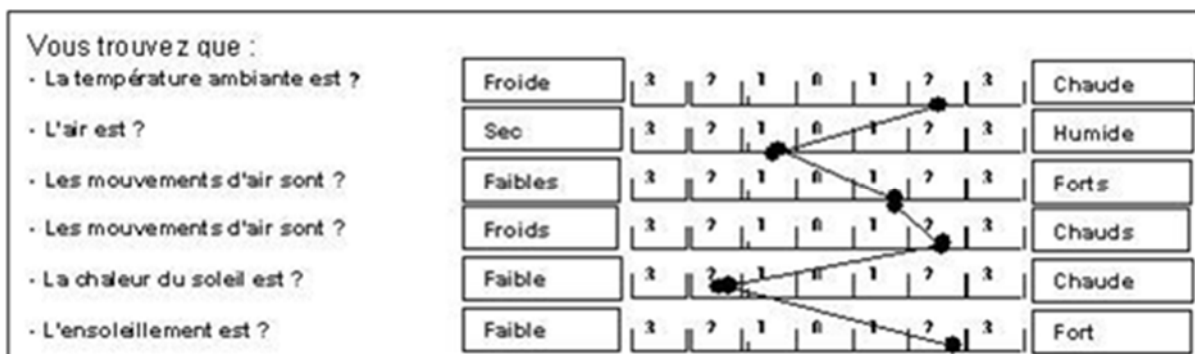


Figure 35: Exemple de différentiels sémantiques utilisés dans le projet SAGACités. Source : (Barlet, 2003)

L'exploitation des différentiels, déjà simples et rapides de lecture, s'opère à l'aide d'un espace de représentation concentrique nommé rose de jugement (cf. [figure 36](#)), dont le point d'origine (centre de l'espace de représentation circulaire) représente une évaluation plutôt basse des différents paramètres physiques.

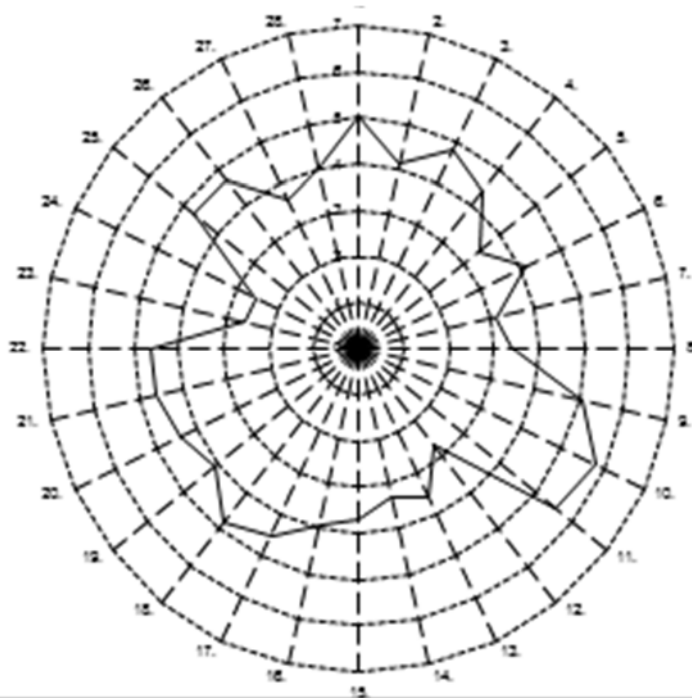


Figure 36 : Exemple de Rose de Jugement. Source : (Barlet 2003)

A partir de l'ensemble des données sensibles recueillies, un indice de confort subjectif a été calculé, l'APCI (Average Perceived Comfort Index). Ce dernier a été appelé initialement IMCP (Indice Moyen du Confort Perçu). Sa formule originale ([équation 5](#)) a été utilisée dans le projet SAGACités. Nous signalons que, pour notre thèse, nous utilisons la version améliorée de l'APCI (chapitre 4).

$$C = \left| \underbrace{\left[ \frac{2}{n(n+1)} \sum_{i=1}^n x_i y_i \right]}_{\text{Confort idéal}} - \underbrace{\left[ \frac{2}{n(n+1)} (\sum_{i=1}^n x'_i y_i) \right]}_{\text{Confort perçu}} \right| \quad 5$$

Où :

C = valeur de l'APCI comprise entre 0 et 6 ;

n = 1, ..., 6 (nombre d'items) ;

i = item (température ambiante, hygrométrie, force des vents...);

Xi = note moyenne obtenue par item pour le confort idéal ;

X'i = note moyenne obtenue par item pour le confort perçu ;

Yi = coefficient de pondération par item (poids relatif des items déterminé par question fermée auprès des usagers).

L'équation 5 permettant l'évaluation du confort perçu comporte deux termes : la note obtenue lors de l'évaluation des caractéristiques physiques existantes à soustraire à celle obtenue quant aux caractéristiques idéales. Plus le résultat est proche de 0 et plus l'espace étudié répond aux attentes des usagers en matière de confort microclimatique, l'indice étant obligatoirement compris entre 0 et 6, puisque basé sur une échelle d'évaluation en 7 points.

### III.1.3 Approches combinées (objectives-subjectives)

Largement utilisées (Adolphe et al., 2002; Djekic et al., 2018b; Li et al., 2018; Nikolopoulou et al., 2001; Perini et al., 2017; Rosso et al., 2017), les expérimentations in situ combinent la plupart du temps des campagnes de mesures objectives et subjectives. La (cf. [figure 37](#)) ci-dessous montre la complexité et l'efficacité des approches combinées conjuguant investigation physique et sensible.

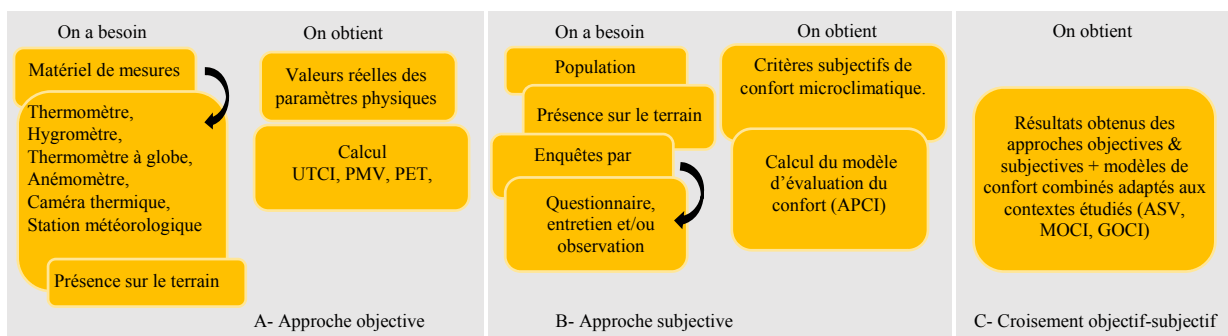


Figure 37: Approches expérimentales de prédiction et d'évaluation du confort microclimatique à l'échelle urbaine.

Les résultats obtenus par ces approches combinées permettent l'explication scientifique des phénomènes climatiques et leurs effets sur le ressenti des citoyens. Le croisement objectif-subjectif permet aussi la mise en lumière de certains outils d'aide à la conception et de prédiction du confort thermique extérieur. Parmi les modèles combinés ayant réussi à contextualiser les études microclimatiques nous pouvons citer :

#### - ASV (*Actual Sensation Vote*)

L'ASV est un modèle combiné, proposé dans le cadre du projet RUROS (Marialena Nikolopoulou, 2004). L'ASV est un modèle qui a été développé pour être simple afin de prédire le confort microclimatique dans différentes villes européennes. Il est basé sur les résultats d'une

enquête empirique déroulée sur 14 sites répartis en Europe. Cette enquête a permis une évaluation des conditions du confort thermique extérieur. La sensation thermique exprimée par les individus a été évaluée sur une échelle présentant 5 niveaux allant de « très froid » à « très chaud » et a été définie comme étant le vote de sensation effective (ASV : Actual Sensation Vote). Les paramètres nécessaires pour le calcul de l'ASV : sont la température de l'air ( $T_{air\_met}$ , °C), la radiation solaire globale ( $Sol\_met$ , W.m<sup>-2</sup>), la vitesse du vent ( $V\_met$ , m.s<sup>-1</sup>) et l'humidité relative ( $RH\_met$ , %). Ce modèle est parfaitement adapté aux contextes climatiques et socioculturels où il a été développé. Cela est dû au fait que les paramètres personnels propres aux individus ainsi que les effets de l'adaptation physique et psychologique, sont intrinsèques dans le modèle en question.

#### - **MOCI (Mediterranean Outdoor Comfort Index) :**

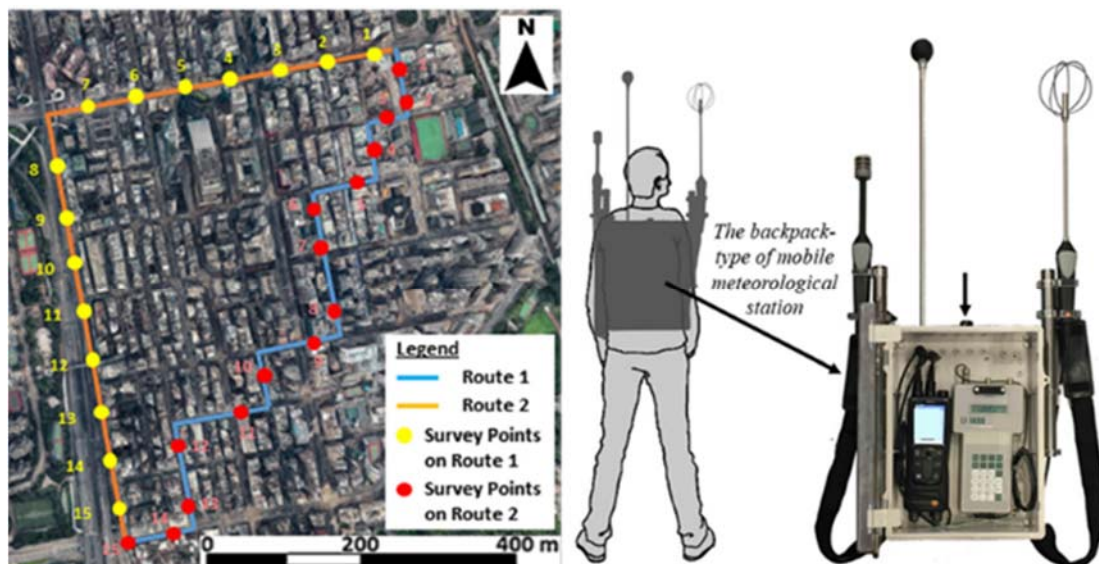
Le MOCI (Indice du confort extérieur méditerranéen) a été développé pour la population du climat méditerranéen. Il résulte d'une étude menée par (Salata et al., 2016) ayant pour cas d'étude la ville de Rome, Italie. Il prédit le vote moyen d'un grand groupe de personnes ayant participé à l'évaluation du confort thermique en environnement extérieur. Tout comme l'ASV, le MOCI semble parfaitement adapté au contexte où il a été développé et testé.

Il est à noter que la collecte des données objectives et subjectives simultanément peut se faire d'une manière transversale ou longitudinale. L'investigation longitudinale nécessite un nombre limité de participants (entre 8 et 36 personnes) quand les démarches transversales nécessitent un nombre important de participants (entre 8 et 2700) (Chokhachian et al., 2018; Lau et al., 2019; Salata et al., 2016). Dans le projet RUROS, par exemple, l'investigation empirique est basée sur une démarche transversale. Les conditions de confort thermique extérieur ont été évaluées à partir d'une campagne de mesures sur le terrain dans 14 sites répartis en Europe. Un nombre important de sujets a été interrogé à l'aide de questionnaires. Pour ce projet à une échelle d'intervention exceptionnellement vaste, plus de 10 000 usagers ont participé à la campagne de mesures subjectives.

Parmi les approches menées d'une manière longitudinale, nous pouvons citer la technique des parcours commentés largement utilisée en sociologie urbaine et en psychologie environnementale. Selon Thibaud, cette technique « a pour objectif principal d'accéder à l'expérience sensible du passant. Il s'agit avant tout d'obtenir des comptes rendus de perception en mouvement. Trois activités sont donc sollicitées simultanément : marcher, percevoir et

décrire ». <sup>69</sup> La technique des parcours commentés répond, donc, parfaitement aux attentes des chercheurs qui s'intéressent aux ressentis des piétons en milieu urbain.

Il s'avère que ces approches longitudinales répondent convenablement aux études qui s'intéressent particulièrement aux conditions microclimatiques affectant la perception du piéton en milieu urbain. En effet, des recherches récentes ont procédé par des démarches semblables afin d'évaluer le confort thermique urbain d'une manière dynamique conjuguant des campagnes de mesures objectives et subjectives (Chokhachian et al., 2018; Lau et al., 2019). La figure ci-dessous montre à gauche, le parcours fréquenté par les 14 sujets qui ont participé à la collecte des données sensibles et à droite, le matériel de mesures micro-météorologiques transporté par une personne volontaire (ne faisant pas partie des sujets interrogés).



En somme, l'investigation empirique permet une exploration approfondie des cas étudiés. Elle permet, donc, d'obtenir des résultats fiables du fait de la récolte des données en temps réel avec une présence directe de l'enquêteur qui favorise l'observation in situ. Ainsi, la confrontation des mesures d'ordre microclimatique avec les résultats des études du ressenti, menées simultanément, produisent des modèles assez efficaces pour prédire et évaluer les conditions de confort des contextes étudiés. Cependant, il est à noter que les méthodes expérimentales nécessitent un investissement couteux en temps et en équipements de mesures

<sup>69</sup> THIBAUD Jean-Paul, *Les parcours commentés*, In : *L'espace urbain en méthodes*, Editions Parenthèses, Marseille, 2001, p. 81.

(Boussoualim, 2002; Ruiz et al., 2017). De plus, la complexité de ces approches (préparation de l'enquête, déroulement et surtout dépouillement et analyse des données recueillies) fait qu'elles ne sont pas forcément maîtrisées par les concepteurs des espaces urbains. Malgré la simplification de ces approches, à travers les indices de confort combinés, ces derniers ne sont valables que pour les contextes climatiques et socioculturels où ils étaient développés et testés.

Dans la seconde partie de ce chapitre, nous présentons des outils qui s'avèrent plus accessibles aux concepteurs des espaces publics extérieurs. Il s'agit des différentes plateformes logicielles permettant la simulation des conditions microclimatiques urbaines.

## **III.2 Simulation numérique des microclimats urbains**

De nos jours, les logiciels de la modélisation architecturale et urbaine semblent indispensables pour un meilleur processus de conception. La simulation de plusieurs scénarios, leurs discussions par les différents acteurs du projet et la prise de décision finale dépendent, considérablement, du mode de visualisation proposé par le concepteur. Plus la représentation graphique du projet est lisible, plus la prise de décision devient facile et opportune. Pour cela, les maquettes numériques gagnent de plus en plus une place importante dans la pratique architecturale et urbaine. Dans cette optique, nous nous intéressons aux outils numériques (logiciels) permettant l'étude des ambiances microclimatiques. Ces outils peuvent simplifier la tâche des concepteurs car ils ne leur demandent pas de connaissances approfondies dans les domaines de la climatologie urbaine et des sciences humaines. Ainsi, ils leur permettent une économie de temps favorisant l'intégration de la question du confort microclimatique dans les projets. Au-delà des logiciels permettant de simples caractérisations microclimatiques (ensoleillement, ombre, vent...), certains outils évaluent le confort en intégrant également des modèles thermo-physiologiques cités auparavant.

### *III.2.1 Logiciels permettant la caractérisation physique*

Cette première catégorie englobe les outils numériques basés sur des études environnementales. Connus par la communauté des concepteurs, certains logiciels de modélisation architecturale et urbaine offrent la possibilité de prédire quelques effets climatiques, grâce aux plugins ou modules qui y sont intégrés. Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, le phénomène du rayonnement solaire est le plus influant sur les ambiances

thermiques extérieures. Nous citons, ici, quelques outils numériques permettant sa prédiction en milieu urbain :

- **Solar analysis (autodesk insight 360®)**

Il s'agit de l'une des fonctions du plugin Autodesk Insight 360 que l'on peut ajouter au logiciel Autodesk Revit®<sup>70</sup>. Solar analysis permet de visualiser dans l'environnement d'Autodesk Revit® les résultats des radiations solaires sur des surfaces urbaines en 3d. Le plugin remplace les fonctionnalités du logiciel Autodesk Ecotec Analysis®<sup>71</sup> qui n'est plus disponible depuis 2015. Ce module facile d'utilisation permet l'analyse du rayonnement solaire ainsi que l'ombre portée des éléments urbains proposés tels que la végétation et les bâtiments environnants. Il visualise et quantifie la distribution et l'intensité du rayonnement solaire sur les surfaces modélisées dans l'environnement d'Autodesk Revit®. L'analyse de l'ensoleillement peut donc aider le concepteur à identifier les emplacements qui permettent d'optimiser le gain solaire ou de favoriser les effets d'ombrage selon les variations saisonnières. La [figure 39](#) montre un exemple sur le mode de visualisation. Tels qu'illustrés, les résultats peuvent

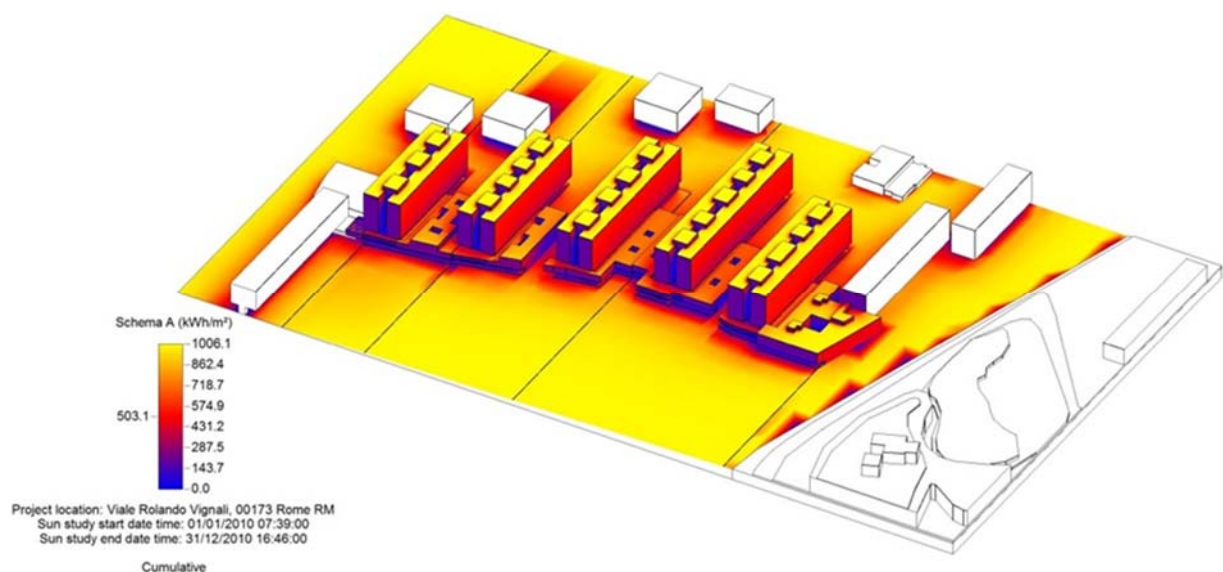


Figure 39: Etude d'ensoleillement Solar Analysis d'Autodesk insight 360® intégré à Autodesk Revit®. Source : <https://knowledge.autodesk.com/support/revit-products/getting-started/caas/simplecontent/content/building-E2-80-93architecture-E2-80-94handling-solar-analysis-the-design-phase.html>

s'afficher directement sur la maquette numérique du projet sous format statique mais il est aussi possible de générer une étude animée.

<sup>70</sup> Logiciel édité par la société américaine Autodesk dédié au domaine de la construction. Il permet de créer des modèles architecturaux et urbains en 3D. Revit est un logiciel de CAO (Conception Assisté par Ordinateur) et BIM (Building Information Modeling).

<sup>71</sup> Outil d'analyse des effets environnementaux fournissant une puissante simulation des données climatiques. Il est destiné aux études des ambiances intérieures mais aussi extérieures grâce à ses fonctionnalités simulant le rayonnement solaire incident, les réflexions radiatives et l'ombre portée.

## - Graphisoft Archicad®

Graphisoft Archicad® est, à la base, un logiciel de modélisation BIM développé par la société hongroise Graphisoft. Il permet une conception assistée par ordinateur pour traiter tous les aspects constructifs et environnementaux pendant le processus de conception. Il est doté d'une option permettant des analyses basiques d'ensoleillement à l'échelle de la construction ou encore du quartier. En précisant la situation géographique du projet, Archicad® peut générer son ensoleillement pour n'importe quelle position dans le monde. En utilisant cette option, l'accès solaire au site du projet ainsi que l'ombrage des objets environnants peuvent être évalués d'une manière visuelle. Ainsi, des animations ou des séries d'images solaires peuvent être réalisées pour une date et une position géographique données, avec une période (du lever au coucher du soleil par exemple) et un pas de temps (cf. [figure 40](#)). Cette option est appréciée du fait qu'elle est interactive et peut être utilisée pour l'aide à la conception en optimisant l'ombrage ou l'ensoleillement des espaces conçus.

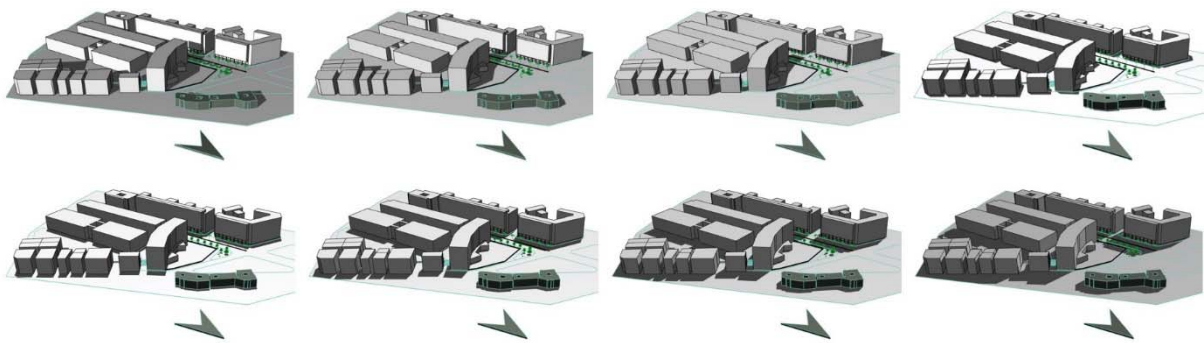


Figure 40: Ombre générée à l'échelle du quartier à différentes heures de la journée. Source : auteur.

## - Shadow analysis pour Google Sketchup

Tout comme Autodesk Revit® et Graphisoft Archicad®, Google Sketchup est un logiciel de modélisation architecturale et urbaine. Il est doté d'un module intégré permettant l'étude de l'ensoleillement d'une manière simple et interactive lors de la phase de conception. Il s'agit de Shadow Analysis, qui a été créé pour aider les concepteurs à caractériser les effets de l'ombre et leur fournir un outil pour mieux concevoir des bâtiments et des espaces urbains d'un point de vue thermique. La [figure 41](#) montre le mode de représentation des résultats des analyses effectuées par Shadow Analysis sous forme d'images colorées selon l'intensité et le degré d'exposition au soleil à un moment donné de la journée.





Figure 41: mode de représentation de l'étude d'ensoleillement sous Shadow analysis pour Sketchup. Source : <https://deltacodes.eu/en>

Nous nous sommes intéressés dans cette section aux outils permettant la caractérisation du rayonnement solaire en milieu urbain. Les modules intégrés aux logiciels de modélisation architecturale et urbaine s'avèrent opportuns du fait qu'ils interagissent avec l'environnement de modélisation du projet. Ainsi, la possibilité de prédire quelques conditions thermiques en milieu urbain d'une manière facile et rapide encourage les concepteurs à mieux penser les ambiances microclimatiques. Cependant, et comme nous l'avons évoqué auparavant, la caractérisation physique à elle seule ne suffit pas pour l'évaluation du confort thermique dans les espaces extérieurs. Nous présentons dans la section qui suit des outils numériques permettant une étude thermo-physiologique des ambiances urbaines.

### *III.2.2 Outils numériques permettant l'évaluation thermo-physiologique*

Les outils numériques permettant l'étude approfondie des microclimats urbains sont peu connus chez les concepteurs des espaces publics. En fait, ils sont développés et exploités principalement par la communauté scientifique. Le domaine de la recherche sur le confort thermique dans les espaces publics dévoile, donc, plusieurs outils de simulation numériques basés sur des modèles de confort thermo-physiologiques (PET, UTCI, PMV...). Ces outils se présentent soit sous forme de logiciels spécifiques tels que Solene-microclimat<sup>©</sup> et ENVI-met<sup>©</sup>,

soit sous forme de modules intégrés à des logiciels de modélisation architecturale et urbaine comme Ladybug-Grasshopper® sous l'environnement de Rhinoceros 3D.

Nous présentons, ici, les outils numériques récurrents dans la littérature scientifique :

#### - ENVI-met

Classé parmi les outils les plus complets, ENVI-met a été développé spécialement pour l'étude des conditions microclimatiques (Vinet, 2000). Il est apparu pour la première fois dans la littérature scientifique en 1998. ENVI-met est, en effet, le fruit des travaux de recherche menés au RGC (Research Group Climatology) au sein du Département de Géographie de l'université de Bochum en Allemagne (Bruse, 2004; Bruse & Fleer, 1998). L'outil holistique, ENVI-met, permet la simulation des interactions entre surfaces artificielles, végétation et air en milieu urbain. Il « s'appuie sur la résolution numérique des équations de la mécanique des fluides et sur le bilan d'énergie. »<sup>72</sup> Nous citons, ici, les différentes options d'analyse possibles, extraites du site officiel du logiciel<sup>73</sup> :

- **Rayonnements solaires**

ENVI-met propose différents modules d'analyse de rayonnements solaires en tant qu'indicateurs autonomes ou faisant partie du processus intégré de simulation du microclimat. Ces outils ont la capacité de mener des analyses pour n'importe quel projet dans le monde en se basant sur des simulations tridimensionnelles du soleil et de l'ombre. Ils intègrent le calcul complexe des multi-réflexions dans l'environnement du projet.

- **Ecoulement des vents**

Les conditions aérauliques influent d'une manière importante sur les microclimats urbains. ENVI-met permet la simulation des mouvements du vent en trois dimensions dans des environnements complexes grâce à un module intégré. Ce dernier peut estimer les conditions de vent en tout point dans le projet simulé tout en calculant les vitesses des vents autour des bâtiments, sur les façades et autour de la végétation.

- **Interaction thermique bâtiment-microclimat**

Le microclimat urbain est considérablement influencé par les rejets thermiques des bâtiments. ENVI-met prend en charge l'interaction permanente entre l'ambiance thermique intérieure du bâtiment et le microclimat extérieur. Il permet la modélisation du transfert de chaleur et d'humidité à la façade du bâtiment et un calcul pronostique des températures murales

---

<sup>72</sup> COLOMBERT Morgane, op.cit. p. 131.

<sup>73</sup> <https://www.envi-met.com/>

et intérieures. De plus, ENVI-met peut générer des données micro-météorologiques à utiliser pour les logiciels de simulation énergétique des bâtiments.

- **Végétation et eau**

ENVI-met permet la simulation des éléments complexes liés à la végétation et l'eau en milieu urbain. Différents modules y sont intégrés permettant l'étude de l'évapotranspiration, l'absorption de CO<sub>2</sub> et la température des feuilles. En plus des arbres et leurs conditions de croissance, les toitures et murs végétalisés peuvent aussi être simulés. L'eau peut être utilisée de différentes manières, d'un simple bassin à une fontaine. L'outil comprend un modèle séparé de dispersion et d'évaporation de gouttelettes d'eau qui peut simuler l'effet de refroidissement d'une fine pulvérisation d'eau sur la température de l'air.

- **Polluants atmosphériques**

Comme nous l'avons vu précédemment, le taux de pollution dans l'atmosphère implique des gains thermiques supplémentaires en milieu urbain. ENVI-met, intègre un module de caractérisation de la pollution atmosphérique et de dispersion dans la simulation du microclimat. Pour analyser l'effet de différentes stratégies d'air pur, les processus de dépôt qui ont lieu sur les surfaces des plantes et des matériaux sont intégrés dans le calcul de dispersion.

- **Confort thermo-physiologique**

Au-delà de la caractérisation physique des données microclimatiques en milieu urbain, le module BioMet intégré à cet outil offre la possibilité de prédire la sensation thermique des individus. Il intègre des modules permettant la simulation des facteurs micro-météorologiques agissant sur le bilan thermique du corps humain, à savoir : température de l'air, température radiante des surfaces environnantes, écoulement aéraulique et humidité relative. Le logiciel offre une analyse de haute résolution des flux de chaleur et d'énergie provenant de l'environnement pour n'importe quelle position dans l'environnement du projet. En utilisant des indices biométéorologiques, tels que la température équivalente physiologique (PET) ou l'Indice Universel du Climat Thermique (UTCI), la sensation thermique globale d'une personne debout dans l'environnement virtuel peut être calculée pour n'importe quel scénario donné.

La figure ci-dessous (cf. [figure 42](#)) montre quelques résultats de l'étude menée par (Zölch et al., 2016) sur les stratégies d'atténuation du stress thermique par l'infrastructure urbaine verte (UGI). Les simulations faites sous ENVI-met ont permis de calculer le PET pour trois scénarios différents. En effet, trois stratégies ont été évaluées : (1) façades végétalisées (Facade M), (2) toits végétalisés (Roof M) et (3) implantation des arbres (Tree M). Les stratégies ont été étudiées

pour les conditions climatiques de 2002 et celles prévues en 2058 suite au changement climatique. L'approche de modélisation par scénario a révélé que la diminution de la chaleur change considérablement entre les différentes stratégies. Ainsi, la différence entre les valeurs du PET correspondantes est clairement visible sur les différents scénarios. Nous pouvons facilement lire que le scénario proposant l'implantation des arbres est le meilleur en termes de confort thermo-physiologique pour les différentes conditions climatiques étudiées (celles de 2002 et futures 2058).

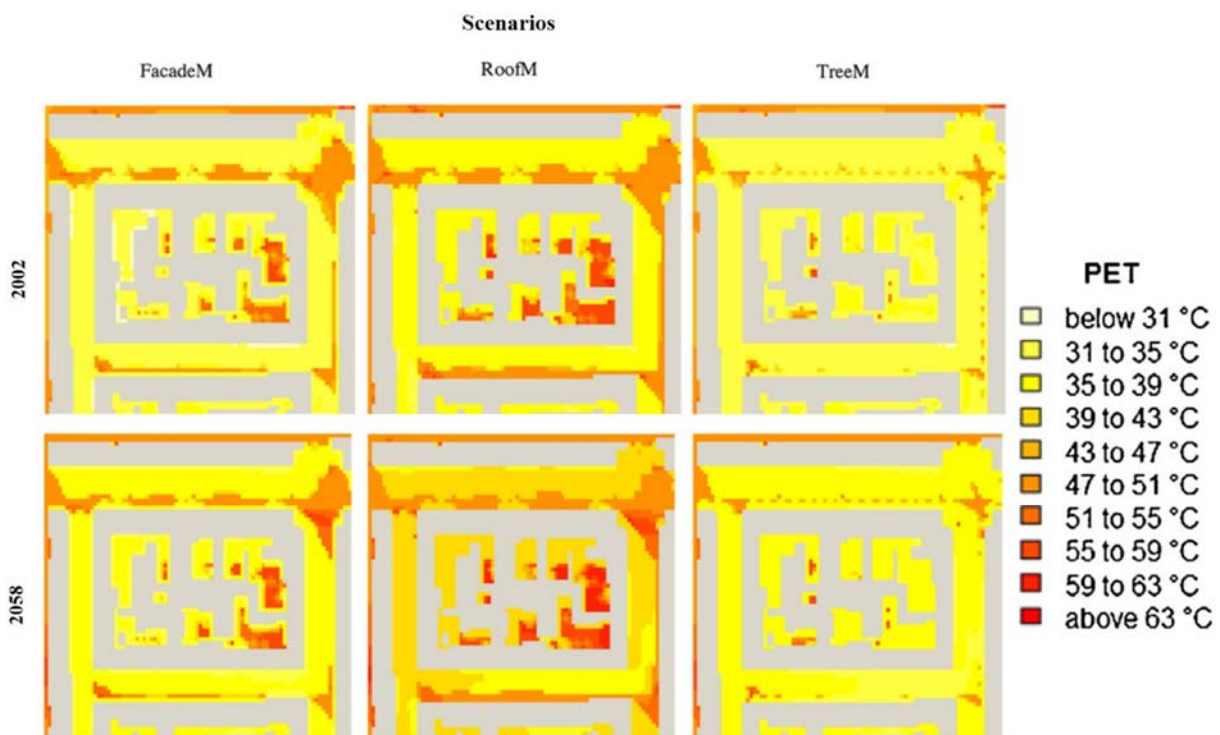


Figure 42: Simulation numérique de différents scénarios pour l'amélioration du confort thermique sous ENVI-met. Source : (Zölch et al., 2016)

### - Solene-microclimat

Solene-microclimat a été développé dans sa version initiale “Solene” pour simuler l'ensoleillement, l'éclairage et le rayonnement thermique des projets architecturaux et urbains en 3D. Depuis les années 1990, les chercheurs du CRENAU (ancien CERMA, ENSA Nantes, France) ont travaillé sur cet outil, jusqu'à l'obtention de sa version actuelle adoptant un ensemble de modules permettant la simulation du microclimat urbain dans sa complexité (Al-hafiz, 2017; Benzerzour, 2009; Bouyer, 2009). Selon (Musy et al., 2015), malgré la similitude entre ENVI-met cité auparavant et Solene-microclimat, ce dernier permet la simulation des formes géométriques complexes contrairement à ENVI-met qui présente une limite de ce point de vue. Solene-microclimat permet, donc, de caractériser plusieurs phénomènes urbains

(géométrie, forme et aménagement) tout en simulant leurs impacts sur les températures de surface, le confort extérieur, la consommation énergétique des bâtiments et l'atténuation de l'effet d'îlot de chaleur urbain. La [figure 43](#) ci-dessous montre les simulations possibles sous l'environnement de Solene-Microclimat.





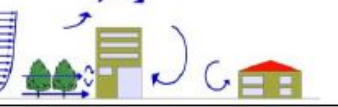

The phenomena	Figures
- Direct sunlight, solar masks.	
- Diffuse sunlight.	
- Solar inter-reflections, radiative trapping.	
- Infrared exchanges.	
- Aerodynamic phenomena.	
- Evaporative Phenomena.	

Figure 43 : Phénomènes du microclimat urbain qui peuvent être simulés sous Solene-Microclimat. Source : (Al-hafiz 2017).

A partir de la [figure 43](#) et des différentes recherches ayant exploré l'outil Solene-Microclimat (Al-hafiz, 2017; Bouyer, 2009; Musy et al., 2015; Vinet, 2000), nous pouvons énumérer les simulations qui peuvent être effectuées sous son environnement :

- **Simulation thermo-radiative :** Solene-microclimat caractérise les échanges radiatifs entre les surfaces entrant en jeu dans la composition urbaine. Les transferts thermiques sont déterminés par une séquence de traitements numériques permettant successivement le calcul des flux solaires incidents (directs et diffus), des inter-réflexions solaires et des échanges radiatives dans les grandes longueurs d'onde entre les surfaces et la voûte céleste.

- **Simulation thermo-aéraulique :** un code CFD (Computational Fluid Dynamics) couplé à Solene-microclimat permet de caractériser le transfert de chaleur convective en fonction de la vitesse locale de l'air. Ce modèle offre également la possibilité de calculer la

température de l'air et la répartition de l'humidité sur la scène urbaine en considérant les échanges convectifs entre chaque surface urbaine et l'air (Al-hafiz, 2017).

- **Simulation de l'eau et de la végétation :** Solene-microclimat intègre des modules spécifiques pour l'étude de l'évaporation des surfaces d'eau ainsi que l'évapotranspiration des végétaux. L'impact radiatif des arbres est évalué en tenant compte de leur ombrage et leur absorption du rayonnement solaire, ainsi que leur rayonnement à grande longueur d'onde. La présence de murs végétalisés ou de toitures végétalisées est modélisée comme une couche supplémentaire dans le modèle de mur.

- **Simulation thermique des bâtiments :** afin d'évaluer l'effet des transferts thermiques réciproques entre les bâtiments et l'environnement urbain, Bouyer a intégré dans SOLENE un modèle de simulation thermique dynamique multizone de bâtiments (Lotteau, 2017).

- **Simulation thermo-physiologique :** Plusieurs indices de confort thermo-physiologiques peuvent être simulés sous l'environnement de Solène-microclimat. Le calcul de ces indices (PET, PMV et UTCI) nécessite la simulation de la température radiante moyenne ( $T_{MRT}$ ). Cela a été intégré pour la première fois par Vinet (Musy et al., 2015; Vinet, 2000) en représentant le « bonhomme confort » (cf. [figure 44](#)).

Cette représentation correspond au corps pour lequel ces indices (PET, PMV et UTCI) nécessitent la simulation de la température radiante moyenne ( $T_{MRT}$ ).

#### • Grasshopper-Rhinoceros

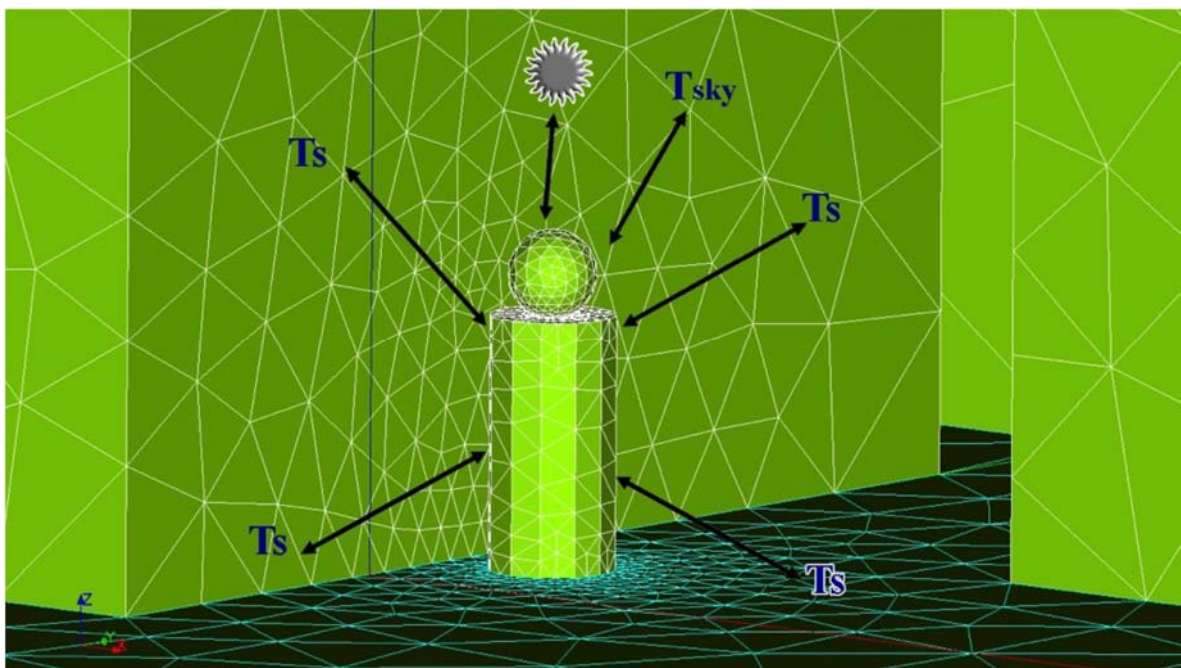
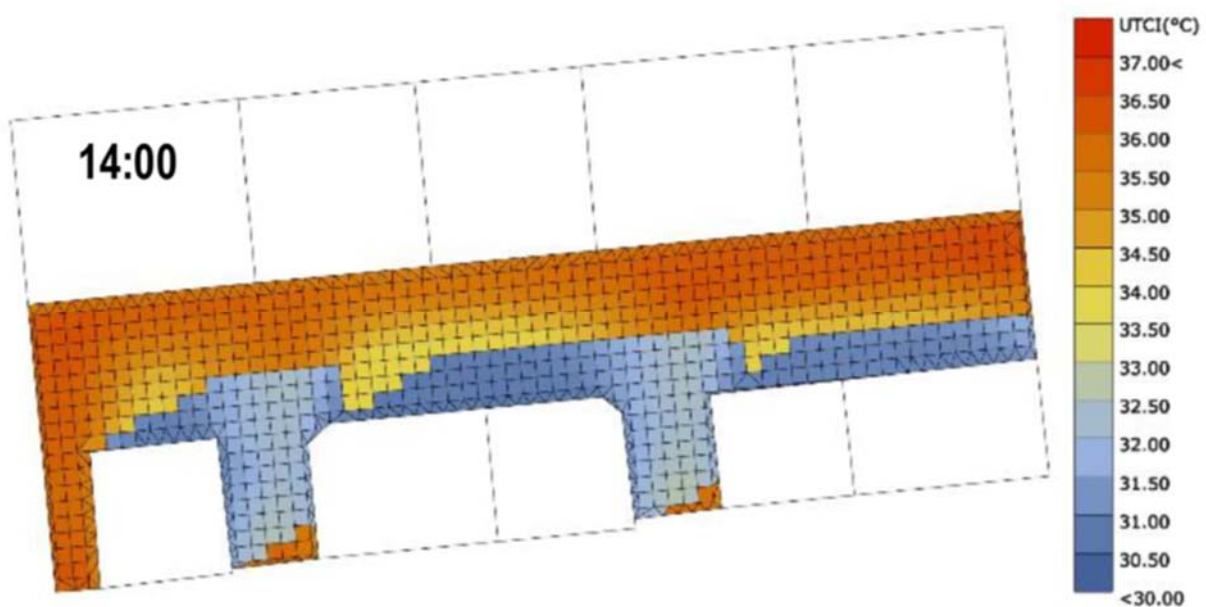


Figure 44: « Bonhomme confort » dans une scène maillée intégré à Solene microclimat. Source : (Al-hafiz, 2017).

Après avoir vu les plateformes logicielles les plus utilisées dans les études scientifiques du confort microclimatique, nous nous intéressons, ici, à un nouvel outil dédié aux concepteurs. Il s'agit d'un plugin (Grasshopper) intégré au logiciel de modélisation architecturale et urbaine (Rhinceros 3D) permettant l'étude du confort thermo-physiologique. En fait, Grasshopper est un langage et un environnement de programmation visuelle permettant le traitement paramétrique des données architecturales et urbaines. Il a été créé en 2007 par David Rutten chez Robert McNeel & Associates. Plusieurs modules intégrés à l'environnement de Grasshopper (Ladybug, Dragonfly, Honeybee...etc.) sont dédiés à la simulation des conditions microclimatiques. Ils permettent aussi le calcul des indices de confort thermo-physiologique et leur représentation sur des cartes de confort (cf. [figure 45](#)) pour des géométries basiques ou complexes.



La [figure 46](#) montre un exemple de processus d'évaluation du confort thermo-physiologique extérieur sous le même environnement de travail Grasshopper-Rhinceros (Evola et al., 2020). En fait, l'outil de programmation visuelle, Grasshopper, permet de connecter les différents modules travaillant ensemble pour l'évaluation du cas d'étude modélisé en 3D sous Rhinceros. Le module Dragonfly exécute un outil de génération des données météorologiques locales UWG (Urban Weather Generator). Ce dernier estime la température de l'air horaire et l'humidité relative dans la canopée urbaine à partir d'un fichier météo rural et génère un fichier météo local au format «.epw». Les modules Honeybee et Ladybug étudient l'interaction des enveloppes

avec les espaces intérieurs et extérieurs : ils calculent la demande d'énergie pour le chauffage et le refroidissement des locaux sur la base du moteur EnergyPlus, tout en évaluant également la température radiante moyenne extérieure. Finalement, des indices de confort sont calculés, dans ce cas l'UTCI (Indice Universel du Climat Thermique).

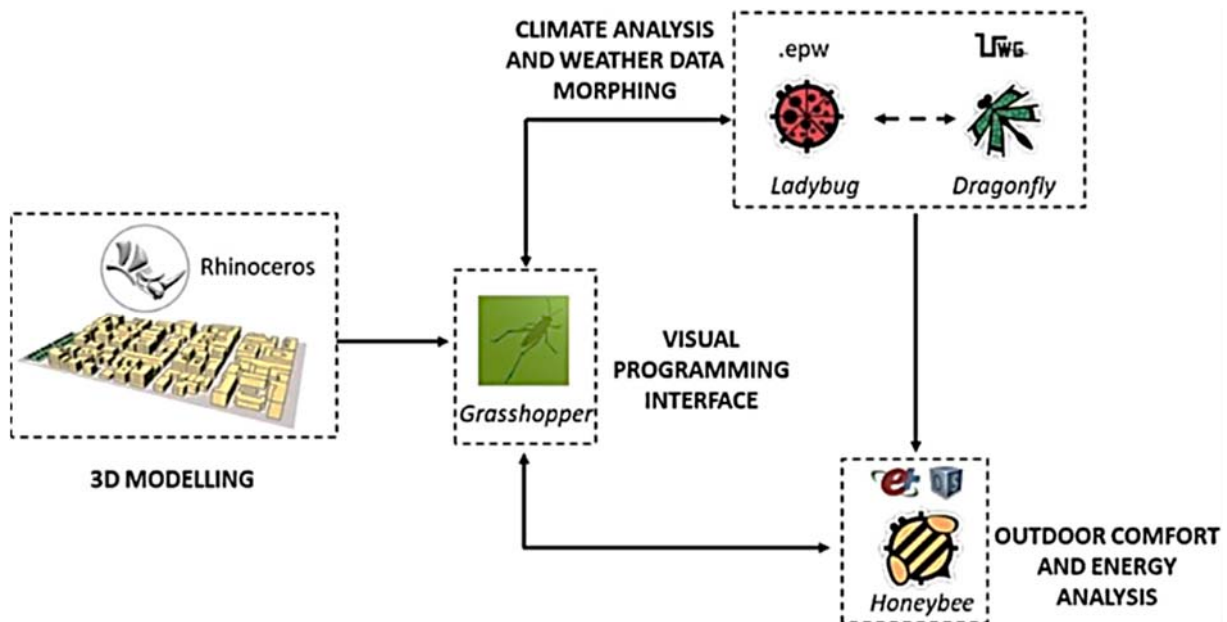


Figure 46 : Processus de simulation du confort thermique extérieur sous Grasshopper. Source : Evola 2020.

La possibilité de modéliser des formes architecturales et urbaines et d'analyser leurs effets sur le confort thermique extérieur simultanément et sous la même plateforme logicielle attire de plus en plus l'attention des praticiens et des chercheurs. La facilité d'accès à cet outil gratuit, Grasshopper, son interactivité et ses modes de visualisation des résultats semblent efficaces pour mieux considérer le confort microclimatique dans les projets urbains tout en économisant le temps de l'étude (Evola et al., 2020; Fabbri et al., 2017; Freitas et al., 2020; Natanian et al., 2020).

Enfin, nous pouvons dire que les outils numériques permettant l'étude du confort microclimatique semblent adaptés à la pratique des concepteurs. Ces derniers s'appuient, de nos jours, sur les outils de modélisation architecturale et urbaine pour la représentation de leurs projets. Mettre à leur disposition des outils de simulation du confort microclimatique leur permet d'intégrer cette notion en amont et les encouragent à proposer des projets confortables.



Nous avons vu que des outils de simulation physique intégrés aux plateformes logicielles de modélisation présentent l'avantage d'aider à la décision rapide tout en prenant en considération quelques effets environnementaux. Cependant, cette option demeure insuffisante pour proposer des projets de qualité en termes de confort thermique extérieur. D'autres aspects sont toujours manquants (physiques, physiologiques et sensibles). D'autres outils plus complets sont aussi disponibles tels que « ENVI-met » et « Solene-Microclimat ». Ils intègrent la dimension physiologique qui permet une certaine évaluation du confort thermique extérieur. Par ailleurs, ces outils développés principalement pour le domaine de la recherche semblent trop compliqués pour les concepteurs. De plus leur mode de fonctionnement indépendant des logiciels de modélisation fait qu'ils restent loin de la pratique architecturale et urbaine. Enfin, un dernier outil « Grasshopper » semble plus adapté à la pratique architecturale et urbaine. Il offre à la fois la possibilité de modéliser les projets et de simuler les conditions microclimatiques qui en découlent. Ainsi, une évaluation thermo-physiologique peut être générée suite aux calculs des indices de confort extérieur (UTCI, PET, PMV...).

Face à la multitude des outils numériques, nous nous rendons compte que, tout comme pour les méthodes expérimentales, leurs modèles d'évaluation du confort demeurent inadaptés pour des contextes où ils n'ont pas été testés. L'état de l'art développé permet de mettre en évidence l'absence totale de la dimension sensible dans tous les outils numériques étudiés.

Ce chapitre a été dédié à la recherche sur les méthodes existantes d'évaluation du confort microclimatique. Nous avons présenté dans un premier lieu les méthodes expérimentales assez avantageuses en termes de résultats adaptés aux cas étudiés. Leurs approches permettent l'étude approfondie de tous les aspects du confort microclimatique (physiques, physiologiques et sensibles). Néanmoins il s'est avéré que ce genre d'approches ne convient pas à la pratique architecturale et urbaine car elles sont très coûteuses en termes de temps et de matériel de mesures. Ainsi, les modèles numériques qui en découlent sont adaptés uniquement aux cas pour lesquels ils ont été développés. Dans la seconde partie, les méthodes de simulation numérique des conditions microclimatiques et du confort ont été mises en lumière. Les outils proposés par ces méthodes s'avèrent être les mieux maîtrisés et les plus utilisés par les concepteurs des espaces architecturaux et urbains. Ils leur permettent d'intégrer la dimension du confort microclimatique tout en économisant le temps d'étude. Cependant, les modèles thermo-physiologiques alimentant ces outils numériques ne sont pas adaptés à tous les contextes climatiques et socioculturels.

Les limitations scientifiques ainsi que la complexité de ces méthodes nuisent à leur appropriation et à leur utilisation par les acteurs à l'échelle urbaine. La question du confort microclimatique est donc peu souvent prise en compte, ce qui conduit à la conception d'espaces urbains peu confortables. Pour cela, nous présentons dans le prochain chapitre notre méthodologie visant une évaluation globale et adaptée à la pratique architecturale et urbaine du confort microclimatique.

## **IV. Chapitre 4**

### **Choix des outils méthodologiques et contexte d'étude**

Dans la première partie de ce chapitre, nous présentons la stratégie méthodologique développée afin d'atteindre les objectifs de notre thèse. Les outils méthodologiques utilisés sont dévoilés tout en justifiant leurs choix et leurs apports. Dans la deuxième partie, nous mettons l'accent sur le contexte où notre méthodologie spécifique est appliquée. Le cas particulier d'Alger est, donc, présenté tout en abordant son contexte géographique, climatique, et historique. Ce dernier met en lumière le développement architectural et urbain des espaces publics d'Alger sous l'influence de plusieurs cultures qui l'ont traversé.

## Contenu du Chapitre

<b>IV. Chapitre 4 Choix des outils méthodologiques et contexte d'étude</b>	<b>99</b>
IV.1 Choix des outils méthodologiques.....	101
IV.1.1 Caractérisation physique préliminaire des ambiances thermiques par simulation numérique.....	102
IV.1.2 Promenades micro-météorologiques .....	106
IV.1.2.1 Mesures micro-météorologiques .....	106
IV.1.2.1.1 Paramètres mesurés .....	107
IV.1.2.1.2 Instruments de mesure.....	107
IV.1.2.1.3 Calcul d'un indice objectif (UTCI) .....	110
IV.1.2.2 Données sensibles.....	111
IV.1.2.2.1 Structuration et élaboration du questionnaire.....	112
IV.1.2.2.2 Calcul d'un indice subjectif (APCI).....	114
IV.2 Choix du contexte d'étude .....	117
IV.2.1 Contexte géographique et climatique .....	117
IV.2.1.1.1 Situation géographique.....	117
IV.2.1.1.2 Contexte climatique.....	119
IV.2.2 Contexte architectural et urbain d'Alger au fil du temps .....	120
IV.2.2.1 Alger sous l'empire romain .....	120
IV.2.2.2 Alger au moyen-âge (Djezair Bani Mezghanna) .....	121
IV.2.2.3 Alger à l'époque ottomane.....	123
IV.2.2.4 Alger à l'époque coloniale.....	126
IV.2.2.5 Alger postcoloniale.....	132

## IV.1 Choix des outils méthodologiques

Afin de répondre à nos questionnements de départ, nous présentons dans cette section les outils méthodologiques choisis pour mener à bien ce travail. Nous souhaitons tout d'abord rappeler que les motivations principales de cette thèse sont liées d'une part à notre constat d'un stress thermique dans les espaces publics en période estivale, et d'autre part, à notre pratique dans le domaine de l'architecture et d'urbanisme. Nous visons, donc en premier lieu, à identifier les causes du stress thermique dans les espaces publics en période d'été afin de tirer des leçons de l'existant pour mieux concevoir des ambiances confortables à l'avenir. Le second objectif est de mettre à la portée des concepteurs un outil adapté à leurs pratiques mais aussi à tout contexte étudié.

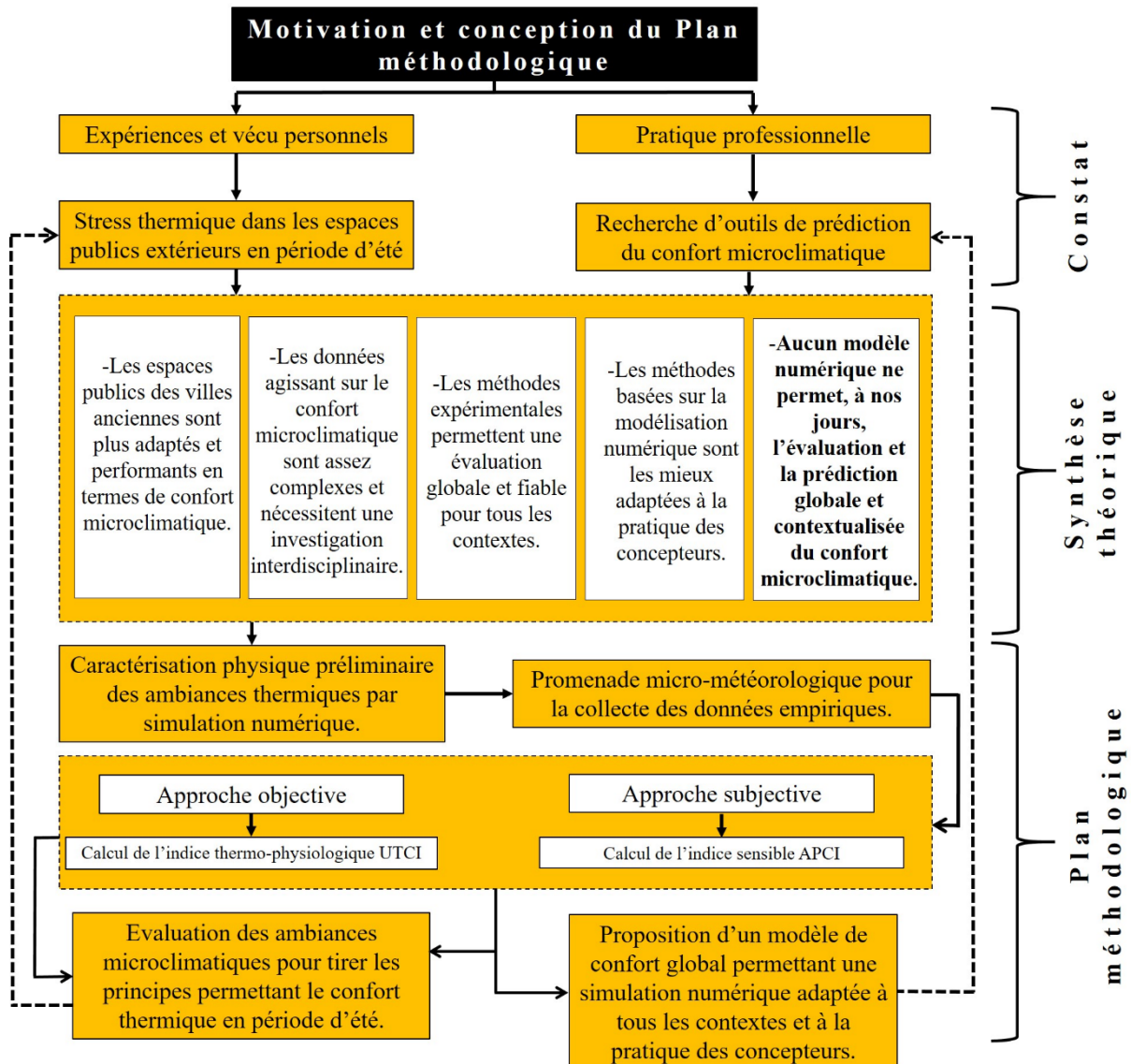


Figure 47: Réflexion méthodologique. Source : Auteure.

La [figure 47](#) explique, donc, le développement de notre réflexion méthodologique qui sera détaillée dans les différentes sections de ce chapitre. Ainsi, après avoir établi un état de l'art approfondi, nous avons choisi les outils méthodologiques à explorer dans un contexte géographique et socio-culturel rarement étudié d'un point de vue microclimatique. La complexité de l'évaluation du confort thermique à l'échelle urbaine et les outils les mieux adaptés à la pratique des concepteurs ont été pris en considération. Notre étude est donc basée sur une réflexion méthodologique qui regroupe des approches complémentaires afin d'évaluer les ambiances thermiques à l'échelle du quartier de façon globale. Nous avons commencé notre processus d'évaluation par une simulation numérique pour modéliser les radiations solaires dans les différentes configurations urbaines existantes. Cette simulation nous a servi de guide pour mener à bien nos études de terrain. Ces dernières se sont développées sous formes de promenades micrométéorologiques conjugant deux approches (objective et subjective). Les données collectées ont permis d'évaluer les conditions microclimatiques des sites étudiés d'une part, et de calculer deux modèles de confort (l'UTCI, indice objectif et l'APCI, indice subjectif) d'autre part. Le calcul de ces indices et leur corrélation nous a permis de proposer un nouveau modèle de confort microclimatique plus complet permettant une simulation numérique adaptée à tous les contextes et à la pratique des concepteurs.

#### *IV.1.1 Caractérisation physique préliminaire des ambiances thermiques par simulation numérique*

Comme nous l'avons vu dans le chapitre précédent, des modules intégrés à certains logiciels de modélisation architecturale et urbaine permettent de simuler des conditions microclimatiques d'une manière plus ou moins facile et rapide. Etant donné que l'objet principal de cette thèse est le confort microclimatique en période d'été, nous avons choisi de simuler le paramètre qui nous a semblé le plus pertinent : l'ensoleillement. Afin de préparer notre investigation expérimentale, nous avons décidé d'effectuer cette simulation sous un outil de modélisation intégré à une plateforme logicielle connue par les concepteurs (Autodesk Revit®). L'idée était d'investir les résultats de cette caractérisation comme un guide pour mener à bien nos études de terrain.

L'outil Solar Analysis (Autodesk Insight 360®) a été donc choisi pour modéliser les radiations solaires touchant les espaces publics de notre cas d'étude (qui sera présenté dans la partie suivante de ce chapitre). Nous avons choisi ce logiciel pour sa facilité de prise en main et la fiabilité de ses résultats d'ordre physique. Il s'agit de l'une des fonctions du plugin Autodesk Insight 360® que l'on peut ajouter au logiciel Autodesk Revit® 2017 (cf. [figure 48](#)). Cette fonction, Solar Analysis, permet de visualiser dans l'environnement d'Autodesk Revit® les résultats des radiations solaires sur des surfaces urbaines en 3D.



Figure 48 : Chaîne d'analyse des radiations solaires sous Autodesk Revit®. Source : Auteure.

L'analyse de l'ensoleillement par Solar Analysis nécessite le suivi d'un certain nombre d'étapes :

- Création du modèle géométrique dans un outil de modélisation architecturale et urbaine (BIM).
- Importation des données au format IFC, seul format permettant l'analyse par Insight 360. Cette étape est nécessaire uniquement dans le cas où le projet est dessiné dans un autre logiciel, comme dans notre cas sous Graphisoft archicad.20. (cf. [figure 49](#)).



Figure 49 : Importation des données, à analyser, sous format IFC. Source : Auteure.

- Affichage de la vue 3D et configuration des paramètres du soleil. La réalisation de l'analyse des radiations solaires nécessite que le dessin soit visionné en 3D, le logiciel ne pouvant calculer sur une vue 2D. La fenêtre de configuration des paramètres du soleil permet de définir la localisation géographique et la période d'analyse (cf. [figure 50](#)).

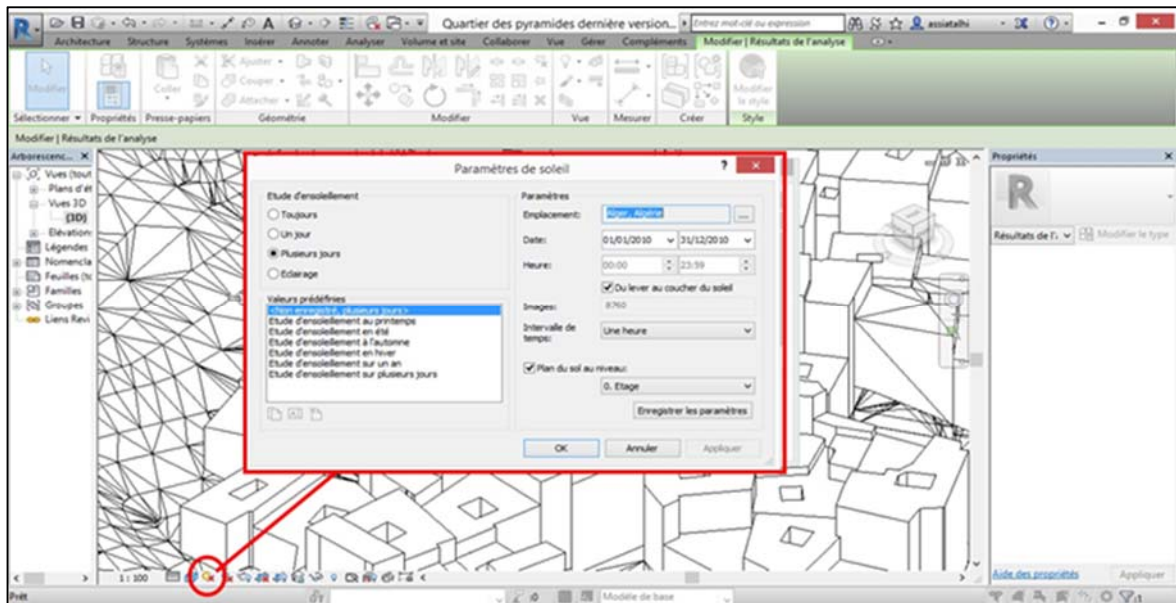


Figure 50 : Configuration des paramètres du soleil. Source : auteure.

Définition des paramètres de l'analyse dans Solar Analysis illustrée dans la [figure 51](#) :

- Type de l'étude : l'outil propose deux types d'étude « Custom » ou « Solar Energy-annual PV ». Il faudra choisir le type « Custom » qui permet une simulation des rayonnements solaires. Le deuxième type permet une simulation annuelle pour déterminer les estimations de production d'énergie Photovoltaïque.
- Surfaces géométriques à analyser,
- Type de résultats souhaité : insolation cumulative, insolation pic ou insolation moyenne,
- Style de représentation.



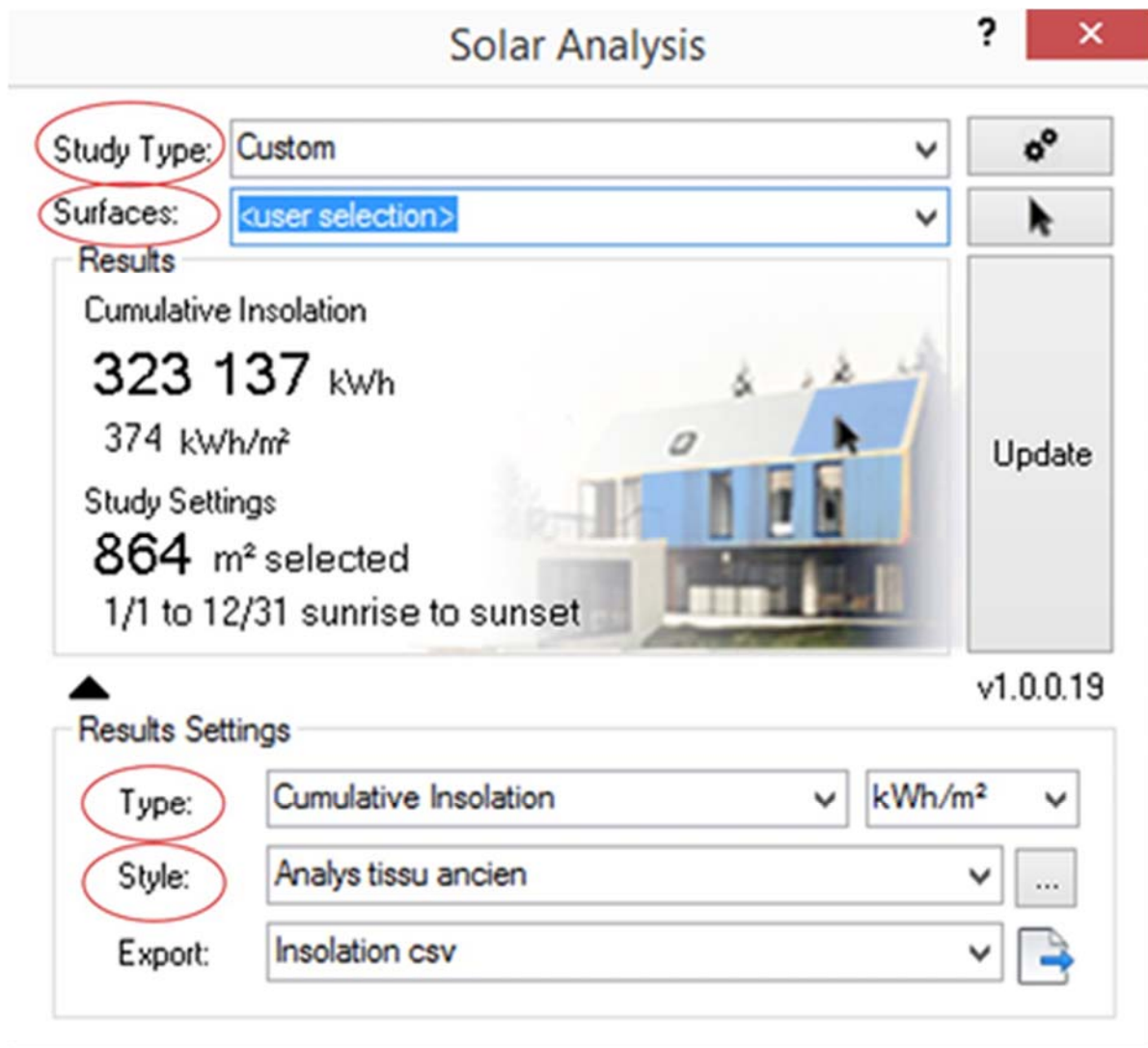


Figure 51 : Fenêtre de renseignement des résultats et mode de représentation souhaités. Source : Auteure.

- Lancement de l'analyse et visualisation des résultats : ces derniers peuvent être visualisés directement sur les surfaces géométriques et peuvent également être exportés.

Nous rappelons que les résultats de cette simulation seront exploités comme première étape de définition du cadre expérimental (cf. [V.1 Définition du cadre expérimental](#)).

### *IV.1.2 Promenades micro-météorologiques*

La première étape de notre cadre méthodologique était la simulation des rayonnements solaires. Cette phase nous a permis de visualiser les espaces publics les plus exposés et les moins exposés au soleil selon la configuration urbaine étudiée. Evidemment, cette simulation à elle seule, ne suffit pas pour évaluer les ambiances thermiques dans les espaces publics. La démarche empirique que nous proposons dans cette étude est basée sur une investigation combinée (cf. [III.1.2 approches subjectives](#)). Il s'agit d'une approche longitudinale qui permet de conjuguer approche objective et subjective simultanément d'une manière dynamique. Nous l'avons nommé « promenade micro-météorologique » en s'inspirant de la méthode du « parcours commenté » (Adams, 2012; J. Thibaud, 2001). Nous rappelons que cette méthode permet un croisement des données collectées grâce aux enquêtes par questionnaire et mesures physiques.

La promenade micro-météorologique se matérialise par un parcours urbain qui permet d'interroger des personnes sur leurs ressentis et leur satisfaction en matière de confort microclimatique dans différentes configurations urbaines prédéfinies. En parallèle, les enquêteurs réalisent un protocole de mesures micro-météorologiques (d'où la dénomination de la technique). Nous avons proposé cette méthode pour évaluer différents espaces urbains sous des conditions météorologiques similaires en interrogeant les mêmes sujets. Pour cela, nous avons veillé à ce que la durée de la promenade ne soit pas trop longue. La durée des promenades ainsi que d'autres détails du protocole de mesures seront présentés dans la dernière partie de ce chapitre (cf. V.1. Définition du cadre expérimental). Nous notons, ainsi, que pour aboutir à des résultats fiables et représentatifs, une pré-enquête a été effectuée en période d'hiver. Cette investigation associée aux résultats de la caractérisation numérique préliminaire nous a permis de définir le cadre expérimental final étudié en période d'été.

Dans les sections qui suivent, nous mettons en lumière les deux approches investiguées (objective et subjective). Pour chaque approche, nous présentons les indices de confort choisis pour être calculés, comparés et corrélés afin de proposer un indice global d'évaluation du confort microclimatique.

#### *IV.1.2.1 Mesures micro-météorologiques*

Les données climatiques offertes par les stations météorologiques ne permettent pas de caractériser les conditions thermiques à l'échelle d'une typo-morphologie urbaine spécifique.

Elles correspondent aux données régionales mesurées à une hauteur importante par rapport à celle ressentie par l'utilisateur. Comme nous l'avons vu précédemment, la ville engendre des microclimats urbains spécifiques selon la morphologie du bâti, les matériaux utilisés et les activités urbaines. La collecte des données microclimatiques en milieux urbains nécessite, donc, une investigation locale. Pour notre cas, nous avons défini un protocole de mesures basé sur le relevé des paramètres climatiques agissant sur l'état thermique des usagers.

#### **IV.1.2.1.1 Paramètres mesurés**

Comme nous l'avons dit précédemment, dans un espace extérieur, c'est l'apport des rayonnements solaires qui favorise la chaleur urbaine. Pour cela, des mesures de la température rayonnante ( $T_g$ ) sont indispensables pour caractériser les ambiances thermiques dans les espaces publics extérieurs. Evidemment, ce premier paramètre n'est pas suffisant, d'autres paramètres entrent aussi en jeu et influent sur le bilan thermique des espaces urbains mais aussi celui des usagers. En plus de la température rayonnante ( $T_g$ ), la température et la vitesse de l'air ( $T_a$ ), le taux d'humidité dans l'air ( $Rh$ ) sont les paramètres que nous avons mesurés in-situ afin de caractériser les ambiances thermiques. Il est à noter que toutes les mesures ont été effectuées à l'échelle des usagers, soit à environ 1.1 mètres au-dessus du sol, ce qui correspond au centre de gravité d'un piéton (Naboni et al., 2017).

#### **IV.1.2.1.2 Instruments de mesure**

Parmi les conditions les plus importantes pour effectuer une expérimentation d'ordre microclimatique, nous pouvons citer l'accès aux instruments de mesure. Dans notre cas, par exemple, l'indisponibilité des capteurs nécessaires au début de ce travail, nous a coûté un temps important avant d'entamer la partie expérimentale de l'étude. La collaboration avec l'équipe de recherche GRECCAU, nous a permis de nous procurer quelques outils pour effectuer nos premiers essais sur terrain. A noter que les outils utilisés pour la campagne d'hiver n'étaient pas les mêmes que ceux pour la campagne d'été suite à une acquisition d'un nouveau matériel de mesure. Cela n'impacte en rien les résultats, étant donné que les outils utilisés présentent des caractéristiques semblables. De plus, la première campagne servait de test préliminaire de la méthode. Les données des deux campagnes n'ont pas été confrontées entre elles. Ci-dessous, les capteurs utilisés pour les deux campagnes :

- **Instruments de mesure utilisés pour la campagne d'hiver**

Dans la [figure 52](#), nous présentons à gauche l'outil utilisé pour relever les températures rayonnantes ( $T_g$ ). Le Data Logger Thermometer (YC-747U) dispose d'une sortie permettant de le relier à un corps noir qui capture tous les rayonnements pouvant atteindre l'utilisateur d'un espace public. Le fil capteur doit être fixé au centre du globe faisant 3.5cm de diamètre. Ci-dessous les caractéristiques techniques de l'outil :

- Plage de mesure :  $-100^{\circ}\text{C}\sim+1300^{\circ}\text{C}$ .
- Résolution :  $0.1^{\circ}\text{C}/0.1^{\circ}\text{F}$ .
- Précision :  $\pm [0.1\% + 0.7^{\circ}\text{C} (1.4^{\circ}\text{F})]$ .



Figure 52 : Matériels de mesure utilisés pour la campagne d'hiver. À gauche, data logger thermometer (YC-747U) à droite thermo-hygro-anemometer (PCE-THA 10). Source : Auteure.

Dans la même [figure 52](#), à droite, nous présentons l'outil utilisé pour mesurer la température et la vitesse de l'air ( $T_a$ ,  $V_a$ ) et le taux d'humidité dans l'air ( $R_h$ ). Il s'agit du Thermo-Hygro-Anemometer (PCE-THA 10) qui est soumis aux caractéristiques techniques suivantes :

- Plage de mesure :
  - Température de l'air :  $-15\sim+50^{\circ}\text{C}$
  - Vitesse de l'air :  $0.4\sim35\text{ m/s}$
  - Taux d'humidité dans l'air :  $5\sim95\%$
- Résolution :
  - Température de l'air :  $0.1^{\circ}\text{C} (0.1^{\circ}\text{F})$
  - Vitesse de l'air :  $0.1\text{ m/s}$
  - Taux d'humidité dans l'air :  $0.1\%$
- Précision :
  - Température de l'air :  $\pm 0.6\text{ C}$
  - Vitesse de l'air :  $\pm 3\text{ m/s}$ .
  - Taux d'humidité dans l'air :  $\pm 5\%$ .

- **Instruments de mesure utilisés pour la campagne d'été**

Pour la campagne d'été, nous avons choisi des instruments de mesure plus faciles à utiliser sur terrain. Les relevés sont effectués, donc, à l'aide d'un thermomètre-hygromètre (Heat index cheker 8778) pour la  $T_a$ , la  $T_g$  et la Rh et d'un anémomètre (Hot wire anemometer PCE-423) pour la  $V_a$ . Le Heat index cheker 8778 est doté d'un corps noir de 7.5cm de diamètre et des caractéristiques suivantes :

- Plage de mesure :
  - Température de l'air : 0~50 (°C).
  - Température rayonnante : 0~80 (°C).
  - Taux d'humidité dans l'air : 0~100 %.
- Résolution :
  - Température de l'air : 0.1 (°C) / (°F).
  - Température rayonnante : 0.1 (°C) / (°F).
  - Taux d'humidité dans l'air : 0.1%.
- Précision :
  - Température de l'air :  $\pm 0.6$  (°C).
  - Température rayonnante :  $\pm 1.5$  (°C) (15~40) (°C).
  - Taux d'humidité dans l'air :  $\pm 3\%$  (10~90 % Rh).



Figure 53: Matériels de mesure utilisés pour la campagne d'été. À gauche, Heat Index Cheker 8778, à droite Hot Wire Anemometer (PCE-423). Source : Auteurs

Les vitesses de l'air ont été mesurées en utilisant le Hot Wire Anemometer (PCE-423) (cf. [figure 53](#)). Il permet :

- Plage de mesure : 0,1 ... 25,0 (m/s).
- Résolution : 0,01(m/s).
- Précision :  $\pm 5\% \pm 1$ .

#### IV.1.2.1.3 Calcul d'un indice objectif (UTCI)

Les données micro-météorologiques collectées, in-situ, permettent non seulement la caractérisation des ambiances thermiques dans les différents espaces étudiés mais aussi le calcul d'un indice thermo-physiologique, l'UTCI. Ce dernier a été choisi car dans la littérature scientifique il apparait performant pour l'analyse de l'environnement thermique extérieur dans la planification et la conception urbaine et paysagère (Park et al., 2014). De plus, il a été développé spécialement pour l'évaluation du confort thermique extérieur contrairement aux autres indices (PET et PMV) qui ont été initialement créés pour l'étude des espaces intérieurs, puis ont été adaptés pour l'étude de l'environnement urbain (Golasi et al., 2018). Les données d'entrée pour le calcul de l'UTCI incluent quatre paramètres météorologiques (cf. [Equation 6](#)) : la température de l'air, la température moyenne radiante, l'humidité relative de l'air et la vitesse du vent à une hauteur de 10 m (NASSIRI et al., 2017). Deux autres paramètres sont également inclus dans le modèle, à savoir la vêtture et le taux métabolique. Concernant la vêtture, le calcul de l'UTCI intègre un modèle avancé permettant de considérer l'habillement en fonction des paramètres climatiques (Li et al., 2018). Quant au taux métabolique fixe utilisé, il correspond à une valeur représentative de la marche (2.3 Met ou 135 W/m<sup>2</sup>) (Bröde et al., 2012). A partir de ces données, le modèle définit la température de l'air de la condition de référence dont la réponse est identique à celle des conditions réelles (Błażejczyk et al., 2013).

$$UTCI = f(T_a; T_{mrt}; V_{10}; Rh) \quad 6$$

Quand  $T_a$  et  $Rh$  sont la température de l'air (°C) et l'humidité relative (%), relevées directement sur terrain,  $T_{mrt}$  est la température moyenne radiante définie par [l'équation 7](#) (Rosso et al., 2017; Taleghani et al., 2014).

$$T_{mrt} = [(T_g + 273.15)^4 + (1.1 \times 108 V_a^{0.6} / \varepsilon D^{0.4}) \times (T_g - T_a)]^{1/4} - 273.15 \quad 7$$

$T_g$  est la température globe (température rayonnante) (°C).

$V_a$  est la vitesse de l'air (m/s).

$T_a$  est la température de l'air (°C).

$\varepsilon$  est l'émissivité du globe,  $\varepsilon = 0.95$ .

$D$  diamètre du globe (m), pour notre cas  $D = 0.075$ m.

$V_{10}$  est la vitesse de l'air à la hauteur de 10m, définie par [l'équation 8](#).

$$V10 = Va \times \frac{\log\left(\frac{10}{0.01}\right)}{\log\left(\frac{x}{0.01}\right)}$$

8

L'indice ainsi proposé permet de classer les espaces étudiés en fonction d'un niveau de stress thermique allant de « extreme cold stress » à « extreme heat stress » (cf. [figure 54](#)).

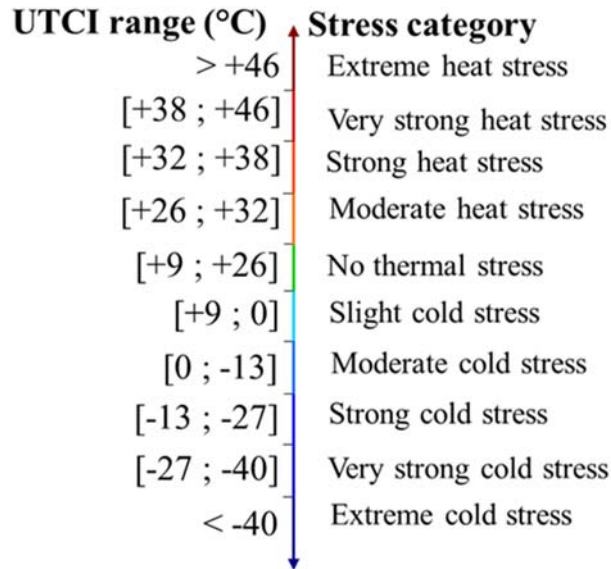


Figure 54: Echelle de classement de l'UTCI. Source : (Bröde et al. 2012).

Nous notons que différents outils numériques peuvent calculer l'UTCI à partir des données d'entrée mesurées in-situ. Nous citons à titre d'exemple, l'outil disponible en ligne <http://www.utci.org/utcineu/utcineu.php> et le module Lady-bug intégré à Grasshopper-Rhinoceros. Dans notre étude, nous avons utilisé le module Lady-bug pour calculer l'UTCI, à partir des données empiriques et non dans le cadre d'une simulation basée sur un modèle 3D.

#### IV.1.2.2 Données sensibles

Afin de compléter notre protocole de collecte de données empiriques, le ressenti des usagers a été relevé sur tous les points de mesure appartenant au parcours urbain prédéfini. Le questionnaire auprès des individus était, donc, l'outil choisi pour collecter les données sensibles. La structuration et la formulation des questions a suivi une logique visant à répondre au double objectif de cette thèse, à savoir dans un premier temps, évaluer les ambiances urbaines existantes afin de tirer des leçons permettant la production d'espaces publics confortables d'un point de vue microclimatique. Dans un second temps, l'intégration du facteur sensible dans les outils numériques de modélisation du confort microclimatique a été au cœur de notre réflexion d'élaboration des différentes parties du questionnaire. Ces dernières sont

présentées dans les sections qui suivent, ainsi que l'indice de confort subjectif calculé à partir des données recueillies.

#### **IV.1.2.2.1 Structuration et élaboration du questionnaire**

Tout comme l'approche objective, l'approche subjective vise la caractérisation des ambiances thermiques au sein des espaces publics étudiés. De plus, cette approche met en évidence l'évaluation du confort global et son impact sur la perception du confort microclimatique et vice-versa. Comme nous l'avons vu dans le corpus théorique développé auparavant ([cf. II.3 Du confort global au confort thermique](#)), l'évaluation subjective des espaces publics par les individus implique tous les sens. La dimension thermique ne peut pas être détachée de l'ambiance globale. Suite aux objectifs de l'étude, nous voulions recueillir le maximum de données sensibles pour mieux comprendre et identifier les facteurs impactant la perception des ambiances thermiques dans les espaces publics extérieurs. Cela a été traduit par des questions ouvertes permettant l'identification de la perception globale des différentes configurations urbaines étudiées. D'autre part, des questions à choix unique constituent une partie importante du questionnaire. Ces questions fermées étaient orientées particulièrement vers les sensations micro-météorologiques.

L'investigation sensible a été basée sur l'administration d'un questionnaire aux individus qui ont participé aux promenades micro-météorologiques. Notre outil a été fondé sur trois parties distinctes conduisant à la distribution d'une dizaine de pages par individu. Le nombre de pages dépend, en effet du nombre de configurations urbaines (points de mesure) que couvre la promenade micro-météorologique. Les questions ont été, donc, présentées comme suit :

- **Question avant le commencement de la promenade micro-météorologique :**

Avant de commencer la promenade, nous avons veillé à bien expliquer le déroulement de la promenade aux sujets interrogés. En effet, le temps nécessaire pour effectuer le parcours a été communiqué et un plan urbain montrant le parcours et les différents points de mesure a été présenté dans la première page du questionnaire. Sur la même page, une question interrogeant l'importance de cinq paramètres microclimatiques pour le bien-être en ville a été posée ([cf. figure 55](#)).



**Question :** Quelle importance accordez-vous à ces différentes conditions climatiques, pour votre bien-être en ville ? :  
(Donnez une réponse par ligne)

	<b>Pas du tout important</b>	<b>Peu important</b>	<b>Moyennement important</b>	<b>Assez important</b>	<b>Tout à fait important</b>
Le taux d'humidité	1	2	3	4	5
La vitesse de l'air	1	2	3	4	5
La température de l'air	1	2	3	4	5
L'ensoleillement	1	2	3	4	5
L'ombre	1	2	3	4	5

Figure 55: Identification de l'importance de chacun des paramètres microclimatiques pour le bien-être en ville.

Cette question, à choix unique, a pour objet de classer de 1 à 5 les paramètres de « pas du tout important » à « tout à fait important » dans la perception du confort en ville. Les données collectées suite à cette question permettent de définir le confort microclimatique pour le contexte étudié. Cela se fait à travers le calcul de coefficients correcteurs (Ci) permettant le calcul d'un indice subjectif d'évaluation du confort microclimatique (APCI) ([cf. IV.1.2.2.2 Calcul de l'APCI](#)). Nous avons mis cette question en amont des promenades pour interroger le background des individus avant l'expérimentation, ceci afin d'éviter l'influence des conditions micro-météorologiques vécues en effectuant les promenades.

**- Questions au sein de chaque configuration urbaine étudiée :**

La deuxième partie du questionnaire consiste à adresser les mêmes questions pour évaluer le ressenti des individus dans chacune des configurations urbaines étudiées. Une page comprenant trois questions ouvertes et cinq questions fermées a été remplie pour chaque point de mesure. La date et le numéro qui correspond au point de mesure ont été renseignés avant de distribuer le questionnaire. Quant à l'heure de la réponse, elle a été remplie par les personnes interrogées une fois arrivées dans l'espace à évaluer. Afin de capter le ressenti des sujets interrogés ainsi que leurs attentes en termes de confort global, nous avons commencé le questionnaire spécifique à chaque configuration urbaine par trois questions ouvertes. Ces dernières visent à définir les aspects positifs et négatifs de chaque configuration urbaine mais aussi les améliorations possibles selon les souhaits des personnes interrogées. Nous avons demandé aux interrogés de citer tous les aspects qui les ont interpellés tout en veillant à ne pas influencer leurs réponses. Leurs discours nous permettent, donc, de situer et d'évaluer la dimension microclimatique dans la caractérisation globale de chacune des configurations urbaines étudiées.

Les questions fermées permettent d'identifier les sensations immédiates par rapport aux paramètres micro-météorologiques. Ces derniers correspondent aux mêmes paramètres introduits dans la première question. Il s'agit de la perception de la température et la vitesse de l'air, le taux d'humidité dans l'air, la quantité d'ensoleillement et d'ombre. Cinq échelles de satisfaction permettaient d'évaluer ces paramètres de « tout à fait satisfaisants » à « tout à fait insatisfaisants » en passant par la sensation neutre qui correspond à la valeur de 0 sur l'échelle de satisfaction (cf. [figure 56](#)).

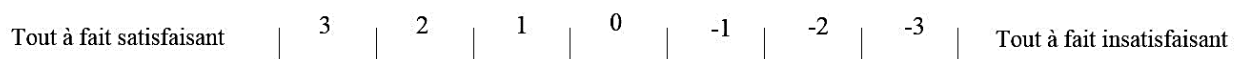


Figure 56: Exemple d'une échelle de satisfaction.

Nous notons qu'en plus d'évaluer subjectivement les différentes configurations urbaines étudiées, les données recueillies suite à ces questions permettent aussi le calcul d'un indice de confort contextualisé et purement subjectif. Il s'agit de l'APCI, que nous présentons dans sa version détaillée dans la section qui suit ([cf. IV.1.2.2.2 Calcul de l'APCI](#)).

**- Questions en fin de la promenade micro-météorologique :**

A l'issue de la promenade, les citoyens ont été amenés à classer les configurations parcourues selon leur degré de préférence, en indiquant les éléments forts qui les ont guidés dans l'établissement de ce classement. Enfin, les caractéristiques personnelles (âge, sexe, lieu d'habitations...) et les informations sur la vêtue ont été relevées. Nous signalons que la population interrogée n'a pas fait l'objet d'un grand travail d'échantillonnage. Nous avons opté pour des participants disponibles pour effectuer des promenades à l'échelle urbaine. Ainsi, nous avons veillé à faire participer des personnes des deux sexes et de différentes tranches d'âges afin diversifier la population participante aux promenades micro-météorologiques. Nous présentons en annexes le contenu du questionnaire tel qu'il a été proposé aux participants sous sa version française (cf. [annexe I 1. Questionnaire en langue française](#)) et arabe (cf. [annexe I 2. Questionnaire en langue arabe](#)).

**IV.1.2.2.2 Calcul d'un indice subjectif (APCI)**

Les données recueillies suite à l'investigation subjective permettent de calculer un indice de confort microclimatique sensible, appelé APCI (Indice Moyen de Confort Perçu ou APCI Average Perceived Comfort Index). Ce dernier a été calculé en utilisant sa version améliorée

(Talhi et al., 2020). Il a été choisi comme indice subjectif parce qu'il est basé sur une définition du confort microclimatique établie au préalable par la population du site étudié (Barlet, 2003). Cet indice, présentant une sensibilité considérable au contexte socioculturel des cas étudiés, prend en compte le degré de satisfaction de citoyens locaux vis-à-vis de différents paramètres climatiques, par rapport à une situation idéale de référence. Leurs évaluations sont ensuite moyennées et pondérées en fonction de l'importance accordée à chacun de ces paramètres par les citoyens interrogés. En termes de calcul, cette importance accordée se traduit par des coefficients correcteurs  $C_i$  (cf. [Equation 9](#)). Ces derniers sont définis à partir du classement des différents paramètres climatiques pour le bien-être en ville, ou (items), en fonction de leur importance, selon une échelle allant de 1 (pas du tout important) à 5 (tout à fait important). Ces items, dans notre étude, sont au nombre de  $n=5$ , et correspondent à la température de l'air, le taux d'humidité dans l'air, la vitesse de l'air, l'ensoleillement et l'ombre. Ainsi, l'item le plus important obtient le coefficient  $C_i$  le plus élevé et l'item le moins important obtient le coefficient  $C_i$  le moins élevé.

$$APCI = \frac{\sum_{i=1}^n [C_i(\bar{M}_i - 1)]}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad 9$$

Dans l'équation 4,  $\bar{M}_i$  est la mesure de satisfaction moyenne sur le panel de citoyens interrogés pour l'item  $i$ , selon l'échelle de classification présentée aux citoyens. Nous signalons qu'une codification de l'échelle de satisfaction doit être considérée afin de servir le calcul de l'APCI. En fait, l'échelle réelle présentée aux participants ne peut pas être utilisée telle qu'elle est pour le calcul de l'APCI. Le [tableau 1](#) ci-dessous montre la codification nécessaire :

Tableau 1 : Codification de l'échelle de satisfaction.

Echelle de satisfaction réelle	Echelle de satisfaction codifiée	Signification
3	M = 1	Tout à fait satisfaisant
2	M = 2	Très satisfaisant
1	M = 3	Satisfaisant
0	M = 4	Ni satisfaisant ni insatisfaisant
-1	M = 5	Insatisfaisant
-2	M = 6	Très insatisfaisant
-3	M = 7	Pas du tout satisfaisant

On peut noter dans l'équation précédente que la définition de l'APCI est bâtie en considérant pour chaque item, la valeur  $\bar{M}_i = 1$  comme situation idéale de référence, cette valeur correspond

à un confort perçu idéal par le panel de citoyens interrogés. L'indice ainsi proposé permet de classer les configurations urbaines étudiées en fonction d'un niveau de confort ressenti de « tout à fait confortable », ( $APCI \in [0 ; 0,99]$ ) à « pas du tout confortable » ( $APCI \in [5 ; 6]$ ) (cf. [figure 57](#)).

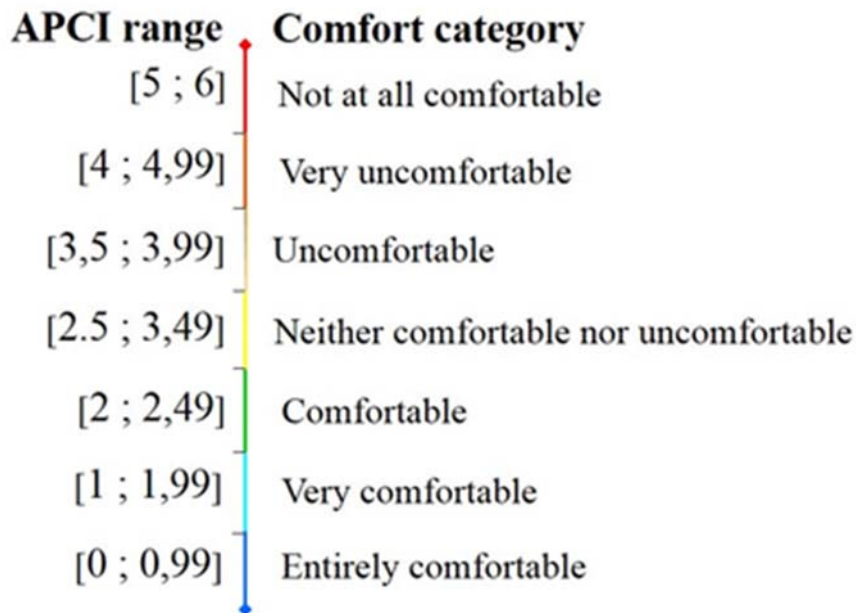


Figure 57: Echelle d'évaluation de l'APCI. Source : (Barlet 2003)

Les données recueillies suite aux promenades micro-météorologiques ont permis de caractériser objectivement et d'évaluer subjectivement les configurations urbaines prédéfinies. Cette partie de l'étude a permis de qualifier chaque configuration urbaine mais aussi de les comparer entre elles pour mieux comprendre la source du stress microclimatique dans les espaces urbains algérois. Ainsi, pour répondre au deuxième objectif de l'étude, celui d'offrir un outil méthodologique global et adapté à la pratique des concepteurs, les deux indices (objectif et subjectif) calculés ont été comparés, après avoir été calculés pour toutes les configurations urbaines étudiées. Les résultats issus des deux modèles ont été confrontés pour vérifier la pertinence du modèle objectif le plus complet dans un contexte climatique et culturel spécifique. Dans cette partie de la recherche nous avons adopté l'hypothèse suivante : valider cet indice thermo-physiologique "l'UTCI" dans un contexte climatique et culturel où il n'a pas encore été testé permettrait aux concepteurs d'y développer des projets confortables sur le plan thermique en s'appuyant uniquement sur les logiciels de modélisation intégrant un calcul de l'UTCI. Nous présentons dans la section qui suit le contexte choisi pour appliquer notre plan méthodologique.

## IV.2 Choix du contexte d'étude

Après avoir défini la stratégie méthodologique à mettre en œuvre dans cette recherche, nous devons l'appliquer sur un cas d'étude réel et représentatif. De ce fait, notre choix s'est porté sur le cas particulier d'Alger. Ce contexte présente une variété de typologies urbaines significatives d'un point de vue historique. Cette richesse nous permettra de caractériser des ambiances microclimatiques appartenant à un urbanisme ancien et dans des espaces urbains plus ou moins récents. Nous rappelons que ce premier critère du choix répond à notre premier objectif visant l'évaluation des ambiances urbaines existantes afin d'en tirer des leçons favorisant le confort microclimatique et global. Ainsi, nous insistons sur l'originalité du choix de la ville d'Alger comme étant un contexte rarement étudié d'un point de vue microclimatique. Selon notre recherche bibliographique, cette ville n'a jamais fait l'objet d'une validation d'un modèle de confort thermique à l'échelle urbaine. En effet, la problématique des outils d'évaluation et de prédiction du confort persiste dans ce contexte. Il nous a donc paru pertinent d'explorer ce contexte afin de tester la validité de l'indice universel le plus complet (l'UTCI) tout en concrétisant la méthodologie conçue dans la première partie de ce chapitre. Dans les sections qui suivent, nous présentons le contexte géographique et climatique d'Alger. Enfin, le contexte architectural et urbain est décrit afin de mettre en évidence le développement à travers l'histoire de la ville d'Alger de ses espaces publics, sous l'influence de plusieurs cultures qui ont traversé et impacté cette ville.

### *IV.2.1 Contexte géographique et climatique*

#### **IV.2.1.1.1 Situation géographique**

Alger est la capitale de l'Algérie, plus grand pays à la fois de l'Afrique, du monde arabe et du bassin méditerranéen. La [figure 58](#) montre que la ville d'Alger est située sur le littoral méditerranéen, cette ville est la plus peuplée de l'Algérie.

Située, donc, au Nord de l'Algérie (36° 47' 00" N 3° 03' 37" E), la ville d'Alger est délimitée au nord par la mer méditerranéenne, à l'est par la wilaya de Boumerdes, au sud par la wilaya de Blida et à l'ouest par la wilaya de Tipaza (cf. [figure 59](#)).

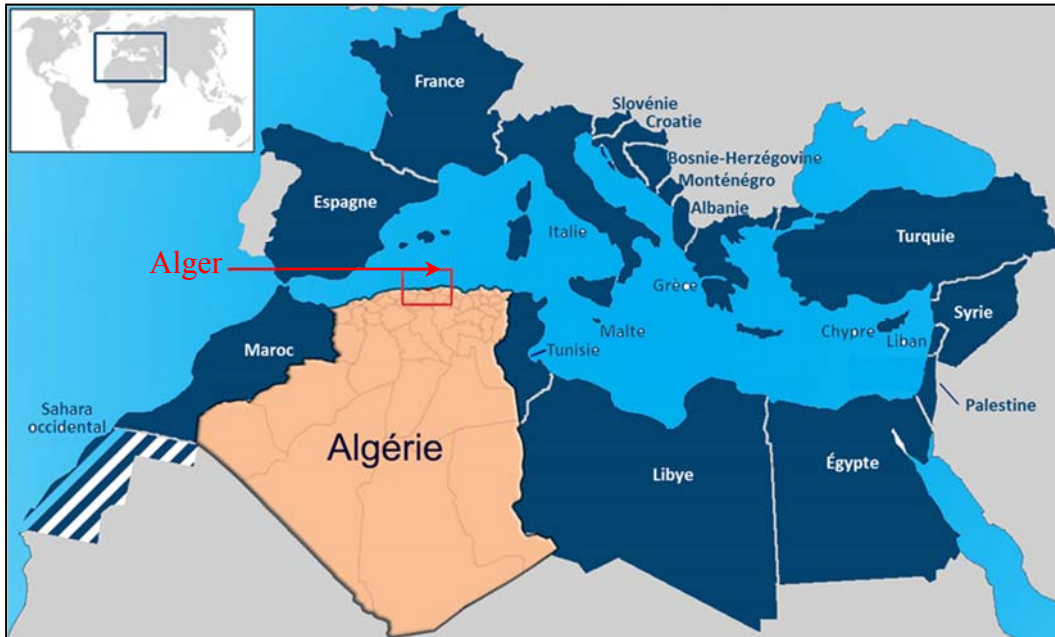


Figure 58: Situation d'Alger dans le bassin méditerranéen.  
 Source : [https://pairault.fr/med/images\\_importees/med21.png](https://pairault.fr/med/images_importees/med21.png) (adaptée par l'auteure).

Occupant un emplacement stratégique, cette ville a inspirée Kaci Mahrouf, qui l'a décrite comme : « Mon territoire s'arrête là où le regard de mes habitants s'arrête : vers le nord, c'est l'horizon marin, vers l'est, ce sont les montagnes enseignées de la Kabylie qui sculptent le ciel, vers le sud, c'est l'atlas qui limite le champ de vision, vers l'ouest, enfin, ce sont les collines du Sahel qui m'abritent des vents les plus dangereux ». <sup>74</sup>

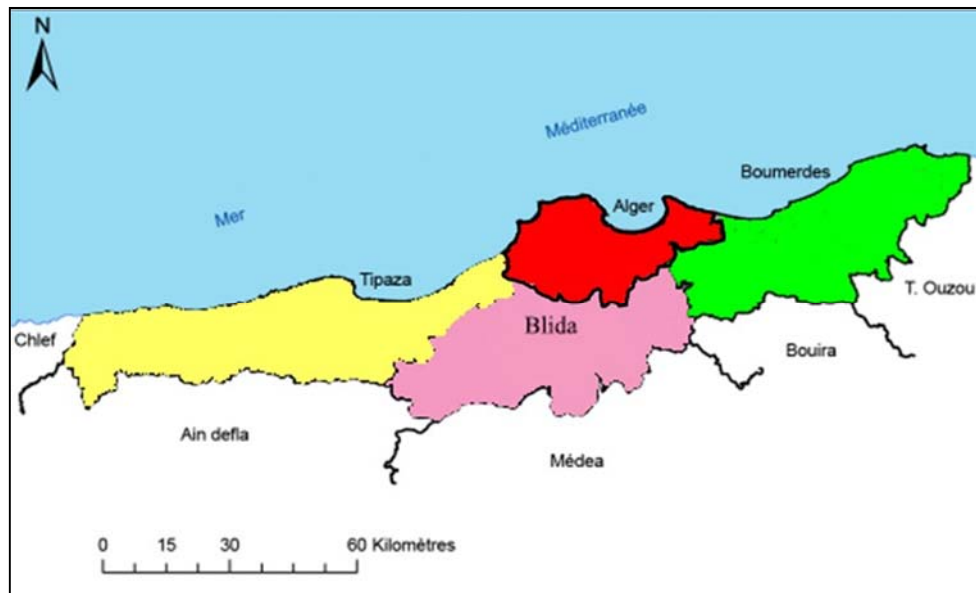


Figure 59: Délimitation de la wilaya d'Alger.  
 Source : <https://www.google.dz/carte+limitation+wilayas+autour+alger/>

74 MAHROUR Kaci, *Lettre ouverte aux architectes*, In Les cahiers de l'EPAU, n°09/10/2001, p. 04.

#### IV.2.1.1.2 Contexte climatique

La carte de classification climatique mondiale de Köppen–Geiger (Kottek et al., 2006; Wong et al., 2012) met en évidence que l’Algérie englobe 5 climats différents (cf. [figure 60](#)). Cette variété est due à la grande superficie et aux variations géographiques du pays. La partie nord, où se situe notre cas d’étude, possède un climat méditerranéen tempéré (Warm Mediterranean Climate) alors que la partie sud possède un climat désertique chaud (Warm Desert Climate). Entre ces deux zones, il existe des climats de transition notamment :

- le climat semi-aride froid (Cold semi-arid Climate) qui correspond au climat méditerranéen avec une sécheresse sur environ la moitié de l’année ;

- le climat semi-aride chaud (Warm semi-arid Climate), un climat méditerranéen aux influences montagnardes ;

- le climat désertique froid (Cold Desert Climate) un peu moins chaud que celui du désert.

La ville d’Alger, objet de notre expérimentation, bénéficie donc d’un climat méditerranéen connu pour ses longs étés chauds et secs. Les hivers sont doux et humides, la neige est rare mais pas impossible.

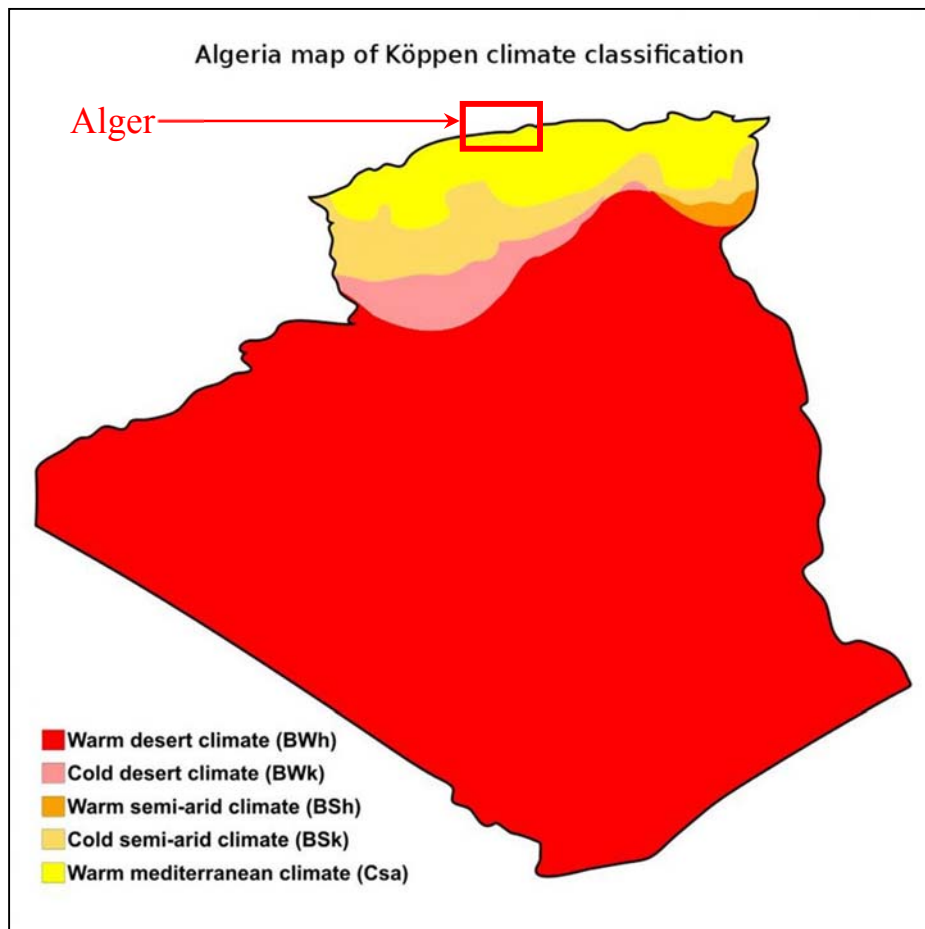


Figure 60: Classification climatique du territoire Algérien selon KÖPPEN CLIMATE MAP. Source : (Kottek et al. 2006)

## IV.2.2 Contexte architectural et urbain d'Alger au fil du temps

Alger est une ville-témoin de plusieurs interventions architecturales et urbaines. Ces dernières reflètent la succession des différentes civilisations ayant traversé l'Algérie et la ville d'Alger en particulier, laissant aujourd'hui une large palette d'espaces publics. Par ailleurs, il est à noter que les premières époques de l'histoire d'Alger sont peu documentées en termes de données architecturales et urbaines, faute de publications scientifiques. Ainsi, selon Missoum : « ... les données de l'histoire d'Alger sont limitées et paraissent condamner cette période, qui englobe les époques phénicienne (*Ikosim*), romaine (*Icosium*) et arabo-berbère (*Djaza'ir Bani Mazghanna*), à rester peu connue... »<sup>75</sup>. Pour cela, nous commencerons notre lecture historique par l'époque antique à travers une brève description de ce qui est connu du passage romain. Nous exposerons ensuite l'ère médiévale à travers la dynastie dite arabo-berbère puis nous nous attarderons sur l'intervention ottomane pour laquelle plus de données sont disponibles. De même, une lecture des espaces urbains d'Alger à l'époque coloniale sera présentée pour finir par les périodes postcoloniale et actuelle. Nous signalons que notre lecture historique est orientée particulièrement vers le développement des espaces publics afin de mieux saisir leur diversité encore visible à notre époque.

### IV.2.2.1 Alger sous l'empire romain

Avant l'arrivée des romains, sous l'empire phénicien, l'actuelle ville d'Alger se nommait *Ikosim*. Comme tout le royaume de Maurétanie, couvrant la moitié occidentale de l'Afrique du nord, cette cité passa sous le contrôle direct de Rome en l'an 40 de J.C (Merrad, 2012). De ce fait, la cité en question fut romanisée et devint *Icosium*. Un plan hypothétique de cette dernière nous montre que sa structure urbaine comprenait les espaces typiques des villes romaines (cf. [figure 61](#)). Le *Cardo Maximus*, matérialisé par la rue principale qui s'étendait du nord au sud de la cité et le *Decumanus*, orienté est-ouest constituaient, selon (Missoum, 2003), les limites approximatives de la ville romaine. Car à ce jour et malgré les dernières fouilles archéologiques réalisées au niveau de la basse *Casbah* (de 2013 à 2019), nous ne connaissons pas encore l'étendue exacte de cette cité romaine, ni l'emplacement de ces édifices. Seuls quelques éléments sont identifiés tels que le théâtre, les citernes et la nécropole. Toutefois, nous pouvons

---

<sup>75</sup> MISSOUM Sakina, *Alger à l'époque ottomane La médina et la maison traditionnelle*, Inas, Alger, 2003, p. 15.



observer un tracé de rues désignant une concentration d'activités incluse entre le *Cardo Maximus* et la partie nord du *Decumanus* tel qu'illustré sur la [figure 61](#).

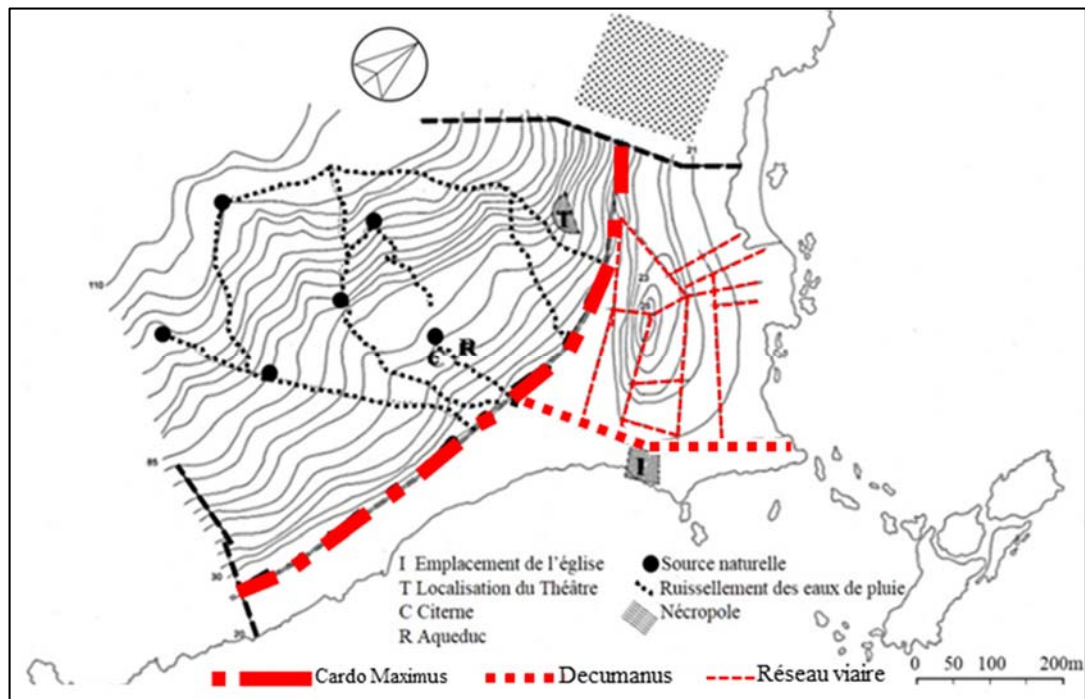


Figure 61: ICOSIUM. Structure et limites d'extension. Source : Missoum 2003

#### IV.2.2.2 Alger au moyen-âge (Djazair Bani Mezghanna)

Vers l'an 950, la ville arabo-berbère *El-Djazair Bani Mezghanna* a été édifée sous l'empire islamique suite aux conquêtes arabes. Fondé sur les vestiges de l'ancienne ville romaine, le noyau de cette nouvelle cité s'est superposé au même tracé viaire structurant (cf. [figure 62](#)). Ce dernier a subi de légères transformations, du fait de la faible largeur originale des rues, pour être adapté aux besoins des Arabo-Berbères. Au-delà du noyau *Icosium*, l'extension de la ville de *Djazair Bani Mazghana* s'est faite vers le côté nord-ouest en gagnant la colline tout en s'intégrant parfaitement à sa topographie. Du fait d'une documentation très limitée sur Alger à cette époque, Cresti déclare :

D'un point de vue strictement architectural et urbanistique, nous ne connaissons pas grand-chose d'El-Djazair avant le XVI<sup>e</sup> siècle : son bâtiment le plus illustre était la Grande Mosquée, remontant à la période Almoravide, par rapport à laquelle la petite mosquée de Sdifi Ramdan (qui subsiste encore aujourd'hui et qui remonte elle aussi à la période arabo-berbère) fait figure de salle de prière assez pauvre.<sup>76</sup>

<sup>76</sup> CRESTI Federico, *Descriptions et iconographie de la ville d'Alger au XVI<sup>e</sup> siècle*, Revue de l'Occident Musulman et de la Méditerranée, 34, 1982-2 p. 01.

À ces lieux de culte et de rassemblement, il confirme l'existence de *belles places bien ordonnées* à l'intérieur des remparts de cette ville et qui disparaissaient au fil des années par le fait de densification de tissu suite à la multiplication de la population. (Missoum, 2003) évoque la place « Al-Rahba Al-Qadima », qui veut dire l'ancienne place par rapport à l'époque qui suit c'est à dire l'époque ottomane. Cette place servait aux échanges économiques tout comme les marchés hebdomadaires considérablement animés. S'y trouvait par exemple la rue *Souk El-Jama'a* « marché du vendredi », parallèle à la rue *Bab-El-Oued*, dont le nom indique qu'un marché s'y tenait le vendredi.

Enfin, Alger arabo-berbère s'est étalée sur la partie nord-ouest laissant le côté opposé, (partie sud-ouest) aux terrains inhabités et aux jardins arrosés par des *norias* traversés par des chemins (Missoum, 2003). Selon la description de Hasan ibn Muhammad EL WAZZAN al-Fasi :

Elle possède de belles maisons et des marchés bien ordonnés dans lesquels chaque profession a son emplacement particulier. On y trouve aussi bon nombre d'hôtelleries et d'études. Entre autres édifices, on y remarque un superbe temple (la grande mosquée) très grand placé sur le bord de la mer et devant ce temple une très belle esplanade aménagée sur la muraille même de la ville, au pied de laquelle viennent frapper les vagues. On voit autour d'Alger de nombreux jardins et des terrains plantés d'arbres fruitiers.<sup>77</sup> (cf. [figure 62](#)).

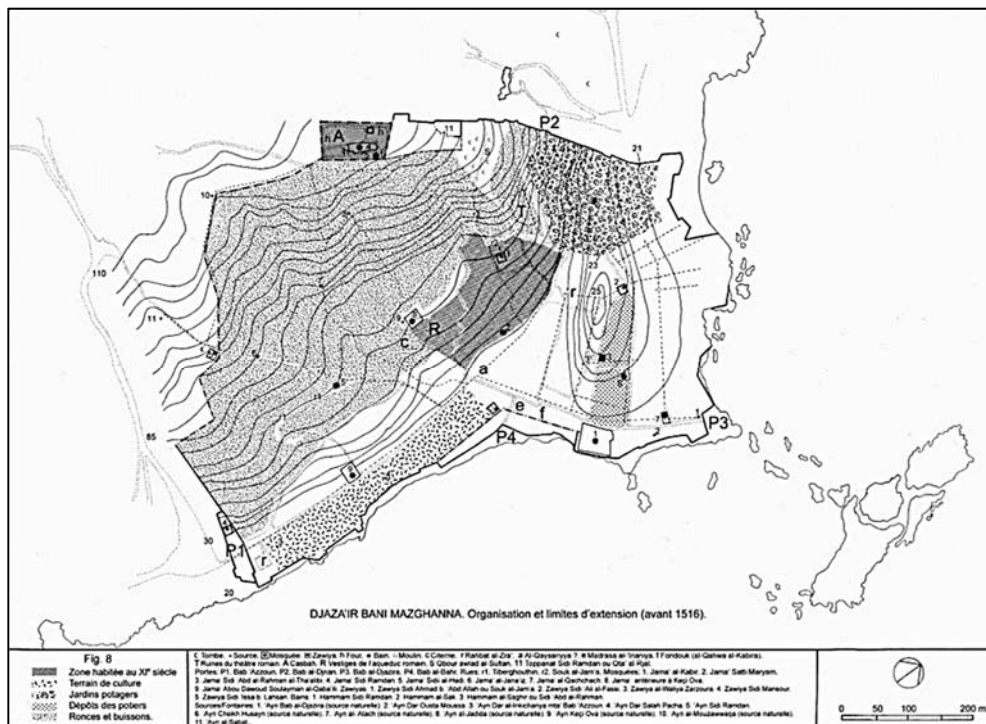


Figure 62: Djaza'ir Banu Mazghana, organisation et limites d'extension avant 1516. Source : Missoum, 2003

<sup>77</sup> EL WAZZAN Hassan (Léon l'Africain), *La description de l'Afrique*, Venise, 1530, Titre d'origine : *Cosmographia de Affrica*, Source : [www.quotidien-oran.com](http://www.quotidien-oran.com).

#### IV.2.2.3 Alger à l'époque ottomane

Alger à l'époque Ottomane s'étalait encore plus en se densifiant pour occuper une assiette plus importante que durant les périodes antérieures (cf. [figure 63](#)). Pour cette époque, plus de données sont disponibles sur le développement de son architecture ainsi que l'image de ses espaces urbains qui persistent encore de nos jours. En fait, la ville ottomane était considérée comme l'extension de sa précédente, la ville arabo-berbère. Elle témoignait d'une densification considérable du bâti, multiplication des impasses et division des parcelles marquant le développement de la *Médina*. Comme nous l'avons précisé auparavant pour la ville islamique, le prototype algérois de cette époque se présentait en deux zones, l'une résidentielle et l'autre commerciale, séparées par la rue *Bab El-Oued Bab Azzoun*. Celle-ci correspondait au *Cardo Maximus* qui demeurait un axe structurant depuis l'époque romaine et prit sa dénomination en se référant aux deux portes de la ville : *Bab El-Oued* (porte de la rivière) *Bab Azzoun* (porte d'Azzoun).

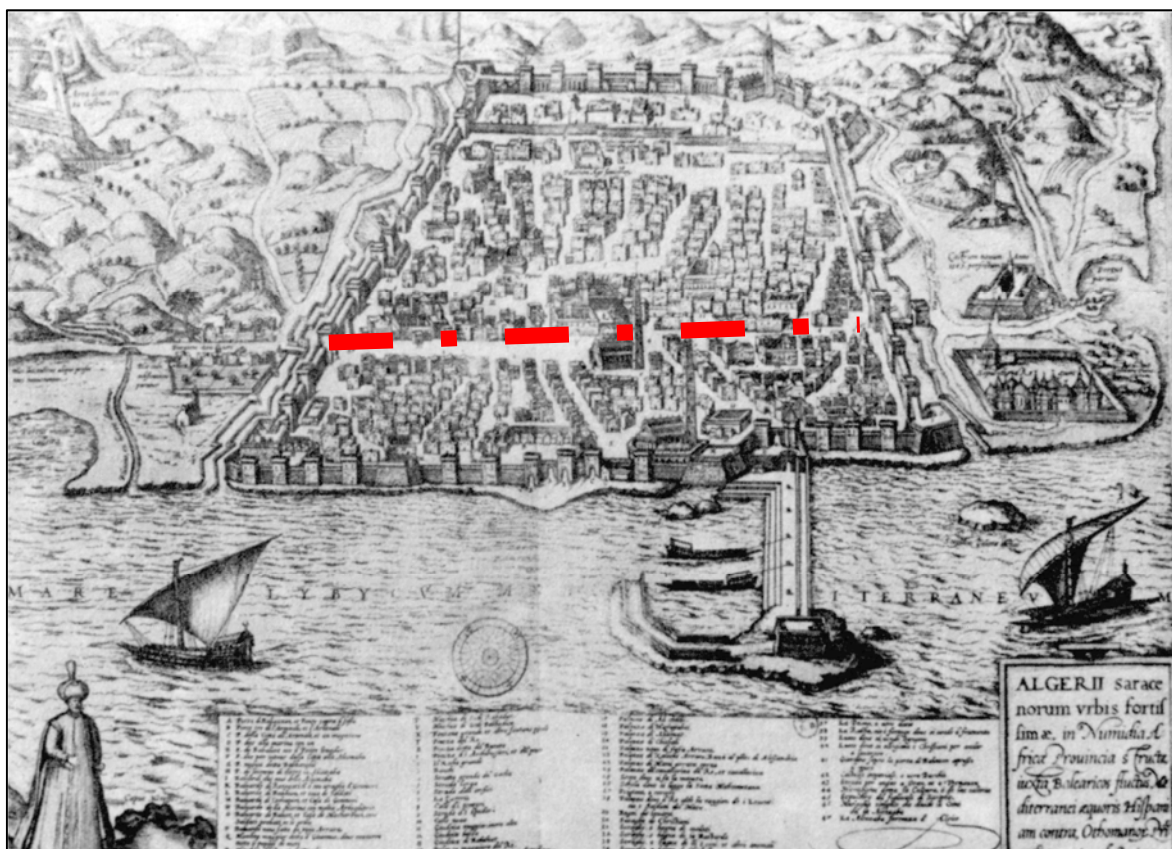


Figure 63 : Gravure d'Alger à l'époque ottomane (1570 ou 1571). Source : Cresti, 1982.

Suite à la topographie du site, l'espace intime de la ville était situé dans la partie haute, caractérisée par un tissu dense et un réseau viaire labyrinthique aux rues étroites et sinueuses.

Quant à la partie basse, elle regroupait les éléments essentiels de la vie urbaine et se caractérisait par son animation continue et son accessibilité publique.

Il est évident que cette structure bipartite donnant à voir une nette séparation entre un espace résidentiel reflet d'une « conception familiale de la ville » et un espace public ouvert et dynamique spécifique, avec néanmoins quelques variantes, est une organisation socio-spatiale propre aux villes traditionnelles du Maghreb et du Machrek. La distinction entre espaces publics et espaces privés est marquée, selon R. Ilbert, par « la forme du contrôle exercé plutôt que par la nature juridique des espaces ». Autrement dit, une hiérarchie spatiale (du plus privé au plus public) indique les formes de contrôle régenti par les structures institutionnelles à un contrôle assuré par les habitants eux-mêmes dans un espace collectif, «houma » ou quartier.<sup>78</sup>

La haute *Casbah* était donc caractérisée par son système hiérarchique d'espaces extérieurs, allant du public au privé, traduit par la largeur, la forme et l'usage de l'espace urbain. En effet, nous trouvons des rues plus ou moins larges, des ruelles moins larges et des impasses. La [figure 64](#) montre que les espaces extérieurs de la *Casbah* comprenaient différentes morphologies et caractéristiques rappelant les villes islamiques que nous avons décrites auparavant ([cf. chapitre 1](#)). Ainsi, nous pouvons trouver dans la Casbah d'Alger, des Sabats (passages couverts reliant au-dessus deux pièces ou deux maisons) ([cf. figure 65, à droite](#)) et des Qubous (débordements de pièces intérieurs vers l'extérieur formant des encorbellements sur la façade) ([cf. figure 65 à gauche](#)).

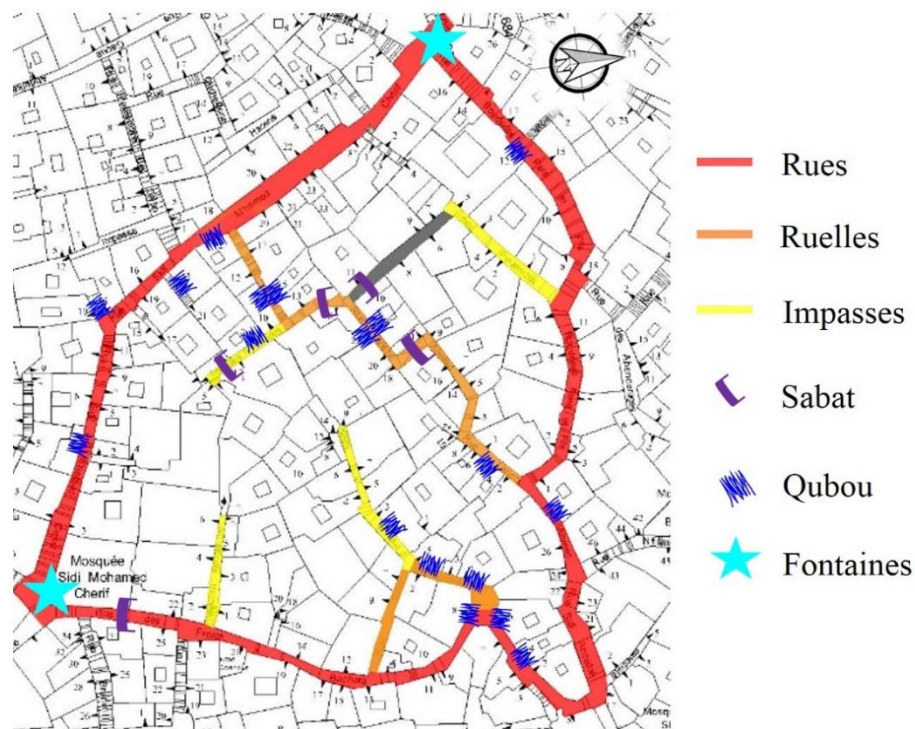


Figure 64: Caractéristiques architecturales et urbaines dans une partie de la haute Casbah d'Alger à l'époque ottomane. Plan de la ville, source : PPSMVS 2007 adapté par l'auteure.

<sup>78</sup> DRIS Nassima, *La ville mouvementée Espace public, centralité, mémoire urbaine à Alger*, Le Harmattan, Paris, 2002, p. 64.



Figure 65: Typologies des rues, à droite le Sabat, à gauche le Qubou. Source : Auteure 2017

Clairement différente de la partie haute, la partie basse d'Alger à l'époque ottomane offrait plus d'ouverture et d'espaces à usage public. C'est là où se regroupaient le grand marché hebdomadaire *Souk El Kbir*, les rues commerciales et les grandes mosquées de la ville. Les deux axes romains principaux étaient les plus importants et les plus animés : la rue *Bab El-Oued Bab Azzoun* (ancien *Cardo Maximus*) abritait le grand marché et la rue de la marine ou *Trik Bab Al-Djazira* (ancien *Decumanus*) offrait, quant à elle, un important axe à travers un nombre important de boutiques et de marchands (cf. [figure 66](#)). Dans cette partie basse de la ville, on pouvait trouver :

D'importants établissements de production artisanale ; le rez-de-chaussée de la plupart de ses maisons avaient des écuries ou des magasins ; les rues les plus larges étaient bordées de boutiques et d'échoppes d'artisans. On comptait en outre, plusieurs gargotes servant les fellahs de passage, de nombreux cafés et hammams, des lieux de réunions comme les boutiques des barbiers et les bains. Les marchands étrangers pouvaient s'installer dans plusieurs bazars et loger avec leurs marchandises dans de nombreux fondouqs. Dans les faubourgs de Bab-Azzoun, au carrefour des routes de l'intérieur, se trouvaient, outre des tanneries et des fabriques de pipes, des maréchaux-ferrants qui fabriquaient des instruments aratoires et ferraient les chevaux...<sup>79</sup>

<sup>79</sup> Ibid. p. 50.



Figure 66: Place Keçi Ova, place des chèvres à l'époque Ottomane - Place des martyrs actuellement.  
Source : OGEBC

#### *IV.2.2.4 Alger à l'époque coloniale*

Après la colonisation française, Alger est devenue Capitale provisoire de la France et ce jusqu'en Août 1944, date de la libération de la ville de Paris. Afin d'investir la ville, de nouvelles transformations urbaines marquèrent son développement. Ces transformations se traduisaient par une série de destructions, constructions et réadaptations de l'organisation des quartiers de la ville Ottomane pour mieux l'occuper. En fait, la ville ancienne algéroise fut décrite, par les premiers responsables de la construction de la ville européenne à Alger, comme un établissement sans ordre, sans espaces publics libres et ne convenant pas aux exigences de la circulation des convois militaires et aux premiers besoins du commerce français (Picard, 1994). Ce constat a conduit à des interventions, essentiellement, au niveau du plan de la voirie. Ainsi, des voies carrossables et des places publiques ont été réalisées pour servir aux rassemblements de troupes et aux marchés au détriment de plusieurs constructions datant de l'époque ottomane (cf. [figure 67](#)). Chérif déclare à propos de cette situation que :

Durant les premières décennies de la présence française, les architectes explorent et étudient les villes et les architectures algériennes mais ne construisent que très peu. Ce sont en général les ingénieurs du génie militaire qui ont la tâche d'organiser le territoire et la construction des

villes et infrastructures pour l'accueil des troupes armées et des populations européennes.<sup>80</sup>

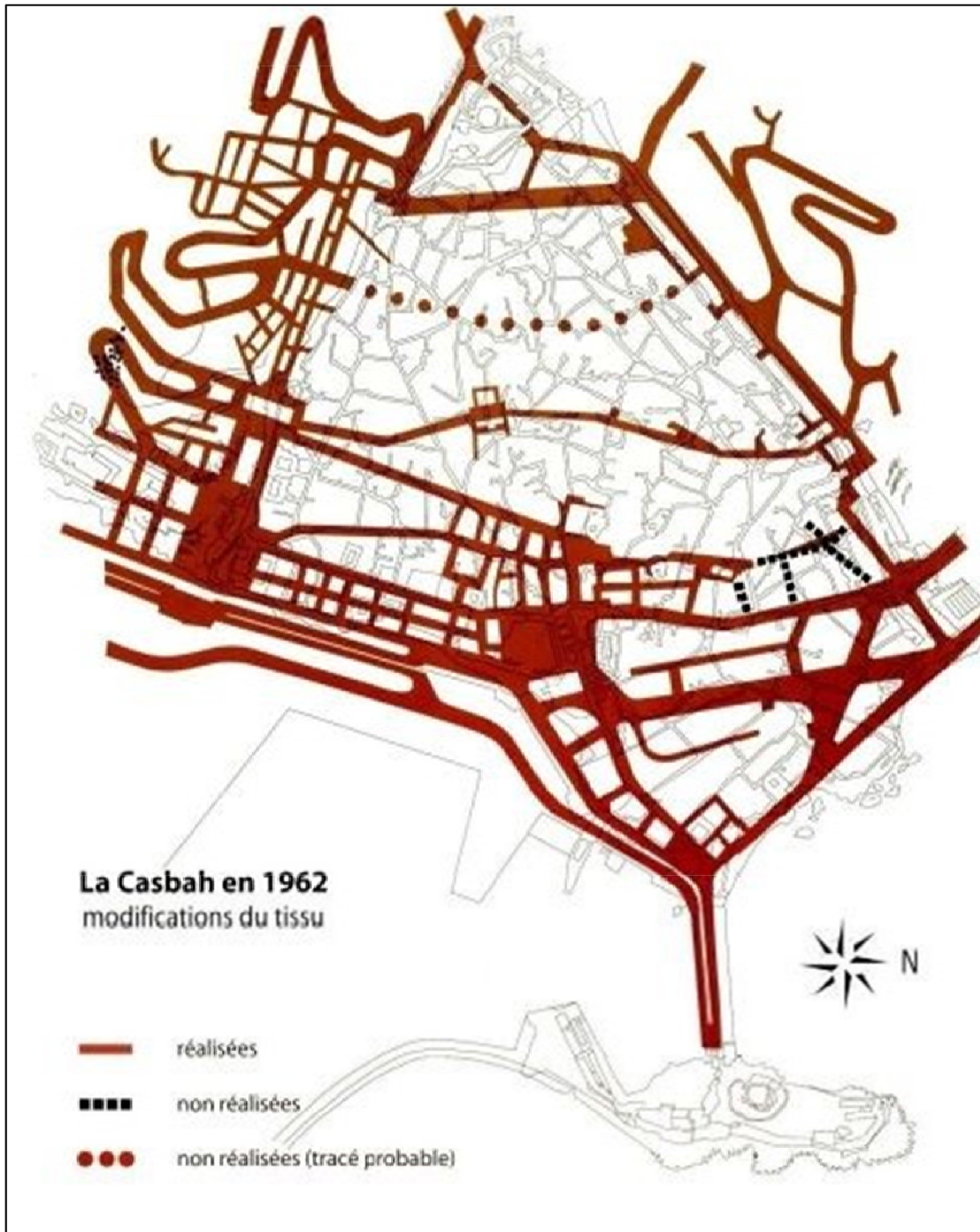


Figure 67 : transformation du réseau viaire de la Casbah d'Alger pendant la période coloniale. Source : Merad 2012.

La basse *Casbah*, terrain économique de la ville à cette époque, a vu le plus de transformations et d'intégrations de nouvelles dimensions architecturales et urbaines durant les

<sup>80</sup> CHERIF Nabila, *Alger, 1830-1980 : Chronique d'une historiographie en construction*, In Perspective [En Ligne], 2/2017, mis en ligne le 30 juin 2018, consulté le 13 novembre 2018. URL : <http://journals.openedition.org/perspective/7596> ; DOI : 10.4000/perspective.7596. p. 133.

premières années de colonisation. A titre d'exemple, la création de la place d'Armes (l'actuelle place des Martyrs) fut considérée comme le changement d'ampleur dans la ville ottomane (cf. [figure 68](#)). Pour des raisons de contrôle, le génie militaire élaborait un projet d'ensemble de fortifications modernes profitant des remparts de la ville Ottomane, mais aussi des deux axes principaux de la ville (*Bab El-Oued Bab Azzoun* et la rue de la Marine), qui ont subi un projet d'alignement et d'embellissement. L'espace public de cette période reflétait l'image des villes européennes surtout au niveau de la basse *Casbah*. Quant à la partie haute, cette dernière a également fait l'objet d'un projet de percement et d'alignement de différentes artères de l'ancien tissu connu pour sa densité et l'étroitesse de ses rues, toujours pour des raisons militaires et de contrôle. En termes de lecture architecturale, de nouvelles formes de façades apparaissaient, intégrant de larges ouvertures et des balcons à l'image des façades européennes de cette époque.

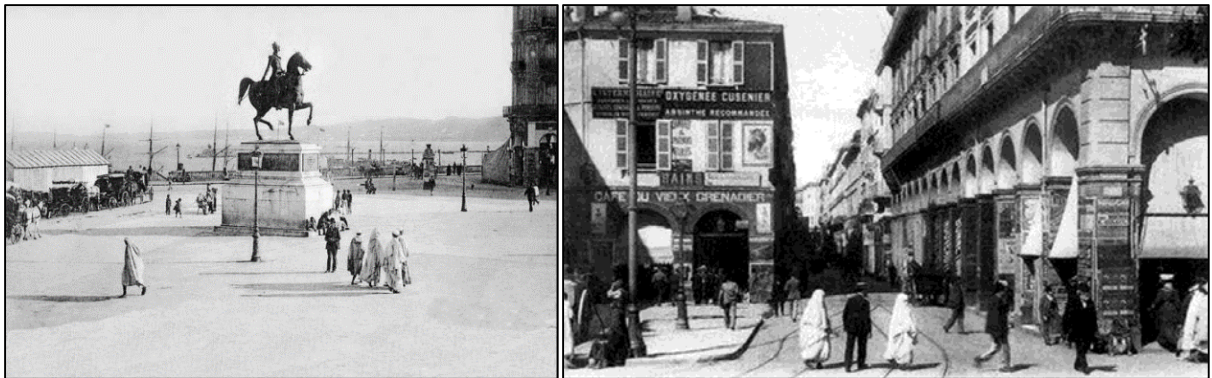


Figure 68: Alger à l'époque coloniale. A gauche : Place du Gouvernement en 1902, l'actuelle place des Martyrs, Source : <http://algeroisementvotre.free.fr/site0201/alg00000.html>, 2009. À droite vue sur la rue Bab Azzoun, Source : Chérif, 2017.

Vers 1850, le développement urbain devint plus ambitieux, et de nouvelles opérations urbaines virent le jour. L'architecte Pierre Auguste Guiauchain conçut alors un plan général de voirie et d'alignements concernant les terrains à édifier et l'extension à l'extérieur des remparts. Il installa de nouveaux bâtiments publics : hôtel de ville, palais du Gouverneur, palais de justice, théâtre, un lycée, dans les meilleurs emplacements dominant la « Place du Gouvernement » et la mer. Il projeta aussi une série de percées transversales destinées à faciliter la liaison entre les nouveaux quartiers du Nord et du Sud de la ville (cf. [figure 69](#)).



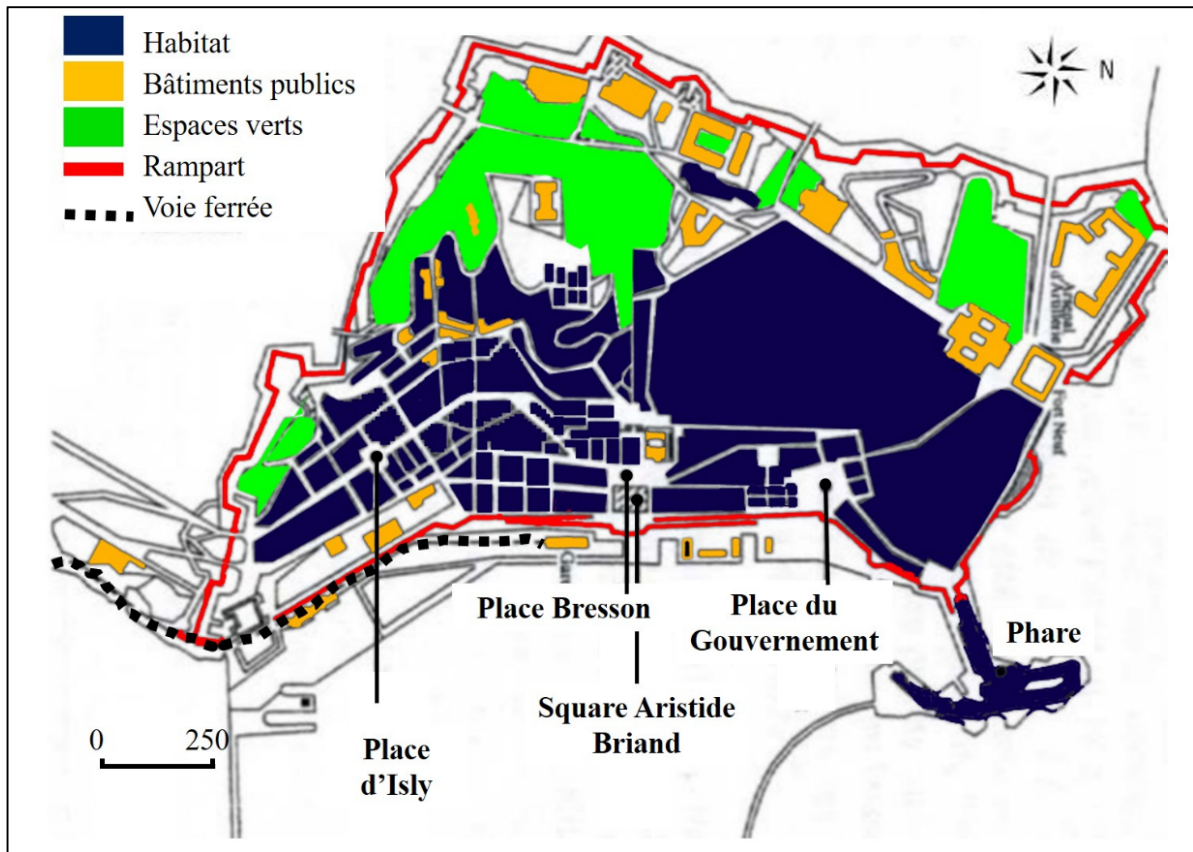


Figure 69: Plan d'Alger coloniale en 1880. Source : Mezoued 2010.

Ce plan qui esquissait les rampes et les escaliers destinés à relier les quais à la ville, sur une hauteur de 15 mètres, aboutira, en 1860, au projet de l'architecte Frédéric Chassériau (cf. [figure 70](#)). Ce dernier dessina l'ensemble de la structure soutenant le boulevard et les rampes entre les quais et la ville. Chassériau fut aussi l'auteur de l'extension de la ville extra-muros vers le jardin d'Essai. Ainsi les quartiers d'Alger ressembleront peu à peu aux quartiers parisiens



Figure 70: Boulevard de la République avec ses rampes et ses escaliers construits sur des voûtes étagées de 1860 à 1866. Source : <http://algeroisementvotre.free.fr/site1000/alger09/alger040.html>. 2009

haussmanniens, avec les lieux nécessaires à la vie publique (jardins, églises, mairies, écoles, gare, tramway). Suivant le développement politique des colons, la ville européenne ne cessait pas à se développer linéairement de la place du Gouvernement à la rue Michely (Didouche Mourad) en passant par la rue d'Isly (cf. [figure 71](#)) (l'*Emir Abdel-Kader*) jusqu'à s'étendre au champ de manœuvre (place du 1er Mai).



Figure 71: Alger à l'époque coloniale. La place d'Isly en 1870. Source : <http://algeroimentvotre.free.fr/s>, 2009.

A partir des années 1930, un changement d'échelle d'intervention marqua la création du Grand Alger, avec la jonction des communes avoisinantes, *El Biar*, *Bir Mourad Raïs*, *Kouba*, *Husein Dey* et *Maison Carrée*. Cette époque se caractérisait par le développement de la société industrielle imposant l'apparition de nouvelles formes architecturales et urbaines (grands immeubles, barres, grands boulevards et avenues (Atek, 2002). Il s'agissait de l'expansion du mouvement moderniste ayant de lourdes conséquences sur le paysage urbain d'Alger. A titre d'exemple, toute une partie du tissu urbain compact de la partie basse du noyau historique (quartier de la Marine) datant de l'époque ottomane<sup>81</sup> a été démolie pour réaliser les barres de

---

<sup>81</sup> Ou encore plus ancienne (arabo-berbère), car nous n'avons pas une documentation précisant l'époque d'édification de cette partie, mise à part la grande mosquée datant de l'époque arabo-berbère et qui n'as pas été démolie.

Soccard traversées par une grande avenue (l'actuelle avenue du Premier Novembre) (cf. [figure 72](#)).



Figure 72: Barres de Soccard et avenue du Premier Novembre. Modèle architectural et urbain de l'époque coloniale Source : auteure, 2017

La dernière décennie de la présence coloniale en Algérie a été marquée par une crise à la fois sociale, économique et politique. Face à cette crise, le « Plan de Constantine » élaboré

Laisse place, selon Jean-Jacques Deluz, à un urbanisme quantitatif de logements et d'équipements sociaux et industriels [...]. C'est en effet, dans le cadre de ce programme qu'arrivent en Algérie, après dix années d'expérimentation en France, les techniques de préfabrication industrialisées qui sont utilisées dans la construction de plusieurs cités de la banlieue algéroise [...] donnant à voir un paysage stéréotypé, manifestation de l'urbanisme de zonage des plans directeurs en usage en métropole et expression de l'architecture "en boîtes d'allumettes" selon la formule consacrée de Jean-Jacques Deluz<sup>82</sup> (cf. [figure 73](#)).

---

<sup>82</sup> CHERIF Nabila, *op.cit.* p. 146.



Figure 73: Alger durant les dernières années de colonisation. En haut à gauche : la cité des Dunes, source : Auteure 2017. A droite : la cité des Annassers, source : <http://casbah-tribune.com/cite-des-annassers>.

#### IV.2.2.5 Alger postcoloniale

Après l'indépendance du pays, le mouvement urbain poursuivit globalement ce qui était en train de se faire pendant la période coloniale. Des directives similaires aux orientations du plan de Constantine s'appliquaient progressivement en assurant l'extension de la ville d'Alger vers l'Est. La démarche suivie à cette époque était purement fonctionnaliste. Ainsi, l'aspect quantitatif, synonyme de l'urgence de créer des logements pour répondre à la crise, demeurait le moteur de toute opération urbaine en cette période, d'où l'absence de toute réflexion appropriée pour résoudre les problèmes d'habiter la ville. Dans son étude critique, Chérif met en évidence la banalisation du paysage urbain à cette époque en déclarant que

Le cadre bâti des années 1960 et 1970, hors du périmètre de la ville française, est composé d'ensembles d'habitat de type HLM et n'offrirait, selon lui que des formules architecturales et esthétiques "d'une certaine médiocrité" et d'un fonctionnalisme minimaliste. L'auteur (Jean-Jacques Deluz) montre en outre que durant cette période les architectes algériens, encore en nombre très réduit, n'apportent qu'une faible participation à l'activité de construction de manière générale et que les opérations les plus importantes sont confiées à des bureaux d'étude étrangers qui introduisent une "internationalisation très forte de l'architecture".<sup>83</sup>

Cette situation semble persister dans l'ensemble d'Alger en signant le cachet du mouvement « moderne » et « post-moderne » et en négligeant toutes les contraintes géographiques et culturelles. Selon la thèse de (Hadji, 2014), cette nouvelle forme d'urbanisation a changé la valeur de l'espace public et lui a fait perdre sa fonction sociale. La non-prise en charge par les collectivités locales des espaces extérieurs est aggravée. De plus, en périphérie, les espaces publics n'ont pas été pensés. Selon (Chérif, 2017), le souci majeur des pouvoirs publics après

<sup>83</sup> Ibid. p. 148.

l'indépendance était la production d'une grande quantité de logement au détriment de l'espace public extérieur.

Après avoir dépassé la crise politique, économique et sociale des années 90, Alger dans les années 2000 se voit plus stable et ceci grâce à l'augmentation des prix du pétrole. L'État n'a pas hésité à revenir non seulement sur la scène économique, mais également au niveau de l'urbanisme (Mezoued, 2010). Le projet d'Alger Métropole, soutenu par le nouveau document



Figure 74: exemples de morphologies urbaines d'Alger postcoloniale. Source : Auteure 2017

d'urbanisme PDAU (Plan directeur d'Aménagement et d'Urbanisme), reflète la volonté politique de faire de cette ville une capitale africaine et méditerranéenne. De ce fait, de nombreux projets de grande envergure ont été entamés tels que la réalisation du métro d'Alger, le tramway, ainsi que divers projets de restructuration urbaine. En ce qui concerne notre échelle d'étude, une attention particulière a été portée à l'orientation et à la réglementation de toute intervention dans l'espace public existant et projeté (PDAU)<sup>84</sup>. Mais, le manque de travaux de recherche interrogeant la qualité de vie dans les espaces publics algérois de cette nouvelle ère, produit un discours encore flou à ce sujet.

Nous dressons, ici, quelques constatations qui nous ont interpellés vis-à-vis du cadre architectural et urbain déterminant les espaces publics algérois d'aujourd'hui. D'un point de vue historique, nous remarquons une transformation radicale des morphologies urbaines traditionnelles laissant place à des nouveaux modèles qui se produisent aujourd'hui sous un caché architectural et urbain différent. La [figure 74](#), par exemple, illustre la monotonie des blocs

---

<sup>84</sup> Plan directeur d'aménagement et d'urbanisme de la wilaya d'Alger révisé avril 2014, Direction de l'Aménagement des Territoires, de l'Urbanisme, de la Prévention et de la résorption de l'Habitat Précaire de la Wilaya d'Alger.

construits sous l'effet de l'urgence et sous l'influence des modèles occidentaux, sans la moindre adaptation culturelle ou paysagère.



Figure 75: Exemples d'espaces publics récemment réalisés à Alger. Source : Auteur 2017

Ainsi, dans les espaces publics algérois récemment réalisés, nous constatons un manque considérable d'éléments de confort. Les citoyens souffrent du stress thermique du fait de l'inadaptation de l'aménagement urbain mais aussi du mauvais choix de la végétation qui n'offre pas la moindre ombre, souvent recherchée par l'utilisateur dans les espaces publics. La (cf. [figure 75](#)) permet d'illustrer nos propos : à droite implantation d'une végétation qui semble inadaptée au contexte d'Alger, à gauche un homme à l'arrêt du tramway qui se cache derrière le garde-corps cherchant de l'ombre pour se protéger des rayons du soleil en période chaude.

Ce chapitre nous a permis, dans un premier temps, de présenter les outils méthodologiques choisis afin d'atteindre les objectifs présentés au début de ce document. Ainsi, une méthodologie spécifique a été définie, intégrant les données objectives et sensibles. Notre plan méthodologique est, donc, basé sur une simulation préliminaire de l'ensoleillement à l'échelle urbaine et une expérimentation concrétisée par la nouvelle approche dite « promenade micro-météorologique ».

La deuxième partie de ce chapitre consiste à présenter le contexte d'étude choisi pour l'expérimentation. Le cas d'Alger, a été donc décrit en abordant ses caractéristiques géographiques, climatiques, architecturales et urbaines. La richesse de ces dernières semble opportune pour appliquer notre méthodologie. Dans le prochain chapitre, nous définissons le cadre expérimental de cette étude ainsi que la méthodologie de traitement des données collectées.

## **V.Chapitre 05**

### **Définition du cadre expérimental et stratégie de traitement des données**

Après avoir choisi les outils méthodologiques et le contexte d'application, nous arrivons dans ce chapitre à la définition du cadre expérimental exécuté dans cette étude. Nous passons, donc de l'échelle d'Alger à l'échelle de son secteur sauvegardé, tout en montrant les différentes étapes permettant ce choix. Ainsi, le parcours urbain à étudier est défini grâce aux premiers résultats de l'investigation numérique et empirique testée en période d'hiver. Enfin, la méthodologie de traitement des données recueillies en période d'été est exposée dans la dernière partie de chapitre.



## Contenu du chapitre

<b>V. Chapitre 05 Définition du cadre expérimental et stratégie de traitement des données.....</b>	<b>136</b>
V.1 Définition du cadre expérimental .....	138
V.1.1 Prospection urbaine à Alger (du contexte d'Alger au Secteur Sauvegardé).....	138
V.1.2 Caractérisation des typologies urbaines, guide pour l'expérimentation.....	141
V.1.2.1 Caractéristiques architecturales et urbaines.....	141
V.1.2.2 Simulation de l'ensoleillement .....	143
V.1.3 Test du protocole de mesure de la période d'hiver.....	145
V.1.4 Déroulement des promenades micro-météorologiques de la période d'été.....	148
V.1.4.1 Configurations urbaines choisies.....	148
V.1.4.2 Organisation des promenades microclimatiques .....	152
V.2 Stratégie de traitement des données.....	154
V.2.1 Analyse des données physiques.....	155
V.2.2 Analyse des données subjectives .....	157

## V.1 Définition du cadre expérimental

Après avoir identifié la ville d'Alger comme étant notre contexte d'étude, il nous a fallu choisir un site spécifique au sein de la ville pour y appliquer notre méthodologie. Celui-ci devait d'une part présenter une diversité typo-morphologique suffisante et d'autre part être de dimensions raisonnables et adaptées en termes de capacité de traitement dans le cadre de ce travail. Pour rappel, notre plan méthodologique exige la définition d'un parcours urbain précis afin de réaliser des promenades micro-météorologiques en période chaude. Pour cela, trois étapes préliminaires, nous ont permis de définir un cadre expérimental fiable et complet. Il s'agit : (1) d'une prospection urbaine à l'échelle de la ville d'Alger, (2) d'une simulation rapide de l'ensoleillement au sein de la Casbah d'Alger et une partie de ses environs (3) et de promenades « test » en période d'hiver. Ces étapes nous ont permis de bien définir le protocole de mesures d'été présenté ultérieurement dans ce chapitre ([cf. V.1.4 Déroulement des promenades micro-météorologiques de la période d'été](#)).

### *V.1.1 Prospection urbaine à Alger (du contexte d'Alger au Secteur Sauvegardé)*

Afin de bien choisir l'aire d'étude à expérimenter, nous avons commencé notre travail de terrain par une lecture urbaine de différents quartiers à Alger. En nous basant à la fois, sur les objectifs de la thèse et sur les données historiques de la ville, nous avons établi un barème de notation selon l'époque de réalisation des différents espaces publics visités. En effet, une note (+) est attribuée aux secteurs qui contiennent des configurations urbaines d'une époque bien précise et une note (-) est attribuée aux quartiers qui ne contiennent pas ces configurations. Le quartier qui récolte le plus de notes positives (+) est le secteur choisi pour l'expérimentation. Quant aux configurations urbaines souhaitées, elles ont été classées sous trois catégories principales :

- Configurations urbaines anciennes, reflétant l'organisation spatiale des villes islamiques anciennes, précédant l'occupation française ;
- Configurations urbaines coloniales, basées sur des modèles similaires à ce qu'on construisait en France, à cette époque ;
- Configurations urbaines postcoloniales, construites après l'indépendance du pays jusqu'à nos jours.

Dans le tableau ci-dessous (cf. [tableau 2](#)), nous montrons quelques quartiers que nous avons évalués avant de choisir notre aire d'étude spécifique.

Tableau 2: Prospection urbaine à Alger, quelques exemples de configurations urbaines potentielles.

Quartiers	Photographies	Configurations postcoloniales		
		Configurations coloniales	Configurations anciennes	
Bab Ezzouar		-	-	+
El Mohammadia		-	+	+
El Hamma		-	+	+
Alger-centre		-	+	+
Secteur Sauvegardé d'Alger		+	+	+

Le travail de prospection urbaine, nous a permis de choisir le Secteur Sauvegardé d'Alger comme site d'investigation empirique. Ce choix nous a semblé tout à fait pertinent, étant donné qu'il a été effectué sur la base de la richesse urbaine caractérisant ce site (Casbah d'Alger et ses environs). Ce dernier, permet d'effectuer des promenades micro-météorologiques traversant un maximum de typologies urbaines au cours d'un même parcours urbain. Dans les autres quartiers d'Alger (loin de la Casbah), plusieurs sites nous ont semblés également intéressants car représentatifs de nouvelles configurations urbaines. Cependant, ne contenant pas les typologies anciennes présentes dans la Casbah que nous tenions à caractériser et se trouvant trop loin de celle-ci pour permettre une évaluation subjective des différentes configurations urbaines par les mêmes sujets et dans les mêmes conditions micro-météorologiques, ces sites n'ont pas été retenus. Tout cela nous a guidé à nous centrer uniquement sur le Secteur Sauvegardé d'Alger, illustré dans la [figure 76](#) ci-dessous.

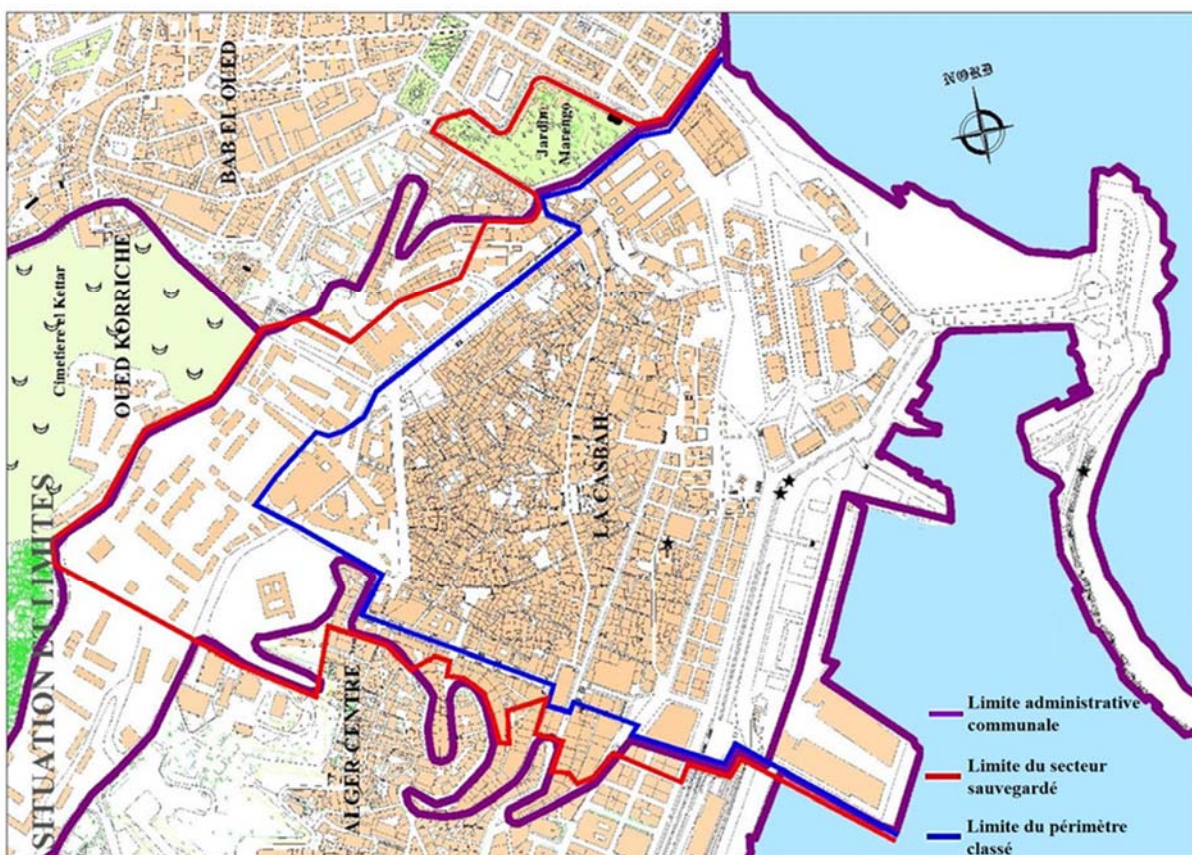


Figure 76 : Limite du Secteur Sauvegardé d'Alger. Source : PPSMVSS. 2008.

### V.1.2 Caractérisation des typologies urbaines, guide pour l'expérimentation

En se basant sur les données historiques, les documents du PPSMVSS d'Alger<sup>85</sup> et nos premières visites du site, nous avons réalisé des modèles 3D de différentes typologies du Secteur sauvegardé. Ces modèles ont permis une simulation des radiations solaires sous l'environnement d'Autodesk Revit® 2017 grâce à son module intégré (Autodesk Insight 360®). Nous présentons dans un premier temps les typologies identifiées et leurs modèles géométriques dessinés sous Graphisoft Archicad®, tel qu'il a été expliqué dans le chapitre précédent (cf. [IV.1.1Caractérisation physique préliminaire des ambiances thermiques par simulation numérique](#)). Les résultats de la simulation sont, ensuite, présentés. Nous rappelons, ici, que l'objectif de cette simulation rapide, associée au test du protocole de mesure d'hiver est de bien définir le cadre expérimental de la période d'été.

#### V.1.2.1 Caractéristiques architecturales et urbaines

- **Typologie ancienne** : Comme nous l'avons vu précédemment ([IV.2.2 Contexte architectural et urbain d'Alger au fil du temps](#)), cette typologie, qui correspond au tissu ancien de la Casbah d'Alger, est le résultat d'une architecture arabo-berbère produite vers le milieu du X<sup>e</sup> siècle avec une forte intervention ottomane au début du XVI<sup>e</sup> siècle (Missoum, 2003). Son plan arborescent (cf. [figure 77](#)) est marqué par une forte densité urbaine et des rues étroites. Les matériaux de construction qu'on peut trouver dans ce tissu sont : la pierre, le bois, les roseaux, la terre battue et la chaux. Différentes spécificités urbaines marquent ce tissu telles que les Sabats, les K'bous et les fontaines publiques qui permettent un accès gratuit à l'eau potable dans la rue.

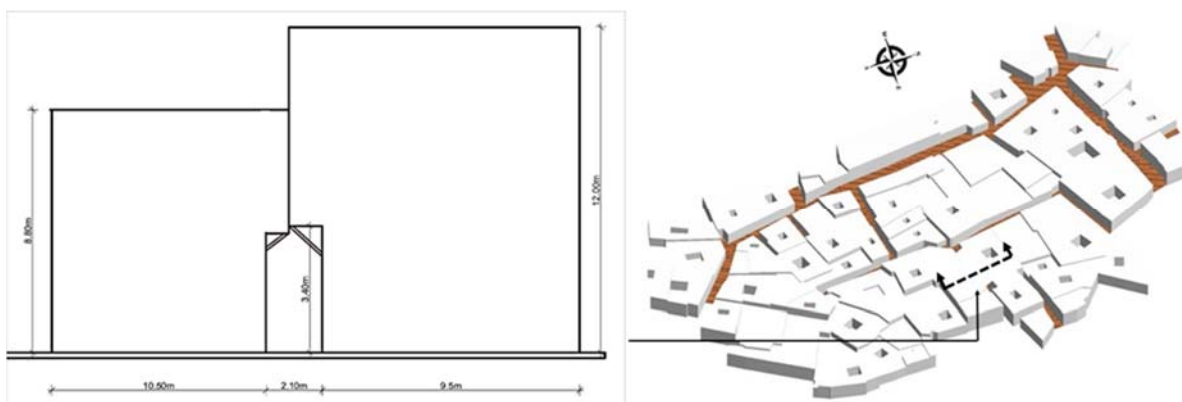


Figure 77 : Morphologie urbaine de la typologie ancienne du secteur sauvegardé d'Alger (à droite, coupe schématique d'une rue contenant un Sabat). Source : Auteur.

<sup>85</sup> Plan permanent de sauvegarde et de mise en valeur du secteur sauvegardé, Document d'urbanisme...

- **Typologie coloniale :** La typologie coloniale reprend dans un premier temps le modèle d'une architecture haussmannienne, principalement développée dans la seconde moitié du XIX<sup>e</sup> siècle dans la partie basse de la casbah d'Alger (quartier de la Marine actuellement). La [figure 78](#) montre que cette typologie est marquée par des îlots à la géométrie régulière, correspondant aux repères spatiaux et immatériels français (Hadjilah, 2016). La présence d'arcades en double hauteur à la frange Est de la Casbah marque cette architecture. Cette configuration spécifique est issue d'une volonté des architectes français d'allier prise en compte du contexte climatique et culturel algérois, en s'inspirant notamment des arcades existantes dans les « maisons mauresques », considérées bien adaptées au climat méditerranéen, et exigences économiques françaises (Chérif, 2017; Picard, 1997). Certaines rues sont élargies et des boulevards apparaissent.

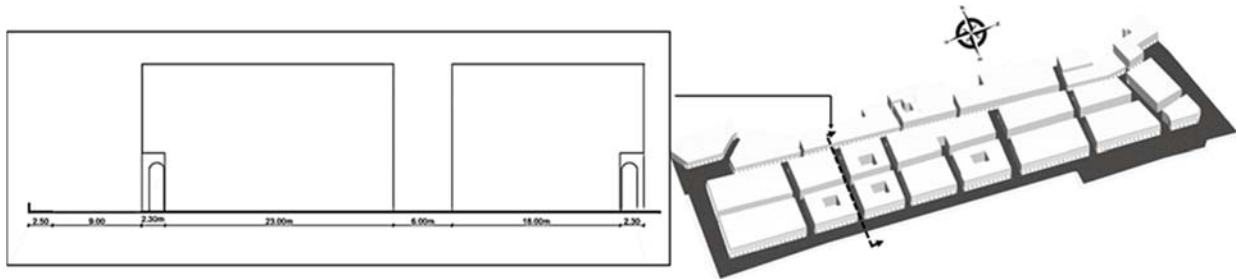


Figure 78: Morphologie urbaine de la typologie coloniale haussmannienne à Alger (à gauche, coupe schématique d'une rue à arcades de double-hauteur). Source : Auteure.

- **Typologie postcoloniale :** A partir du début du XX<sup>e</sup> siècle, l'aménagement des voiries reste identique tandis que le mouvement moderne s'importe avec notamment la construction de barres, utilisant des matériaux nouveaux tels que le béton et le métal. A partir de la seconde moitié du XX<sup>e</sup> siècle, le territoire « libéré » des colons reproduit les modèles architecturaux et urbains issus du modernisme. Nous trouvons donc dans la partie basse du secteur sauvegardé d'Alger de grands îlots entourés par de larges avenues et des boulevards. Ces interventions ont occupé les vides urbains issus de la période coloniale. Les matériaux utilisés sont essentiellement le béton, le métal et le verre. (cf. [figure 79](#))

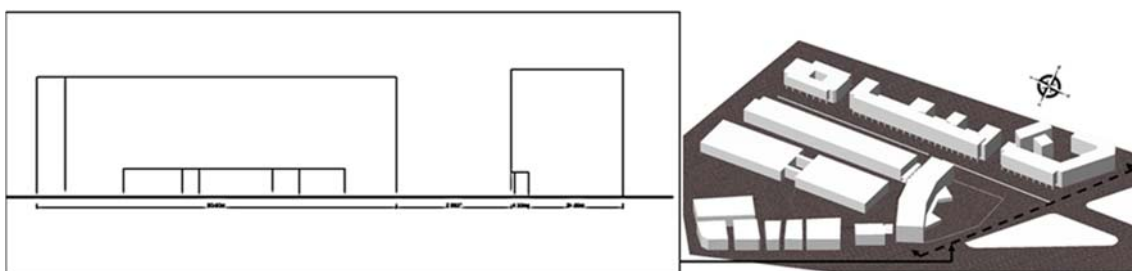


Figure 79: Morphologie urbaine des typologies coloniales et postcoloniales modernes (à gauche, coupe schématique d'un boulevard colonial). Source : Auteure.

### V.1.2.2 Simulation de l'enseiement

La caractérisation numérique des radiations solaires des différentes typologies urbaines étudiées est de type « insolation cumulée ». Elle a été lancée pour une des journées les plus chaudes d'été (01 aout 2018) du lever au coucher du soleil.

#### - Typologies anciennes :

Il apparait que le soir en été, la totalité des rues de l'ancien tissu reçoit une faible quantité de rayonnements solaires du fait de l'étrouitesse des voies. Toutefois, nous pouvons voir que dans les rues les plus larges (celles de la typologie mixte), le taux de cumul est un peu plus élevé ne dépassant toutefois que rarement les 1800wh/m<sup>2</sup>. Dans le cas des Sabat, les rayons du soleil n'atteignent pas le sol grâce à leur autoprotection. D'un point de vue physique, cette forme s'avère adaptée aux conditions de confort d'été dans les espaces extérieurs. (cf. [figure 80](#))



Figure 80: Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie ancienne et mixte du secteur sauvegardé d'Alger.  
Source : Auteure.

#### - Typologies coloniales et postcoloniales :

La typologie haussmannienne présente un résultat similaire à la typologie ancienne. Néanmoins, l'espace piéton orienté Est et Sud est beaucoup plus exposé au soleil (cf. [figure 81](#)). Cela indique que l'utilisateur risque de sentir un stress thermique considérable. La galerie piétonne sous arcade s'avère satisfaisante avec côté sud un taux d'insolation compris entre 1800wh/m<sup>2</sup> et 3600wh/m<sup>2</sup>.

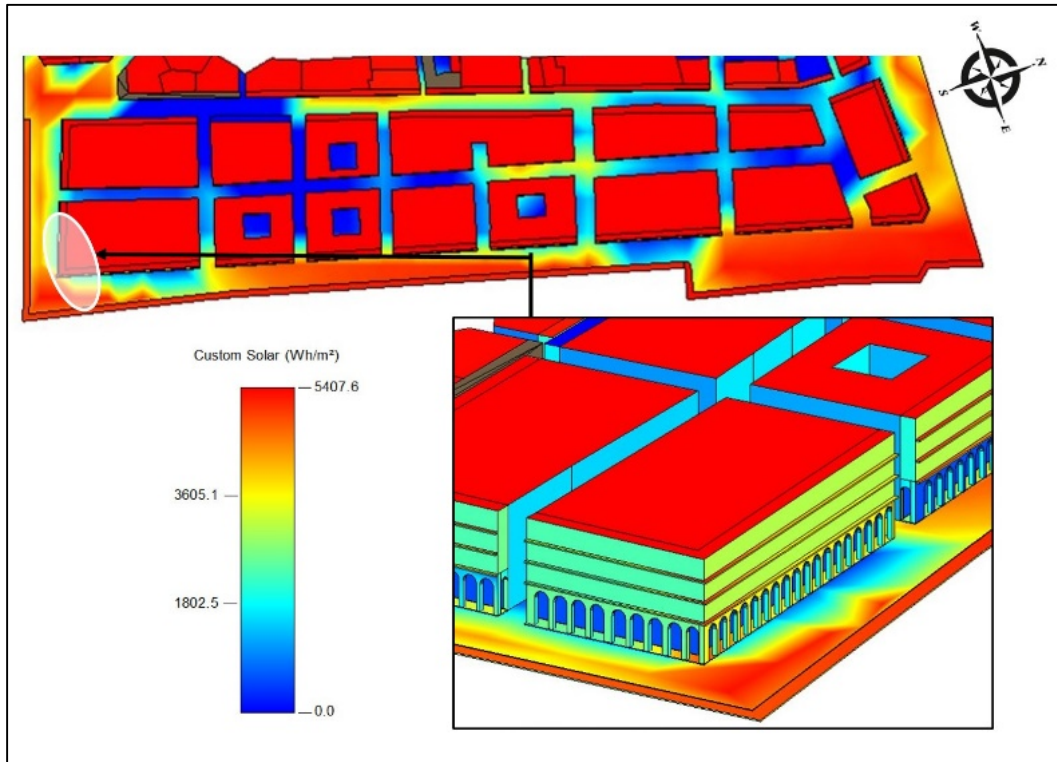


Figure 81: Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie coloniale haussmannienne à Alger.  
Source : Auteure.

Les deux dernières typologies (coloniales et postcoloniales issues du mouvement moderne) présentent un taux maximum d'insolation cumulée de 6550wh/m<sup>2</sup>. L'ensemble de l'espace piéton est exposé aux rayonnements solaires (cf. [figure 82](#)), et donc la forme du bâti n'est pas adaptée à un usage confortable pour le piéton. Une partie des constructions coloniales présente aussi des galeries sous-arcades, ce qui minimise l'exposition au soleil tandis que la partie postcoloniale s'avère très exposée.

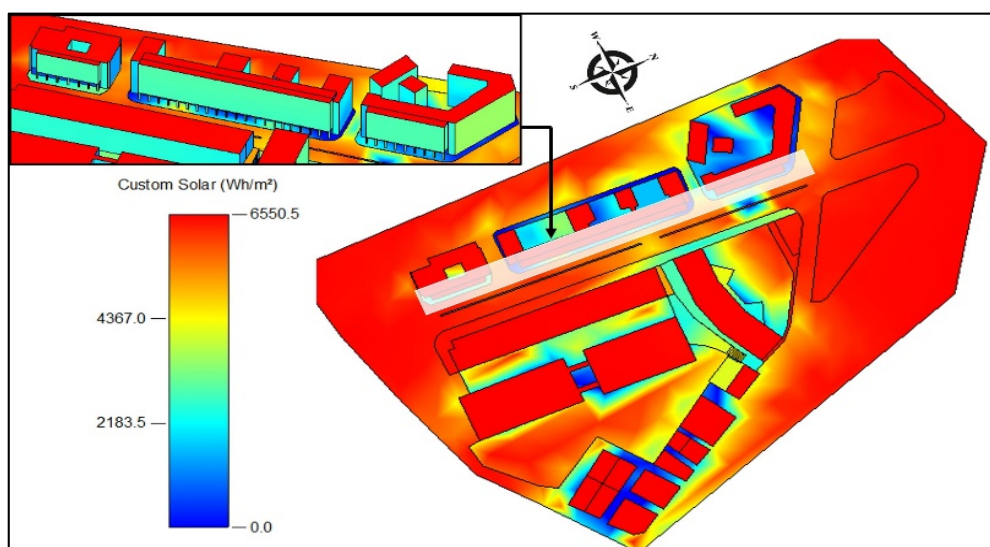


Figure 82 : Analyse de l'insolation cumulée sur la typologie coloniale et postcoloniale moderne à Alger. Source : Auteure.



La comparaison entre les différentes typologies étudiées met en évidence que la conception des espaces dédiés aux piétons dans le tissu ancien intègre des stratégies permettant de garantir le confort des usagers. La typologie haussmannienne présente également des résultats satisfaisants. Toutefois, la voie la plus large propose un niveau de confort insuffisant mais qui est compensé par la présence d'arcades laissant ainsi le choix aux piétons. La dernière typologie s'avère beaucoup moins protégée des rayonnements solaires, ce qui influence négativement le confort des usagers.

Enfin, nous pouvons dire que l'outil Solar Analysis, intégré au plugin Autodesk Insight 360®, nous a permis d'achever une partie de notre processus d'évaluation des ambiances thermiques urbaines de la Casbah d'Alger. Afin de mener une étude de terrain plus approfondie à une échelle plus réduite et ainsi se rapprocher encore plus des configurations urbaines à évaluer, une campagne de mesure « test » a eu lieu en période d'hiver. Celle-ci nous a permis de définir un cadre expérimental approprié pour l'expérimentation de la période estivale.

### *V.1.3 Test du protocole de mesure de la période d'hiver*

Bien que la simulation numérique fournisse des indications sur les configurations urbaines les plus pertinentes à évaluer, certains critères expérimentaux doivent être testés pour garantir un meilleur déroulement des campagnes de mesure. Le choix du parcours, des points de mesure, des plages horaires, de la durée des promenades, de l'organisation des groupes de participants et des autres détails doivent être bien maîtrisés avant d'entamer la campagne de mesures de la période d'été. De ce fait, le protocole de mesures objectives et subjectives a été testé plusieurs fois en période hivernale avant d'être défini dans sa version finale appliquée en période d'été. Nous rappelons que pour cette première campagne de mesure, ce ne sont pas les résultats des mesures qui nous intéressent, mais bien le test de notre approche « promenade micro-météorologique » dans un contexte spécifique. Ce sont les résultats de la campagne d'été qui seront utilisés pour traiter les hypothèses de cette thèse.

À la recherche d'un meilleur parcours urbain à identifier, notre travail expérimental en période d'hiver a commencé par différentes visites au sein du secteur sauvegardé d'Alger. Après des observations urbaines au sein du secteur sauvegardé, nous nous sommes rendu compte qu'une quatrième typologie caractérise une partie de la Casbah d'Alger. Il s'agit de la typologie mixte. En fait, à l'époque coloniale, la ville ancienne algéroise a été décrite, par les premiers responsables de la construction de la ville européenne à Alger, comme un établissement sans ordre, sans espaces publics libres et ne convenant pas aux exigences de la

circulation des convois militaires et aux premiers besoins du commerce français (Picard, 1994). Ce constat a conduit à des interventions, essentiellement au niveau du plan de la voirie. Une nouvelle forme urbaine est donc apparue, combinant des traces de l'architecture locale avec des modifications urbaines selon les nouveaux besoins des colons. Ainsi, dans ce tissu, nous pouvons retrouver l'aspect organique des rues mais les largeurs sont plus importantes pour permettre le passage des chars. Au niveau des façades, de larges fenêtres et des balcons sont apparus dans cette typologie, conservant toutefois l'usage des matériaux locaux.

A partir de ce constat, nous avons structuré notre travail expérimental sur la base de l'exploration des quatre tissus urbains identifiés, à savoir : le tissu ancien, le tissu mixte, le tissu colonial et le tissu postcolonial (cf. [figure 83](#)).

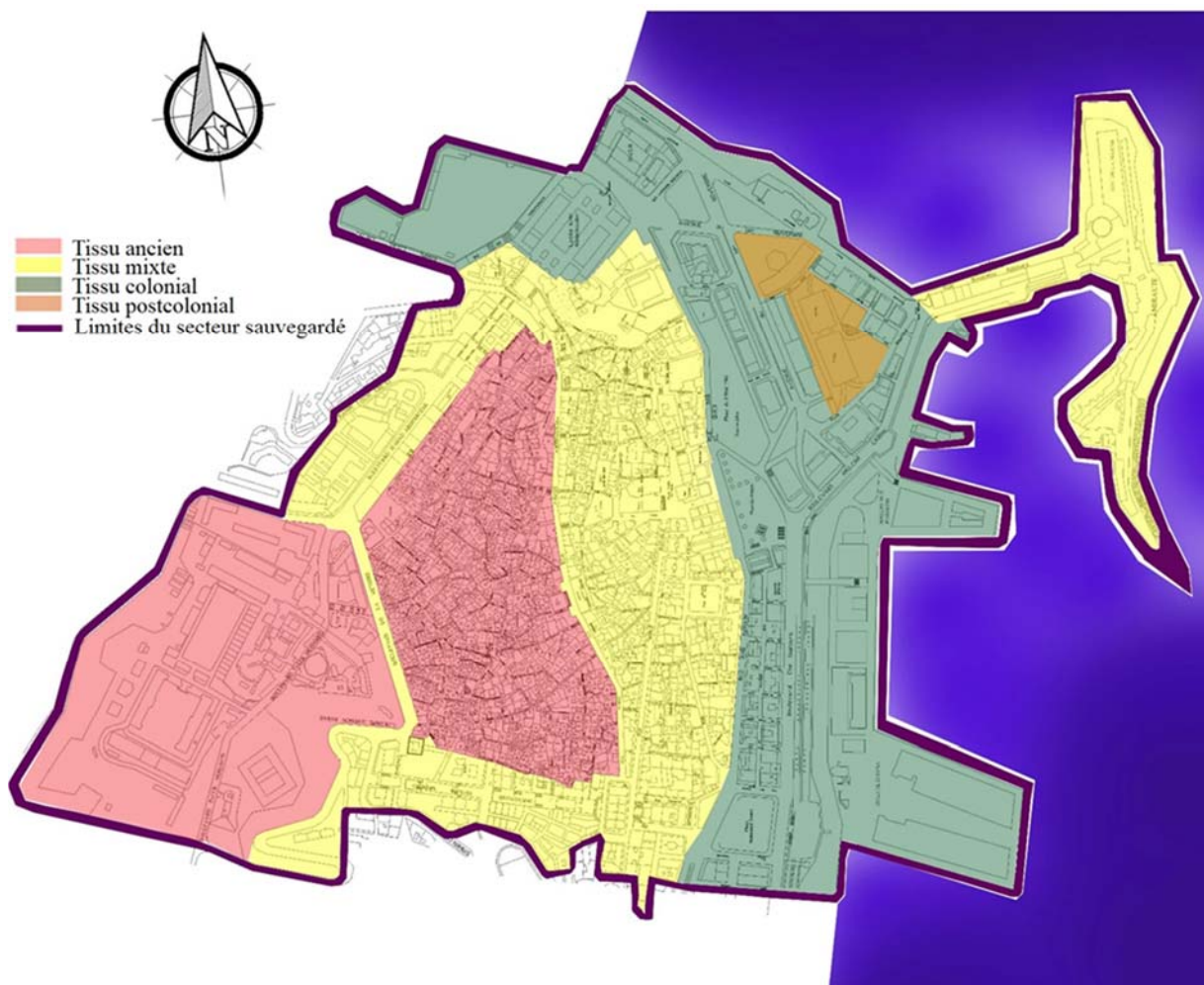


Figure 83: Tissus urbains composant le secteur sauvegardé d'Alger. Source : PPSMVSS adapté par l'auteur.

Au cours de la campagne d'exploration du terrain d'étude, 14 promenades micro-météorologiques ont été effectuées au mois de février 2018. Pour les 6 premières promenades, seules les mesures physiques ont été réalisées. Cela nous a permis d'identifier les configurations potentiellement pertinentes pour l'évaluation objective et subjective des différents tissus urbains. A partir de la 7<sup>ème</sup> promenade, nous avons fait intervenir des sujets (au nombre de 14) afin de tester l'acceptabilité du parcours au sein des différents espaces identifiés. Nous montrons dans la [figure 84](#) ci-dessous quelques photographies illustrant le déroulement des promenades d'hiver avec les participants.



Figure 84 : Participation des citoyens aux promenades micro-météorologiques d'hiver. Source : Auteure.

La similitude de certaines données physiques avec les réactions des participants (leurs expressions physiques ou verbales) nous a aidés à finaliser notre choix des points de mesure. Ainsi la longueur du parcours, le temps nécessaire pour faire la promenade et les plages horaires testées nous ont permis de bien ajuster l'organisation de l'expérimentation. Le [tableau 3](#) ci-dessous résume le déroulement des différentes promenades micro-météorologiques pour cette enquête « test ». Nous mettons en annexe (cf. [annexe II Parcours et points de mesure des promenades micro-météorologique](#)) les données physiques brutes collectées et les parcours et points de mesure correspondants.

Tableau 3: Déroulement des promenades micro-météorologiques de la campagne d'hiver.

Promenade	Jour	Plage horaire	Mesures physiques	Participants aux promenades
1	11/02/2018	09 :25 à 13 :47	-Température rayonnante ( $T_g$ ). -Température de l'air ( $T_a$ ). -Vitesse de l'air ( $V_a$ ). -Taux d'humidité dans l'air (Rh).	Non-programmés
2	11/02/2018	15 :30 à 16 :43		Non-programmés
3	12/02/2018	9 :55 à 11 :58		Non-programmés
4	12/02/2018	13 :48 à 15 :27		Non-programmés
5	13/02/2018	09 :47 à 10 :44		Non-programmés
6	13/02/2018	11 :54 à 12 :36		Non-programmés
7	15/02/2018	10 :10 à 11 :25		01 homme
8	15/02/2018	12 :30 à 13 :38		01 femme
9	18/02/2018	10 :20 à 11 :33		02 femmes
10	18/02/2018	13 :37 à 14 :59		02 hommes
11	18/02/2018	16 :04 à 17 :43		01 femme
12	20/02/2018	11 :15 à 13 :15		03 femmes & 01 homme
13	20/02/2018	15 :20 à 16 :20		01 femme
14	20/02/2018	12 :50 à 14 :21		02 femmes

#### *V.1.4 Déroulement des promenades micro-météorologiques de la période d'été*

L'exploration du site à travers l'expérimentation effectuée en période d'hiver 2018, associée aux résultats issus de la modélisation des radiations solaires, nous ont permis d'identifier les configurations urbaines les plus pertinentes à étudier et de définir notre protocole d'étude d'été. Nous présentons, d'abord, les points de mesure choisis et nous abordons ensuite le déroulement des promenades micro-météorologiques afin de recueillir les données souhaitées.

##### *V.1.4.1 Configurations urbaines choisies*

Afin de générer des données homogènes en termes de typologies urbaines, le même nombre de configuration a été sélectionné dans chaque tissu. De ce fait, trois configurations urbaines représentatives sont identifiées et prises comme cas d'étude pour chaque typologie.

- **Tissu ancien** : Au sein de ce tissu labyrinthique (cf. [figure 83](#)) nous avons opté pour les configurations urbaines les plus typiques (qui présentent le moins de modifications coloniales ou postcoloniales) tout en cherchant le parcours le plus court et le moins fatigant pour les participants. Le premier point de mesure correspond à un espace sur une rue principale traversant la Casbah d'Alger de haut en bas (Rue Sidi Driss Hamidouche) (cf. [figure 85/ 1](#)). La configuration choisie est dotée d'une fontaine publique et offre une percée visuelle sur la mer. La rue présente une topographie accidentée avec des marches plus ou moins douces. Le deuxième point fait partie d'une ruelle, nommée rue Larichi, moins large que la première. Cette configuration est caractérisée par son Sabat formé par le rapprochement de deux K'bous et formant un espace couvert (cf. [figure 85/ 2](#)). Dans cet espace, nous pouvons voir de près les éléments structurels en bois aidant à supporter les K'bous. La topographie dans cette partie demeure accidentée ce qui fait que le parcours contient toujours des marches. La dernière configuration de ce tissu correspond à un espace partiellement couvert de la même ruelle. La partie couverte est due à la présence d'un k'bous à l'étage (cf. [figure 85/ 3](#)).



Figure 85: Tissu ancien et configurations urbaines associées. Source : Auteure.

- **Tissu mixte** : Trois configurations différentes ont été choisies dans ce tissu, selon leurs caractéristiques spécifiques (emplacement, données architecturales, degré d'ouverture, etc.). La première configuration (cf. [figure 86/ 4](#)) correspond à un large palier d'un escalier urbain datant de la période coloniale. Les façades reflètent l'intervention coloniale à travers les grandes fenêtres et les matériaux de construction. Nous remarquons que la rue, dans cette configuration, a gardé son aspect sinueux avec un gabarit de construction important. La deuxième configuration marque l'extrémité d'une rue étroite ouvrant une percée visuelle sur la mosquée Ketchawa (cf. [figure 86/ 5](#)). Une diversité de traitements de façades est omniprésente dans cet espace, laissant ressentir la mixité entre les tissus (ancien et colonial). Le dernier point choisi pour cette configuration (cf. [figure 86/ 6](#)), fait partie d'un autre escalier urbain qui relie la typologie mixte à la typologie coloniale. Cet espace permet à la fois une vue sur des constructions de la typologie ancienne et une vue sur une grande place (l'actuelle Sahat El Chohadaa) bordée par des grandes constructions coloniales.



Figure 86: Tissu mixte et configurations urbaines associées. Source : Auteure.

- **Tissu colonial** : Le premier point, ici, (cf. [figure 87/ 7](#)), appartient à la typologie coloniale haussmannienne favorisant des grands espaces publics. Il s'agit d'un espace appartenant à une galerie commerçante sous arcades en double hauteur donnant sur une voie carrossable et une grande place publique (l'actuelle Sahat El Chohadaa). Cette dernière nous a paru pertinente comme point de mesure étant donné qu'elle permet une exposition totale aux différents paramètres climatiques (cf. [figure 87/ 8](#))<sup>86</sup>. Le point 8 relie, donc, les deux autres configurations de cette typologie coloniale qui se clôture par un autre espace sous arcade en double hauteur. Le dernier point (cf. [figure 87/ 9](#)) fait partie d'un immeuble de typologie coloniale moderne formant, avec les immeubles situés de l'autre côté de la voie de circulation,

<sup>86</sup> Nous signalons que cet espace nous a interpellés ainsi que les sujets interrogés, dès la phase d'exploration du terrain en période d'hiver. Néanmoins, il n'était pas possible de l'expérimenter à cause du chantier qui était clôturé à cette époque.

une grande avenue (avenue du Premier Novembre). Cette configuration est caractérisée par une activité commerciale importante au rez-de-chaussée de l'immeuble.

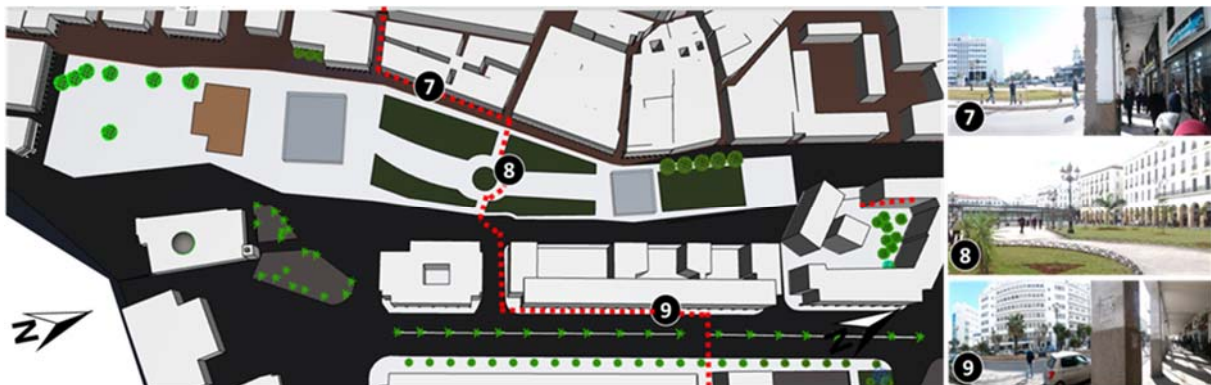


Figure 87: Tissu colonial et configurations urbaines associées. Source : Auteur.

- **Tissu postcolonial** : les trois espaces choisis dans ce tissu reflètent l'intervention postcoloniale dans la partie basse de la Casbah d'Alger (l'actuel quartier de la Marine). La première configuration de cette typologie (cf. [figure 88/ 10](#)) correspond à une partie d'une rue qui mène vers la mer. Délimitée par un parking à étages et un bâtiment massif (Institut National Supérieur de Musique), cette configuration est caractérisée par la diversité de ses matériaux de construction typiquement moderne (béton, métal...etc.). La deuxième configuration choisie pour ce tissu correspond à un passage piéton délimité par la façade latérale du Institut National Supérieur de Musique et le boulevard Amara Rachid (cf. [figure 88/ 11](#)) Elle est caractérisée par une vue sur la mer et un trafic routier important. La dernière configuration de ce tissu (cf. [figure 88/ 12](#)) fait partie d'un passage qui mène vers l'accès principal de l'Institut National Supérieur de Musique. Délimité par la clôture métallique légère de l'institut et une voie routière, cet espace est totalement exposé aux différentes conditions climatiques.

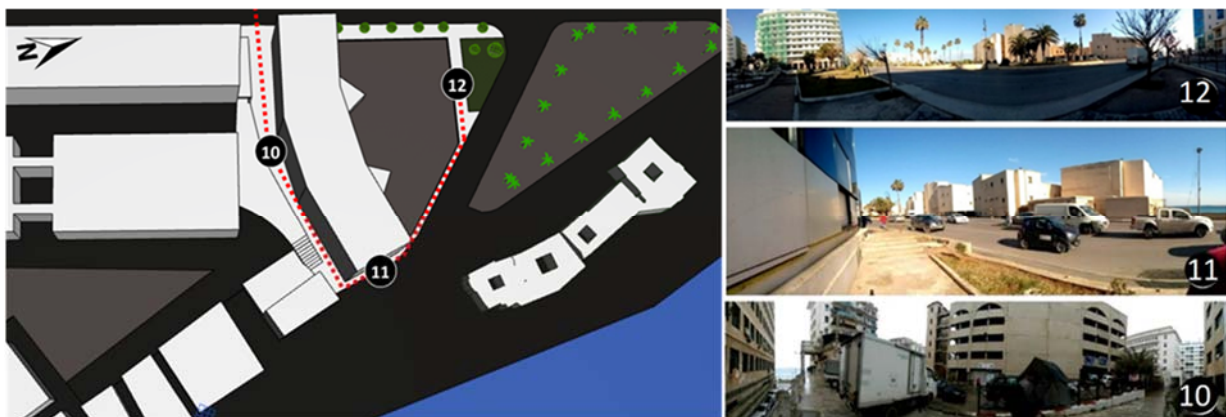


Figure 88: Tissu postcolonial et configurations urbaines associées. Source : Auteur.

#### *V.1.4.2 Organisation des promenades microclimatiques*

Après avoir identifiées toutes les configurations urbaines à évaluer, le parcours des promenades micro-météorologiques d'été a été établi (cf. [figure 89](#)) La campagne de mesure d'été s'est déroulée pendant la période la plus chaude de l'année (fin juillet-début août 2018) avec des conditions météorologiques identiques (ciel dégagé, vent léger, etc.). Ainsi, comme prévu dans le chapitre précédent, des données subjectives ont été collectées, à l'aide d'un questionnaire que nous avons distribué aux sujets tout au long du parcours, dans des conditions micro-météorologiques mesurées simultanément. Nous notons que, dans l'objectif de tester le parcours et les configurations urbaines choisis lors de la campagne d'hiver, trois promenades micro-météorologiques « tests » d'été ont été effectuées avant de faire participer les usagers (cf. [annexe II Parcours et points de mesure des promenades micro-météorologiques](#)).

Bien que les mesures micro-météorologiques n'étaient pas réalisées en même temps dans les différentes configurations urbaines, l'intervalle de temps entre chaque mesure (2 à 5 minutes) permet de considérer les conditions météorologiques comme similaires entre deux configurations. Les promenades micro-météorologiques représentent une distance de 1 250 m, avec une pente moyenne d'environ 15%. La durée des promenades était d'environ 60 minutes pour la descente : du (P1) à (P12), et 90 minutes pour la montée : du (P12) à (P1) (cf. [figure 89](#))

Le long du parcours, il y a eu un court arrêt (2 à 3 minutes) dans chaque configuration urbaine pour que les participants remplissent le questionnaire. En plus de ces données subjectives, deux personnes étaient chargées de collecter les paramètres micro-météorologiques. Pour chaque configuration urbaine, après un temps d'adaptation des capteurs aux conditions thermiques locales, tous les paramètres micro-météorologiques ont été mesurés simultanément.



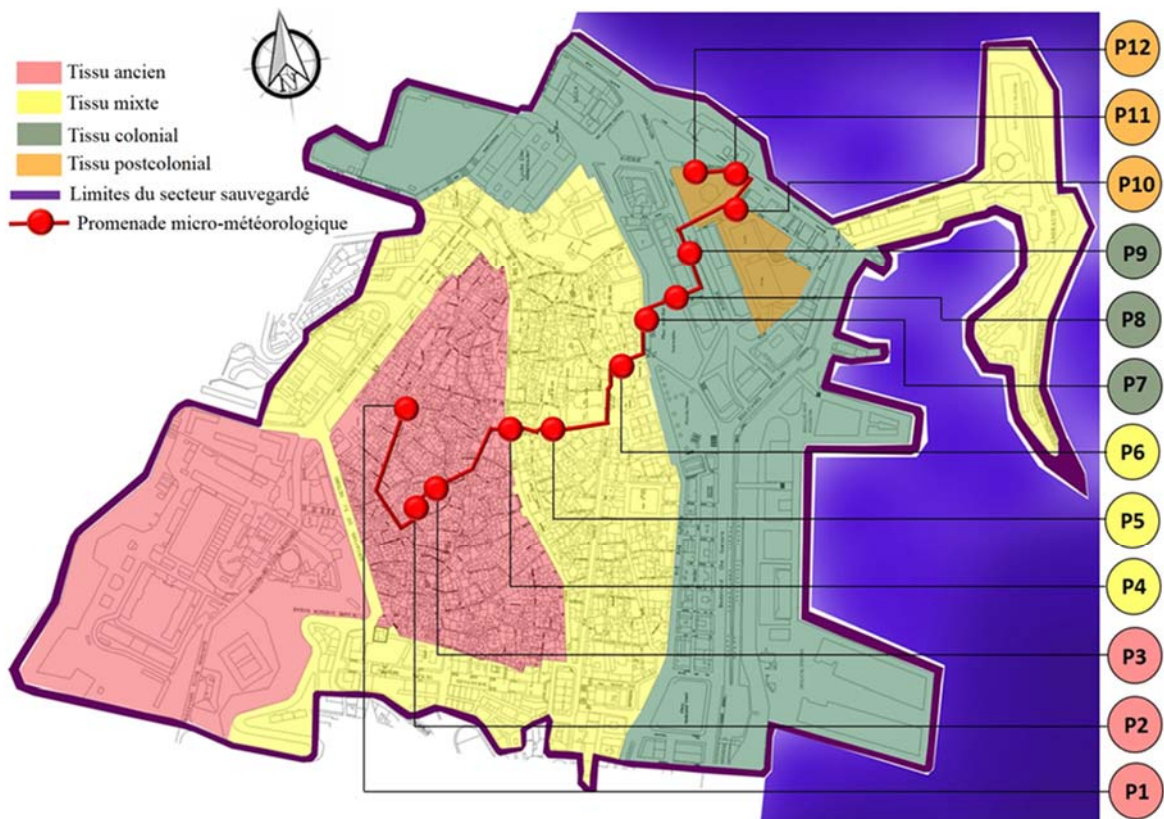


Figure 89: Parcours des promenades micro-météorologiques effectuées en période d'été. Source : Auteure.

Le tableau ... montre que les participants ont effectué la promenade micro-météorologique à différents moments de la journée : une dizaine de personnes le matin, dix en milieu de journée et dix autres l'après-midi. Nous signalons qu'en raison de la contrainte du stress thermique estival à Alger, les gens étaient naturellement peu motivés à participer aux promenades micro-météorologiques. Néanmoins, 5 groupes de personnes (30 sujets) de la population locale d'Alger ont participé à l'expérience. L'échantillon était composé de 17 femmes et 13 hommes portant des vêtements d'été (t-shirt fin, short ou pantalon et chaussures pour les hommes, pantalon et t-shirt ou robe longue, chaussures et Hijab pour les femmes). L'âge moyen des participants était d'environ 30 ans. Le [tableau 4](#) montre plus de détails sur le déroulement des promenades de cette campagne de mesure d'été.

Tableau 4 : Détails du déroulement des promenades micro-météorologiques d'été.

Promenade	Date	Plage horaire	Nombre de participants	Sens de la promenade
1	28-07-2018	Matinée (9:00 – 10:30)	8	De 12 à 1 (montée)
2	28-07-2018	Après-midi (15:00 – 16:30)	7	De 12 à 1 (montée)
3	30-07-2018	Mi-journée (12:15 – 13:15)	3	De 1 à 12 (descente)
4	30-07-2018	Après-midi (15:00 – 16:30)	4	De 12 à 1 (montée)
5	01-08-2018	Mi-journée (12:15 – 13:15)	8	De 1 à 12 (descente)

## V.2 Stratégie de traitement des données

Après avoir recueilli toutes les données expérimentales, un travail d'organisation, de dépouillement et d'analyse devient indispensable afin d'atteindre les objectifs souhaités. De ce fait, une stratégie de traitement des données objectives et subjectives a été mise en place. La [figure 90](#) montre que notre processus de traitement qui commence par la lecture et l'analyse des données physiques brutes. La compréhension de ces valeurs micro-météorologiques permet l'explication du ressenti relevé pour chaque promenade effectuée. Nous notons, ici, que le ressenti est évalué grâce aux moyennes des valeurs issues des échelles de satisfaction pour chaque promenade. De plus, la lecture des verbatim permet de mieux comprendre comment le cadre urbain influe sur la satisfaction microclimatique. Ainsi, les synthèses du croisement objectif-subjectif permettent d'évaluer les différentes typologies urbaines d'un point de vue microclimatique.

L'étape suivante du traitement des données implique le calcul des valeurs moyennes de tous les paramètres mesurés ainsi que la température moyenne radiante  $T_{mrt}$ , nécessaire pour le calcul de l'UTCI (cf. [IV.1.2.1.3 Calcul d'un indice objectif \(UTCI\)](#)). Ce dernier sera corrélé avec l'indice subjectif APCI, calculé à partir des mesures moyennes de satisfaction et des coefficients correcteurs  $C_i$  (cf. [IV.1.2.2.2 Calcul d'un indice subjectif \(l'APCI\)](#)). D'autre part, l'analyse de la perception globale des usagers permet le classement des différentes configurations urbaines selon le degré d'appréciation. Ce classement global est confronté aux valeurs de l'indice de confort subjectif (l'APCI) pour répondre au premier objectif de cette thèse visant l'identification des critères de confort microclimatique et global pour le contexte d'Alger. Enfin les deux indices APCI et UTCI sont corrélés afin d'offrir un nouvel outil d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique global et universel conjuguant tous les paramètres physiques et sensibles.

Dans les sections qui suivent, nous expliquons en détail notre processus de traitement des données illustré dans la figure 90. Nous signalons que suite à la complexité des données subjectives, l'analyse des données n'est pas faite d'une manière linéaire mais plutôt itérative entre les différents éléments traités. Pour autant, nous pouvons retrouver le même élément d'analyse dans différentes étapes de traitement des données selon l'objectif souhaité.

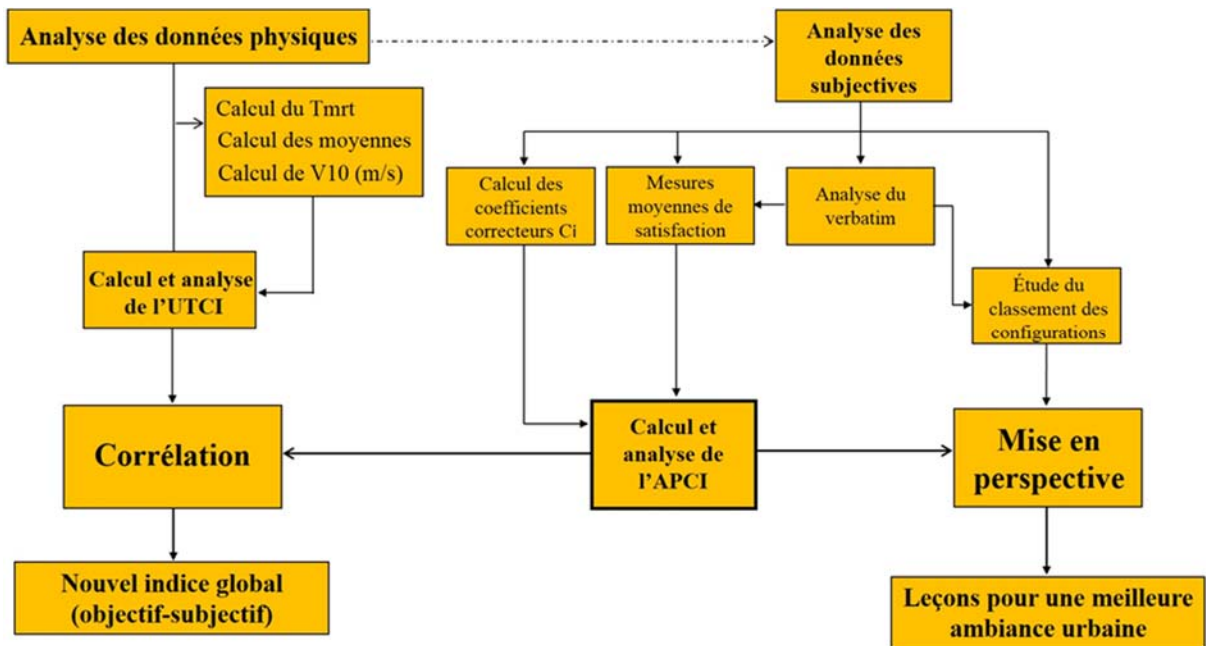


Figure 90: Méthodologie de traitement des données. Source : Auteure

### V.2.1 Analyse des données physiques

Avant de commencer l'analyse des données micro-météorologiques, il a fallu saisir les mesures recueillies sur un outil permettant une exploration simple et interactive. Pour cela, nous nous sommes servis du logiciel Microsoft Excel où nous avons saisi toutes les données brutes, par promenade selon la logique de la collecte (cf. [tableau 5](#)).

Tableau 5: Exemple de saisie des données brutes (première promenade de la campagne d'été)

Date : 28 / 07 / 2018		Sens de la promenade : de 12 à 1 (montée)				Ciel : dégagé
Points	Heure	T <sub>g</sub> (°C)	T <sub>air</sub> (°C)	Rh (%)	V <sub>air</sub> (m/s)	Observation
P12	10:43	40,7	28,8	66	0,57	ensoleillé
P11	10:54	37	28,7	68,1	1,26	ensoleillé
P10	11:00	36,8	27,2	68,7	2,42	ensoleillé
P9	11:10	30,4	29,4	67,7	0,53	ombragé
P8	11:20	36,6	33,8	53,4	1,5	ensoleillé
P7	11:31	33,6	30,9	62,1	0,22	ombragé
P6	11:45	31,4	32	63,9	0,15	ombragé
P5	12:00	31,8	29,8	66,2	0,15	ombragé
P4	12:10	34,2	32,1	60,3	0,23	ombragé
P3	12:30	29,4	29,4	69,8	0,12	ombragé
P2	12:40	28,4	28,4	72,1	0,49	ombragé
P1	12:50	34,7	30,1	65,4	1,13	ensoleillé/ semi-ombragé

Après avoir saisi toutes les données physiques collectées durant les cinq promenades micro-météorologiques, une lecture initiale de ces données a été effectuée afin de bien comprendre

l'interaction des paramètres météorologiques avec les conditions urbaines étudiées. En effet, chaque point de mesure a été analysé en comparant son comportement microclimatique durant les cinq promenades effectuées (cf. [tableau 6](#)). Les valeurs des paramètres météorologiques, associées à nos observations relevées in-situ (ensoleillement, ombre, direction du vent...) nous ont permis de caractériser physiquement chacune des configurations urbaines étudiées.

Tableau 6: Exemple de lecture initiale des données micro-météorologiques brutes (point de mesures 11).

Point 11	Date	Plage horaire	Tg (°C)	V <sub>air</sub> (m/s)	T <sub>air</sub> (°C)	Rh (%)	Etat d'ensoleillement
Promenade 01	28/07/2018	Matin	37	1,26	28,7	68,1	ensoleillé
Promenade 02	28/07/2018	Après-midi	29,4	2,4	26,9	72,6	ombragé
Promenade 03	30/07/2018	Demi-journée	27,6	5,2	27,1	65	ombragé
Promenade 04	30/07/2018	Après-midi	27,4	4,8	26,7	67,4	ombragé
Promenade 05	01/08/2018	Demi-journée	29,9	2,7	32	63,4	ombragé

La caractérisation physique de chaque configuration urbaine était, donc, à la base de l'étude de chaque tissu urbain. Le tableau 07 montre l'exemple du regroupement des données pour la typologie urbaine ancienne pour chaque promenade urbaine. Cela a été appliquée à tous les tissus urbains afin de faire sortir les caractéristiques microclimatiques de chaque tissu pour mieux comprendre l'effet des données urbaines sur les ambiances thermiques.

Tableau 7: Exemple de traitement des données micro-météorologiques par promenade et par typologie urbaine (tissu ancien : P1, P2, P3)

		Tg (°C)	Ta (°C)	Rh (%)	Va (m/s)
<b>Promenade 1</b>	P1	34,7	30,1	65,4	1,13
	P2	28,4	28,4	72,1	0,49
	P3	29,4	29,4	69,8	0,12
<b>Promenade 2</b>	P1	32,1	29	58,3	0,8
	P2	27,7	28,4	64,2	0,7
	P3	28,5	29,4	69,3	0,6
<b>Promenade 3</b>	P1	31,3	28,5	61,1	0,4
	P2	28,6	29,5	58,4	0,25
	P3	29,4	29	60,8	0,4
<b>Promenade 4</b>	P1	32,6	28,6	58,2	0,2
	P2	27,9	28,1	62,1	0,3
	P3	29	28,9	59,6	0,2
<b>Promenade 5</b>	P1	30,7	29,8	66,3	1,95
	P2	27,2	30,1	70	0,4
	P3	28,6	28,8	69,4	1,2

Dans l'objectif de calculer l'indice thermo-physiologique UTCI, les moyennes des paramètres micro-météorologiques ( $T_{air}$ ,  $V_{air}$ ,  $R_h$ ) ont été calculées pour chaque configuration urbaine. Ainsi, le calcul de la température radiante moyenne ( $T_{mrt}$ ) a été effectué en se basant sur l'équation citée auparavant (cf. [équation  \$T\_{mrt}\$](#) ). Le [tableau 8](#) ci-dessous montre la préparation des données nécessaires pour le calcul de l'UTCI de chaque point de mesure (exemple du point 12). Nous signalons, ici, que les valeurs moyennes des vitesses d'air ne sont pas utilisées comme telles mais elles ont été converties à leur équivalence à une hauteur de 10m au-dessus du sol. Le calcul des  $V_{10}$  a été exécuté selon l'équation citée dans le chapitre précédent (cf. [équation  \$V\_{10}\$](#) ).

Tableau 8: Données nécessaires pour le calcul de l'UTCI (Exemple du point de mesure P12).

Point 12	$T_g$ (°C)	$V_a$ (m/s)	$T_a$ (°C)	$T_{mrt}$ (°C)	$R_h$ (%)
<b>Promenade 1</b>	34,7	1,13	30,1	<b>47,69</b>	65,4
<b>Promenade 2</b>	32,1	0,8	29	<b>39,60</b>	58,3
<b>Promenade 3</b>	31,3	0,4	28,5	<b>35,87</b>	61,1
<b>Promenade 4</b>	30,6	0,2	28,6	<b>32,79</b>	58,2
<b>Promenade 5</b>	32,7	1,95	29,8	<b>44,36</b>	66,3
<b>moyenne P12</b>	<b>32,28</b>	<b>0,896</b>	<b>29,2</b>	<b>40,06</b>	<b>61,86</b>

### V.2.2 Analyse des données subjectives

Tout comme les données physiques, les données sensibles relevées in-situ nécessitent un travail d'organisation et de saisie afin de permettre une meilleure visualisation et analyse des informations recueillies. En fait, nous avons utilisé, encore une fois, le logiciel Microsoft Excel pour saisir le nombre important de données subjectives collectées pour les 30 sujets sur les 12 configurations urbaines (cf. [figure 91](#)). Cette première étape nous a permis de bien organiser toutes les données dans un seul tableur qui a été exporté vers le logiciel Le Sphinx, outil de création et d'analyse des enquêtes. Nous montrons, dans la figure suivante, une toute petite partie des données subjectives brutes saisies. Chaque ligne correspond aux réponses d'un seul

participant sur les différentes questions posées pour chaque point de mesures. Les réponses pour chaque point sont distinguées par l'heure de réponse qui ponctue les colonnes.

Date	Imp Rh	Imp Va	Imp Ta	Imp E	Imp O	Heure P12	AspectspositifsP12	AspectsnégatifsP12	AméliorationP12	DSTRhP12	DSVaP12	DSTaP12	DSEP12	DSO P12	Heure P11	Asped
28/07/2018	2	1	1	3	3	10:45	Le mariage entre le verre de la bâtisse avec l'abondance de la verdure, ainsi que la présence d'un jet d'eau en face,	la difficulté de l'accès (passages piétons absents), l'absence de l'ombre devant les entrées,	mettre des entrées qui procurent de l'ombre, refaire le pavé en évitant le ciment pur, mettre plus d'arbres,	2	1	1	5	5	10:54	le
28/07/2018	5	3	3	4	5	10:45	Espace large, touristique	nuisances sonores, chaud, caché colonial, mal aménagé	aménager pour profiter de la vue sur la mer, amoindrir la circulation mécanique,	7	2	3	7	7	10:54	
								mettre les bancs								

Figure 91: Aperçu sur une saisie d'une partie des données subjectives. Source : Auteure.

Après avoir importé toutes les données sensibles dans l'environnement de Le Sphinx, nous avons commencé notre traitement par le calcul des moyennes des niveaux de satisfaction des participants vis-à-vis des différentes conditions micro-météorologiques : Rh (taux d'humidité dans l'air), Va (vitesse de l'air), Ta (température de l'air), E (ensoleillement), O (ombre). Cela a été effectué pour chacune des configurations urbaines et pour toutes les promenades micro-météorologiques (cf. [tableau 9](#)).

Tableau 9 : Moyennes des niveaux de satisfaction pour toutes les promenades urbaines (Exemple de P1).

P1	Date	Plage horaire	Rh	Va	Ta	E	O
<b>Promenade1</b>	28-juil	matin	3,71	3,14	3,00	2,43	1,71
<b>Promenade 2</b>	28-juil	Après-midi	4,50	3,63	3,38	3,50	1,88
<b>Promenade 3</b>	30-juil	Demi-journée	3,00	1,67	2,33	2,67	2,00
<b>Promenade 4</b>	30-juil	Après-midi	4,50	2,50	3,50	1,75	1,50
<b>Promenade 5</b>	01-août	Demi-journée	5,20	2,40	2,50	2,50	2,00

Une fois les moyennes des niveaux de satisfaction générées pour chaque point de mesure, une analyse des données par tissu a été effectuée. Les trois configurations urbaines choisies pour chaque typologie ont été évaluées et comparées entre elles. Le [tableau 10](#) montre l'exemple des moyennes de satisfaction de la typologie ancienne. Pour cette étape, nous nous sommes basés sur les données physiques recueillies simultanément, les observations in-situ et

les verbatim pour expliquer le ressenti des sujets interrogés par rapport aux conditions micro-météorologiques.

Tableau 10: Exemple de traitement des données sensibles par promenade et par typologie urbaine (tissu ancien : P1, P2, P3).

		<b>Ta</b>	<b>Rh</b>	<b>Va</b>	<b>E</b>	<b>O</b>
<b>Promenade1</b>	P 1	3,29	3,71	3,14	2,43	1,71
	P 2	3,57	4,43	4,43	1,86	1,14
	P 3	3,29	4,71	3,71	2,43	2,00
<b>Promenade2</b>	P 1	4,25	4,50	3,63	3,50	1,88
	P 2	5,00	6,63	4,50	4,63	2,13
	P 3	4,25	5,88	4,63	2,75	1,63
<b>Promenade3</b>	P 1	1,67	3,00	1,67	2,67	2,00
	P 2	1,33	5,33	4,33	1,00	1,00
	P 3	2,00	4,00	3,33	1,00	1,00
<b>Promenade4</b>	P 1	3,25	4,50	2,50	1,75	1,50
	P 2	3,00	4,00	4,00	5,00	2,00
	P 3	4,00	5,25	3,50	3,75	1,75
<b>Promenade5</b>	P 1	2,70	5,20	2,40	2,50	2,00
	P 2	1,70	3,90	3,50	3,10	1,40
	P 3	1,70	3,20	1,70	1,40	1,20

Pour une meilleure représentation visuelle, différents graphes ont été élaborés pour la partie discussion des résultats. Le croisement des données physiques et sensibles de toutes les configurations urbaines, nous a permis de tirer des synthèses spécifiques à chaque tissu urbain. Ce croisement a été renforcé par la corrélation des deux indices de confort, objectif (UTCI) et subjectif (APCI). Ce dernier a été calculé en se basant sur la définition du confort climatique local. Ce sont les évaluations faites par les sujets de l'importance des paramètres climatiques pour un meilleur confort en milieu urbain qui permettent cette définition du confort local. Comme illustré dans la (cf. [figure 92 gauche](#)) l'importance de chaque paramètre a été évaluée sur une échelle allant de 1 à 5. Le nombre de réponses par note est traduit par un pourcentage par rapport au nombre global des participants (30 dans notre cas). Le pourcentage correspondant à la note d'importance supérieure (5) est pris pour chaque paramètre afin d'être classé avec le reste des paramètres climatiques évalués. L'ordre de classement permet d'attribuer des

coefficients de pondération à chaque paramètre selon le pourcentage de réponses 5 obtenues à la question (cf. [figure 92 droite](#)).

Importance $T_{air}$			% des réponses	Ordre de classement	Coefficient	
Taux de réponse : 100,0%						
Min = 2,00 Max = 5,00						
Note d'importance	Nombre de réponses	% des réponses				
1	0	0,00%	Ta	50,00%	3	3
2	5	16,66%	Rh	37,50%	4	2
3	6	20,00%	Va	25,00%	5	1
4	4	13,33%	O	71,90%	1	5
5	15	50,00%	E	53,10%	2	4
<b>Total</b>	30	100,00%				

Figure 92: Définition du confort microclimatique local (définition des coefficients). Source : Auteure

Nous montrons, enfin, un exemple de traitement des données textuelles (Verbatim) permettant une analyse thématique des différentes réponses aux questions ouvertes (cf. [figure 93](#)). La distribution des thèmes est quantifiée tout en donnant une indication sur les aspects les plus perçus par les suets interrogés. Un autre exemple (cf. [figure 94](#)) illustre la lecture des verbatim basée sur les thèmes significatifs de l'étude. Cette lecture a été effectuée pour toutes les données textuelles (réponses de tous les participants sur tous les points de mesures).

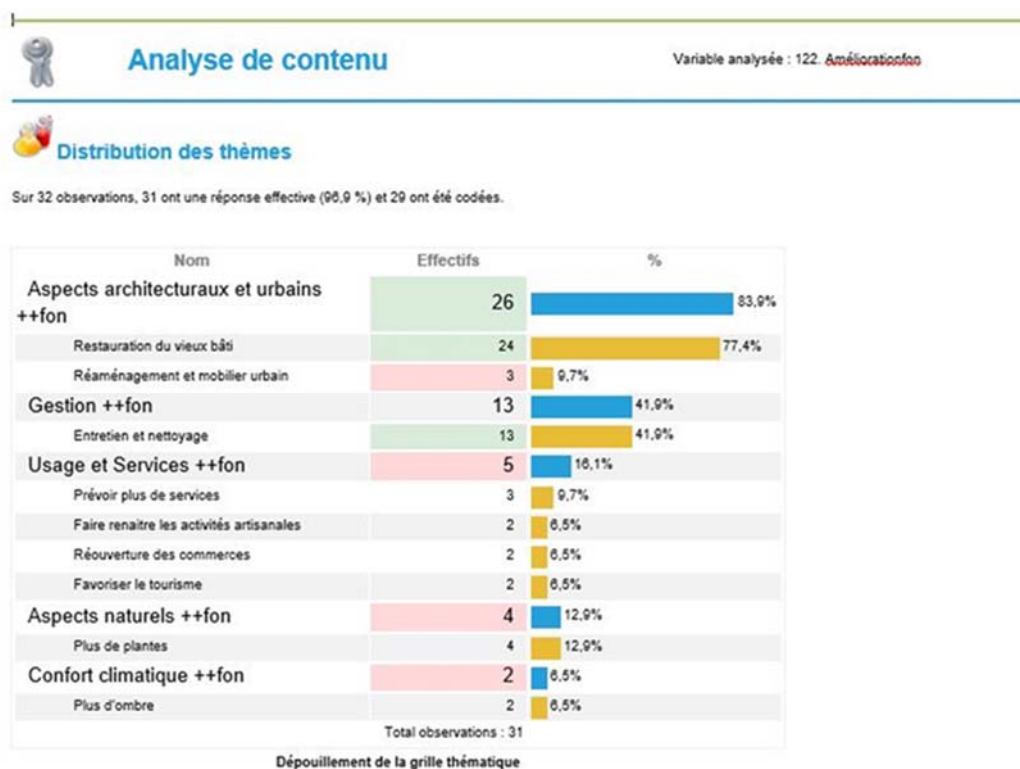


Figure 93: Exemple d'analyse des données textuelles (Distribution des thèmes). Source : Auteure.





## Analyse de contenu

Variable analysée : 40. [Aspectspositifsarc](#)



### Verbatims illustratifs des thèmes

#### Confort climatique +arc

- la fraîcheur et l'ombre sont agréables

#### Ombre

- présence de l'ombre, présence des différents commerces, propreté de la rue
- la fraîcheur et l'ombre sont agréables

#### Fraîcheur

- la fraîcheur et l'ombre sont agréables
- la fraîcheur, commerces

#### Vent

- l'ombre, le vent, les arbres (espace vert)

#### Usage et Services+arc

- présence de l'ombre, présence des différents commerces, propreté de la rue
- la fraîcheur, proche de la mer, présences des services et commerces, bâti solide

#### Commerces

- présence de l'ombre, présence des différents commerces, propreté de la rue
- la fraîcheur, proche de la mer, présences des services et commerces, bâti solide

#### Restaurants

- présence de l'ombre, présence des différents commerces, propreté de la rue
- la fraîcheur, proche de la mer, présences des services et commerces, bâti solide

#### Moyens de transports

- anciennes bâtisses, magasins, ombre, fraîcheur, moyens de transports différents et disponibles

#### Aspects architecturaux et urbains +arc

- présence de l'ombre, passage large, commerces
- la fraîcheur, proche de la mer, présences des services et commerces, bâti solide

#### Forme de l'espace urbain

- présence de l'ombre, passage large, commerces

#### Typologie des bâtiments

- les commerces, la belle architecture

Figure 94: Exemple d'analyse des données textuelles (Verbatim illustratifs des thèmes.) Source : Auteurs.

Le présent chapitre a eu pour objet de définir, en premier lieu, le cadre expérimental. Ce dernier a été sélectionné en suivant différentes étapes de prospection urbaine, de simulation numérique et de test du protocole de mesure in-situ. Ainsi, le déroulement des promenades micro-météorologiques a été exploré tout en mettant en évidence les configurations urbaines à étudier. Dans la deuxième partie de ce chapitre, le processus de traitement des données subjectives et objectives a été largement détaillé. Le croisement de ces données ainsi que les résultats de l'investigation empirique seront présentés et discutés dans le chapitre suivant.

## **VI. Chapitre 06**

### **Résultats et discussion**

Après avoir défini le cadre expérimental et la stratégie de traitement des données, nous passons dans ce chapitre à la présentation et discussion des résultats. Nous commençons, d'abord, par l'évaluation du confort global des différentes configurations urbaines étudiées. Nous passons, ensuite, à la caractérisation physique et l'évaluation sensible du confort microclimatique. Les résultats des calculs des indices de confort sont ainsi discutés. Une confrontation du confort global et microclimatique est présentée afin de mettre en évidence l'aspect global de l'évaluation du confort microclimatique. Pour clôturer, nous présentons les résultats de la corrélation des deux indices de confort (objectif et subjectif) calculés pour proposer, enfin, un modèle de confort microclimatique global qui s'ouvre à l'universalité.

## Contenu du chapitre

<b>VI. Chapitre 06 Résultats et discussion .....</b>	<b>163</b>
VI.1 Evaluation globale des configurations urbaines .....	165
VI.1.1 Tissu ancien (P1, P2, P3) .....	166
VI.1.2 Tissu mixte (P4, P5, P6) .....	170
VI.1.3 Tissu colonial (P7, P8, P9) .....	174
VI.1.4 Tissu postcolonial (P10, P11, P12) .....	178
VI.1.5 Classement des appréciations des configurations urbaines .....	184
VI.2 Evaluation objective et subjective du confort microclimatique .....	185
VI.2.1 Tissu ancien (P1, P2, P3) .....	185
VI.2.2 Tissu mixte (P4, P5, P6) .....	188
VI.2.3 Tissu colonial (P7, P8, P9) .....	190
VI.2.4 Tissu postcolonial (P10, P11, P12) .....	192
VI.3 Résultats du calcul des indices UTCI, APCI .....	194
VI.3.1 UTCI .....	194
VI.3.2 APCI .....	195
VI.3.3 Comparaison du confort global avec le confort microclimatique .....	199
VI.4 Corrélation des indices UTCI et APCI, vers un modèle global du confort microclimatique .....	202

## VI.1 Evaluation globale des configurations urbaines

Afin d'étudier la perception des sujets interrogés, nous avons analysé leurs réponses textuelles pour chaque configuration urbaine. Cette analyse nous a permis d'obtenir une évaluation globale de l'environnement urbain étudié. Ainsi, après avoir collecté et saisi toutes les données textuelles, nous avons organisé et traité les réponses aux questions ouvertes à l'aide de l'outil Sphinx. Nous traitons dans cette partie, les réponses aux trois premières questions ouvertes posées (cf. [annexe I Questionnaire](#)), qui visent à identifier les aspects positifs, les aspects négatifs et les améliorations possibles pour chacune des configurations urbaines traversées. Un discours important et diversifié a été produit par les participants, ce qui nous a conduits à une codification des réponses selon les thèmes abordés. Une grille thématique basée sur les éléments représentatifs perçus par les sujets interrogés a été donc proposée (cf. [annexe III grille thématique](#)).

Malgré la diversité de leurs réponses, l'ensemble des participants aux promenades micro-météorologiques a abordé d'une manière ou d'une autre un ou plusieurs thèmes identifiés dans la grille thématique. Ces thèmes sont regroupés sous sept variables principales traduites par des aspects positifs, aspects négatifs et propositions d'amélioration. Ces variables sont : les aspects architecturaux et urbains, les aspects naturels, le confort climatique, les aspects sociaux et ressentis, l'usage et les services, la gestion de l'espace public et les autres aspects du confort regroupant confort visuel acoustique et olfactif.

Nous présentons, ici, l'évaluation globale de chacune des configurations urbaines évaluées par les sujets interrogés. Nous signalons que les résultats détaillés ainsi que diverses photographies, correspondants à chaque point de mesure sont exposés en annexes (cf. [annexe IV Illustration de l'analyse textuelle pour chaque configuration urbaine](#)). Nous notons que les pourcentages présentés dans cette partie expriment la proportion des réponses ayant cité un ou plusieurs thèmes par rapport à l'ensemble des réponses de la population interrogée, chaque personne ayant pu aborder plusieurs fois le même thème dans une même réponse.

### *VI.1.1 Tissu ancien (P1, P2, P3)*

- **P1** : pour cette première configuration urbaine P1 (cf. [figure 95](#)), les aspects positifs perçus les plus exprimés par les sujets interrogés correspondent principalement aux aspects architecturaux et urbains. 93.3% des réponses montrent une appréciation de l'esthétique des façades, de la forme de l'espace urbain, de l'aspect historique mais, ainsi que de l'aménagement urbain, du revêtement de sol et de la durabilité du bâti. Les aspects sociaux et ceux relatifs au ressenti personnel viennent occuper la deuxième place dans l'évaluation positive de cette configuration. En effet, 73.3% des réponses évoquent un lieu traditionnel agréable, émouvant, calme, qui inspire bien-être et sécurité, tout en assurant une présence sociale rassurante et bienveillante. La moitié des réponses font apparaître l'appréciation des aspects naturels, notamment, la vue sur la mer et la présence de la végétation. Un nombre moins important de réponses (43.3%) aborde l'aspect usage et services du fait de la présence de l'artisanat local, d'une fontaine d'eau potable et de quelques commerces. 30% d'entre elles évoquent le confort microclimatique par l'appréciation de la fraîcheur et de l'ombre dans cet endroit.

Quant aux aspects négatifs perçus dans cette configuration, 60% des réponses avancent des critiques liées au cadre bâti (vétusté et manque d'aménagement urbain). 30% exposent le problème de la gestion des espaces (désordre, manque d'entretien et de propreté). La question de l'inconfort microclimatique est abordée dans 16.6% des réponses avec un taux d'humidité perçu trop élevé, la chaleur, l'absence d'ombre et l'ensoleillement perçu trop fort.

Enfin, pour cette première configuration, de nombreux sujets interrogés (86.6% des réponses) souhaitent une amélioration du cadre bâti à travers la restauration du vieux bâti et l'intégration du mobilier urbain. De plus, l'entretien et le nettoyage sont présents dans 43.3% des réponses à la question de l'amélioration de cet espace. Les sujets interrogés souhaitent une amélioration de l'usage et des services (16.6% des réponses) en revendiquant plus de services, la réouverture des locaux commerciaux fermés ainsi que la renaissance des activités artisanales et la favorisation du tourisme. Enfin, 13.3% des réponses demandent plus de plantes dans cet espace et 6.6% des solutions pour assurer plus d'ombre.



Figure 95: Point 1 la fontaine Ain Mzawka. Source : Auteure 2018.

- **P2** : seules trois variables sont évaluées positivement par les sujets interrogés au sein de cette configuration urbaine (cf. [figure 96](#)) :
  - o les aspects architecturaux et urbains : esthétique des façades, forme de l'espace (Sabat), l'aspect historique, les matériaux de construction, etc. (66.6% des réponses) ;
  - o le confort microclimatique (46.6% des réponses) : fraîcheur ressentie (30%) et absence des rayonnements solaires assurée par l'autoprotection de cet espace couvert (26.6%) ;
  - o les aspects sociaux et ceux liés au ressenti personnel (46.6% des réponses) : lieu traditionnel, calme, agréable, émouvant, qui inspire le bien-être, identité, bienveillance, intimité et abri.

Dans cette configuration, ce sont les nuisances visuelles et olfactives qui sont fortement perçues (80% des réponses) par les sujets interrogés comme étant des aspects négatifs. 26.6% des réponses de la population interrogée montre qu'elle n'est pas satisfaite par l'état du bâti (vétusté) quand 16.6% présentent des évaluations négatives par rapport à la forme de l'espace urbain (Sabat couvert et étroit). 43.3% des réponses insistent sur l'absence de gestion de cet espace en abordant le désordre et le manque d'entretien et de propreté. Quant au confort

microclimatique, 36.6% des réponses critique le taux d'humidité dans cet espace. 13.3% expriment un étouffement dans cette configuration urbaine totalement couverte.

Afin d'améliorer cet espace, 63.3% des réponses proposent des solutions d'entretien et de nettoyage quand 43.3% souhaitent ajouter de l'éclairage artificiel. 46.6% des réponses envisagent la restauration du vieux bâti et l'élimination des ajouts (telles que les surélévations illicites, les câbles électriques apparents, les portes métalliques...) qui déforment l'image authentique de cet espace. Quant au confort microclimatique, 20% des réponses évoquent plus d'aération et des solutions pour baisser le taux d'humidité.



Figure 96: Point 2 Sabat. Source : Auteure 2018.

- **P3** : cette troisième configuration urbaine (cf. [figure 97](#)) est appréciée, principalement, pour ses aspects architecturaux et urbains. 96.6% des réponses déclarent, comme points positifs, l'esthétique des façades, l'aspect historique, la forme de l'espace urbain (rue étroite partiellement couverte par un K'bou), la typologie et la forme des bâtiments mais aussi les matériaux de construction et le revêtement de sol. Le ressenti et les aspects sociaux sont présents dans 46.6% des réponses. Ce lieu est perçu comme traditionnel, agréable, calme et bienveillant. Il donne des sensations d'identité et de repère, d'intimité, de bien-être, d'élégance et d'appartenance. Quant aux éléments du confort microclimatique, 26.6% des réponses



apprécient l'ombre assurée par l'étroitesse de la rue et 16.6% la fraîcheur provenant de faibles courants d'air présents.

La grande partie des évaluations négatives est marquée par le manque de gestion et de prise en charge de cet espace, avec un pourcentage de réponses atteignant 90%. Les participants aux promenades perçoivent le manque d'entretien et de propreté ainsi que le danger des fils électriques apparents entre les façades des constructions de façon inappropriée. Le désordre et les traces des chantiers inachevés font également partie des aspects négatifs relevés sur cet espace. 56.6% des réponses abordent l'état du bâti et l'esthétique des façades qui montrent des ajouts et des éléments perçus désagréables à voir (climatiseurs, fils électriques, étaieement illicite...). Des perceptions liées aux taux d'humidité élevé et à une sensation de chaleur sont également présentes dans 26.6% des réponses.

En ce qui concerne les propositions d'amélioration, 76.6% des réponses mettent en avant la nécessité de la restauration du vieux bâti, l'amélioration de l'esthétique des façades, l'amélioration du revêtement de sol et le réaménagement en intégrant du mobilier urbain et des



Figure 97: Point 3 rue du Qubou. Source : Auteurs 2018.

plantes

pour

améliorer les odeurs en ce lieu. L'entretien et le nettoyage de cet espace sont revendiqués dans 73.3% des réponses.

### *VI.1.2 Tissu mixte (P4, P5, P6)*

- **P4** : l'évaluation positive de cette première configuration de ce tissu (cf. [figure 98](#)) compte 73.3% de réponses abordant des aspects architecturaux et urbains. En fait, 56.6% des réponses montrent que les personnes interrogées apprécient la forme de cet escalier urbain (en zigzag) et 30% l'esthétique des façades à grandes ouvertures et balcons avec une ornementation en fer-forgé. 16.6% des réponses abordent l'aspect historique de cet endroit rassemblant d'anciennes traces (forme de la rue, artisanat local, ornementation de la porte...etc). Le confort microclimatique aussi est présent dans l'évaluation positive des participants avec 30% des réponses parlant de l'ombre et de la fraîcheur en ce lieu. Un nombre de remarques moins important s'intéresse au ressenti et aux aspects sociaux avec 20% des réponses qui trouvent ce lieu agréable, animé et bienveillant qui inspire bien-être et sensation d'intimité. Quant aux services et usages présents dans ce lieu, ils sont appréciés dans 16.6% des réponses, évoquant la présence d'un atelier d'artisanat local et la fonctionnalité de l'escalier qui assure un raccourci urbain qui relie la basse et la haute Casbah.

- Quant aux évaluations négatives, c'est toujours l'état du cadre bâti qui a est omniprésent dans les discours des interrogés (66.6% des réponses). L'esthétique des façades, les ajouts et le manque d'aménagement urbain sont critiqués au sein de cette configuration urbaine. De plus, l'absence d'une gestion de cet espace est perçue par les interrogés. 60% des réponses parlent du manque d'entretien et de propreté en décrivant l'espace comme délaissé. 26.6% des réponses expriment des sensations de manque de sécurité, d'étouffement et de fatigue liés à la difficulté de monter l'escalier urbain. 20% des réponses mentionnent l'insatisfaction du fait des nuisances olfactives présentes en ce lieu. Deux paramètres d'inconfort microclimatique sont mentionnés dans 16.6% des réponses critiquant la chaleur et le taux d'humidité perçus comme élevés.

- Pour l'amélioration de cet espace, 90% des réponses proposent une opération de restauration du bâti tout en éliminant les ajouts et en améliorant l'esthétique des façades. Un réaménagement de l'espace urbain ainsi que l'intégration du mobilier urbain sont aussi souhaitables. La nécessité d'entretien et de nettoyage des lieux figure dans 50% des réponses. Des propositions liées aux usages (10% des réponses) insistent sur la nécessité d'adapter cet escalier urbain aux besoins des personnes à mobilité réduite. De faibles pourcentages de réponses (3.3%) souhaitent des solutions pour l'humidité et le traitement des odeurs en cet espace.



Figure 98: Point 4, l'Escalier Zigzag. Source : Auteure 2018.

- **P5** : cette configuration (cf. [figure 99](#)) recueille 86.6% de réponses ayant apprécié certains de ses aspects architecturaux et urbains tels que :
  - o l'esthétique des façades, avec 83.3% de réponses appréciant la diversité de traitement de façades des bâtiments de style colonial et la spécificité de la mosquée Ketchawa ;
  - o la typologie des bâtiments (43.3%) ;
  - o la forme de l'espace urbain (rue étroite donnant sur une percée visuelle vers la mosquée Ketchawa) (30%) ;
  - o l'aspect historique (26.6%) ;
  - o le revêtement de sol (10%).

Pour cette configuration, quatre paramètres microclimatiques sont décrits dans 40% des réponses comme aspects positifs. L'appréciation de l'ombre est présente dans 23.3% des discours, quant à la vitesse de l'air, exprimée par « fraîcheur », elle est présente dans 20% des réponses, la température de l'air et l'absence d'humidité sont perçues agréables dans 3.3% des

réponses. Cette configuration récolte 16.6% d'observations liées à l'appréciation des commerces, 10% liées à la dynamique et à la bienveillance sociale ressentie.

Les aspects négatifs perçus dans cette configuration urbaine, sont majoritairement liés à la gestion de l'espace avec 90% de réponses critiquant le manque d'entretien et de propreté, le stationnement illicite, l'espace délaissé et les chantiers inachevés. De même, des évaluations négatives par rapport aux aspects architecturaux et urbains sont exprimées dans 70% des réponses par rapport à la vétusté de certains bâtiments, l'inesthétisme des façades (linges sur les fenêtres et balcons, fils électriques...). 36.6 % des réponses notent une gêne vis-à-vis du désordre causé par le marché populaire à proximité.

En termes d'amélioration, un nombre important de participants (76.6% des réponses) souhaite une meilleure gestion de l'espace à travers le nettoyage, l'entretien, l'élimination du stationnement illicite et l'organisation de la circulation piétonne et mécanique. 73.3% des réponses proposent une amélioration du cadre bâti à travers des travaux de restauration et de réaménagement tout en intégrant différents mobiliers urbains. Un nombre réduit de participants exprime leurs souhaits de revoir les activités artisanales et les commerces fermés (6.6% des réponses).



Figure 99: Point 5 la rue de la mosquée. Source : Auteure 2018.

- **P6** : pour cette dernière configuration du tissu mixte (cf. [figure 100](#)), les réponses portant des évaluations positives ne dépassent pas 40%. En fait, l'appréciation des aspects architecturaux ou urbains est exprimée dans 36.6% des réponses. Les observations montrent une appréciation de la forme de cet espace ainsi que l'aspect historique perçu à travers les différentes typologies exposées dans cet espace (ancienne, coloniale). Une évaluation positive du confort microclimatique figure dans 26.6% des réponses où la présence de l'ombre et d'une fraîcheur est appréciée. 20% des réponses abordent des éléments liés à l'usage et aux services perçus dans cet espace tels que les moyens de transport (10%), le raccourci urbain assuré par cette configuration (escalier large permettant le passage du tissu mixte au tissu colonial) (10%) et la présence des locaux commerciaux (6.6%). Ainsi, à partir de cet espace, 16.6% des sujets interrogés perçoivent positivement la végétation présente sur la place publique en face grâce à la topographie du site permettant cette percée visuelle, exprimée dans 6.6% des réponses. Enfin, 16.6% de la population interrogée apprécie la propreté de cet endroit, sa prise en charge par des travaux de réhabilitation et 6.6% la dynamique sociale qui le caractérise.

L'évaluation négative de cette configuration touche principalement des éléments liés à la gestion de l'espace avec 83.3% des réponses. C'est, en effet, le manque d'entretien et de propreté qui cause une gêne (56.6%) et les chantiers inachevés (30%). Concernant les aspects sociaux et autres liés au ressenti personnel, désordre (16.6%), trop de monde (10%), manque de sécurité (3.3%), étouffement (3.3%) et fatigue (3.3%) sont les jugements exprimés dans cet espace. Les nuisances sonores dues aux activités commerciales et les nuisances olfactives liées aux ordures présentes dans cet espace figurent dans 33.3% des réponses des participants. De plus, des éléments d'inconfort microclimatique sont exprimés dans 20% des évaluations négatives de cet espace, à savoir la perception d'une forte chaleur et d'un ensoleillement important, de trop d'humidité et de l'absence d'ombre.

L'amélioration souhaitée par la population interrogée est basée essentiellement sur la gestion de cet espace (73.3% des réponses), visant l'entretien et le nettoyage des lieux (53.3%), la clôture des chantiers (34.4%) et l'organisation des commerces anarchiques (9.4%). Les attentes des usagers en termes d'aspects architecturaux et urbains, présentes dans 53.3% des réponses, visent la restauration du vieux bâti, le réaménagement de l'espace en intégrant un mobilier urbain adéquat et l'amélioration de l'esthétique des façades et du revêtement de sol. 6.6% des réponses des usagers expriment la volonté d'ajouter de l'éclairage pour un meilleur confort visuel la nuit, ainsi que des solutions pour l'humidité soient trouvées (3.3% des réponses).



Figure 100: Point 6 l'escalier du palais. Source Auteure 2018.

### *VI.1.3 Tissu colonial (P7, P8, P9)*

- **P7** : pour cette première configuration du tissu colonial (cf. [figure 101](#)), 56.6% des réponses accordent des jugements positifs à ses aspects architecturaux et urbains. En effet, 40% des réponses montrent une appréciation de la forme de cet espace sous arcades (à double hauteur). La typologie des bâtiments haussmanniens (20%), l'aspect historique (16.6%), l'esthétique des façades (13.3%), l'aménagement urbain présent sur la place en face (13.3%) représentent les éléments qui plaisent aux sujets interrogés. Par ailleurs, 53.3% des réponses montrent une appréciation à la présence des commerces et des moyens de transport. L'un des aspects naturels (végétation), présent sur la place à proximité, est largement apprécié (40% des réponses). 33.3% des réponses notent la perception positive des éléments de confort microclimatique en citant l'ombre assurée par la couverture en arcade (30%) et une certaine fraîcheur venant de la partie ouverte des arcs (3.3%). Dans cet espace à forte activité commerciale, des participants aux promenades apprécient la dynamique sociale (13.3% des réponses), la bienveillance des gens (6.6%) et le sentiment de sécurité (3.3%).

Des aspects négatifs, d'ordre architectural et urbain, sont perçus et énoncés dans 60% des réponses. Ils sont liés, principalement, au manque d'espace piéton (43.3% des réponses) et à la vétusté du bâti (13.3%). Plus de la moitié des réponses (56.6%) estiment qu'il y a trop de monde dans cet espace où un étouffement et du désordre sont ressentis. 56.6% des réponses indiquent des insuffisances en termes de gestion, notamment le manque d'entretien et de propreté (40%) et les commerces anarchiques (33.3%). Enfin, 30% des réponses évoquent une gêne due à des nuisances olfactives et acoustiques liées aux activités commerciales concentrées sous l'arcade. Sur le plan microclimatique, 13.3% des discours négatifs expriment trop de chaleur (13.3%), trop d'humidité (3.3%) et un fort ensoleillement (3.3%). En effet, les rayonnements solaires pénètrent en matinée par la partie ouverte des arcs orientée à l'est.

En termes d'améliorations, 70% des réponses proposent des solutions liées aux aspects architecturaux et urbains. 40% souhaitent un élargissement de l'espace piéton, 20% une amélioration de l'esthétique des façades (organisation, élimination des fils électriques...) et 16.6% proposent une restauration réelle du bâti. Une meilleure gestion est abordée dans 66.6% des réponses qui souhaitent un entretien et un nettoyage des lieux (50%), une organisation des commerces anarchiques (16.6%) et de la circulation piétonne (13.3%). Enfin, 6.6% des réponses évoquent des solutions face à l'importance de l'ensoleillement en souhaitant plus d'ombre.



Figure 101: Point 7 sous l'arcade en face de la Place des Martyrs. Source : Auteure 2018.

- **P8** : cet espace (cf. [figure 102](#)), faisant partie d'une large place publique est fortement apprécié, selon 100% des réponses, pour ces qualités architecturales et urbaines :

- o l'esthétique des façades qui l'entourent (vue sur les bâtiments haussmanniens avec des arcades à double hauteur, la mosquée et les bâtiments modernes) (66.6% des réponses) ;
- o la forme de l'espace (66.6%) ;
- o le nouvel réaménagement de cette place (végétation, poubelles, lampadaires...) (50%) ;
- o la diversité des typologies de bâtiments (33.3%).

50% des réponses ont apprécié l'aspect naturel traduit par la végétation. Le même pourcentage de réponses (50%) évalue cet espace positivement du fait de ses qualités d'usage et services, notamment la présence des commerces et de différentes possibilités de transport public (métro, bus...). La propreté de cet espace interpelle 20% des sujets interrogés quand 6.6% sont marqués par la dynamique sociale et l'aspect identitaire ressentis en cet espace. Sur le plan

microclimatique, un faible pourcentage de réponses (3.3%) apprécie la fraîcheur dans cet espace.

A l'opposé, les aspects architecturaux et urbains perçus négativement dans 83.3% des réponses, sont principalement liés au manque d'aménagement et de mobilier urbain (bancs pour s'asseoir, pergola pour procurer de l'ombre...). Sur le plan microclimatique, 63.3% des réponses portent des jugements négatifs sur l'absence d'ombre (43.3%), l'ensoleillement fort (26.6%), la quantité de chaleur (23.3%), le taux d'humidité (3.3%) et l'absence de vent (3.3%). En termes d'aspect naturels, c'est le manque des arbres qui alimente le discours dans 20% des réponses. 16.6% de celles-ci évaluent négativement certaines insuffisances d'ordre d'usage et services, telles que l'absence de toilettes publiques, de fontaines publiques ou de kiosques permettant d'acheter de l'eau potable en se promenant. Bien que certains usagers admirent la présence et la dynamique sociales, un faible pourcentage de réponses (3.3%) indique que certains préfèrent des lieux moins fréquentés et expriment aussi une gêne par rapport aux nuisances sonores.

Afin d'améliorer cet espace, 90% des réponses évoquent le souhait de plus d'aménagement urbain afin de pouvoir s'asseoir et profiter de cette place. Des solutions pour l'ensoleillement sont revendiquées dans 56.6% des réponses avec l'implantation d'arbres et de pergolas. En termes d'usage, 20% des réponses proposent de prévoir des toilettes et des fontaines publiques avec plus de services.



Figure 102: Point 8 La Place des Martyrs. Source : Auteure 2018.

- **P9** : les aspects liés au confort microclimatique sont les plus présents pour l'évaluation positive de cette configuration urbaine (cf. [figure 103](#)) avec 60% de réponses qui apprécient l'ombre (50%), la fraîcheur (20%) et même le vent (10%) sous l'arcade couvrant cet espace. La présence des commerces, restaurants et moyens de transport alimente le discours positif de 50% des réponses. 43.3% d'entre elles apprécient également certaines caractéristiques architecturales et urbaines de cet espace, notamment, la forme des arcades en double hauteur,



la typologie des bâtiments ainsi que l'esthétique des façades modernes et l'état du bâti. Des aspects naturels sont perçus positivement par certains usagers (13.3% des réponses), notamment la végétation et les arbres qui bordent le boulevard à proximité de l'espace et la vue sur la mer perçue par certains interrogés bien qu'elle soit peu visible depuis le P9. La forme de cet espace entraîne la sensation d'être à l'abri exprimée dans 10% des réponses. Un faible pourcentage de réponses 6.6% présente un jugement positif pour la propreté de cet espace.

Par ailleurs, 80% des réponses expriment une gêne par rapport à la gestion de cet espace. Ce dernier présente un manque d'entretien et de propreté, des chantiers inachevés et un encombrement automobile, perçus respectivement dans 73.3%, 13.3% et 6.6% des réponses. Des perceptions négatives liées à l'esthétique des façades, à l'état du bâti, au revêtement de sol, à la typologie moderne des bâtiments, au manque d'aménagement et de mobilier urbain sont énoncées dans 43.3% des réponses. 26.6% de ces dernières expriment une gêne due aux nuisances acoustiques et olfactives en lien avec la circulation mécanique importante à proximité de cet espace. Des sensations négatives particulières sont ressenties dans cet espace par certains interrogés, telles que l'étouffement (6.6% des réponses), la tristesse (3.3%) et le vide (3.3%).

Des propositions en vue d'améliorer les conditions architecturales et urbaines sont énoncées dans 80% des réponses. Elles portent principalement sur l'amélioration de l'esthétique des façades, la restauration du bâti, le réaménagement et l'intégration du mobilier urbain ainsi que l'amélioration du revêtement de sol. En termes de gestion de l'espace urbain, 53.3% des réponses ont insisté sur la nécessité d'entretenir et de nettoyer les lieux. Les participants souhaitent plus de services (13.3% des réponses) en proposant plus de locaux commerciaux et des toilettes publiques. 10% des réponses révèlent la volonté de voir plus d'espaces verts et proposent l'implantation de plus d'arbres. Enfin, un faible pourcentage de réponses souhaite un traitement acoustique pour diminuer l'effet des nuisances routières atteignant cet espace.



Figure 103: Point 9 sous l'arcade des barres de Socard. Source : Auteure 2018.

#### *VI.1.4 Tissu postcolonial (P10, P11, P12)*

- **P10** : l'évaluation positive de cette première configuration du tissu postcolonial (cf. [figure 104](#)) correspond essentiellement à l'appréciation d'un aspect naturel (vue sur la mer) exprimée dans 66.6% des réponses. Ainsi, 26.6% évoquent l'appréciation de la fraîcheur et du vent venant de la mer. En termes de services et usage, la présence d'un parking et de quelques commerces est appréciée (20% des réponses). Quant aux caractéristiques architecturales et urbaines, seule la forme de l'espace public (percée urbaine permettant l'accès à la mer) est appréciée (13.3%). Dans cet espace, 13.3% des réponses expriment une sensation de sécurité en le qualifiant d'agréable et de calme quand 6.6% soulignent sa propreté.

Les évaluations négatives pour cet espace sont nombreuses, mettant en avant le cadre architectural et urbain défavorable. 86.6% des réponses expriment une insatisfaction du fait de l'état du bâti, de l'inesthétisme des façades (parking à étage et façade monotone du conservatoire de la musique), des formes et typologies des bâtiments, de la forme de l'espace urbain, du manque d'aménagement urbain et d'espaces pour les piétons. Quant à la gestion de cet espace urbain, 50% des réponses indiquent une gêne causée par le stationnement illícite et le manque d'entretien et de propreté. Sur le plan microclimatique, 40% des réponses soulèvent

le problème de l'enseulement fort, de l'absence d'ombre et de la présence d'une forte chaleur. Des nuisances olfactives sont relevées dans 26.6% des réponses quand 16.6% évoquent un étouffement, un manque de sécurité et un isolement du fait du nombre réduit d'usagers fréquentant cet espace. 20% des réponses relèvent des anomalies liées à l'usage de cet espace, 10% trouvent que les équipements projetés dans cet espace ne sont pas compatibles avec la vocation touristique et culturelle de ce lieu, notamment le parking à étage qui occupe une grande surface. L'absence de toilettes publiques, de commerces et de services est aussi abordée par les interrogés dans cet espace. Enfin, le manque de végétation est noté dans 10% des réponses données.

Selon 90% des réponses, l'amélioration de cet espace nécessite une intervention sur le cadre bâti. 60% proposent une restauration du bâti quand 33.3% souhaitent une amélioration de l'esthétique des façades. D'autres actions sont aussi souhaitées telles que le réaménagement et l'insertion du mobilier urbain, l'insertion d'aires de jeux, l'amélioration du revêtement de sol bitumé et l'élargissement de l'espace dédié aux piétons. Est également proposée une reprogrammation urbaine complète (20% des réponses), tout en proposant un autre cadre architectural plus agréable avec une attention particulière aux matériaux de construction. 40% des réponses proposent d'intégrer des éléments naturels. Au-delà des espaces verts et des arbres, les citoyens souhaitent une favorisation de la vue sur la mer mais aussi la facilité d'accès à cette dernière. En termes de gestion, 40% des réponses insistent sur la nécessité du nettoyage et de l'entretien des lieux, de l'élimination du stationnement illicite prenant la place du piéton et de l'organisation de la circulation piétonne et automobile. Pour un meilleur confort microclimatique, 16.6% des réponses évoquent le fait d'avoir plus d'ombre, comme solution face au fort ensoleillement. 13.3% des réponses des usagers mentionnent le souhait de faire intervenir les habitants de l'espace pour améliorer leur cadre de vie pour inspirer plus de sécurité et favoriser ainsi le tourisme. Enfin, la question des toilettes publiques et du traitement des odeurs est peu abordée pour cette configuration (3.3% des réponses).



Figure 104: Point 10 Le Parking. Source : Auteure 2018.

- **P11** : la vue sur la mer offerte par cette configuration urbaine (cf. [figure 105](#)) alimente largement le discours (100% des réponses). De même, une satisfaction vis-à-vis des conditions microclimatiques est largement exprimée dans 56.6% des réponses, en lien notamment avec la fraîcheur (50%), l'ombre portée par la façade du conservatoire de musique (23.3%), le vent assuré par la brise marine (6.6%), l'absence d'une sensation d'humidité (3.3%) et une température agréable (3.3%). Quant aux aspects architecturaux et urbains, c'est l'aspect historique du vieux port perçu à partir de ce point qui est cité dans 46.9% des réponses. Un faible pourcentage de réponses (3.3%) apprécie l'usage de ce lieu comme endroit touristique.

L'évaluation négative adressée pour cet espace porte principalement sur les aspects architecturaux et urbains (66.6% des réponses). 30% des réponses énoncent que la forme de l'espace urbain est inadéquate pour la marche d'un piéton. Ainsi, 26.6% des réponses insistent sur l'insuffisance ou l'absence d'espaces dédiés aux piétons au profit de la circulation mécanique. L'état du bâti, le manque d'aménagement et de mobilier urbains, l'esthétique des façades et la forme des bâtiments est aussi critiqué par les sujets interrogés. En termes de gestion de l'espace, 56.6% des réponses expriment une gêne causée par l'encombrement automobile (36.6%), le manque d'entretien et de propreté (20%) et le stationnement illicite sur des endroits dédiés aux piétons (6.6%). La difficulté d'accès à la mer juste à côté de cet espace est perçue

comme un aspect négatif selon 23.3% des réponses quand 3.3% critiquent le manque de végétation et la difficulté à voir la mer malgré sa proximité. Les nuisances acoustiques dues à la circulation mécanique causent une gêne perçue (16.6% des réponses). Des sensations de manque de sécurité et de tristesse sont exprimées dans 10% des réponses, correspondant au manque de flux piéton et à l'absence d'activités permettant de profiter de la mer.

Afin d'améliorer cet espace, 83.3% des réponses proposent des changements sur le plan architectural et urbain. En effet, 46.6% des réponses souhaitent un réaménagement de l'espace tout en insérant un mobilier urbain adéquat (bancs pour profiter de la vue sur la mer, lampadaire pour la nuit...). 30% des réponses exposent la volonté d'avoir plus d'espace dédié aux piétons quand 10% souhaitent la création d'un parcours permettant une balade piétonne donnant sur la mer. De plus, ce sont également 10% des réponses qui expriment l'attente d'amélioration du revêtement de sol bitumé tandis que 6.6% propose d'améliorer l'esthétique de la façade du conservatoire de musique, jugée monotone. Un faible pourcentage (3.3%) propose une reprogrammation générale afin de mieux profiter de la vocation touristique et culturelle de cet espace. Sur le plan naturel, 40% des réponses souhaitent plus d'accessibilité physique et visuelle à la mer. Le souhait d'avoir plus d'arbres et d'espaces verts est aussi exprimé. 30% des réponses évoquent une meilleure gestion de cet espace public, par un entretien et un nettoyage accrus et une organisation de la circulation, qui crée actuellement, selon leurs discours, un stress quotidien. En termes de conditions microclimatiques, 10% des réponses insistent sur la nécessité d'assurer plus d'ombre dans cet espace. La même proportion de réponses (10%) exprime le souhait de la disponibilité de plusieurs services (toilettes publiques, commerces...) tout en pensant à favoriser le tourisme dans cette partie de la ville.



Figure 105: Point 11 la façade latérale de l'institut de musique. Source : Auteure 2018.

- **P12** : dans cette dernière configuration urbaine du tissu colonial (cf. [figure 106](#)), les aspects naturels sont les plus appréciés avec 83.3% de réponses évoquant la présence de la végétation proche, la présence des jets d'eau en face et la possibilité de voir la mer à partir de cet espace. Les évaluations positives abordant des aspects architecturaux et urbains sont présentes dans 76.6% des réponses. 50% d'entre elles expriment l'appréciation de l'esthétique des façades autour de cet espace, notamment la façade principale du conservatoire de musique. La présence d'un ancien bâtiment datant de la période ottomane (Bastion 23) dans ce tissu postcolonial est appréciée dans 26.6% des réponses. La typologie moderne des bâtiments et la forme de l'espace urbain sont appréciées dans les mêmes proportions (16.6% des réponses). Des pourcentages moins importants de réponses (6.6%) expriment l'appréciation de la forme des bâtiments et les éléments d'aménagement urbain (bancs en face et espace vert à proximité). L'état du bâti (plus ou moins neuf) et les matériaux de construction modernes (verre, béton, aluminium...) plaisent également (3.3% des réponses). 20% des réponses expriment une sensation de sécurité et de bien-être dans cet endroit jugé agréable. 13.3% des réponses indiquent une appréciation particulière de la propreté. Une certaine fraîcheur assurée par les vents venant de la mer est aussi ressentie et appréciée (6.6% des réponses).

Les évaluations négatives de cet espace mettent en évidence la perception d'un stress microclimatique important avec 60% de réponses insatisfaites par le fort ensoleillement, la chaleur, l'humidité et l'absence totale de l'ombre. 56.6% des réponses expriment l'insatisfaction liée au manque d'aménagement urbain (30%), au manque d'espaces dédiés aux piétons (20%), aux formes des espaces urbains et des bâtiments (13.3%) ainsi qu'à la typologie moderne de ces derniers (10%) et à l'esthétique de ses façades (3.3%). En termes de gestion de l'espace, 40% des réponses indiquent une insatisfaction du fait du manque d'entretien et de propreté mais aussi de l'étouffement ressenti en lien avec l'encombrement automobile (10%). Les nuisances sonores dues à ce dernier représentent une source de gêne dans 16.6% des réponses. En termes d'usage, un manque de services dans ce lieu est également perçu (10% des réponses). Enfin, 6.6% des réponses évaluent négativement la difficulté à voir la mer à partir de cet espace.

Des propositions d'amélioration portant sur le cadre architectural et urbain figurent dans 70% des réponses de la population interrogée. 56.6% des réponses évoquent un réaménagement de cet espace avec une intégration du mobilier urbain adéquat. 16.6% insistent sur la nécessité d'élargissement de l'espace dédié au piéton. 6.6% des réponses expriment une volonté de créer une meilleure promenade piétonne permettant de rejoindre et de profiter de la vue sur la mer. Le même pourcentage de réponses (6.6%) suggère une amélioration de l'esthétique des façades. Une faible proportion (3.3%) des réponses évoquent une amélioration du revêtement de sol et une attention aux choix des matériaux de construction. Quant aux aspects naturels, 40% des réponses expriment le souhait de voir plus d'arbres, d'espaces publics et de vue sur la mer. 33.3 % des réponses énoncent le désir d'une solution contre l'effet d'enseillement en demandant plus d'éléments permettant plus d'ombre (arbres, pergola...). Entretien, nettoyage des lieux, et organisation de la circulation reviennent pour cet espace avec un pourcentage de réponses atteignant 16.6%. Enfin, dans 13.3% des réponses, la population interrogée souhaite plus de services ainsi que l'implantation de toilettes publiques.



Figure 106: Point 12 L'Institut de musique de l'époque postcoloniale. Source : Auteure 2018.

L'expression spontanée des usagers sur les aspects positifs, négatifs et les possibilités d'amélioration pour chacune des configurations urbaines étudiées met en évidence que la perception des usagers se fait d'une manière globale regroupant plusieurs aspects architecturaux, urbains, climatiques, sociaux, etc. Ainsi, nous pouvons conclure qu'un espace urbain ne peut jamais être perçu de la même façon par plusieurs sujets. Chaque usager perçoit l'espace selon, entre autres, ses propres caractéristiques personnelles, ses préférences, sa capacité d'adaptation et ses expériences antérieures. Nous pouvons citer l'exemple des sujets

ayant apprécié les fortes vitesses de vent en les considérant comme source de rafraîchissement dans le point 11 quand certains autres expriment une gêne produite par l'effet mécanique de ce phénomène. Principalement pour certaines femmes, un fort vent peut faire que leurs Hijab se détachent ce qu'elles ne souhaitent en aucun cas. C'est pour cela qu'elles préfèrent de faibles courants d'air. De même, certains sujets préfèrent marcher dans des conditions microclimatiques défavorables (ensoleillement fort) plutôt que de marcher sous une arcade à cause du nombre important de piétons. Cet exemple montre que certains usagers de l'espace publics ne souhaitent pas être avec la foule quand d'autres trouvent cela agréable et rassurant.

### *VI.1.5 Classement des appréciations des configurations urbaines*

Après avoir effectué tout le parcours urbain proposé, il a été demandé aux participants de classer les configurations urbaines traversées de 1 à 12 selon le degré d'appréciation (cf. annexe I Questionnaire). Le [tableau 11](#) montre les moyennes de classement correspondant à chaque configuration ainsi que leurs classements de préférence (la configuration ayant collecté une moyenne de classement minimale est considérée comme la plus appréciée).

Tableau 11: Classement de préférence des différentes configurations urbaines étudiées.

<b>Point de mesure</b>	<b>Moyenne de classement</b>	<b>Classement de préférence</b>
<b>P1</b>	3,31	1
<b>P2</b>	7,66	8
<b>P3</b>	5,84	5
<b>P4</b>	7,69	10
<b>P5</b>	6,97	7
<b>P6</b>	8,72	11
<b>P7</b>	6,69	6
<b>P8</b>	4,34	2
<b>P9</b>	7,63	9
<b>P10</b>	8,81	12
<b>P11</b>	5,34	4
<b>P12</b>	4,78	3

La [figure 107](#), synthétise les verbatim de la population interrogée, quant à la classification de préférence des espaces. Nous pouvons remarquer que ce classement est motivé par :

1. les qualités architecturales et urbaines offertes par les configurations urbaines (80% des réponses) ;
2. les conditions microclimatiques (63.3%) ;



3. les aspects naturels (53.6%) ;
4. les aspects sociaux et ceux liés au ressenti personnel (33%) ;
5. l'usage et les services (16.66%) ;
6. les aspects de confort (acoustique, olfactif...) (16.6%).

Enfin, nous présentons quelques contenus textuels illustrant ce classement :

« C'est un classement allant d'un lieu alliant beauté, confort thermique, et traditions vers un lieu où il est difficile de trouver de quoi satisfaire tout le monde et moi-même plus précisément. »

« J'ai classé selon les conditions climatiques dans chaque lieu qu'on a visité. »

« Par rapport à la beauté visuelle plus les conditions climatiques et l'authenticité du lieu. »

« La superficie des espaces, la popularité, la vue sur la mer, l'organisation, les services et la beauté des endroits. »

« J'ai classé en premier l'endroit où on peut se reposer bien ombragé, bon air, la belle vue sur la mer. »

« Les conditions climatiques, l'ouverture des espaces et la vue sur la mer. »

« Le premier choix est le plus vaste, le plus agréable le dernier choix est fait à cause du parking qui a tout faussé. »

« J'ai classé le dernier point comme premier apprécié parce qu'il est beau et présente notre patrimoine, le moins apprécié est plein d'ordures et ne présente aucune beauté. »

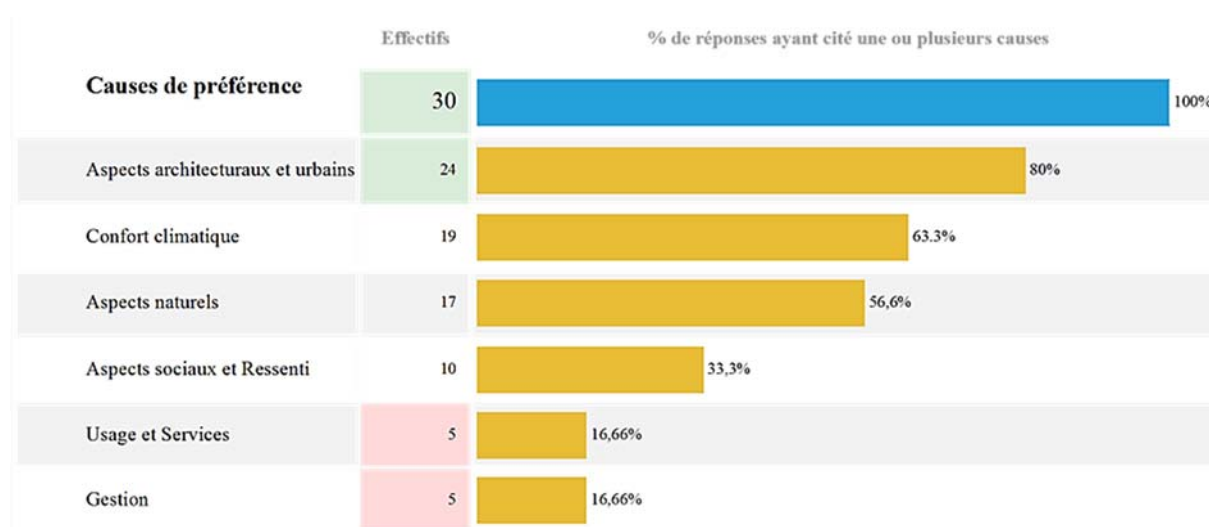


Figure 107 : Dépouillement des causes de préférence des configurations urbaines évaluées.

## VI.2 Evaluation objective et subjective du confort microclimatique

### VI.2.1 Tissu ancien (P1, P2, P3)

Les données physiques collectées dans chacune des configurations urbaines du tissu ancien sont présentées dans la [figure 108](#). Durant toutes les promenades, P1 se caractérise par des

températures rayonnantes ( $T_g$ ) maximales par rapport aux deux autres points de mesures de ce tissu. Cela s'explique par sa largeur et son degré d'ouverture qui sont plus importants que ceux des deux autres configurations urbaines. Les 3 configurations se caractérisent par des températures d'air équivalentes. Une valeur maximale de  $T_a$  (température de l'air) a été relevée durant la promenade effectuée le matin alors que l'espace était partiellement ombragé et le taux d'humidité était élevé. Les valeurs maximales de Rh (taux d'humidité dans l'air) caractérisent P2, nous expliquons ces valeurs par l'insuffisance d'aération et d'ensoleillement dans cet espace totalement couvert "Sabat". Seuls de faibles courants d'air rafraichissent P2 couvert et P3 partiellement couvert et étroits contrairement à P1, caractérisé par des vitesses d'air maximales du fait de sa largeur et de son degré d'ouverture (mise à part la promenade 4, caractérisée par des vitesses d'air faibles).

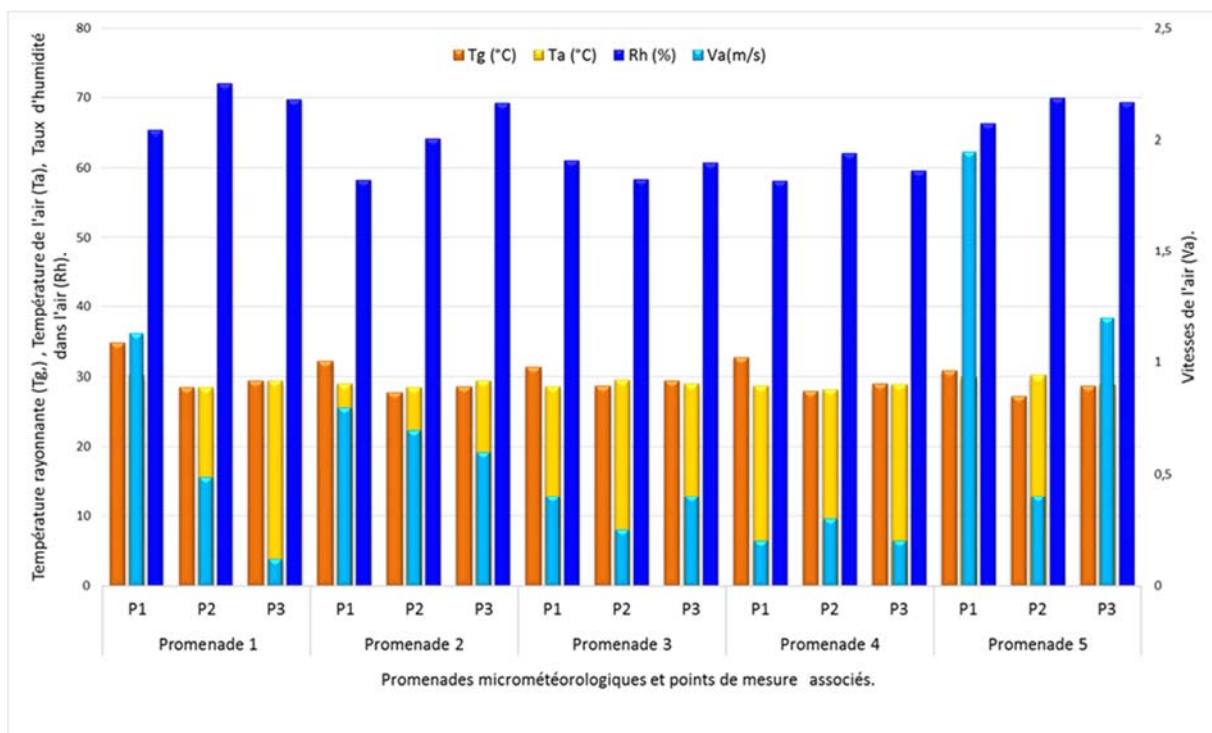


Figure 108: Données micro-météorologiques du tissu ancien.

Le niveau de satisfaction des sujets interrogés est variable en fonction du point de mesure, de la promenade et du paramètre microclimatique considéré (cf. [figure 109](#)).

La température d'air a été perçue satisfaisante dans les 3 configurations urbaines durant toutes les promenades effectuées à l'exception de la 2<sup>ème</sup>. Cette promenade effectuée dans le sens de la montée (du P12 à P1) présente une évaluation plus négative de la température d'air qui s'accompagne également des niveaux de satisfaction les plus bas quant aux taux d'humidité

dans l'air et aux vitesses d'air. La forme arborescente du tissu ancien et l'étroitesse de ses rues permettent à de faibles courants d'air venant de la mer de rafraîchir l'espace urbain, ce qui a été apprécié par l'ensemble des sujets interrogés. Néanmoins, les vitesses d'air malgré leur équivalence à celles relevées dans P3, elles ont été moins satisfaisantes dans le Sabat (P2), espace totalement couvert. Selon les participants, cette insatisfaction est due aux nuisances olfactives et au taux d'humidité élevé qui auraient pu être moins nuisibles si plus d'aération était possible. Quant à l'ensoleillement, il a été perçu "très satisfaisant" ou "satisfaisant" dans les trois configurations du tissu ancien. Seule P2 a été perçue insatisfaisante en termes de quantité d'ensoleillement car cette configuration présente un espace sombre ce qui a été traduit par "manque de rayonnements solaires" selon les sujets interrogés. La [figure 109](#), montre que l'ensemble des sujets interrogés étaient "tout à fait satisfaits" ou "très satisfaits" par les quantités d'ombre existantes dans les trois configurations urbaines du tissu ancien.

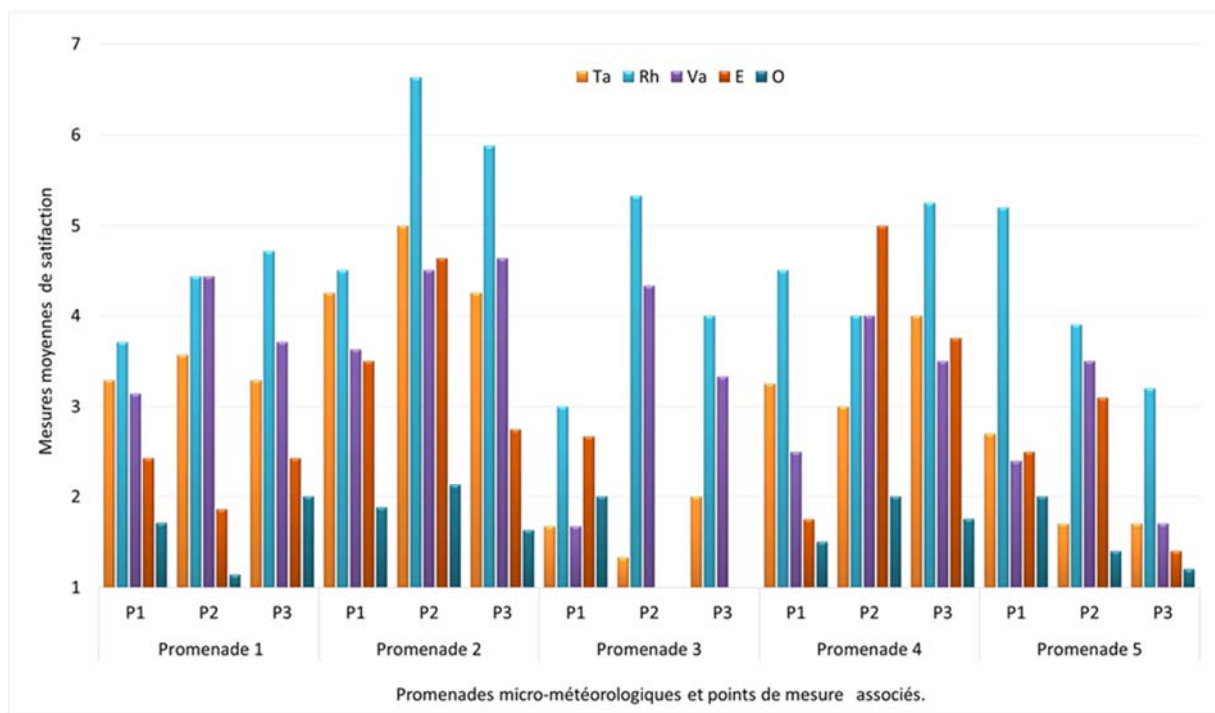


Figure 109: Données sensibles du tissu ancien.

Le tissu ancien présente des résultats objectifs et subjectifs homogènes. Les mesures physiques ont permis la caractérisation de différentes formes urbaines correspondant aux évaluations des usagers. Ces derniers apprécient la protection contre le rayonnement solaire que procure l'étroitesse ou à la couverture des espaces. Par contre, le taux d'humidité relevé dans l'ensemble du tissu ancien représente une source de gêne largement exprimée par les sujets interrogés. Les modifications des réseaux des eaux de la Casbah d'Alger, (comme la

suppression de puits, ...) qui engendrent un taux d'humidité plus élevé et les extensions verticales illicites, qui empêchent le renouvellement naturel de l'air, peuvent être la cause de ces conditions microclimatiques inconfortables.

### VI.2.2 Tissu mixte (P4, P5, P6)

Des valeurs élevées de  $T_g$  (température rayonnante) ont été relevées dans les configurations urbaines dont les voies ont été élargies par rapport au tissu original (cf. [figure 110](#)). Par exemple, P6, un escalier urbain, a été caractérisé par une température rayonnante  $T_g = 40,4^\circ\text{C}$  durant la deuxième promenade alors que cet espace était ensoleillé. De même, les températures d'air maximales relevées au cours des parcours caractérisent ces configurations. Ces résultats

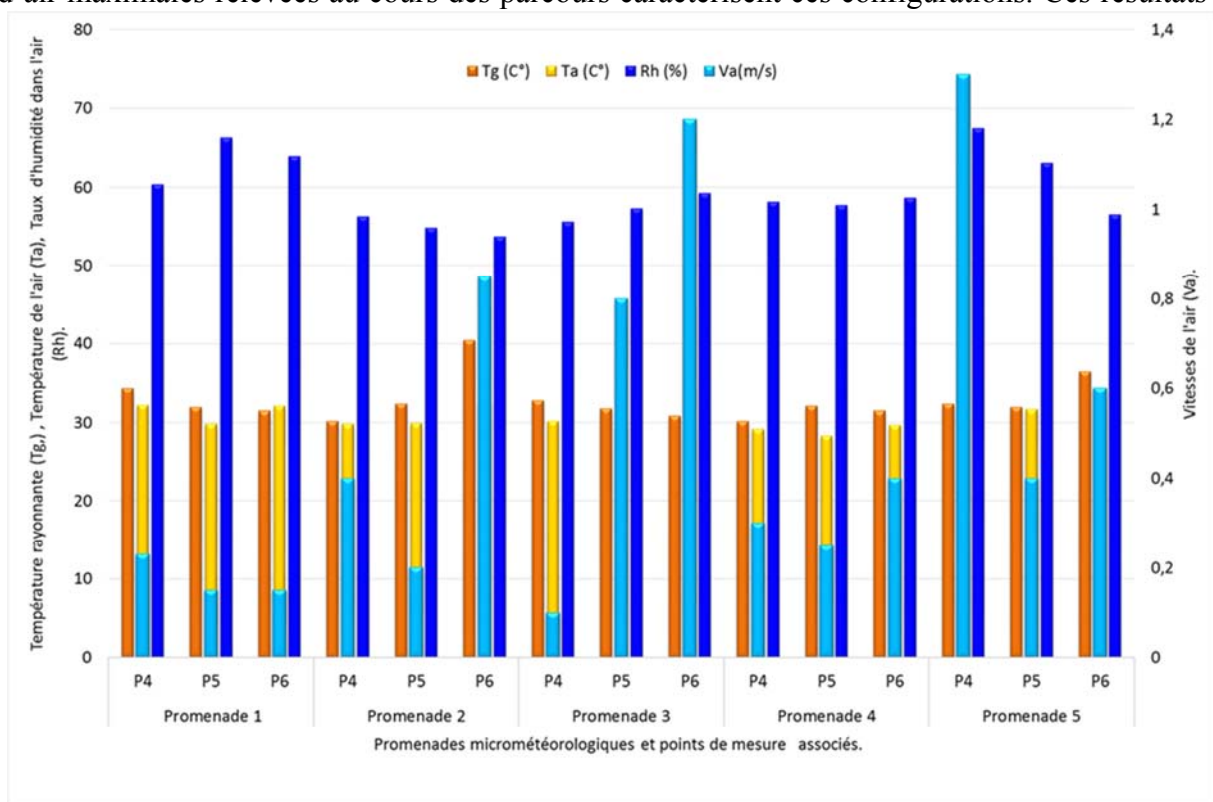


Figure 110: données micro-météorologiques du tissu mixte.

s'expliquent notamment par l'ensoleillement de ces espaces aux différents moments de la journée. Des vitesses de l'air faibles caractérisent les configurations urbaines du tissu mixte, avec toutefois des vitesses plus élevées en P4 et P6 du fait de leurs largeurs supérieures à celle de P5 (cf. [figure 110](#)).

Les sujets interrogés durant les 3 premières promenades étaient "insatisfaits" par la température et la vitesse de l'air en P4, et même "tout à fait insatisfaits" par le taux d'humidité (cf. [figure 111](#)). Les évaluations ont été largement influencées par la contrainte topographique

et l'effort physique fourni ayant accentué la sensation de chaleur dans cet escalier urbain. Ce ressenti peut être relié principalement à l'ensoleillement de cette configuration qui donne sur un espace large ensoleillé. Quant au taux d'humidité dans l'air, les sujets interrogés ont été plus satisfaits par ce paramètre dans ce tissu mixte présentant des rues légèrement plus larges que dans le tissu ancien. Nous remarquons que d'une manière générale les sujets interrogés ont été "satisfaits" par les quantités d'ombre et d'ensoleillement dans les 3 configurations. Enfin, durant la 2<sup>ème</sup> promenade (effectuée dans le sens de la montée, de P12 à P1), les sujets interrogés étaient "très insatisfaits" par tous les paramètres microclimatiques perçus en P6, cela peut s'expliquer par leur inappréciation globale de cette configuration (escalier urbain) qui était fatigante pour eux.

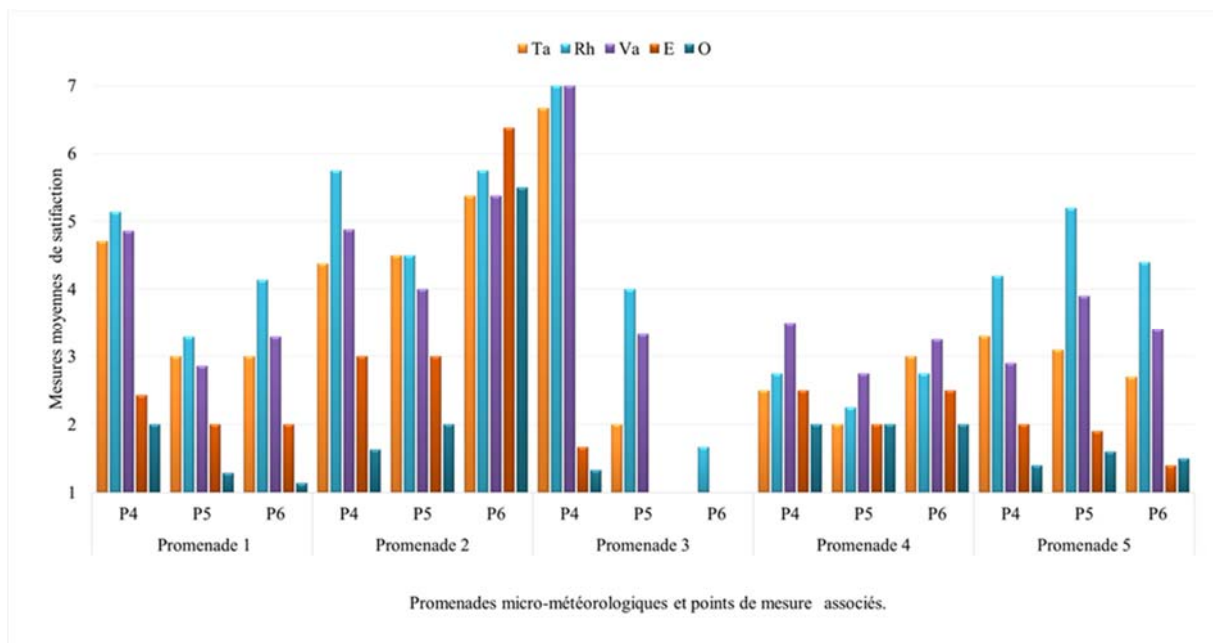


Figure 111: Données sensibles du tissu mixte.

Le tissu mixte présente des configurations urbaines plus ou moins satisfaisantes sur le plan microclimatique, selon la particularité de l'espace, les conditions de la promenade et les sujets interrogés. Les usagers ont apprécié la largeur des espaces où ils ont ressenti moins d'humidité. La présence de l'ombre a été aussi satisfaisante pendant la globalité des promenades. Néanmoins, des cas particuliers présentant un ensoleillement considérable ont été perçus très insatisfaisants thermiquement.

### VI.2.3 Tissu colonial (P7, P8, P9)

Les configurations urbaines du tissu colonial se caractérisent par des conditions microclimatiques qui diffèrent selon la forme et le degré d'ouverture de l'espace. Les températures rayonnantes  $T_g$  maximales relevées dans ce tissu caractérisent P8, partie d'une place publique délimitée par des bâtiments coloniaux et réaménagée récemment (en 2018). Ces valeurs élevées de  $T_g$  résultent de l'ensoleillement continu de cet espace durant toute la journée (cf. [figure 112](#)). Des valeurs de  $T_g$  élevées ont été relevées également en P7, passage couvert sous-arcades, qui est contigu à une voie de circulation et à une place publique, espaces exposés

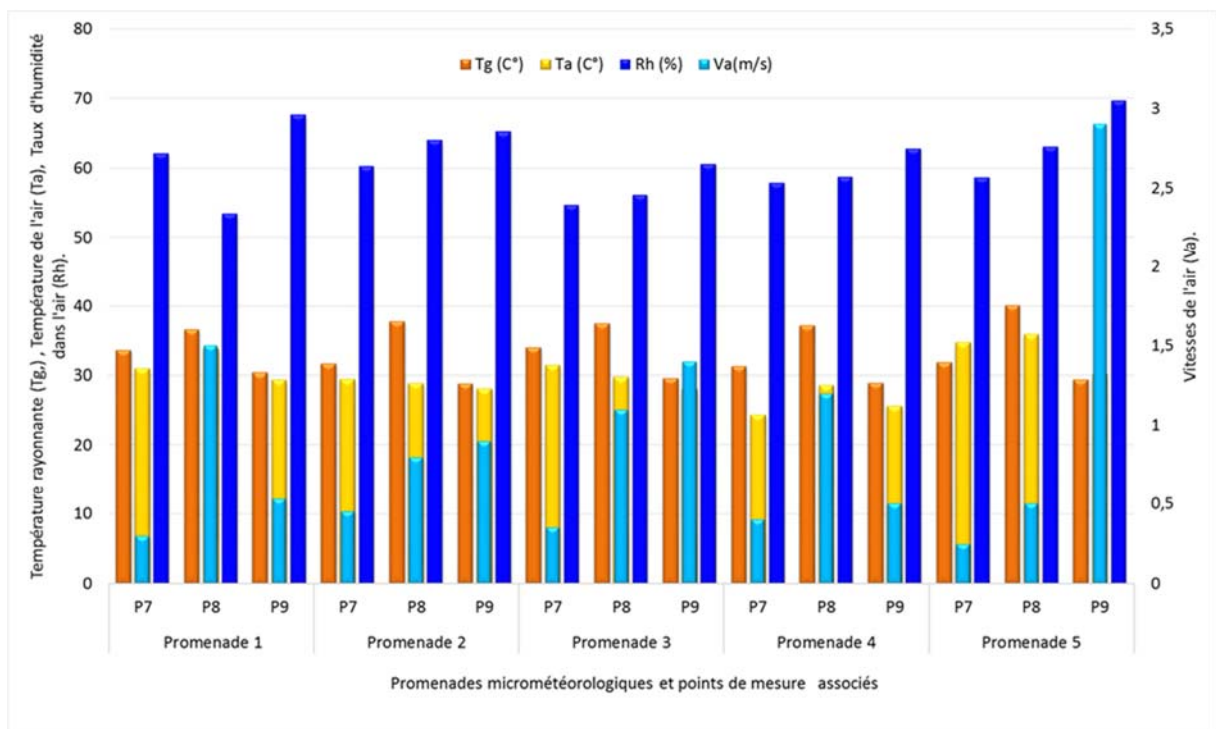


Figure 112: données micro-météorologiques du tissu colonial.

au soleil tout au long de la journée. P9, passage sous-arcades, se caractérise par des  $T_g$  minimales durant toutes les promenades effectuées du fait de sa couverture par les arcades et/ou de l'ombre portée du bâtiment présent de l'autre côté de la voie. Dans ce tissu, une valeur de  $T_a$  élevée par rapport à celles caractérisant les tissus ancien et mixte a été relevée en P8 pendant la promenade 5, tandis que P9 se caractérise par des valeurs de  $T_a$  minimales durant l'ensemble des promenades effectuées. Plus proche de la mer que les deux premiers tissus étudiés, ce tissu se caractérise par des valeurs d'humidité élevées. Les vitesses d'air maximales caractérisent P8 ou P9 contrairement à P7, moins aérée à cause de son étroitesse et son usage commercial impliquant une densité de population considérable.

Les sujets interrogés apprécient les conditions microclimatiques caractérisant les configurations urbaines sous-arcades, P7 et P9. Néanmoins, P7, moins large que P9 présente des niveaux de satisfaction inférieurs en termes de  $T_a$ , Rh et  $V_a$  pendant les promenades 1, 3 et 5 (cf. [figure 113](#)). Cette différence peut s'expliquer par l'ensoleillement atteignant P7 mais aussi par la densité de population caractérisant cet espace jugé « étroit » par les sujets interrogés. P9

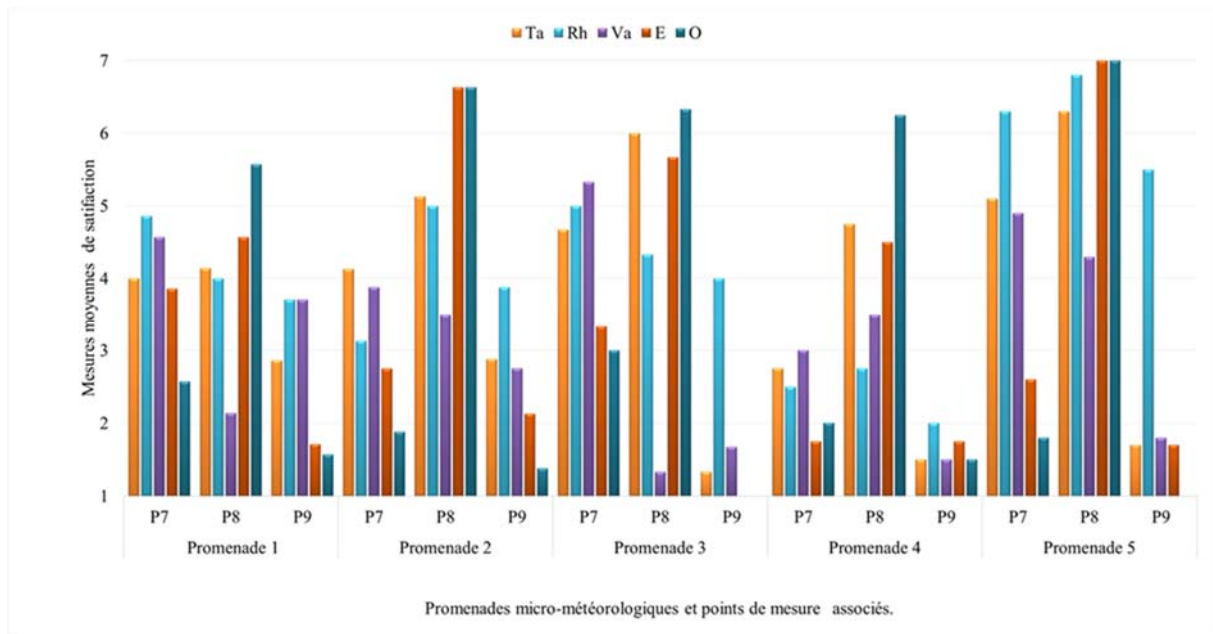


Figure 113: Données sensibles du tissu colonial.

a été appréciée, par la globalité des sujets interrogés, d'un point de vue thermique. Les quantités d'ombre dans cet espace étaient « tout-à-fait satisfaisantes ». L'ensoleillement, la température et la vitesse de l'air ont été perçus « très satisfaisants » ou « satisfaisants » par l'ensemble des citoyens interrogés. Ces derniers ont eu une sensation neutre par rapport aux taux d'humidité dans l'air, du fait de la satisfaction globale vis-à-vis des autres conditions microclimatiques dans cet espace. Quant à P8, totalement ensoleillée durant toutes les promenades, elle a été perçue très insatisfaisante d'un point de vue thermique. L'ensemble des sujets interrogés y était « très insatisfaits » par les quantités d'ombre et d'ensoleillement (cf. [figure 113](#)). Les taux d'humidité et les températures d'air caractérisant cet espace ont été perçues « insatisfaisantes ». Etant donné que P8, correspond à une place large, les sujets interrogés sont « satisfaits » par les vitesses d'air du fait de la proximité de la mer.

Des microclimats perçus différemment résultent de la diversité des configurations urbaines présentes dans le tissu colonial. Une satisfaction liée à la protection contre les rayonnements solaires a été exprimée sous les arcades, avec une préférence pour la configuration offrant plus d'espace pour le piéton. Ces mesures subjectives sont cohérentes avec la caractérisation physique mettant en évidence des conditions microclimatiques appropriées sous les arcades.

Par contre, l'exposition au soleil au niveau de la place affecte le confort thermique des usagers qui regrettent de ne pas pouvoir s'attarder sur cet espace à cause de l'absence totale d'ombre.

#### VI.2.4 Tissu postcolonial (P10, P11, P12)

Certaines conditions microclimatiques extrêmes caractérisent le tissu postcolonial constitué de grands îlots entourés par des avenues larges et des boulevards. Des  $T_g$  élevées atteignant  $43,4^\circ\text{C}$  ont été relevées en P10 et P12. Ces deux configurations se caractérisent par un ensoleillement continu tout au long de la journée. Par contre, l'orientation de P11 implique une valeur élevée de  $T_g$  pendant la première promenade effectuée le matin, moment où l'espace est ensoleillé (cf. [figure 114](#)). A l'inverse, les valeurs de  $T_g$  sont moins élevées durant les promenades effectuées à mi-journée ou l'après-midi puisque l'espace est ombragé par la façade du bâtiment adjacent à partir de midi. Des valeurs élevées de  $T_a$ , atteignant  $33,7^\circ\text{C}$ , ont été

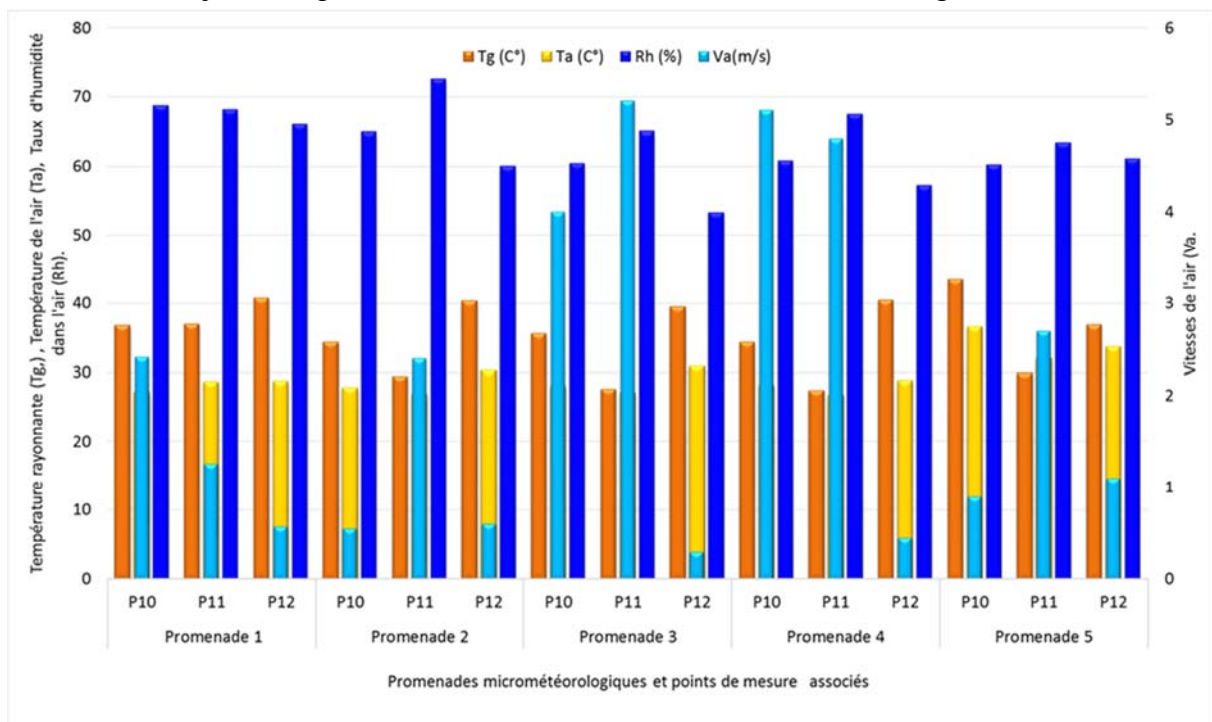


Figure 114: Données micro-météorologiques du tissu postcolonial.

relevées durant la dernière promenade. Cela s'explique par les valeurs maximales de  $T_g$  correspondantes mesurées simultanément sur ce tissu. Des valeurs de vitesse d'air et de taux d'humidité élevées ont été relevées du fait de la proximité de la mer et de la présence de vent venant de la mer atteignant directement les configurations P10 et P11.



Le tissu postcolonial est marqué par des forts taux d’insatisfaction de la population interrogée quant aux conditions microclimatiques perçues. Cette insatisfaction concerne notamment les deux configurations P10 et P12 en termes de température d’air, de taux d’humidité dans l’air, d’ombre et d’ensoleillement. Notons que P10 et P12 étaient totalement exposées au soleil pendant toutes les promenades effectuées, conduisant les personnes interrogées à être “très insatisfaisantes” ou “tout à fait insatisfaisantes” sur ces deux espaces (cf. [figure 115](#)). Contrairement à ces deux configurations, P11 protégée des rayonnements solaires à partir de midi et profitant de la brise marine a été perçue “très satisfaisante” en termes de conditions microclimatiques durant les promenades 2, 3, 4 et 5, effectuées en mi-journée ou en après-midi.

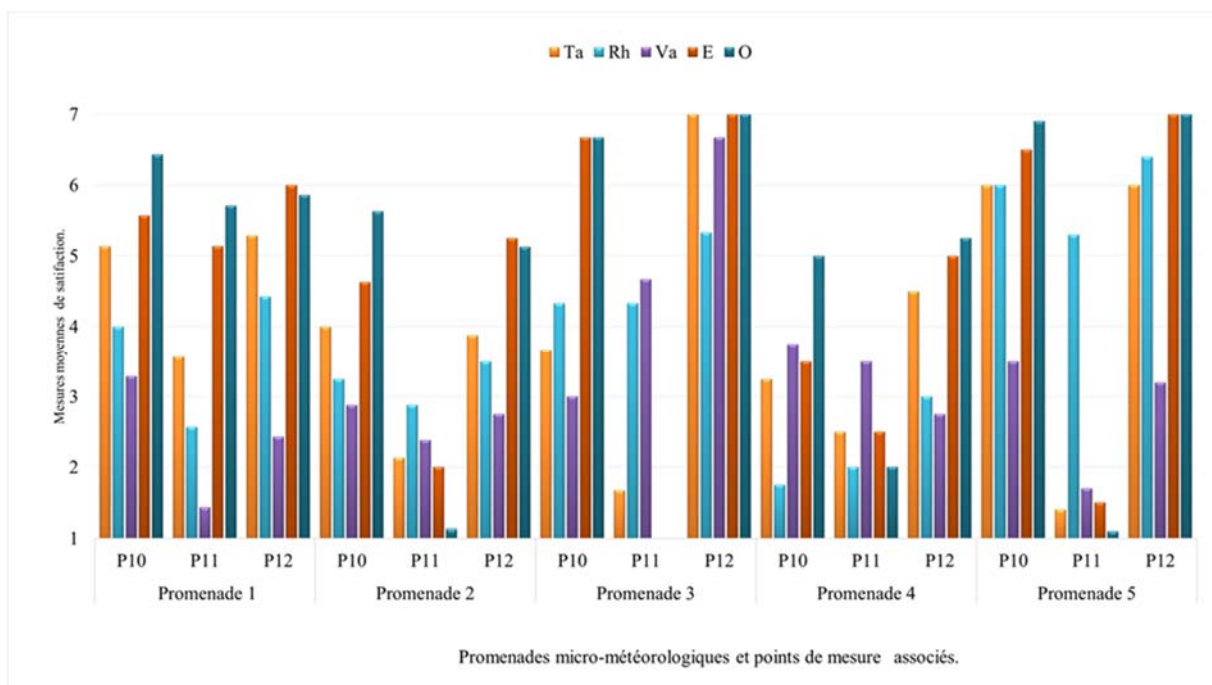


Figure 115: données sensibles du tissu postcolonial.

Le tissu postcolonial se caractérise globalement par des conditions microclimatiques défavorables perçues par les sujets interrogés. Malgré cela, des conditions appropriées ont été identifiées dans ce tissu, soit par les mesures physiques, soit par l’évaluation subjective, du fait des vents venant de la mer ou de l’ombre portée par les bâtiments. Par ailleurs, l’inconfort thermique perçu est le plus souvent le résultat de l’absence totale d’ombre mais aussi de la température de l’air et des taux d’humidité élevés.



## VI.3 Résultats du calcul des indices UTCI, APCI

### VI.3.1 UTCI

L'UTCI a été calculé sous Ladybug/Grasshopper® en utilisant les valeurs moyennes des paramètres mesurés au cours des cinq promenades microclimatiques réalisées au cours des 3 jours d'été chauds typiques et similaires. Les valeurs d'UTCI obtenues, de 28 °C à 38 °C, sont présentées dans le [Tableau 12](#), et indiquent des niveaux de stress thermique de « modérés » à « forts » pour l'ensemble des configurations urbaines étudiées.

Tableau 12: Valeurs d'UTCI obtenues et niveaux de stress thermique associés.

Tissu	Ancien			Mixte			Colonial			Postcolonial		
Configurations urbaines	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
UTCI (°C)	33	30	31	33	32	35	33	38	30	37	28	38

 Stress thermique fort       Stress thermique modéré

Afin d'interpréter ces valeurs d'UTCI et de niveaux de stress thermique associés, les résultats bruts en termes de vitesse, température, humidité relative de l'air, et de température globe sont proposés en [figure 116](#).

Les configurations urbaines classées « stress thermique modéré », P2, P3, P9 et P11, sont caractérisées par des passages couverts, partiellement couverts ou non-couverts, offrant des zones d'ombre et des vitesses d'air faibles à modérées. Si les moyennes des températures globe et des températures d'air dans ces espaces sont plus basses que pour les autres configurations, le taux d'humidité dans l'air y est plus élevé (cf. [figure 116](#)). Notons ici que la configuration urbaine P11 obtient la valeur d'UTCI la plus basse. Il s'agit d'une configuration urbaine avec une ouverture directe sur la mer (cf. [figure 116](#)), présentant, de ce fait, la vitesse d'air la plus élevée et le plus fort taux d'humidité dans l'air (cf. [figure 116](#)). Ensoleillée le matin et ombragée à partir de la mi-journée, P11 se caractérise néanmoins par des températures globe et des températures de l'air basses, proches de celles mesurées en P2, P3 et P9.

Concernant les configurations classées « stress thermique fort », nous choisissons ici de regrouper les configurations urbaines selon la distance de leur valeur d'UTCI à la valeur basse de cet indice, 32°C, pour cette catégorie de stress.

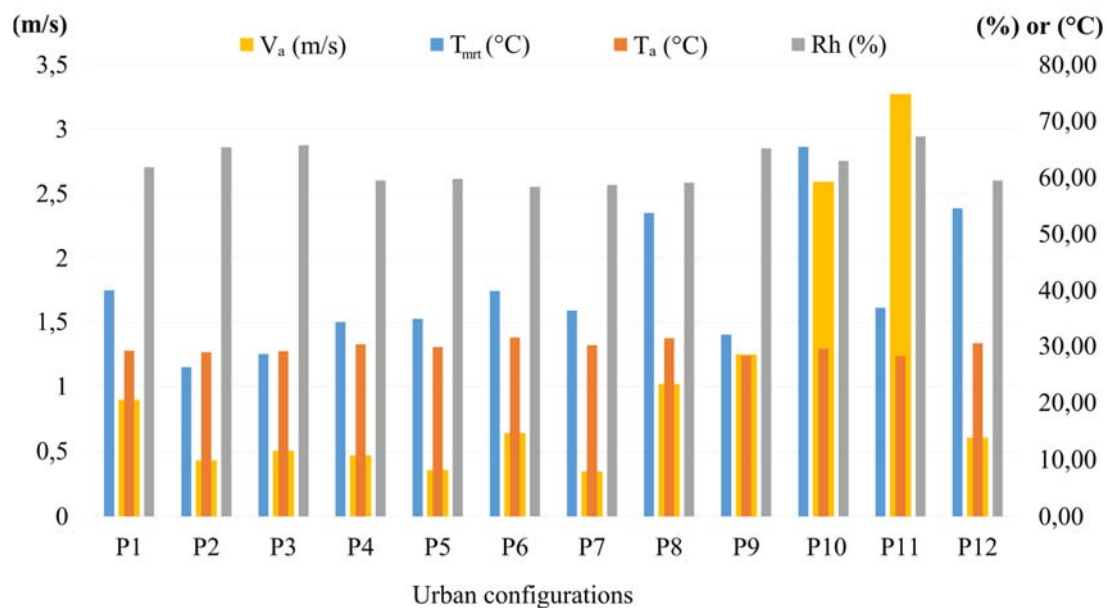


Figure 116: Moyennes des paramètres climatiques mesurés pour les 12 configurations urbaines. (Plages horaires : 9h00 -10h30 ; 12h15 – 13h15 ; 13h00 – 16h30 pour 3 journées chaudes typiques 28/07, 30/07, 01/08-2018).

- Les configurations urbaines P1, P4, P5 et P7 présentent des valeurs d’UTCI très proches, de 32°C à 33°C. Ces espaces correspondent à des configurations où les rayons du soleil ne pénètrent pas ou peu ; ces configurations urbaines se trouvent donc totalement ou partiellement ombragées. Elles se caractérisent par des valeurs de températures globe et de températures de l’air proches. Notons que le taux d’humidité est légèrement plus élevé en P1 ; ceci peut s’expliquer d’une part par la présence d’une fontaine publique et d’autre part par le fait que ce point est exposé aux vents dominants venant de la mer.

- Les configurations urbaines P6, P8, P10 et P12 se caractérisent par des valeurs maximales d’UTCI de 35°C à 38°C. Ces espaces sont caractérisés par des moyennes de T<sub>g</sub> élevées de 34°C à 40°C par rapport à l’ensemble des autres points, du fait de l’ensoleillement continu de ces espaces tout au long de la journée. Par ailleurs, P6 n’est que partiellement ensoleillée durant l’ensemble des promenades et correspond ainsi à une T<sub>g</sub> moins élevée que P8, P10 et P12. Enfin, P10 est caractérisée par une T<sub>a</sub> moyenne inférieure à celles de P6, P8 et P12 du fait qu’elle est exposée aux vents dominants venant de la mer.

### VI.3.2 APCI

Le [Tableau 13](#) expose les résultats de notre campagne expérimentale en termes de perception de l’importance des paramètres climatiques (items) par les personnes interrogées pour leur confort dans l’espace urbain. La colonne “% « tout à fait important »” représente le pourcentage de sujets qui ont évalué les items proposés comme « tout à fait important » (sur une échelle en

5 points, allant de « pas du tout important » à « tout à fait important »). À partir de ce pourcentage sont déduites les valeurs des  $C_i$ . Les résultats présentés montrent que l'ombre est donc le paramètre le plus important pour le confort microclimatique à Alger : sa valeur de coefficient de pondération est en effet  $C_O = 5$ . A l'inverse, la vitesse de l'air est perçue, par le panel des citoyens interrogés, comme l'item le moins important ( $C_{V_a} = 1$ ).

Tableau 13: Perception de l'importance des paramètres climatiques (items) par le panel des citoyens interrogés.

Perception des paramètres climatiques (items)	% « tout à fait important »	$C_i$
Température de l'air ( $T_a$ )	50,00%	3
Humidité relative de l'air (Rh)	37,50%	2
Vitesse de l'air ( $V_a$ )	25,00%	1
Ensoleillement (E)	53,10%	4
Ombre (O)	71,90%	5

Les valeurs d'APCI obtenues sont présentées dans le [Tableau 14](#), pour les 12 configurations urbaines de la “promenade micro-météorologique” effectuée.

Tableau 14 : Valeurs de l'APCI pour les 12 configurations urbaines étudiées et niveaux de confort microclimatique associés.

Tissu	Ancien (local)			Mixte			Colonial			Postcolonial		
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12
Configurations urbaines												
APCI	1,74	1,92	1,52	1,94	1,53	2,05	2,24	4,68	1,04	4,56	1,48	4,53



Très confortable



Confortable



Très inconfortable

Afin d'interpréter ces valeurs d'APCI et les niveaux de confort microclimatique associés, les résultats bruts en termes de niveau de satisfaction des citoyens interrogés par rapport aux paramètres climatiques perçus (température de l'air, taux d'humidité dans l'air, vitesse de l'air, ensoleillement et ombre) sont proposés en [figure 117](#). Les valeurs d'APCI présentées dans le Tableau ci-dessus correspondent à trois niveaux de confort :

- **Très confortable** : les configurations urbaines P1, P2, P3, P4, P5, P9 et P11 présentent les valeurs minimales d'APCI obtenues. Cela s'explique principalement par leurs

caractéristiques architecturales ainsi que par la qualité des vues offertes par chacun de ces lieux. Les citoyens interrogés ont apprécié les conditions microclimatiques proposées par ces configurations ; néanmoins, le taux d'humidité dans l'air a été perçu comme étant « insatisfaisant » sur l'ensemble de ces espaces (cf. [figure 117](#)).

- Ainsi, les conditions microclimatiques en P1 ont été très appréciées à l'exception du taux d'humidité dans l'air ; la forme de l'espace urbain (des marches permettant de s'asseoir), la vue sur la mer, l'existence d'une fontaine offrant de l'eau potable et la présence de la végétation expliquent le confort ressenti par les citoyens interrogés dans cette configuration urbaine.
- Le passage totalement couvert P2 présente des conditions microclimatiques assez spécifiques : bien qu'il offre une quantité d'ombre tout à fait satisfaisante, cet espace est sombre et le manque d'éclairage ne satisfaisait pas les interrogés ; c'est donc l'aspect visuel, le manque de lumière dans ce cas, qui a prédominé dans l'évaluation faite par les citoyens interrogés et qui a renforcé le ressenti négatif lié principalement au taux d'humidité (cf. [figure 117](#)).
- Espace partiellement couvert et situé dans une rue étroite, P3 a été perçu comme étant « très confortable ». Le confort ressenti se caractérise par des proportions d'ombre « tout à fait satisfaisantes », des quantités d'ensoleillement « très satisfaisantes », une température et une vitesse d'air « satisfaisantes » et un taux d'humidité « insatisfaisant » (cf. [figure 117](#)).
- Les usagers qui ont fait la “promenade microclimatique” dans le sens de la montée (de P12 à P1) ont perçu P4, qui est un escalier urbain, comme fatigante. Les sujets y ont apprécié l'ombre portée des façades mais le taux d'humidité a été estimé « insatisfaisant » ; ce résultat peut être aisément relié à la sudation du fait de l'effort physique produit pour monter l'escalier. Situé dans une rue étroite donnant sur un espace assez ouvert, les usagers ont apprécié l'ombre et les matériaux de construction, notamment la pierre, en P5.
- P9 a été perçue comme la configuration la plus « satisfaisante » du parcours, les quantités d'ombre étant perçues « tout à fait satisfaisantes », la température de l'air, l'ensoleillement et la vitesse de l'air « très satisfaisants ». Les usagers ont porté un jugement neutre quant au taux d'humidité dans cet espace et ont apprécié la protection contre les rayonnements solaires assurée par les arcades ainsi que la fraîcheur de l'air générée par les courants d'air venant de la mer. L'orientation de ce passage, sa largeur ainsi que la vue sur la végétation qui ponctue la voie

mécanique ont favorisé la satisfaction des usagers concernant cette configuration urbaine P9. Par ailleurs, la possibilité d'acheter de l'eau potable sur place grâce à la proximité des commerces a influencé positivement la satisfaction des usagers dans cette configuration urbaine.

- P11 offre une protection contre les rayonnements solaires, assurée par l'orientation de la façade (ombre portée à partir de midi et fraîcheur permanente grâce à l'exposition aux vents dominants). Tous les paramètres climatiques sont jugés « très satisfaisants » en ce point, à l'exception du taux d'humidité perçu comme « satisfaisant » par l'ensemble des citoyens interrogés. La vue sur la mer a accentué le ressenti de fraîcheur et la satisfaction des personnes quant à la vitesse et à la température de l'air en ce lieu (cf. [figure 117](#)).

- **Confortable** : les configurations urbaines P6 et P7 ont été perçues comme étant « confortables ».

- Escalier urbain partiellement ensoleillé durant une longue partie de la journée, P6 a été appréciée principalement pour la possibilité de marcher dans l'ombre portée des façades et la vue « d'en haut » qu'elle offre sur une place végétalisée réaménagée récemment.
- Bien que P7 présente une morphologie urbaine similaire à P9, elle a été perçue moins confortable du fait de son exposition partielle au soleil. De plus, l'étroitesse du passage et son usage commercial ont été jugés inadéquats. L'inconfort microclimatique perçu dans cet espace est influencé par des caractéristiques non climatiques comme, par exemple, la sensation d'étouffement liée au nombre important de piétons dans le même passage.

- **Très inconfortable** : les configurations urbaines P8, P10 et P12 ont été perçues comme étant « très inconfortables », du fait principalement de leur exposition permanente au soleil

durant toutes les promenades effectuées. L'ensemble des usagers était « très insatisfait » par l'absence totale d'ombre sur ces points.

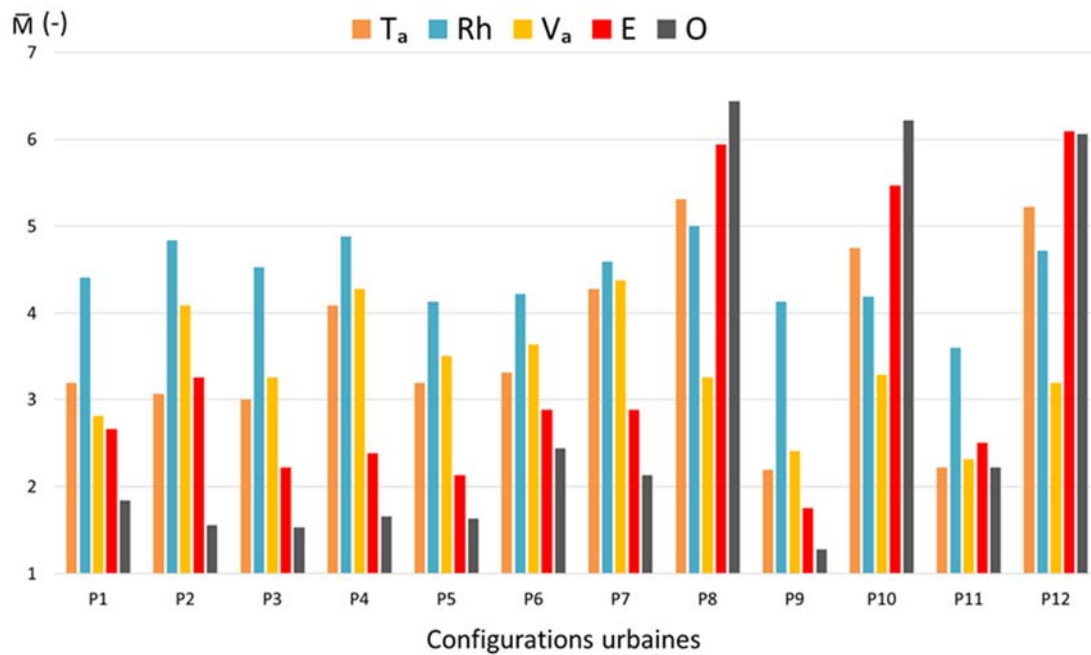


Figure 117 : Niveau de satisfaction moyen pour les paramètres climatiques perçus pour les 12 configurations urbaines. (Plages horaires : 9h00 -10h30 ; 12h15 – 13h15 ; 13h00 – 16h30pm pour 3 journées chaudes typiques 28/07, 30/07, 01/08-2018).

### VI.3.3 Comparaison du confort global avec le confort microclimatique

Afin de situer la perception du confort microclimatique par rapport au confort global perçu par les usagers, nous avons proposé une mise en perspective de leurs résultats empiriques. Une comparaison du classement d'appréciation microclimatique avec l'évaluation subjective du confort microclimatique a été établie (cf. [figure 118](#)). Les résultats de cette confrontation nous permettront d'identifier les interdépendances entre confort microclimatique et confort global du cadre urbain étudié.

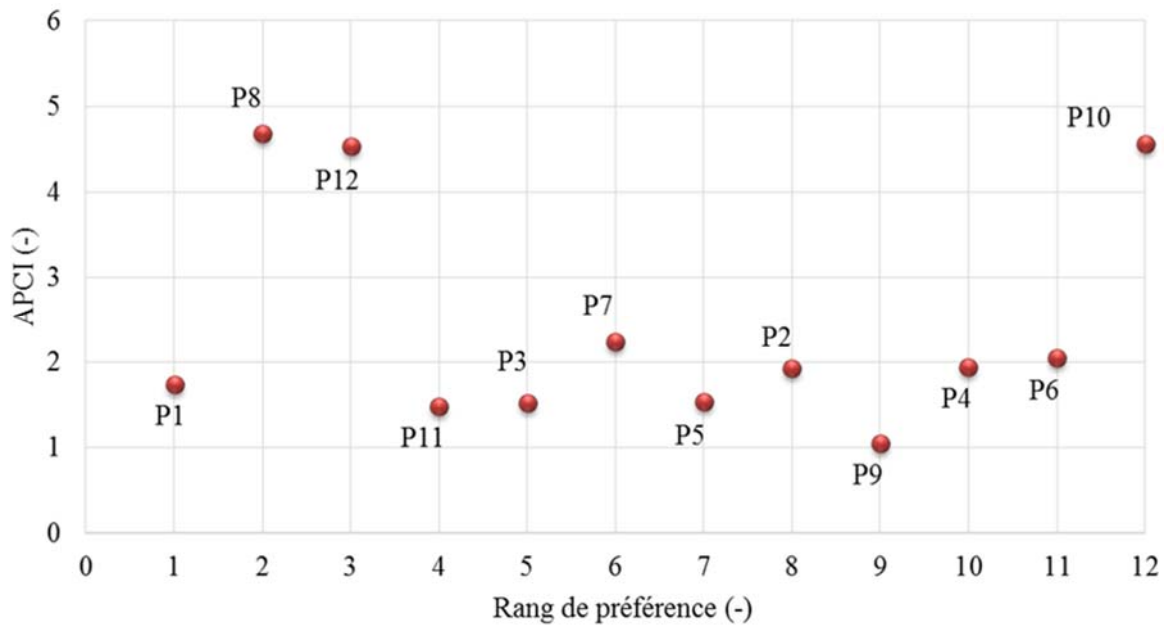


Figure 118 : Evaluation globale et microclimatique de l'ensemble des configurations urbaines étudiées.

Selon le niveau de confort microclimatique perçu et le rang de préférence globale défini par les citoyens interrogés, la [figure 118](#) nous permet de classer les configurations urbaines en 4 catégories :

- **Appréciables thermiquement et globalement** : P1, P3, P7, P11, appartenant respectivement aux tissus ancien, colonial ou postcolonial, présentent au moins des qualités architecturales, urbaines ou naturelles largement appréciées par les usagers. Elles offrent à la fois des conditions thermiques favorables et des qualités visuelles appréciables. De plus, toutes ces configurations contiennent des éléments forts soit à travers leurs propres morphologies urbaines (orientation des façades permettant l'ombre, K'bou, arcade), soit par des éléments d'aménagement urbain (fontaine publique, végétation) ou encore par la possibilité de vue sur des éléments naturels tels que la mer.

- **Appréciables thermiquement et non globalement** : P2, P4, P5, P6, P9, appartenant aux tissus ancien, mixte ou colonial, offrent des conditions micro-météorologiques favorables grâce à leurs morphologies urbaines. Néanmoins les aspects agissant sur le bien-être global y ont été perçus négativement par les sujets interrogés. Des gênes liées à un inconfort visuel, olfactif ou sonore ont été exprimées. Pour ces configurations, les usagers souhaitent plus de végétation, de propreté et d'entretien. Notons par exemple que P2 (sabat) nécessite plus de lumière pour qu'il soit apprécié globalement et que P9 nécessite un traitement sonore particulier étant donné qu'il est très désagréable d'un point de vue acoustique.



- **Non appréciées thermiquement et appréciées globalement** : P8, P12, appartenant aux tissus colonial et postcolonial, ont été très appréciés globalement. Etant donné qu'elles présentent des espaces larges avec une multitude de services autour et des vues agréables (sur la végétation, les jets d'eau), ces configurations sont perçues comme plus contemporaines et plus convenables à l'usage actuel des espaces publics. Néanmoins, ces configurations urbaines sont jugées très inconfortables sur le plan microclimatique, à cause de l'absence totale d'ombre. De ce fait, des solutions ont été suggérées par les interrogés telles que l'insertion de pergolas, l'implantation de plus d'arbres, la mise en place d'un aménagement portant de l'ombre, ...

- **Non appréciées ni thermiquement ni globalement** : P10 appartient au tissu postcolonial et ne présente aucune qualité thermique ou architecturale. Elle a été perçue très inconfortable sur le plan thermique car elle est exposée au soleil tout au long de la journée. Malgré la vue sur la mer, cette configuration a été classée dernière en termes d'appréciation globale. Ce classement s'explique notamment par les formes architecturales et par « l'anarchie totale » en termes de gestion de l'espace. L'excès d'automobiles dans cet espace crée une vue très désagréable selon les citoyens interrogés. Le piéton n'y a plus sa place.

La confrontation de cet indice avec le rang de préférence globale caractérisant chaque configuration montre que l'évaluation microclimatique à elle seule, ne suffit pas pour évaluer le niveau d'appréciation globale d'un espace public extérieur. P8 et P12 par exemple, perçus « très inconfortables » d'un point de vue thermique sont classés 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> en termes d'appréciation globale. Il est donc nécessaire de procéder par une approche globale afin d'identifier tous les aspects influant sur le bien-être en ville. Avant de passer à la section permettant de proposer un modèle global d'évaluation du confort microclimatiques, nous présentons quelques idées, inspirées des discours des sujets interrogés, permettant un confort à la fois microclimatique et global :

1. Prévoir des formes architecturales / urbaines qui protègent des rayonnements solaires (s'inspirer des espaces couverts (sabats, arcades) ou semi couverts (K'bous) tout en pensant à des espaces suffisants pour les piétons, avec un bon niveau d'éclairément ;
2. Penser l'orientation des façades et leurs effets sur le confort du piéton ;
3. Eviter les matériaux à faible albédo (éviter le bitume, béton à couleur foncée) ; cela implique moins de chaleur urbaine et joue sur la perception globale de l'espace urbain ;
4. Réintroduire les fontaines publiques ou à minima des sources d'eau potable (distributeurs, gourdes) ; l'eau contribue à la régulation thermique du corps humain mais

la symbolique des fontaines publiques assure des sensations positives dans les espaces publics ;

5. Rafraichir les surfaces urbaines (végétation adaptée au climat local, plans d'eau) ; en plus de leur effet permettant la baisse de la température urbaine, leur présence est considérablement souhaitée par les usagers de la ville ;
6. Implanter des arbres et des pergolas (adaptés au climat local) pour procurer de l'ombre ; mais aussi améliorer l'image de la ville qui gagnera en appréciation ;
7. Favoriser la vue sur des éléments naturels (notamment la mer) ; cela joue principalement sur la psychologie des citoyens qui ressentiront moins de stress thermique s'ils sont face à la mer ;
8. Opter pour des démarches participatives pour mieux répondre aux besoins des usagers. Ces derniers en participant à l'amélioration de leur cadre de vie, veilleront toujours à l'entretenir et à assurer son bon fonctionnement sur tous les plans (social, urbain, climatique, etc.).

## **VI.4 Corrélation des indices UTCI et APCI, vers un modèle global du confort microclimatique**

Après avoir étudié le confort global et microclimatique de notre cadre expérimental, nous passons dans cette partie, aux résultats de corrélation des deux indices UTCI / APCI. Nous rappelons que ces résultats nous permettront d'aller vers un modèle global d'évaluation et de prédiction du confort microclimatique.

Afin de qualifier l'aptitude de l'UTCI à évaluer le confort microclimatique ressenti, nous avons comparé les valeurs d'APCI et d'UTCI obtenues, pour les 12 configurations de la "promenade microclimatique" définie par notre protocole expérimental. La [figure 119](#) met en évidence une relation linéaire ascendante par morceaux. Cette corrélation se caractérise par deux groupes de données séparés par une « rupture » brusque. Le premier groupe représente les configurations urbaines perçues comme « très confortables » ou « confortables » (valeurs d'UTCI comprises entre 28°C et 35°C). Le deuxième groupe représente les configurations

urbaines perçues comme « très inconfortables » (valeurs d'UTCI comprises entre 37°C et 38°C).

La rupture de la courbe s'explique essentiellement par la différence d'évaluation perçue des espaces, du point de vue de l'ombre et de l'ensoleillement. En effet, le 1<sup>er</sup> groupe, qui correspond à des configurations ombragées ou partiellement ombragées est perçu positivement ; à l'inverse, le 2<sup>ème</sup> groupe, qui correspond à des configurations urbaines fortement ensoleillées, est perçu négativement.

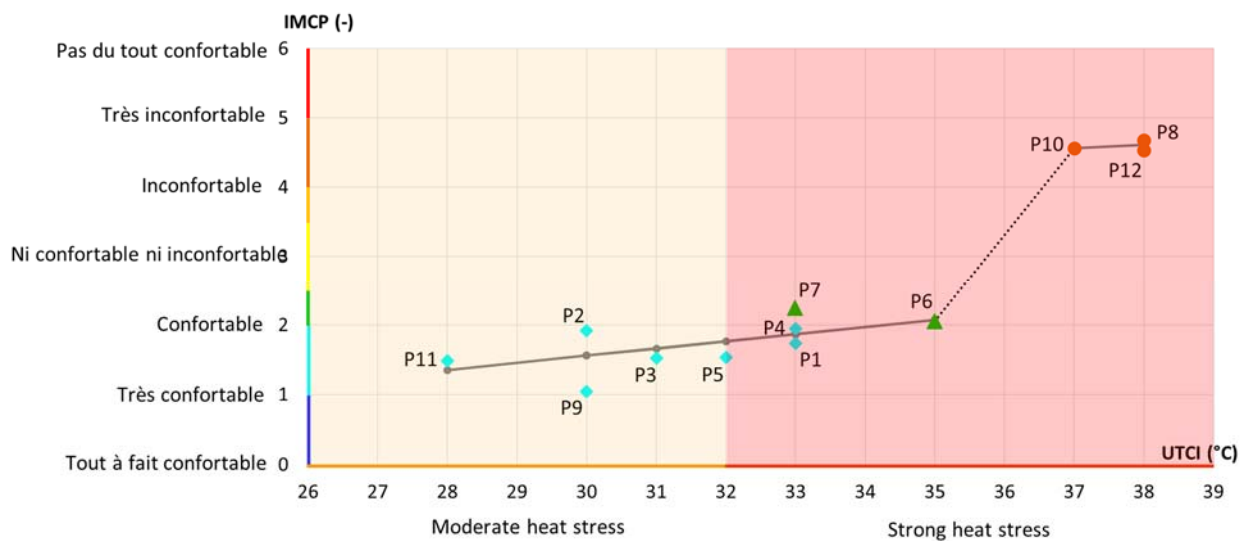


Figure 119 : Corrélation APCI/UTCI.

Une modélisation de la relation existante entre l'APCI et l'UTCI peut s'exprimer comme suit :

- Si  $28^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 35^{\circ}\text{C}$   $APCI = 0,10\text{UTCI} - 1,66$ . Les configurations urbaines correspondantes à ce groupe se caractérisent par  $T_g < 30^{\circ}\text{C}$  (cf. [figure 116](#)), où les citoyens interrogés sont « très satisfaits » ou « satisfaits » par les quantités d'ombre et d'ensoleillement perçues (cf. [figure 117](#))

- Si  $35^{\circ}\text{C} < \text{UTCI} < 37^{\circ}\text{C}$   $APCI = 1,25\text{UTCI} - 41,86$ . La rupture ainsi modélisée pourrait cependant être davantage marquée, ce point restant à infirmer ou confirmer par des expérimentations complémentaires.

- Si  $\text{UTCI} > 37^{\circ}\text{C}$   $APCI = 0,04\text{UTCI} + 2,87$ . Les configurations urbaines correspondant à ce groupe sont caractérisées par  $T_g > 30^{\circ}\text{C}$  (cf. [figure 116](#)) où les citoyens interrogés sont « insatisfaits » ou « très insatisfaits » par les quantités d'ombre et d'ensoleillement perçues (cf. [figure 117](#)).

La [Figure 119](#) met en évidence que l'échelle originale d'évaluation du stress thermique proposée par l'indice UTCI est inadaptée au contexte étudié. En effet, à Alger, des valeurs d'UTCI comprises entre 28°C et 35°C correspondent à un niveau de confort perçu « très confortable » à « confortable », alors que l'échelle originale de l'UTCI prévoit un stress thermique « fort » à partir d'une valeur de 32°C. Ceci est dû au fait que l'UTCI ne prend pas en compte les différences socioculturelles ainsi que l'adaptation des citoyens au climat local.

La [figure 119](#) associée à une synthèse sur les travaux expérimentaux ayant étudié la perception du confort thermique et appliqué l'UTCI sur différents contextes dans le monde (Potchter et al., 2018), met en évidence que la rupture repérée à une valeur d'UTCI de 35°C pour le cas d'Alger peut se situer à une température différente selon le contexte climatique et socio-culturel étudié. Ainsi, l'échelle d'évaluation du stress thermique originale de l'UTCI doit être adaptée aux contextes où cet indice n'a pas encore été testé. Etant donné que l'universalité de cette échelle d'évaluation du stress n'a pas été approuvée dans tous les contextes climatiques et socio-culturels du monde, son application nécessite une définition préalable du confort local. Pour le présent travail, le modèle proposé est basé sur une définition issue de la perception, par la population locale, de l'importance de chacun des paramètres climatiques agissant sur le confort thermique ; cette définition est traduite par des coefficients correcteurs  $C_i$  venant pondérer l'importance de ces paramètres dans la définition de l'APCI (cf. [tableau 13](#)). La même [figure 119](#) montre que l'échelle originale d'évaluation du stress thermique proposée pour l'UTCI ne prend pas en compte les paramètres psychosociologiques et certains aspects environnementaux et urbains perçus par les citoyens interrogés (vue sur la mer, vue sur la végétation, existence d'une fontaine publique, services et commerces) influençant la perception du confort microclimatique. Par exemple,

- P2 et P9 sont caractérisées par la même valeur d'UTCI = 30°C mais sont perçues différemment par les citoyens interrogés (cf. [figure 119](#)). P2 et P9 sont des configurations semblables (espaces couverts) (cf. [définition du cadre expérimental](#)) P9 offre d'une part, un cadrage sur la mer avec une vue sur de la végétation (arbres d'alignement et haies longeant la voie mécanique) et permet d'autre part, grâce à la présence des arcades, d'avoir un niveau de confort visuel très apprécié par les usagers. P2, perçue moins positivement que P9, présente un espace sombre (inconfort visuel perçu par les citoyens interrogés) avec des nuisances olfactives du fait de son état d'insalubrité.

- P1, P4 et P7 se caractérisent par la même valeur d'UTCI = 33 °C, mais par des niveaux d'appréciation différents (cf. [figure 119](#)). P1 est plus appréciée que P4 et P7 parce qu'elle offre plusieurs qualités satisfaisantes telles que la présence d'une fontaine, d'un endroit où s'asseoir

et d'une vue sur la mer (cf. [définition du cadre expérimental](#)). P4 est moins appréciée que P1 du fait de sa morphologie (escalier urbain) (cf. [définition du cadre expérimental](#)), tandis que P7 est moins appréciée que les deux premières car elle provoque chez les sujets interrogés une sensation d'étouffement liée à la densité de population perçue dans cet espace (cf. [définition du cadre expérimental](#)).

Dans ce dernier chapitre, nous avons présenté les résultats de l'investigation empirique réalisée dans le cadre de cette thèse. L'évaluation globale des configurations urbaines a été présentée en premier lieu, suivie par l'évaluation objective et subjective du confort microclimatique des mêmes configurations. Les résultats du calcul de l'indice subjectif APCI nous ont permis de mettre en perspective l'évaluation microclimatique et globale mais aussi la corrélation avec l'indice objectif UTCI pour proposer, enfin, un modèle global d'évaluation du confort microclimatique. Nous dressons nos dernières synthèses et perspectives dans la conclusion générale qui suit ce chapitre.

## Conclusion générale

Tout d'abord, nous tenons à rappeler que cette thèse s'inscrit dans une démarche interdisciplinaire mettant en lumière différentes approches scientifiques, reflétant ainsi le cadre collaboratif dans lequel elle a été élaborée. Elle est basée, principalement, sur des problématiques liées au domaine de l'architecture et de l'urbanisme, étudiées au sein de LAUTr (Laboratoire d'Architecture, d'Urbanisme et de Transport, Université de Batna 1). Cette thèse a pu être menée à son terme grâce à la collaboration d'un autre laboratoire fortement intéressé par le domaine des ambiances et du confort le laboratoire GRECCAU (Groupe de Recherche Environnement Confort Conception Architecturale et Urbaine) de l'ENSAP Bordeaux. Ce dernier a su assuré un accompagnement scientifique tout au long des étapes méthodologique, expérimentale et analytique de cette thèse. En tant qu'architecte de formation, cette collaboration nous a été très bénéfique et indispensable. En effet, la complexité de notre sujet de recherche ainsi que la dimension traitée dans ce travail (celle de l'espace public) nécessitaient des connaissances issues d'autres disciplines qui nous étaient totalement inconnues avant d'entamer cette thèse. Il s'agit des sciences humaines et plus particulièrement de la psychologie environnementale, des sciences de la climatologie urbaine mais aussi de la biométéorologie et d'autres encore... Le travail d'équipe et le partage assuré au niveau du GRECCAU nous a toujours permis d'explorer de nouvelles pistes et techniques pour mener à bien cette recherche.

La notion d'espace public urbain et les ambiances qu'il génère étaient au cœur du fondement scientifique de cette thèse. Un double objectif a été souligné visant en premier lieu, **l'évaluation globale et microclimatique des ambiances existantes** à Alger et la **définition d'outils adaptés à la pratique des concepteurs permettant l'évaluation et la prédiction du confort microclimatique** en deuxième lieu. Afin d'atteindre ces objectifs, ce travail est basé sur un état des lieux scientifique et théorique, développé dans les trois premiers chapitres de ce manuscrit.

Dans le premier chapitre, la notion d'espace public a été abordée dans ses dimensions architecturale, urbaine et historique. Il s'est avéré que la production de cet élément particulier est très liée au contexte où il est édifié. Chaque espace public urbain reflète la situation politique, économique, géographique et socioculturelle des gouvernements l'ayant fondé. Tout cela a été discuté et illustré en mettant en lumière le développement des espaces publics sous différents contextes politiques et socioculturels au fil du temps.

Dans le deuxième chapitre nous avons mis en relief la dimension sensible et les conditions microclimatiques déterminant la qualité d'un espace public urbain. La notion d'ambiances a été définie et discutée afin de positionner notre étude qui a pour objet de contribuer à l'étude de cette thématique influençant fortement le confort des usagers de la ville, notamment dans l'espace public extérieur. Ainsi, des connaissances sur les éléments agissant sur le confort global et particulièrement le confort microclimatique ont été présentées. Il apparaît que ces données impliquent différents champs de recherche, d'où la complexité de cette thématique de recherche. La dernière partie du deuxième chapitre a été consacrée aux données climatiques et à leurs interactions avec le milieu urbain pour mieux cerner la question du confort microclimatique. Nous avons montré que ce dernier souffre aujourd'hui d'une certaine négligence de la part des planificateurs et des concepteurs des espaces publics extérieurs.

Le troisième chapitre a été consacré à l'analyse des méthodes existantes d'évaluation du confort microclimatique. Nous avons présenté dans un premier lieu les méthodes expérimentales assez avantageuses en termes de résultats adaptés aux cas étudiés. Leurs approches permettent l'étude approfondie de tous les aspects du confort microclimatique (physiques, physiologiques et sensibles). Néanmoins ce type d'approches ne convient pas à la pratique architecturale et urbaine car elles sont très coûteuses en termes de temps et de matériel de mesure. De plus, les modèles numériques qui en découlent sont adaptés uniquement aux cas pour lesquels ils ont été développés. Dans la seconde partie de ce même chapitre, les méthodes de simulation numérique des conditions microclimatiques et du confort ont été abordées. Les outils proposés par ces méthodes s'avèrent être les mieux maîtrisés et les plus utilisés par les concepteurs des espaces architecturaux et urbains. Ils leur permettent d'intégrer la dimension du confort microclimatique tout en économisant du temps d'étude. Cependant, les modèles thermo-physiologiques alimentant ces outils numériques ne sont pas adaptés à tous les contextes climatiques et socioculturels. Ce chapitre a mis en évidence que les limitations scientifiques ainsi que la complexité de ces méthodes nuisent à leur appropriation et à leur utilisation par les acteurs de la conception à l'échelle urbaine. La question du confort microclimatique est donc peu souvent prise en compte, ce qui conduit à la conception d'espaces urbains peu confortables.

De ce fait, nous avons consacré la seconde partie de cette thèse à proposer une méthodologie visant une évaluation globale et adaptée à la pratique architecturale et urbaine du confort microclimatique.



Le quatrième chapitre nous a permis, dans un premier temps, de présenter les outils méthodologiques choisis afin d'atteindre les objectifs de cette thèse. Ainsi, une méthodologie spécifique a été définie, intégrant les données objectives et sensibles. Notre plan méthodologique a été, donc, basé sur une simulation préliminaire de l'ensoleillement à l'échelle urbaine et une expérimentation concrétisée par la nouvelle approche dite « promenade micro-météorologique ». Le cas d'Alger, notre contexte d'étude, a été décrit, dans la deuxième partie de ce chapitre, en abordant ses caractéristiques géographiques, climatiques, architecturales et urbaines. La richesse de ces dernières semble opportune pour appliquer notre méthodologie.

Le cinquième chapitre a eu pour objet de définir, en premier lieu, le cadre expérimental de notre étude. Ce dernier a été sélectionné en suivant différentes étapes de prospection urbaine, de simulation numérique et de test du protocole de mesure in-situ. Ainsi, le déroulement des promenades micro-météorologiques a été exploré tout en mettant en évidence les configurations urbaines à étudier. Ces dernières, au nombre de 12, ont été sélectionnées attentivement au sein des quatre tissus constituant le secteur sauvegardé d'Alger (tissu ancien, tissu mixte, tissu colonial et tissu postcolonial). Dans un second temps, le processus de traitement des données subjectives et objectives a été largement détaillé.

Dans le sixième et dernier chapitre, nous avons présenté les résultats de l'investigation empirique réalisée dans le cadre de cette thèse. L'évaluation globale des configurations urbaines a été présentée, suivie par l'évaluation objective et subjective du confort microclimatique des mêmes configurations. Les résultats du calcul de l'indice subjectif APCI nous ont permis de mettre en perspective l'évaluation microclimatique et globale mais aussi la corrélation avec l'indice objectif UTCI pour proposer, enfin, une adaptation de cet indice, dit universel, au contexte microclimatique et socioculturel d'Alger.

Les résultats de cette recherche montrent que sept variables influent sur la perception des espaces publics algérois, à savoir : aspects architecturaux et urbains, aspects naturels, confort climatique, aspects sociaux et ressenti, usage et services, gestion de l'espace public et autres aspects de confort regroupant confort visuel, acoustique et olfactif. L'expression spontanée des usagers sur les aspects positifs, négatifs et les possibilités d'amélioration pour chacune des configurations urbaines étudiées a mis en évidence que la perception des usagers se fait de manière globale, regroupant plusieurs aspects architecturaux, urbains, climatiques, sociaux, etc. Ainsi, il a été conclu qu'un espace urbain ne peut jamais être perçu de la même façon par plusieurs sujets. Chaque usager perçoit l'espace selon, entre autres, ses propres données

personnelles, ses préférences, sa capacité d'adaptation et ses expériences antérieures, regroupées dans ses représentations (ou standards de comparaison).

Les résultats de l'évaluation du confort microclimatique ont démontré que des similitudes apparaissent entre le tissu ancien et le tissu mixte où des interventions légères ont été faites durant la période coloniale. Ces similitudes sont appréciées par les usagers parce qu'elles génèrent un confort thermique du fait de l'étroitesse des rues. La protection contre les rayonnements solaires dans ces espaces est largement appréciée par les usagers. Le tissu colonial vient inscrire de nouvelles ambiances microclimatiques. Les passages piétons sous-arcades, par exemple, sont très appréciés. Cependant, l'exposition au soleil de la grande place tout au long de la journée et l'absence d'aménagement convenable engendrent un inconfort thermique considérable. Les usagers ne peuvent pas s'attarder sur ce lieu, ni de fait apprécier ses qualités architecturales et paysagères. Le tissu postcolonial présente des espaces moins confortables thermiquement que ceux des tissus ancien, mixte et colonial. 2/3 des espaces du tissu postcolonial sont caractérisés par des conditions microclimatiques insatisfaisantes dues à l'ensoleillement de ces espaces tout au long de la journée. Sur ce tissu, les sujets ont perçu le manque d'aménagement urbain mais surtout d'éléments rafraichissants et fournisseurs d'ombre. Cependant, les sujets ont apprécié l'existence des éléments naturels (vue sur la mer, végétation) dans ce tissu. De même, la largeur des espaces publics était appréciée malgré le manque d'espace dédié aux piétons, peu satisfaisant.

La mise en perspective de l'évaluation microclimatique et globale nous a permis d'identifier des principes pratiques à prendre en considération pour la conception des espaces publics de meilleure qualité. Des solutions éco-citoyennes ont été recommandées grâce à la collaboration des usagers dans ce travail empirique. Des dispositifs englobant les principes de l'architecture et de l'urbanisme vernaculaires s'adaptant aux besoins actuels sont les mieux à même de permettre une meilleure qualité de vie dans les espaces publics algérois. Nous pouvons citer pour exemple les arcades urbaines, inspirées des maisons mauresques, réalisées durant la période coloniale. Ce dispositif a permis à la fois de se protéger des incidences climatiques et de s'adapter aux enjeux sociaux et économiques de l'époque de conception. Ainsi, selon leurs caractéristiques personnelles et culturelles, l'ensemble des sujets interrogés propose l'implantation d'arbres et de plus de végétation pour améliorer les conditions microclimatiques mais aussi pour cadre de vie de meilleure qualité en termes d'esthétique, d'odorat et de satisfaction psychologique. L'appropriation de l'espace urbain et l'amélioration par les citoyens eux-mêmes est l'une des solutions proposées par les personnes interrogées.

La démarche de recherche entreprise ici a démontré que même si l'UTCI peut évaluer de façon fiable le confort ressenti, son échelle originale de stress thermique est inadaptée au contexte étudié, et n'est donc pas universelle. Une rupture a été observée dans la relation existant entre l'UTCI et l'APCI. Cette rupture est liée principalement à la perception des citoyens interrogés. En effet, ces derniers se sentent confortables notamment dès qu'il y a de l'ombre et passent brusquement à une situation d'inconfort microclimatique dans les espaces exposés au soleil. De la même façon, nous avons pu démontrer que certains aspects environnementaux et socio-culturels perçus contribuent à l'évaluation du confort microclimatique. Par exemple, l'inconfort olfactif et/ou visuel influe négativement sur le confort microclimatique perçu. De même, un endroit encombré représente, pour les usagers, un espace d'étouffement et donc d'insatisfaction thermique malgré des caractéristiques climatiques convenables. A l'inverse, les espaces couverts sont vécus comme des abris générant une sensation de confort quand l'existence de la végétation ou d'un élément de rafraîchissement (fontaine, jet d'eau ou vue sur la mer) accentue la sensation de confort microclimatique dans ces espaces. Les résultats de cette recherche confirment donc qu'il est indispensable, pour évaluer le confort microclimatique à l'échelle urbaine, de prendre en considération les aspects environnementaux, psychologiques et socioculturels comme cela a été démontré par d'autres auteurs (Nikolopoulou et al., 2001; Pantavou et al., 2013).

Enfin, et en réponse à la problématique des outils numériques permettant évaluation et prédiction du confort microclimatique, nous proposons un modèle global qui s'ouvre à l'universalité. En effet, la corrélation de deux indices de confort microclimatique, objectif UTCI et subjectif APCI, a permis d'offrir un modèle calibré apte à prédire et évaluer le confort thermique dans un contexte côtier Sud Méditerranéen. Ce modèle reliant l'APCI et l'UTCI permet de mieux prendre en considération la perception réelle de la population locale lors de la conception ou de la rénovation d'espaces urbains. Ce modèle comble le manque de contextualisation de l'échelle originale proposée pour l'UTCI tout en intégrant des facteurs sensibles définissant le confort local et contextualisé. Ainsi, les concepteurs peuvent évaluer leurs propositions en utilisant les outils numériques de modélisation architecturale et urbaine qui intègrent un calcul d'UTCI.

Pour finir, nous pouvons dire que notre première hypothèse liée à l'efficacité microclimatique des modèles architecturaux et urbains existants dans le secteur sauvegardé d'Alger a été validée, quelles que soient leurs typologies (ancienne, mixte, coloniale ou postcoloniale). Les aspects positifs et négatifs ainsi que les améliorations proposées par les

citadins pour chacune des configurations étudiées ont fait émerger les configurations à renforcer et celles à éviter. Quant à la seconde hypothèse, nous trouvons que le croisement des deux approches (objective et subjective) appliqué à notre cas d'étude a permis la contextualisation d'une méthode globale. Ce résultat pourra servir à faciliter les tâches des praticiens visant à concevoir de nouveaux espaces adaptés à leur contexte naturel et culturel.

Les perspectives de recherche envisagées pour poursuivre et compléter ce travail peuvent s'appuyer, essentiellement, sur les points suivants :

- Explorer d'autres espaces publics dans les différents contextes climatiques algériens afin de résoudre le problème de la standardisation du paysage urbain en général et la question du stress thermique estival en particulier ;
- Améliorer les textes de loi algérienne qui s'intéressent rarement à la question du confort microclimatique sur la base des connaissances acquises dans cette thèse ;
- S'intéresser aux nouveaux outils numériques permettant évaluation et prédiction du confort microclimatique à l'échelle urbaine tout en testant la fiabilité des modèles de confort qui y sont intégrés, dans les contextes où ils n'ont pas encore été testés ;
- Générer et étudier différents prototypes urbains basés sur des stratégies d'optimisation du confort microclimatique ;
- Poursuivre des recherches scientifiques faisant intervenir le facteur humain à travers une participation citoyenne dans le contexte algérien.

## Bibliographie

- Adams, M. (2012). *Révéler les représentations et les attentes grâce à l'ambiance et aux parcours commentés - Méthodologie et premiers résultats*. In J.-P. Thibaud & D. Siret (Eds.), *Ambiances in action / Ambiances en acte(s) - International Congress on Ambiances*, (pp. 727–730).
- Adolphe, Luc;, Barlet, A., Boussoualim, A., Ait-Ameur, K., & Casal, A. (2002). *SAGACités Vers un Système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines*.
- Adolphe, Luc. (1998). *AMBIANCE ARCHITECTURALES ET URBAINES* (Parenthèse). <https://www.amazon.fr/CAHIERS-RECHERCHE-ARCHITECTURALE-N°42-TRIMESTRE/dp/286364842X>
- Afren, R., Benabbas, M., Zemmouri, N., & Djaghroui, D. (2017). *Impact of the typology of school buildings on the internal thermal conditions, in a hot and dry climate*. *Energy Procedia*, 122, 505–510. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.305>
- Aichour, B. (1985). *Problèmes de la réhabilitation de la casbah de Constantine* Université de Paris XII. <https://www.worldcat.org/title/problemes-de-la-rehabilitation-de-la-casbah-de-constantine/oclc/491221895>
- Ait-Ameur, K. (2002). *Vers une méthode multicritère de caractérisation du microclimat dans les espaces publics urbains : validation d'un système d'indicateurs "morpho-climatiques" et d'un indicateur de confort* Université de Nantes. <https://www.theses.fr/2002NANT2008>
- Al-hafiz, B. (2017). *Contribution to the Study of the Impact of Building Materials on the Urban Heat Island and the Energy Demand of buildings*. UNIVERSITÉ BRETAGNE LOIRE.
- Aldo, R. (2001). *L'architecture de la ville*. [www.infolio.ch](http://www.infolio.ch)
- Ali-Toudert, F., Djenane, M., Bensalem, R., & Mayer, H. (2005). *Outdoor thermal comfort in the old desert city of Beni-Isguen, Algeria*. *Climate Research*, 28(3), 243–256. <https://doi.org/10.3354/cr028243>
- Amireche, T. (2012). *APPROCHE DES ESPACES PUBLICS URBAINS : CAS DE LA VILLE NOUVELLE ALI MENDJELI*. Université Mentouri de Constantine.
- Ascher, F., & Querrien, A. (1995). *Métapolis, ou l'avenir des villes, 1995* (Odile Jacob).
- Atek, A. (2002). *POUR UNE REINTERPRETATION DU VERNACULAIRE DANS L'ARCHITECTURE DURABLE -Cas de la Casbah d'Alger*. UNIVERSITÉ MOULOUD MAMMERRI – TIZI-OUZOU.
- Augoyard, J.-F. (2008). *Introduction aux actes du colloque "Faire une ambiance" "Creating an Atmosphere. Faire Une Ambiance"*, 11–16. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00833923/document>
- Bada, Y. (2012). *The Impact of Visibility on Visual Perception and Space Use: The Case of Urban Plazas in Biskra*. Université Mohamed Khider – Biskra.

- Bahrmann, H., & Ho Van, M. (1972). *L'ambiance urbaine: réflexions sur la ville et l'environnement sensible*.  
[https://books.google.dz/books/about/L\\_ambiance\\_urbaine.html?id=sG9JAQAIAAJ&redir\\_](https://books.google.dz/books/about/L_ambiance_urbaine.html?id=sG9JAQAIAAJ&redir_)
- Bakiri, R. (2011). *Impact de l'intervention coloniale sur la vieille ville de Constantine -Cas des maisons hybrides-*. Université Mentouri de Constantine.
- Barlet, A. (2003). *Ambiances et confort des espaces de la ville : une analyse du confort microclimatique Une méthodologie multiple*.
- Beauchard, J., & Moncomble, F. (2013). *L'architecture du vide : espace public et lien civil* (Collection). Presses universitaires de Rennes.  
<https://www.librairiedialogues.fr/livre/3764189-l-architecture-du-vide-espace-public-et-lien-c--jacques-beauchard-francoise-moncomble-presses-universitaires-de-rennes>
- Belakehal, Azeddine;, & Farhi, A. (2008). *Les ambiances environnementales de la médina : Le patrimoine oublié. Conférence Internationale Sur La Médina, 77–84*.  
<file:///Users/issamsekk/Downloads/ArticleTlemcen.pdf>
- Belakehal, Azeddine. (2013). *DE LA NOTION D'AMBIANCE*. In *Courrier Du Savoir, 161(3)*, 65. <https://doi.org/10.3917/dia.161.0065>
- Belakehal, Azzedine;, & Tabet Aoul, K. (2000). *L'ombre : esthétique et contrôle du rayonnement solaire dans les milieux arides*. In *Environnement Africain*.
- Bell, P. A. ., Greene, T. C. ., Fisher, J. D. ., & Baum, A. (1996). *Environmental psychology, 4th ed. - PsysNET*. <https://psycnet.apa.org/record/1996-97463-000>
- Benamor, K. (2017). *L' impact de la morphologie urbaine sur la demande énergétique dans les zones arides -Cas d'un tissu urbain éparse, cité 76 logements à Biskra-*. Université Mohamed Khider – Biskra.
- Bendjedidi, S. (2019). *Perception de territorialité et usage des espaces publics ouverts des grands ensembles d'habitat collectif -une investigation syntaxique-: Cas d'étude de la ville de Biskra Présentée*. Université Mohamed Khider – Biskra.
- Benzerzour, M. (2009). *Transformations urbaines et variations du microclimat : application au centre ancien de Nantes et proposition d'un indicateur " morpho-climatique*. UNIVERSITE DE NANTES.
- Bernard, J. (2017). *Signature géographique et météorologique des variations spatiales et temporelles de la température de l'air au sein d'une zone urbaine*. Ecole Centrale Nantes.
- Blanc, N. (2009). *Vers un urbanisme écologique? URBI*. In *Les Cahiers Du Développement Urbain Durable, 8*, 39–59.
- Błażejczyk, K., Jendritzky, G., Bröde, P., Fiala, D., Havenith, G., Epstein, Y., Psikuta, A., & Kampmann, B. (2013). An introduction to the Universal Thermal Climate Index ( UTCI ). *Geographia Polonica, 86(1)*, 5–10. <https://doi.org/10.7163/GPol.2013.1>
- Blum, É. (2008). *Ambiances induites par des espaces et des objets urbains un projet d'étude* (2008). In *Faire Une Ambiance*, 113–120. <https://halshs.archives-ouvertes.fr/halshs-00838013/document>
- Boucheriba, F. (2006). *IMPACT DE LA GEOMETRIE DES CANYONS URBAINS SUR LE CONFORT THERMIQUE EXTERIEUR - Cas du Coudiat de Constantine -*. UNIVERSITE

MENTOURI DE CONSTANTINE FACULTE.

Boukhabla, M. (2015). *L'influence des facteurs climatiques sur la modification de l'îlot de chaleur urbain dans une rue « canyon, dièdre et dégagée », Cas des lotissements Biskra*. Université Mohamed Khider – Biskra.

Boukhelkhal, I., & Bourbia, F. (2016). *Thermal Comfort Conditions in Outdoor Urban Spaces: Hot Dry Climate -Ghardaia- Algeria*. In *Procedia Engineering*, 169, 207–215. <https://doi.org/10.1016/J.PROENG.2016.10.025>

Boussoulim, A. (2002). *Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur à Blagnac* - université de Nantes Ecole polytechnique de l'Université de Nantes.

Bouyer, J. (2009). *Modélisation et simulation des microclimats urbains - Étude de l'impact de l'aménagement urbain sur les consommations énergétiques des bâtiments*. UNIVERSITÉ DE NANTES.

Bröde, P., Fiala, D., Blazejczyk, K., Holmér, I., Jendritzky, G., Kampmann, B., Tinz, B., & Havenith, G. (2012). *Deriving the operational procedure for the Universal Thermal Climate Index (UTCI)*. In *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 481–494. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0454-1>

Bruse, M. (2004). *ENVI-met 3.0: Updated Model Overview*. March, 1–12.

Bruse, M., & Fleer, H. (1998). *Simulating surface-plant-air interactions inside urban environments with a three dimensional numerical model*. In *Environmental Modelling and Software*, 13(3–4), 373–384. [https://doi.org/10.1016/S1364-8152\(98\)00042-5](https://doi.org/10.1016/S1364-8152(98)00042-5)

Chabert, H. (1993). *Espaces publics, espaces de vie: les réponses lyonnaises* - Google Livres (Horvath). [https://books.google.dz/books/about/Espaces\\_publics\\_espaces\\_de\\_vie.html?id=F3Smfwyk0z4C&redir\\_esc=y](https://books.google.dz/books/about/Espaces_publics_espaces_de_vie.html?id=F3Smfwyk0z4C&redir_esc=y)

Chatzidimitriou, A., & Yannas, S. (2016). *Microclimate design for open spaces: Ranking urban design effects on pedestrian thermal comfort in summer*. In *Sustainable Cities and Society*, 26, 27–47. <https://doi.org/10.1016/j.scs.2016.05.004>

Chérif, N. (2017). *Alger , 1830-1980 : Chronique d'une historiographie en construction*. In *Perspective*, 131–152. <https://doi.org/10.4000/perspective.7596>

Cheung, P. K., & Jim, C. Y. (2018). *Comparing the cooling effects of a tree and a concrete shelter using PET and UTCI*. In *Building and Environment*, 130 (October 2017), 49–61. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.013>

Chokhachian, A., Ka-Lun Lau, K., Perini, K., & Auer, T. (2018). *Sensing transient outdoor comfort: A georeferenced method to monitor and map microclimate*. In *Journal of Building Engineering*, 20, 94–104. <https://doi.org/10.1016/j.job.2018.07.003>

Colombert, M. (2008). *Contribution à l'analyse de la prise en compte du climat urbain dans les différents moyens d'intervention sur la ville Contribution to the analysis of various means to take into account urban climate*. Université Paris-Est École.

Cresti, F. (1982). *Description et iconographie de la ville d'Alger au XVIe siècle*. In *Revue de l'Occident Musulman et de La Méditerranée*, 34(1), 1–22. <https://doi.org/10.3406/remmm.1982.1956>

Daoudi, N. S. (2013). *Bilan et perspectives de la démarche interdisciplinaire appliquée à la caractérisation des ambiances et leur rapport au vé.* Thèse de DOCTORAT en SCIENCES Spécialité : Architecture et Environnement EPAU, Alger.

Daro, C. (2008). *Ambiance et environnement : quelques repères en architecture.* In Faire Une Ambiance.

David, J.-C. (2002). *Espace public au Moyen-Orient et dans le monde arabe, entre urbanisme et pratiques citadines.* In Géocarrefour, 77(3), 219–224. <https://doi.org/10.3406/geoca.2002.2746>

Djekic, J., Djukic, A., Vukmirovic, M., Djekic, P., & Dinic Brankovic, M. (2018a). *Thermal comfort of pedestrian spaces and the influence of pavement materials on warming up during summer.* In Energy and Buildings, 159, 474–485. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.004>

Djekic, J., Djukic, A., Vukmirovic, M., Djekic, P., & Dinic Brankovic, M. (2018b). *Thermal comfort of pedestrian spaces and the influence of pavement materials on warming up during summer.* In Energy and Buildings, 159, 474–485. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.11.004>

Dris, N. (2002). *VILLE MOUVEMENTÉE - Espace public, Centralité, mémoire urbaine à Alger* (Harmattan). <https://www.editions-harmattan.fr/index.asp?navig=catalogue&obj=livre&no=4038&razSqlClone=1>

Duarte, C. R., Cohen, R., Santana, E. P., Paula, K. D., Uglione, P., & Brasileiro, A. (2008). *Exploiter les ambiances : dimensions et possibilités méthodologiques pour la recherche en architecture.* In 1st International Congress on Ambiances.

EL WAZZAN, H. (1530). *La description de l'Afrique.* [https://www.vitamedz.com/hassan-el-wazzan-dit-leon-l-africain/Articles\\_15724\\_931\\_0\\_1.html](https://www.vitamedz.com/hassan-el-wazzan-dit-leon-l-africain/Articles_15724_931_0_1.html)

Evola, G., Costanzo, V., Magri, C., Margani, G., Marletta, L., & Naboni, E. (2020). *A novel comprehensive workflow for modelling outdoor thermal comfort and energy demand in urban canyons: Results and critical issues.* In Energy and Buildings, 216, 109946. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.109946>

Fabbri, K., Di Nunzio, A., Gaspari, J., Antonini, E., & Boeri, A. (2017). *Outdoor Comfort: The ENVI-BUG tool to Evaluate PMV Values Output Comfort Point by Point.* In Energy Procedia, 111(September 2016), 510–519. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.03.213>

Freitas, J. de S., Cronemberger, J., Soares, R. M., & Amorim, C. N. D. (2020). *Modeling and assessing BIPV envelopes using parametric Rhinoceros plugins Grasshopper and Ladybug.* In Renewable Energy, 160, 1468–1479. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2020.05.137>

Gherraz, H. (2013). *Les espaces publics entre forme et pratique dans les villes arides et semi arides (Cas des places publiques de la ville de Ouargla).* Université Mohamed Khider – Biskra.

Golasi, I., Salata, F., de Lieto Vollaro, E., & Coppi, M. (2018). *Complying with the demand of standardization in outdoor thermal comfort: a first approach to the Global Outdoor Comfort Index (GOCI).* In Building and Environment, 130, 104–119. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2017.12.021>



- Goyette-Pernot, J., & Compagnon, R. (2003). *Climat urbain et energie*. In CUEPE (Ed.), *Climat Urbain et Energie*.
- Grandet, D. (1986). *Architecture et urbanisme Islamique* (Office des publications universitaires). Alger. <http://crasc.dz/fondoc/index.php/ouvrage/7262-547>
- Gulyás, Á., Unger, J., & Matzarakis, A. (2006). *Assessment of the microclimatic and human comfort conditions in a complex urban environment: Modelling and measurements*. In *Building and Environment*, 41(12), 1713–1722. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2005.07.001>
- Hadji, L. (2014). *LA QUALITE DES ESPACES PUBLICS ET LES STRATEGIES DU DEVELOPPEMENT DURABLE URBAIN: Méthode d'évaluation et application aux abords des stations de métro et de tramway à Alger*. Ecole Polytechnique d'Architecture et d'Urbanisme, Alger.
- Hadjilah, A. (2016). *L'architecture des premières maisons européennes d'Alger*, 1830-1865. In *Artl@s Bulletin*, 5(1).
- Hanafi, A. (2018). *Le végétal urbain générateur de confort thermique dans les villes sahariennes contemporaines. «Cas des places publiques de la ville de Biskra / Algérie»*. Mohamed Khider de Biskra.
- Hanafi, A., & Alkama, D. (2017). *Role of the urban vegetal in improving the thermal comfort of a public place of a contemporary Saharan city*. In *Energy Procedia*, 119, 139–152. <https://doi.org/10.1016/J.EGYPRO.2017.07.061>
- Havenith, G. (2005). *Temperature regulation, heat balance and climatic stress*. In *Extreme Weather Events and Public Health Responses*.
- Holst, J., & Mayer, H. (2011). *Impacts of street design parameters on human-biometeorological variables*. In *Meteorologische Zeitschrift*, 20(5), 541–552. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2011/0254>
- Höppe, P. (1999). *The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment*. In *International Journal of Biometeorology*, 43(2), 71–75. <https://doi.org/10.1007/s004840050118>
- Hwang, R. L., Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2011). *Seasonal effects of urban street shading on long-term outdoor thermal comfort*. In *Building and Environment*, 46(4), 863–870. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2010.10.017>
- Izard, J.-L., & Millet, J.-R. (1993). *Architectures d'été construire pour le confort d'été* (Édisud). Édisud.
- Jahel, G. ;, & Racinet, P. (1996). *La ville médiévale. De l'Occident chrétien à l'Orient musulman. Ve-XVe s.* (Colin, Vol. 41, Issue 161).
- Jamei, Elmira;, Rajagopalan, P., Mohammadmehdi;, S., & Jamei, Y. (2016). *Review on the impact of urban geometry and pedestrian level greening on outdoor thermal comfort*. In *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 54, 1002–1017. <https://doi.org/10.1016/j.rser.2015.10.104>
- Jamei, Elmira, & Rajagopalan, P. (2017). *Urban development and pedestrian thermal comfort in Melbourne*. In *Solar Energy*, 144, 681–698. <https://doi.org/10.1016/j.solener.2017.01.023>

- Jendritzky, G., de Dear, R., & Havenith, G. (2012). *UTCI—Why another thermal index?* In *International Journal of Biometeorology*, 56(3), 421–428. <https://doi.org/10.1007/s00484-011-0513-7>
- Kettaf, F. (2013). *LA FABRIQUE DES ESPACES PUBLICS : Conceptions, formes et usages des places d'Oran ( Algérie )*. NIVERSITÉ PAUL-VALÉRY - MONTPELLIER III.
- Khan, A. (2015). *L'habitat durable en Arabie Saoudite : dimension climatique et socio-culturelle : cas d'étude : la ville de Djeddah*. Université de Bordeaux.
- Kitous, S. (2012). *Forme urbaine et environnement thermo- aéraulique en climat chaud et sec: Cas du ksar de Ghardaïa dans le Sahara algérien*. EPAU.
- Kottek, M., Grieser, J., Beck, C., Rudolf, B., & Rubel, F. (2006). *World Map of the Köppen-Geiger climate classification updated*. In *Meteorologische Zeitschrift*, 15(3), 259–263. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2006/0130>
- Lamraoui, S., & Boussoualim, A. (2012). *Les ambiances vécues dans les espaces publics de Fernand Pouillon : une référence ambiante*. In *International Congress on Ambiances*, 755–758.
- Lau, K. K. L., Shi, Y., & Ng, E. Y. Y. (2019). *Dynamic response of pedestrian thermal comfort under outdoor transient conditions*. In *International Journal of Biometeorology*, 63(7), 979–989. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01712-2>
- Lee, H., & Mayer, H. (2018a). *Maximum extent of human heat stress reduction on building areas due to urban greening*. In *Urban Forestry and Urban Greening*, 32, 154–167. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2018.04.010>
- Lee, H., & Mayer, H. (2018b). *Thermal comfort of pedestrians in an urban street canyon is affected by increasing albedo of building walls*. In *International Journal of Biometeorology*, 62(7), 1199–1209. <https://doi.org/10.1007/s00484-018-1523-5>
- Li, J., Niu, J., Mak, C. M., Huang, T., & Xie, Y. (2018). *Assessment of outdoor thermal comfort in Hong Kong based on the individual desirability and acceptability of sun and wind conditions*. In *Building and Environment*, 145, 50–61. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.08.059>
- Lotteau, M. (2017). *Développement d'une approche d'intégration des questions de morphologie urbaine dans l'évaluation environnementale des projets d'aménagement à l'échelle du quartier basée sur l'analyse de cycle de vie*. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-01677273/document>
- Louafi Bellara, S., & Abdou, S. (2012). *Effet de l'ombrage sur le confort thermique et visuel dans les espaces extérieurs: cas de l'esplanade*. Université Mentouri de Constantine, Est de l'Algérie. *Nature & Technology*, 26–37. <https://www.asjp.cerist.dz/en/article/41683>
- Matallah, M. E. (2015). *L'impact de la morphologie des tissus urbains sur le confort thermique extérieur - Cas d'étude ville de Tolga-*. Université Mohamed Khider – Biskra.
- Matzarakis, A., Mayer, H., & Iziomon, M. G. (1999). *Applications of a universal thermal index: PET*. In *International Journal of Biometeorology*, 43, 76–84.
- Mayer, H., & Höpfe, P. (1987). *Thermal comfort of man in different urban environments*. In *Theoretical and Applied Climatology*, 38(1), 43–49.

<https://doi.org/10.1007/BF00866252>

Mayer, Helmut;, Holst, J., Dostal, P., Imbery, F., & Schindler, D. (2008). *Human thermal comfort in summer within an urban street canyon in Central Europe*. In *Meteorologische Zeitschrift*, 17(3), 241–250. <https://doi.org/10.1127/0941-2948/2008/0285>

Medjelekh, D., Ulmet, L., Abdou, S., & Dubois, F. (2016). *A field study of thermal and hygric inertia and its effects on indoor thermal comfort: Characterization of travertine stone envelope*. In *Building and Environment*, 106, 57–77. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2016.06.010>

Merad, Y. (2017). *Pour une meilleure qualité spatiale. Cas des espaces extérieurs dans l'habitat collectif à Biskra*. Université Mohamed Khider de Biskra.

Merrad, D. (2012). *Evaluation de la qualité environnementale dans le secteur sauvegardé Cas d'étude « casbah d'Alger »*. ECOLE POLYTECHNIQUE D'ARCHITECTURE ET D'URBANISME« EPAU ».

Mezoued, A. (2010). *Alger : du centre confisqué à l'éclatement des centralisés*. In *Développement Durable et Territoires*.

Missoum, S. (2003). *Alger à l'époque ottomane La médina et la maison traditionnelle* (INAS,).

Mostefai, I. (2002). *Cités arabes d'hier et d'aujourd'hui*. In Institut Du Monde Arabe.

Msefer, J. (1984). *Villes islamiques : cités d'hier et d'aujourd'hui*. In *Revue Française d'histoire d'outre-Mer*, 106.

Musy, M., Maillard, P., Azam, M., Bailly, J., Barel, E., Bozonnet, E., Calmet, I., Gros, A., Morille, B., Musy, M., Maillard, P., Azam, M., Bailly, J., & Barel, E. (2017). *QUANTITATIVE DE L'IMPACT SUR LE MICROCLIMAT, LES CONSOMMATIONS PRINCIPES DE RAFRAICHISSEMENT URBAIN. LYON HAL Id : hal-01590630*.

Musy, M., Malys, L., Morille, B., & Inard, C. (2015). *The use of SOLENE-microclimat model to assess adaptation strategies at the district scale*. In *Urban Climate*, 14, Part 2, 213–223. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2015.07.004>

Naboni, E., Meloni, M., Coccolo, S., Kaempf, J., & Scartezzini, J. L. (2017). *An overview of simulation tools for predicting the mean radiant temperature in an outdoor space*. In *Energy Procedia*, 122, 1112–1117. <https://doi.org/10.1016/j.egypro.2017.07.471>

NASSIRI, P., MONAZZAM, M. R., GOLBABAEI, F., DEHGHAN, S. F., RAFIEEPOUR, A., MORTEZAPOUR, A. R., & ASGHARI, M. (2017). *Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for assessment of occupational heat stress in open-pit mines*. In *Industrial Health*, 55(5), 437–443. <https://doi.org/10.2486/indhealth.2017-0018>

Natanian, J., Kastner, P., Dogan, T., & Auer, T. (2020). *From energy performative to livable Mediterranean cities: An annual outdoor thermal comfort and energy balance cross-climatic typological study*. In *Energy and Buildings*, 224, 110283. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2020.110283>

Negt, O. (2007). Oskar Negt, *L'espace public oppositionnel*. In *Variations*, 9/10, 157–158. <https://doi.org/10.4000/variations.489>

Nikolopoulou, Marialena;, Baker, N., & Steemers, K. (2001). *Thermal Comfort in Outdoor Urban Spaces : Understanding the Human Parameter*. In *Solar Energy*, 70(3), 227–235.

- Nikolopoulou, Marialena. (2004). *Rediscovering the Urban Realm and Open Spaces*. <http://alpha.cres.gr/ruros/>
- Norberg-Schulz, C. (1979). *Genius loci, paysage, ambiance, architecture* (P. M. éditeur. Traduction : Odile Seyler, troisième édition (Ed.)). <http://home.fa.utl.pt/~al7531/pedidos/livros/Genius Loci Towards a Phenomenology of Architecture.pdf>
- Oke, T. R. (1988). *The urban energy balance*. In *Progress in Physical Geography*, 12(4), 471–508. <https://doi.org/10.1177/030913338801200401>
- Oliveira, S., Andrade, H., & Vaz, T. (2011). *The cooling effect of green spaces as a contribution to the mitigation of urban heat: A case study in Lisbon*. In *Building and Environment*, 46(11), 2186–2194. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2011.04.034>
- Ouard, T. (2008). *Concevoir une ambiance en architecture ?* In J.-F. Augoyard (Ed.), *Faire une ambiance* (pp. 450–454). <https://hal.archives-ouvertes.fr/halshs-00833932>
- Pantavou, K., Theoharatos, G., Santamouris, M., & Asimakopoulos, D. (2013). *Outdoor thermal sensation of pedestrians in a Mediterranean climate and a comparison with UTCI*. In *Building and Environment*, 66, 82–95. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.02.014>
- Paquot, T. (2009). *L'espace public*. In *La Découverte*.
- Park, S., Tuller, S. E., & Jo, M. (2014). *Application of Universal Thermal Climate Index (UTCI) for microclimatic analysis in urban thermal environments*. In *Landscape and Urban Planning*, 125, 146–155. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2014.02.014>
- Perini, K., Chokhachian, A., Dong, S., & Auer, T. (2017). *Modeling and simulating urban outdoor comfort: Coupling ENVI-Met and TRNSYS by grasshopper*. In *Energy and Buildings*, 152, 373–384. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2017.07.061>
- Picard, A. (1994). *Architecture et urbanisme en Algérie. D'une rive à l'autre (1830-1962)*. In *Revue Du Monde Musulman et de La Méditerranée*, n°73-74, 121–136. <https://doi.org/https://doi.org/10.3406/remmm.1994.1671>
- Picard, A. (1997). *Méditerranée et modernité. L'espace Public Dans La Ville Méditerranéenne*. In *Actes Du Colloque de Montpellier, 14-15-16 Mars 1996*, 219–230. <http://www.openbibart.fr/item/display/10068/704288>
- Potchter, O., Cohen, P., Lin, T. P., & Matzarakis, A. (2018). *Outdoor human thermal perception in various climates: A comprehensive review of approaches, methods and quantification*. In *Science of the Total Environment*, 631–632, 390–406. <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2018.02.276>
- Puaud, C. (2008). *Remanence contextuelle : architecture et ambiances ; Parking cathédrale / Nantes*. In *Faire Une Ambiance*.
- Ravéreau, A. (1989). *La Casbah d'Alger, et le site créa la ville*. In *La Bibliothèque Arabe*.
- Redon, E. (2017). *Modélisation de la végétation urbaine comme régulateur thermique* (Issue Umr 3589).
- Reiter, S. (2007). *3. Elaboration d'outils méthodologiques et techniques d'aide à la conception d'ambiances urbaines de qualité pour favoriser le développement durable des villes. Etude du microclimat*. Université catholique de Louvain.

- Rosso, F., Golasi, I., Castaldo, V. L., Piselli, C., Pisello, A. L., Salata, F., Ferrero, M., Cotana, F., & de Lieto Vollaro, A. (2017). *On the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons*. In *Renewable Energy*, 118, 825–839. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.074>
- Rosso, F., Golasi, I., Castaldo, V. L., Piselli, C., Pisello, A. L., Salata, F., Ferrero, M., Cotana, F., & de Lieto Vollaro, A. (2018). *On the impact of innovative materials on outdoor thermal comfort of pedestrians in historical urban canyons*. In *Renewable Energy*, 118, 825–839. <https://doi.org/10.1016/j.renene.2017.11.074>
- Ruiz, A., Sosa, B., Correa, E., & Cantón, A. (2017). *Design tool to improve daytime thermal comfort and nighttime cooling of urban canyons*. In *Landscape and Urban Planning*, 167(July), 249–256. <https://doi.org/10.1016/j.landurbplan.2017.07.002>
- Salata, F., Golasi, I., de Lieto Vollaro, R., & de Lieto Vollaro, A. (2016). *Outdoor thermal comfort in the Mediterranean area. A transversal study in Rome, Italy*. In *Building and Environment*, 96, 46–61. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2015.11.023>
- Sansot, P. (1973). *Poétique de la ville* (Klincksieck). Klincksieck.
- Shabana, H. (1991). *Evolution in the design of Islamic cities* Iowa State University. <https://lib.dr.iastate.edu/rtd/17585%0AThis>
- Shui, T., Liu, J., Yuan, Q., Qu, Y., Jin, H., Cao, J., Liu, L., & Chen, X. (2018). *Assessment of pedestrian-level wind conditions in severe cold regions of China*. *Building and Environment*, 135, 53–67. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.006>
- Sitte, C. (1980). *L'ART DE BATIR LES VILLES.L'URBANISME SELON SES FONDEMENTS ARTISTIQUES* (l'Equerre). <https://www.amazon.fr/BATIR-VILLES-LURBANISME-SELON-FONDEMENTS-ARTISTIQUES/dp/B0045CA6E4>
- Slimani, Mohamed Seghir, & Mazouz, S. (2018). *Outdoor thermal comfort in two types of canyon : the regulated and the traditional streets, Case study from Bechar city Le confort thermique extérieur dans deux rues de type canyon : la règlementée et la traditionnelle, Cas de la ville de Bechar*. In *Séminaire International : Gestion Urbaine et Gouvernance Locale*. [https://www.researchgate.net/profile/Mohamed\\_Seghir\\_Slimani/publication/331175754\\_Outdoor\\_thermal\\_comfort\\_in\\_two\\_types\\_of\\_canyon\\_the\\_regulated\\_and\\_the\\_traditional\\_s\\_treets\\_Case\\_study\\_from\\_Bechar\\_city\\_Le\\_confort\\_thermique\\_exterieur\\_dans\\_deux\\_rues\\_de\\_type\\_ca](https://www.researchgate.net/profile/Mohamed_Seghir_Slimani/publication/331175754_Outdoor_thermal_comfort_in_two_types_of_canyon_the_regulated_and_the_traditional_s_treets_Case_study_from_Bechar_city_Le_confort_thermique_exterieur_dans_deux_rues_de_type_ca)
- Slimani, Mohamed Seghir. (2017). *Fabrique de la ville entre les contraintes réglementaires urbaines et les exigences bioclimatiques ; vers une réconciliation*. Université Mohamed Khider – Biskra.
- Stein, V. (2003). *La reconquête du centre-ville : du patrimoine à l'espace public*. Université de Genève.
- Taleghani, M., Sailor, D. J., Tenpierik, M., & van den Dobbelsteen, A. (2014). *Thermal assessment of heat mitigation strategies: The case of Portland State University, Oregon, USA*. *Building and Environment*, 73, 138–150. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2013.12.006>
- Talhi, A., Barlet, A., Bruneau, D., & Aichour, B. (2020). *Towards a prediction of outdoor human thermal comfort adapted for designers of urban spaces: examining UTCI and APCI in the context of Algiers (Algeria)*. In *International Journal of Biometeorology*, 64(4), 651–

662. <https://doi.org/10.1007/s00484-019-01854-3>

Tebbani, H., & Bouchahm, Y. (2016). *Caractérisation du confort thermique dans les espaces extérieurs : Cas de la ville d'Annaba*. In *Nature & Technology*, 15, 14–25. [https://www.univ-chlef.dz/Revuenatec/issue-15/Article\\_C/C\\_Article391.pdf](https://www.univ-chlef.dz/Revuenatec/issue-15/Article_C/C_Article391.pdf)

Thibaud, J. (2001). *Les parcours commentés*. In M. G. et J.-P. T. (Eds. . Editions (Ed.), *L'espace urbain en méthodes*. (pp. 79–99). Parenthèses. [https://www.researchgate.net/profile/Jean-Paul\\_Thibaud/publication/255703222\\_La\\_methode\\_des\\_parcours\\_commentes/links/56f24ace08aed354e5704d39/La-methode-des-parcours-commentes.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Jean-Paul_Thibaud/publication/255703222_La_methode_des_parcours_commentes/links/56f24ace08aed354e5704d39/La-methode-des-parcours-commentes.pdf)

Thomas, R. (2008). *Qualifier les ambiances architecturales et urbaines*. In *Faire Une Ambiance*, 37–40.

Tiazzoldi, C. (2008). *Qu'est-ce qui fait une atmosphère dans le raisonnement architectural*. In *Faire Une Ambiance*. HAL Id : halshs-00833982.

Torgue, H. (2008). *Les enjeux des ambiances*. In *Faire Une Ambiance*, 399–403.

Toussaint, J.-Y., & Zimmermann, M. (2001). *User, observer, programmer et fabriquer l'espace public* (Collection). Presses Polytechniques et Universitaires Romandes. <http://www.sudoc.abes.fr/DB=2.1/SRCH?IKT=12&TRM=>

UN-Habitat. (2016). *Urbanization and Development : Emerging Futures*.

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* UNIVERSITE DE NANTES. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00490049>

Vlès, V., Berdoulay, V., Clarimont, S., Vlès, V., Berdoulay, V., & Clarimont, S. (2005). *Espaces publics et mise en scène de la ville touristique*.

Walther, E., & Goestchel, Q. (2018). *The P.E.T. comfort index: Questioning the model*. In *Building and Environment*, 137, 1–10. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2018.03.054>

Wong, S. L. ., Wan, K. K. W. ., Yang, L., & Lam, J. C. (2012). *Changes in bioclimates in different climates around the world and implications for the built environment*. In *Building and Environment*, 57, 214–222. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2012.05.006>

Zare, Sajad;, Hasheminezhad, N., Sarebanzadeh, K., Zolala, F., Hemmatjo, R., & Hassanvand, D. (2018). *Assessing thermal comfort in tourist attractions through objective and subjective procedures based on ISO 7730 standard: A field study*. In *Urban Climate*, 26(June), 1–9. <https://doi.org/10.1016/j.uclim.2018.08.001>

Zare, Sajad, Hasheminejad, N., Shirvan, H. E., Hemmatjo, R., Sarebanzadeh, K., & Ahmadi, S. (2018). *Comparing Universal Thermal Climate Index (UTCI) with selected thermal indices/environmental parameters during 12 months of the year*. In *Weather and Climate Extremes*, 19, 49–57. <https://doi.org/10.1016/j.wace.2018.01.004>

Zölch, T., Maderspacher, J., Wamsler, C., & Pauleit, S. (2016). *Using green infrastructure for urban climate-proofing: An evaluation of heat mitigation measures at the micro-scale*. In *Urban Forestry and Urban Greening*, 20, 305–316. <https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.09.011>

## Annexes

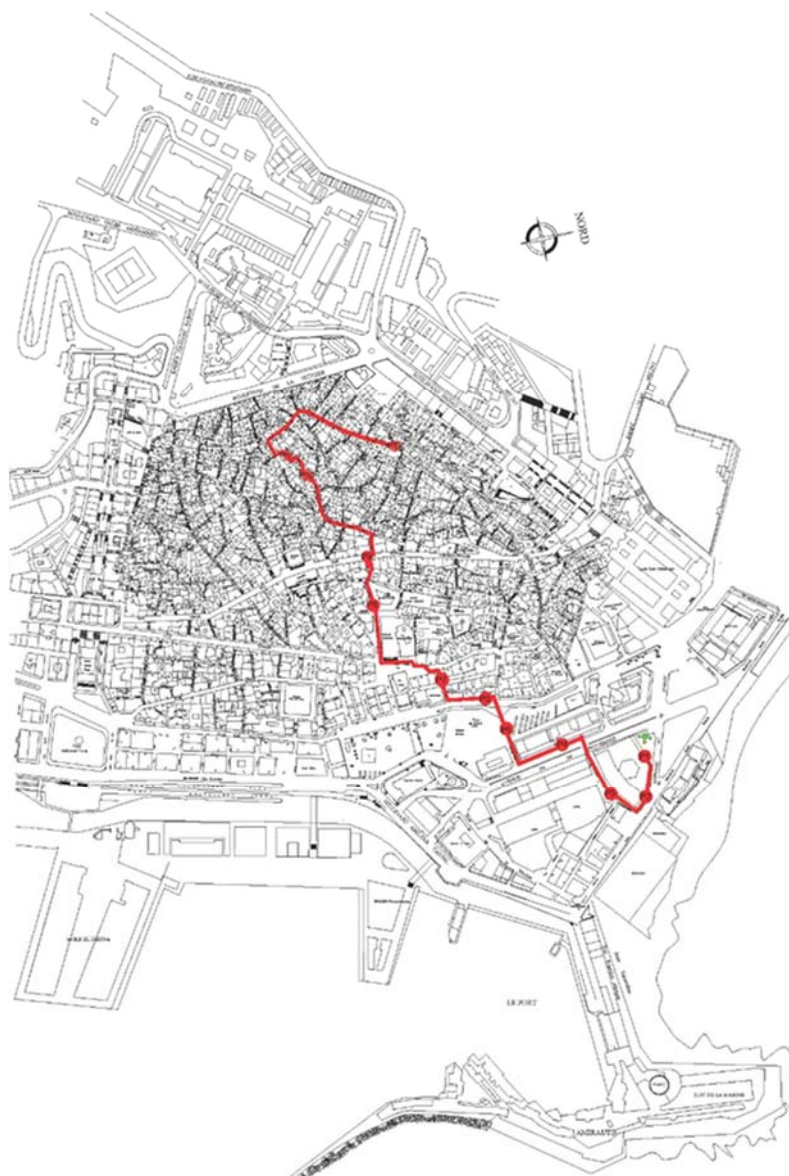
## **Annexe I    Questionnaire**

- 1- Questionnaire en langue française**
- 2- Questionnaire en langue arabe**



Bonjour,

**Dans le cadre de mes études doctorales, je vous prie de répondre à ce questionnaire en faisant une promenade architecturale au sein du secteur sauvegardé de la Casbah d'Alger.**



**Question :** Quelle importance accordez-vous à ces différentes conditions climatiques, pour votre bien-être en ville ? :  
(Donnez une réponse par ligne)

	Pas du tout important	Peu important	Moyennement important	Assez important	Tout à fait important
Le taux d'humidité	1	2	3	4	5
La vitesse de l'air	1	2	3	4	5
La température de l'air	1	2	3	4	5
L'ensoleillement	1	2	3	4	5
L'ombre	1	2	3	4	5

Date : ...../...../2018

Heure : ..... : .....

Point de mesure : .....

**Question 1 :** Selon vous, quels aspects contribuent à rendre ce lieu agréable ?

.....  
.....  
.....

**Question 2 :** Selon vous, quels aspects contribuent à rendre ce lieu désagréable ?

.....  
.....  
.....

**Question 3 :** Que pourrait-on faire pour le rendre encore plus agréable ? :

.....  
.....  
.....

**Maintenant concentrez-vous sur vos sensations immédiates à l'endroit même où vous vous trouvez.**

Indiquez sur les échelles proposées la valeur qui correspond le mieux à ce que vous ressentez.

**Question 4 :** Actuellement, vous trouvez que le taux d'humidité est ? :

Tout à fait satisfaisant 

3	2	1	0	-1	-2	-3
---	---	---	---	----	----	----

 Tout à fait insatisfaisant

**Question 5 :** Actuellement, vous trouvez que la vitesse de l'air est ? :

Tout à fait satisfaisante 

3	2	1	0	-1	-2	-3
---	---	---	---	----	----	----

 Tout à fait insatisfaisante

**Question 6 :** Actuellement, vous trouvez que la température de l'air est ? :

Tout à fait satisfaisante 

3	2	1	0	-1	-2	-3
---	---	---	---	----	----	----

 Tout à fait insatisfaisante

**Question 7 :** Actuellement, vous trouvez que la quantité de l'ensoleillement est ?

Tout à fait satisfaisante 

3	2	1	0	-1	-2	-3
---	---	---	---	----	----	----

 Tout à fait insatisfaisante

**Question 8 :** Actuellement, vous trouvez que la quantité d'ombre est ? :

Tout à fait satisfaisante 

3	2	1	0	-1	-2	-3
---	---	---	---	----	----	----

 Tout à fait insatisfaisante

**Question :** Classez les endroits que nous venons de visiter du site le plus apprécié 1 au site le moins apprécié 11 :

<p>1<sup>er</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>2<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>3<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>
<p>4<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>5<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>6<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>
<p>7<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>8<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>9<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>
<p>10<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>11<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>	<p>12<sup>ème</sup> point</p>  <p><input type="radio"/></p>

Pourquoi ce classement ?

.....  
.....  
.....

Sexe : .....

Age : .....

Profession : .....

Lieu d'habitation.....

Habillement : .....

Lieu de naissance : .....

**Je vous remercie pour votre collaboration et je vous souhaite une bonne fin de journée**

السلام عليكم

من أجل اكتشاف الهندسة المعمارية للقطاع المحمي لقصبة الجزائر ولتقييم أثر الطابع المعماري على راحة الانسان ومدى إعجابه بالأماكن العمومية في المدينة، نقترح عليكم هذه الجولة المعمارية ونطلب منكم الإجابة على بعض الاسئلة في مختلف الأماكن التي سنزورها.



سؤال: ما مدى أهمية هذه الظروف المناخية المختلفة لراحتك في المدينة؟  
(أعط إجابة واحدة في كل سطر)

	غير مهم اطلاقا	مهم قليلا	مهم	مهم جدا	حتما مهم
نسبة الرطوبة	1	2	3	4	5
سرعة الهواء	1	2	3	4	5
درجة حرارة الهواء	1	2	3	4	5
اشعة الشمس	1	2	3	4	5
الظل	1	2	3	4	5

Date : ...../...../2018

Heure : ..... : .....

Point : .....

السؤال الأول 1: على حسب رأيك، ما هي الخصائص الإيجابية لهذا المكان؟

.....  
.....  
.....  
.....

السؤال 2: على حسب رأيك، ما هي الخصائص السلبية لهذا المكان؟

.....  
.....  
.....  
.....

السؤال 3: ما الذي يمكن عمله لجعله مريحا وجميلا أكثر؟

.....  
.....  
.....  
.....

الآن ركز على احساسك في هذا المكان الذي نتواجد به حاليا  
اذكر على الدرجات المقترحة القيمة التي تتوافق بشكل أفضل مع شعورك

السؤال 4: في الوقت الحالي، هل تجد أن نسبة الرطوبة؟

مريحة	3	2	1	0	-1	-2	-3	غير مريحة
-------	---	---	---	---	----	----	----	-----------

السؤال 5: في الوقت الحالي، هل تجد أن سرعة الهواء؟

مريحة	3	2	1	0	-1	-2	-3	غير مريحة
-------	---	---	---	---	----	----	----	-----------

السؤال 6: في الوقت الحالي، هل تجد أن درجة حرارة الهواء؟

مريحة	3	2	1	0	-1	-2	-3	غير مريحة
-------	---	---	---	---	----	----	----	-----------








السؤال 7: في الوقت الحالي، هل تجد أن كمية أشعة الشمس؟

مريحة	3	2	1	0	-1	-2	-3	غير مريحة
-------	---	---	---	---	----	----	----	-----------

السؤال 8: في الوقت الحالي، هل تجد أن كمية الظل في هذا المكان؟

مريحة	3	2	1	0	-1	-2	-3	غير مريحة
-------	---	---	---	---	----	----	----	-----------

سؤال: رتب الأماكن التي زرتها في هذه الجولة من الموقع الأكثر إعجاباً 1 إلى الموقع الأقل إعجاباً 12

<p>المكان 1</p> 	<p>المكان 2</p> 	<p>المكان 3</p> 
<p>المكان 4</p> 	<p>المكان 5</p> 	<p>المكان 6</p> 
<p>المكان 7</p> 	<p>المكان 8</p> 	<p>المكان 9</p> 
<p>المكان 10</p> 	<p>المكان 11</p> 	<p>المكان 12</p> 

لماذا هذا الترتيب؟

.....

.....

.....

.....الجنس

.....العمر

.....المهنة

.....مكان الإقامة

.....مكان الولادة

.....الملابس

نشكرك على مشاركتك ونتمنى لك نهاية يوم سعيدة

## **Annexe II**

### **Parcours et points de mesure des promenades micro-météorologiques**

- 1- Promenades d'hiver**
- 2- Promenades d'été**

Tableau 15: 1<sup>ère</sup> Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 09 :25 à 13:47. Source : Auteur.

11/02/2018 à 09 :25						
Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
<b>Point 1</b>	09:25	21,8	0,8	42,8	13,7	Postcolonial
<b>point 2</b>	09:38	12,6	1,2	52,1	12,1	
<b>point 3</b>	09:45	11,5	2,1	56,1	11,2	
<b>point 4</b>	09:56	13,9	1,2	54,6	11,7	Colonial « barres »
<b>point 5</b>	10:00	12,6	3,4	54,4	11,5	
<b>point 6</b>	10:08	13,7	0	55	12,9	
<b>point 7</b>	10:17	22	2	47,4	14,6	
<b>point 8</b>	10:23	23,6	0,8	46	15,3	
<b>point 9</b>	10:30	23,2	0,6	45,6	16,2	Postcolonial
<b>point 10</b>	10:50	15,3	1,2	48,8	14,8	Colonial « haussmannien »
<b>point 11</b>	11:01	13,5	1	51,1	13,17	
<b>point 12</b>	11:06	19,9	0,3	42,5	17,1	
<b>point 13</b>	11:08	19	0,3	42,5	18,8	
<b>point 14</b>	11:18	14,6	0,1	42,2	17,5	
<b>point 15</b>	11:22	15,4	0	46,7	16,3	Mixte
<b>point 16</b>	11:28	14,6	0,2	50	15	
<b>point 17</b>	11:40	13,9	0	55,2	14,4	
<b>point 18</b>	11:47	14,7	0	54,7	14,4	
<b>point 19</b>	12:09	13	0,7	54,8	14,5	Ancien
<b>point 20</b>	12:13	13,7	0,2	58,1	13,4	
<b>point 21</b>	12:20	13,6	0	54,2	14,7	
<b>point 22</b>	12:25	13,5	0	58	13,1	
<b>point 23</b>	12:30	13,2	0	60,4	12,9	
<b>point 24</b>	12:38	13,2	0,1	55,8	13,5	
<b>point 25</b>	12:41	13	0	58,1	12,7	
<b>point 26</b>	12:45	15,3	0	58,5	13,2	
<b>point 27</b>	12:54	14,8	0,1	54,4	13,2	
<b>point 28</b>	13:15	13,5	2,7	48,2	12,7	
<b>point 29</b>	13:22	12,7	1,8	49,5	12,5	
<b>point 30</b>	13:27	12,8	0,5	50,1	12,4	
<b>point 31</b>	13:33	17,5	0	43,2	15,9	
<b>point 32</b>	13:40	18,5	0,3	41,3	15,9	
<b>point 33</b>	13:47	18,9	0,1	41,1	16,2	



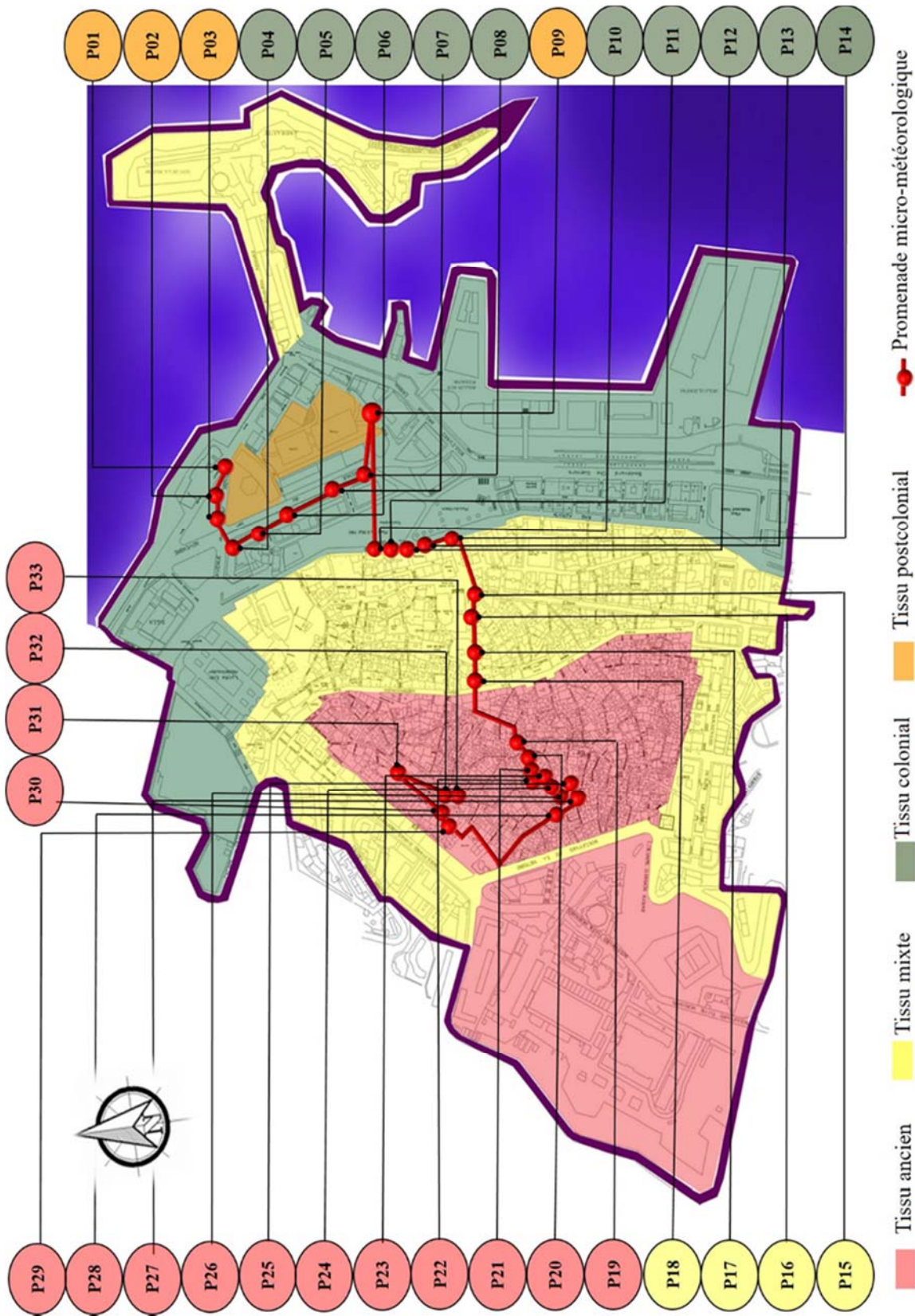


Figure 120: Figure 1 : Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 09 :25 à 13:47.  
Source : Auteur

Tableau 16: 2ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 15:30 à 16:43.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 1	15:30	22,6	0,8	35,9	17,6	Postcolonial
Point 2	15:45	16,3	0,6	42,3	14,7	
Point 3	15:49	16,5	0,3	44,3	15,2	
Point 4	15:51	16,7	0,3	43,8	14,7	
Point 5	15:56	17,6	0,1	44,2	14,6	Colonial « barres »
Point 6	15:58	15,6	0,8	43,5	14,8	
Point 7	16:00	15,6	0	46,3	15	
Point 8	16:03	16,6	1,1	43,1	15,1	
Point 9	16:06	16,8	0,1	42,7	15,3	Colonial « haussmannien »
Point 10	16:16	19,1	0,4	44	15,8	
Point 11	16:00	17,5	1,5	43,6	15,4	
Point 12	16:22	17	0	46	14,9	
Point 13	16:33	16,4	0,2	46,6	15,2	Mixte <sup>87</sup>
Point 14	16:35	16,4	0	45,5	14,9	
Point 15	16:40	16,9	0,1	46,6	14,6	
Point 16	16:43	16,7	1,7	46,9	14,1	

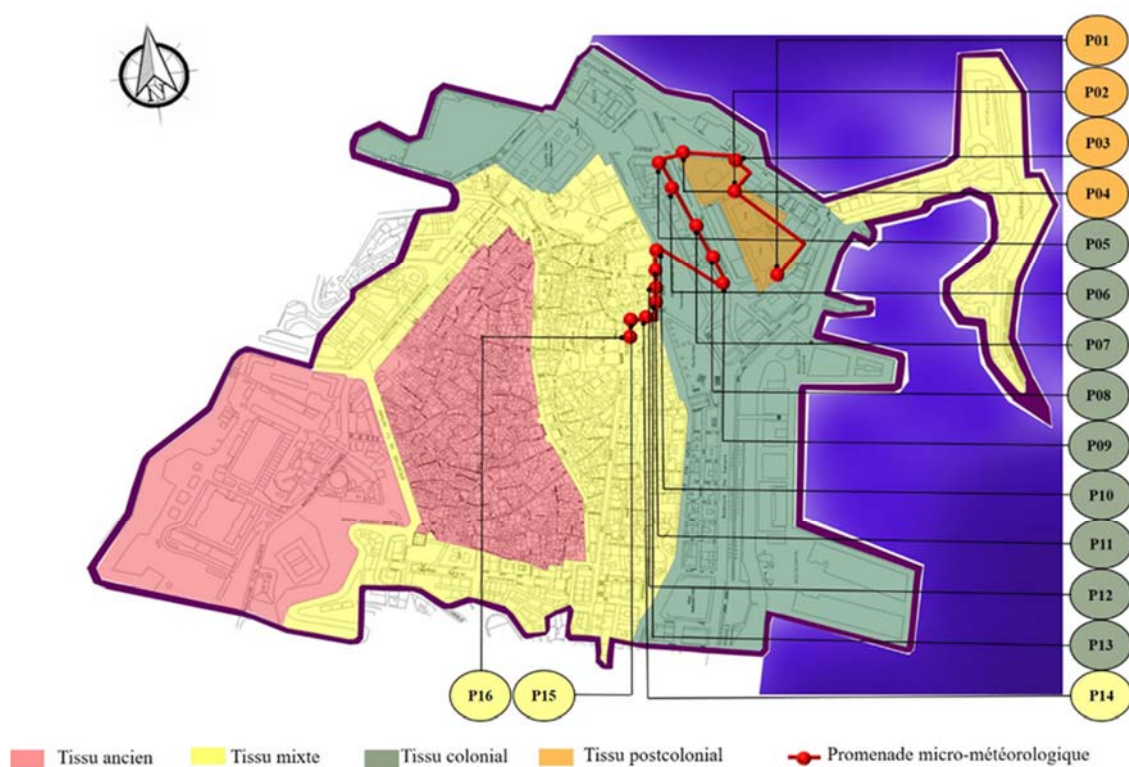


Figure 121: 2ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 11/02/2018 de 15 :30 à 16:43. Source : Auteur

<sup>87</sup> Nous n'avons pas pu terminer la promenade car c'était trop tard.

Tableau 17: 3ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 09:55 à 11:58.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 1	09:55	20,1	1,1	46	17,6	Postcolonial
point 2	10:05	20,9	0,9	47,3	16,7	
point 3	10:10	22,1	0,7	42,7	19,6	
point 4	10:15	21,8	0,5	43,7	17,9	
point 5	10:27	19,2	1,9	48,2	16,8	
point 6	10:31	24	2,4	44,3	18,1	
point 7	10:34	19,6	0,6	44,8	18	Colonial « barres »
point 8	10:35	21,3	0,4	43,8	18,7	
point 9	10:43	27,1	0,1	43,2	19,1	
point 10	10:49	21,6	0	42,9	19,2	
point 11	10:53	28,4	0,1	40,7	20	Colonial « haussmannien »
point 12	10:57	20,7	0,3	43,4	18,8	
point 13	10:59	21,1	0,8	43,8	18,3	
point 14	11:05	31,1	0,1	42,9	19,8	
point 15	11:07	19,4	0,5	43,1	19,1	Mixte
point 16	11:11	18,1	1,5	46,6	17,5	
point 17	11:14	18,4	0	46,9	17,4	
point 18	11:45	17,8	0	48,1	18,2	Ancien
point 19	11:46	21	0,3	48	17,5	
point 20	11:49	19,2	0,5	49,5	16,8	
point 21	11:56	21	0,3	48	17,5	
point 22	11,58	20,1	0,7	47,4	18	

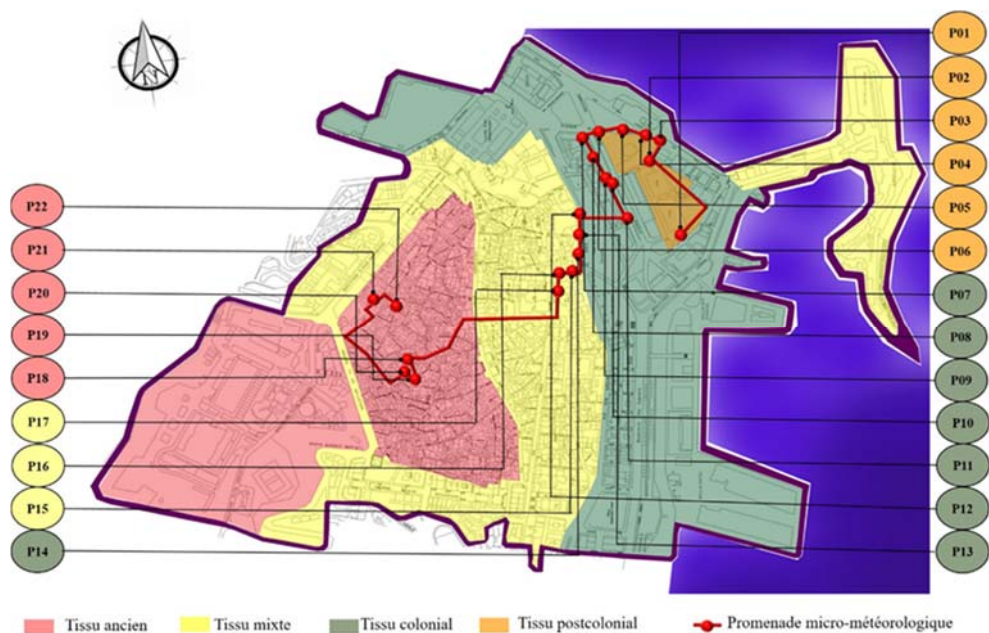


Figure 122: 3ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 09:55 à 11:58. Source : Auteur.

Tableau 18: 4ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 12/02/2018 de 13:48 à 15:27.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
point 1	13:48	19,3	0	48,8	18,6	Ancien
point 2	13:52	18,9	0	44,4	20,6	
point 3	13:55	17,5	0,2	46,9	19	
point 4	13:55	17,5	0,3	47,7	18,5	
Point 5	14:05	18,7	0	40,5	19,7	
Point 6	14:08	17,8	0	47,7	19,4	
point 7	14:11	16,9	0	51,2	19,4	
point 8	14:13	16,4	0	54,6	17,1	
Point 9	14:15	16,4	0	55	17,5	
Point 10	14:16	16,4	0	55,4	17,1	
point 11	14:18	17,5	0	57,5	16,9	
point 12	14:38	21,6	0,3	47,7	21	Mixte
point 13	14:43	21,9	0,2	41,1	20,3	
point 14	14:45	20,1	0,4	50,2	19,5	
point 15	14:49	20,6	0	21,2	19,6	Colonial « haussmannien »
Point 16	14:50	20,6	1,3	51,3	19	
Point 17	14:55	21,1	0,5	48,3	20,7	Colonial « barres »
Point 18	14:59	22,7	0,2	48,2	20,3	
Point 19	15:01	20,4	0	48,5	20,1	
Point 20	15:01	20,4	0	48,5	20,1	
Point 21	15:05	22,5	0,4	49,4	20,3	
Point 22	15:07	23,3	0,1	50,2	19,9	
Point 23	15:09	23,4	0,4	51,7	19,7	Postcolonial
Point 24	15:10	24,3	2,5	50,8	19,8	
Point 25	15:11	23,3	0,2	50	20,2	
Point 26	15:12	21,5	1	51,4	19,4	
Point 27	15:16	22,4	0	50	20,4	
Point 28	15:27	28,1	1	44,3	22,3	

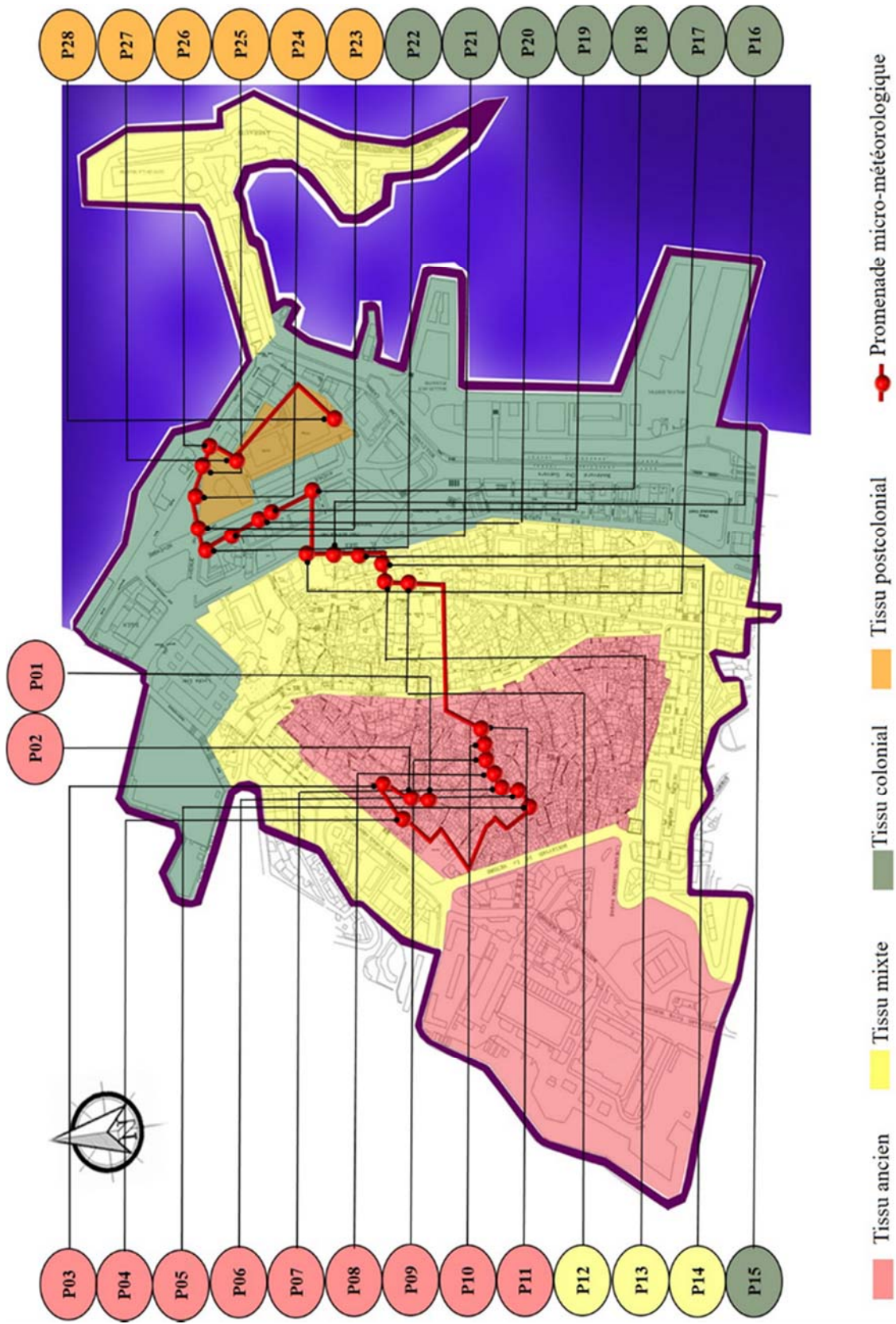


Figure 123: 4ème Promenade micro-météorologique effectuée en période d’hiver en date du 12/02/2018 de 13:48 à 15:27. Source : Auteur.

Tableau 19: 5ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 09:47 à 10:44.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
<b>Point 1</b>	09:47	12,7	2,7	67,3	12,1	Postcolonial
<b>point 2</b>	09:49	12,7	0,8	68,3	11,8	
<b>point 3</b>	09:54	12,7	0,1	69,5	11,8	
<b>point 4</b>	09:56	13,9	0,1	70,7	11	
<b>point 5</b>	09:57	13,2	0,3	69,9	11,9	
<b>point 6</b>	09:58	13	0,6	68,9	12	
<b>point 7</b>	10:00	13,2	1	69,9	12,1	
<b>point 8</b>	10:02	13,1	1,5	70,4	11,7	Colonial « barres »
<b>point 9</b>	10:03	12,6	4	68,1	11,4	
<b>point 10</b>	10:05	14,5	0,3	68,3	12,3	
<b>point 11</b>	10:07	13,3	0,5	68,8	12,5	
<b>point 12</b>	10:10	13	0,3	65,4	12,9	Colonial « haussmannien »
<b>point 13</b>	10:12	12,9	0	66,6	12,6	
<b>point 14</b>	10:14	13,2	0	65,8	12,8	
<b>point 15</b>	10:15	13	0	66,4	12,8	Mixte
<b>point 16</b>	10:16	12,4	0,4	66,4	12,1	
<b>point 17</b>	10:17	12,6	0,2	67,3	12,1	
<b>point 18</b>	10:22	13,1	0	68,4	12,1	
<b>point 19</b>	10:26	14,4	0	71,3	12,8	
<b>point 20</b>	10:37	14,3	0,3	70,9	12,6	Ancien
<b>point 21</b>	10:40	13,2	0	71,9	12,9	
<b>point 22</b>	10:43	13,4	0	73,3	13,1	
<b>Point 23</b>	10:44	13,6	0	71,3	13,2	

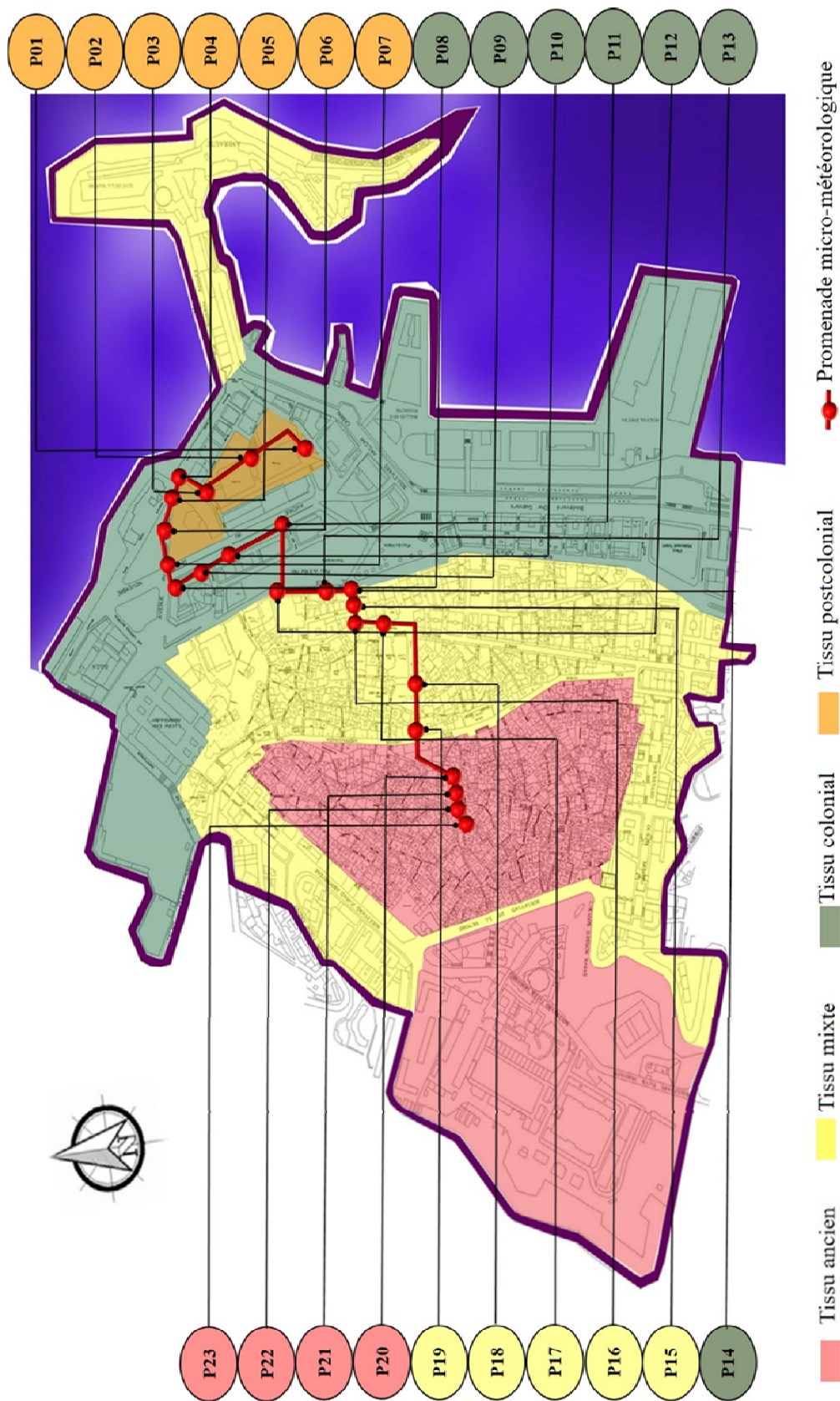


Figure 124: 5ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 09:47 à 10:44. Source : Auteur.

Tableau 20: 6ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 11:54 à 12:36.  
Source : Auteur

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	11:54	16,7	0	51,4	18,9	Ancien
Point 02	11:55	15,9	0	56,3	17,6	
point 03	11:56	15,5	0	56,9	16,8	
point 04	11:57	15,1	0,1	59,3	15,6	
Point 05	12 :00	15,3	0,6	56,4	16,2	Mixte
point 06	12:09	19,4	1,6	55,7	15,8	
point 07	12:10	16,2	1	56,2	15,8	
point 08	12:12	15,3	1,2	56,7	15,6	
point 09	12:13	15,3	0	57,9	15,9	
Point 10	12:14	17,8	0,5	58,5	16,1	Colonial haussmannien
Point 11	12:15	18,9	0	58	16,6	
Point 12	12:17	18,7	0,7	54,4	16,8	
Point 13	12:19	17	0	54,5	16,7	Colonial barres
Point 14	12:22	16,1	0,2	54,4	16,2	
Point 15	12:23	16,2	0	56,4	16,1	
Point 16	12:24	24,4	0	56	16,7	
Point 17	12:25	24	0,4	54	17,3	
Point18	12:26	19	1,1	54,1	16,8	Postcolonial
Point19	12:27	16,8	0,1	55,4	16,7	
Point20	12:29	19	0,6	55,2	16,3	
Point 21	12:34	18,4	0,6	55,7	16,8	
Point 22	12:36	19,3	0,3	55	16,6	

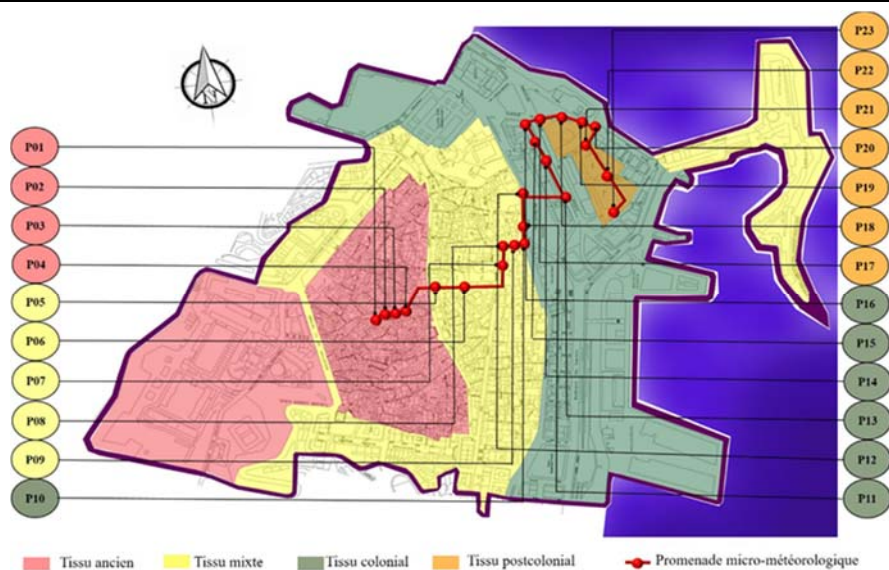


Figure 125: 6ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 13/02/2018 de 11:54 à 12:36. Source : Auteur



Tableau 21: 7ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 10:10 à 11:25.  
Source : Auteur

	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	10:10	19,6	1,1	49	18,4	Postcolonial
point 02	10:16	21,3	0	50,2	21,6	
point 03	10:24	19,2	0,2	47,4	19,9	
point 04	10:30	24,8	0,2	51	18,9	Colonial barres
point 05	10:34	26,9	0,1	47,8	21,6	
point 06	10:36	24,3	0,8	45	21,8	
Point 07	Annulé par l'utilisateur					Colonial haussmannien
Point 08	Annulé par l'utilisateur					
point 09	10:43	22	0	46,5	21,5	
point 10	10:45	19,7	0,7	47	19,7	Mixte
point 11	10:49	19,9	0,3	48,6	19,4	
point 12	11:00	20,5	0,4	55	18,7	Ancien
point 13	11:05	19,7	0	60	19,1	
point 14	11:07	18,3	0	59,9	18,4	
point 15	11:25	22,3	0	56,1	20,1	

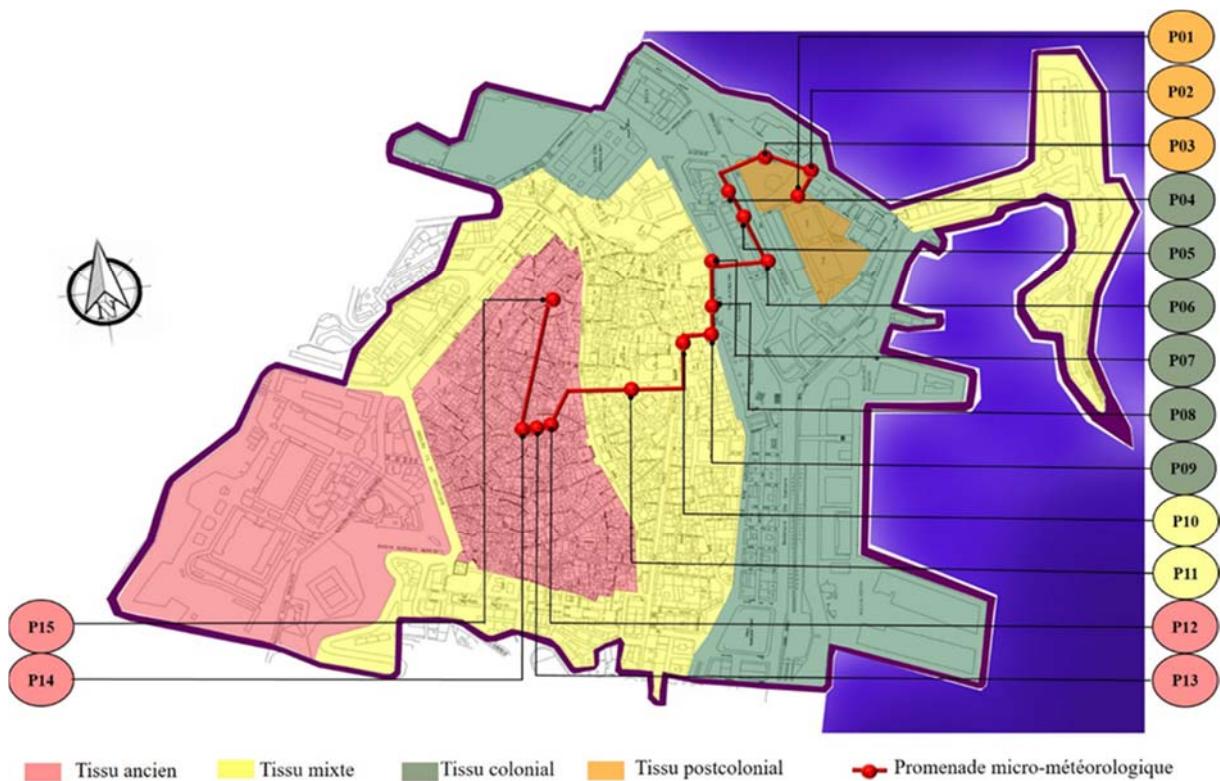


Figure 126: 7ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 10:10 à 11:25. Source : Auteur

Tableau 22: 8ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 12:30 à 13:15.  
Source : Auteur

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	12:30	19,2	0	49,3	20,9	Ancien
Point 02	12:40	16,3	0	54,6	18	
point 03	12:45	16,3	0,6	53,6	18,3	
point 04	12:53	18,3	0,4	49,1	19,3	Mixte
Point 05	13:00	26,3	0,3	44,2	20,3	
Point 06	13:05	21,7	1,7	43,7	20,7	
Point 07	13:09	21,5	0	47,5	21,6	Colonial hausmannien
Point 08	13:09	21,5	0	47,5	21,6	
Point 09	13:15	19,9	0,3	44,6	20,6	
Point 10	13:15	19,9	0,3	44,6	20,6	Colonial barres
Point 11	13:22	19	0	45,1	21	
Point 12	13:28	20,7	0,3	46,5	20,4	Postcolonial
Point 13	13:34	18,2	1,8	52,1	18,5	
Point 14	13:38	21,4	0,1	48,3	19,6	

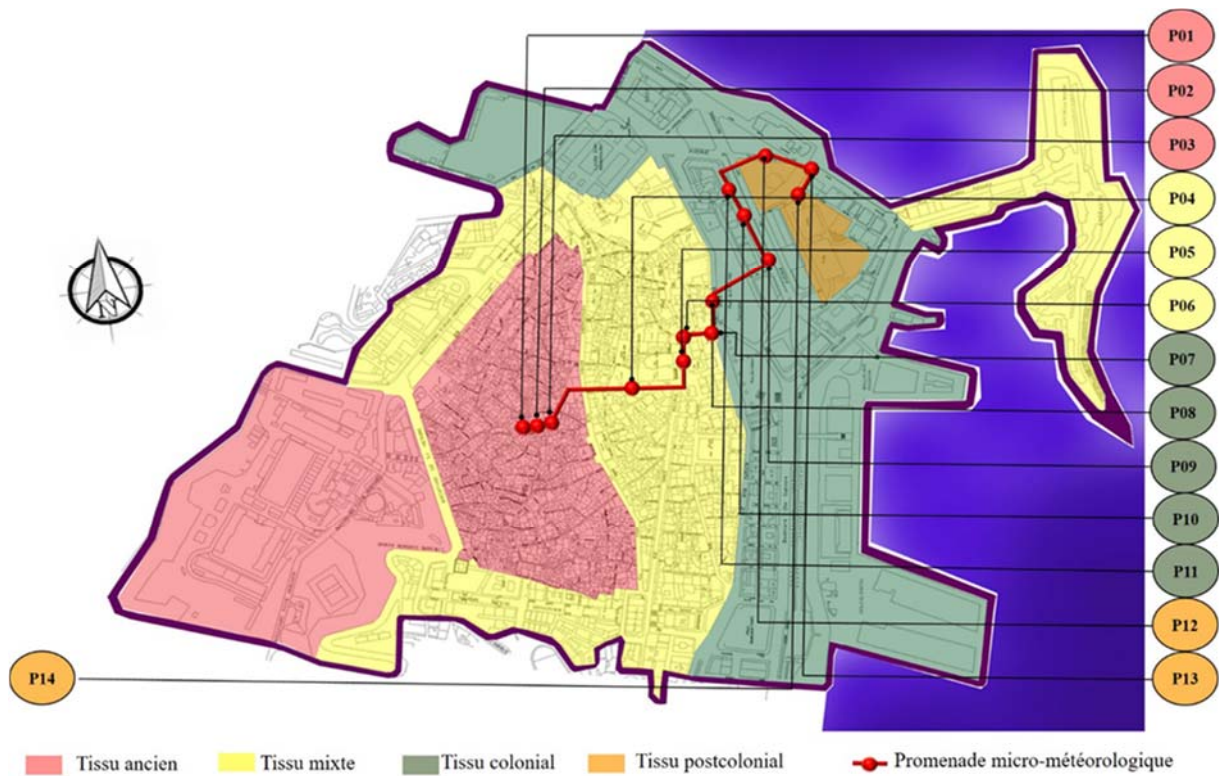


Figure 127: 8ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 15/02/2018 de 12:30 à 13:15. Source : Auteur

Tableau 23: 9ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 10:20 à 11:33.  
Source : Auteur

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	10:20	20	0,2	65,8	19,1	Ancien
point 02	10:34	18,3	0	73,2	17,7	
point 03	10:42	17,3	0,4	71,1	17,7	
point 04	10:50	17	0,3	73,6	17	Mixte
point 05	10:55	16,5	0,3	73,6	16,9	
point 06	11:05	16,5	0	78	16,8	
point 07	11:15	17,1	0,2	74,5	16,6	Colonial haussmannien
point 08	11:20	16,3	1,6	76,7	10,4	Colonial barres
point 09	11:24	16,2	2,6	79,6	15,5	Postcolonial
point 10	11:29	16,5	1,6	77,6	15,5	
point 11	11:33	15,6	4,6	75	15,3	

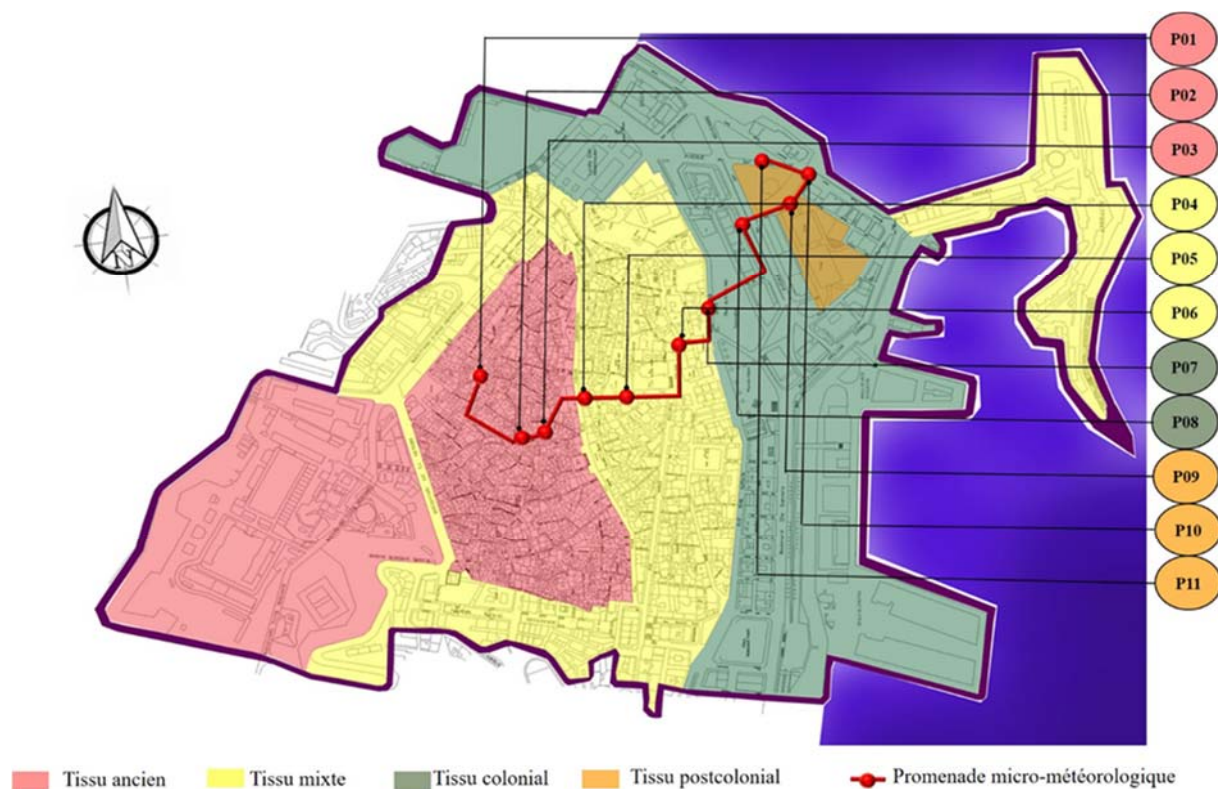


Figure 128: 9ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 10:20 à 11:33. Source : Auteur

Tableau 24: 10ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 13:37 à 14:59.  
Source : Auteur

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 1	13:37	17,5	4,2	69,3	16	Postcolonial
Point 2	13:46	16,6	1,3	73,2	11,3	
point 3	13:56	16,7	2,5	70,6	15,8	
point 4	14:04	17,3	2,3	70	15,6	Colonial barres
Point 5	14:12	17,7	0,4	66,2	16,7	Colonial haussmannien
Point 6	14:18	17,1	0,3	67,2	17,2	Mixte
Point 7	14:26	17,6	0,5	64,6	17,6	
Point 8	14:34	18,6	0,4	60,8	18,7	
Point 9	14:42	17,6	0	64,7	18,8	Ancien
Point 10	14:48	20,6	0	64,1	18,3	
point 11	14:59	20	0	60,8	19,9	

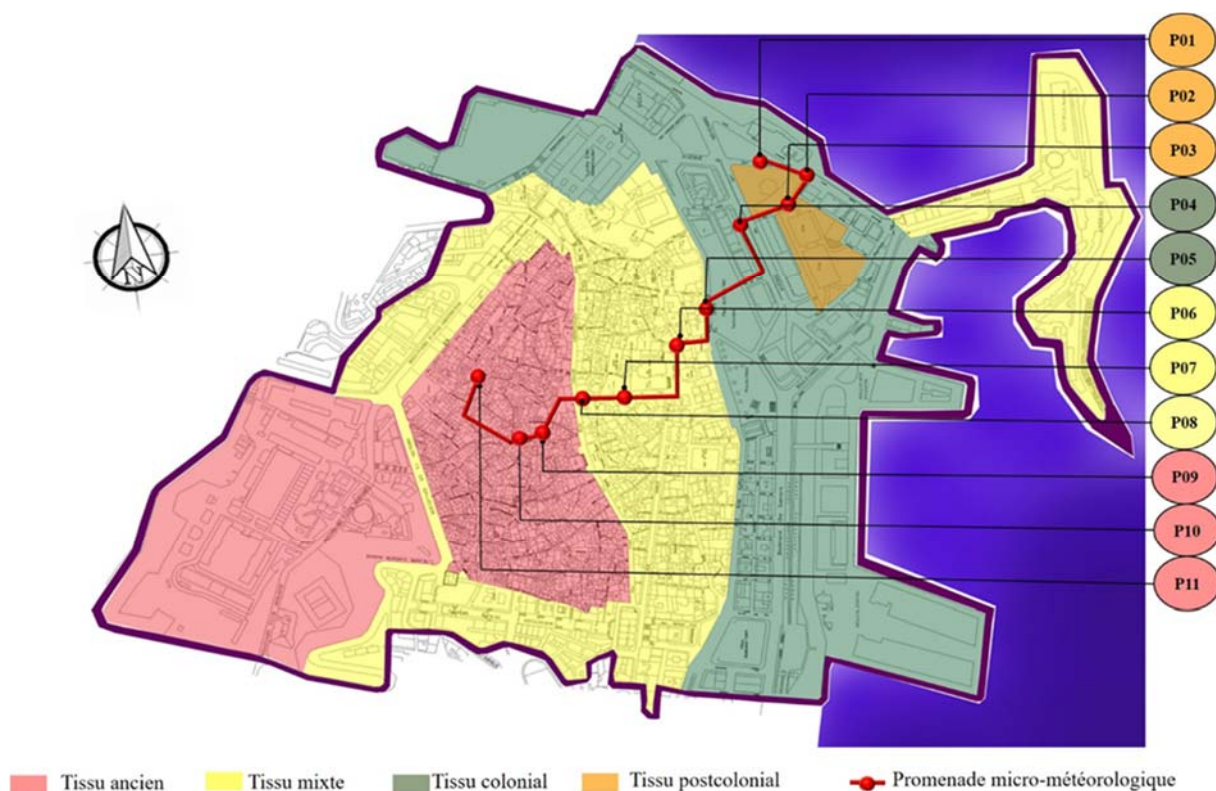


Figure 129: 10ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 13:37 à 14:59. Source : Auteur

Tableau 25: 11ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 16:04 à 17:43.  
Source : Auteur

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	16:04	17,1	0,8	65,1	16,5	Ancien
point 02	16:26	16,1	0,1	62,6	17,8	
point 03	16:35	15,9	0,5	64,2	17,1	
point 04	16:47	16	2	64,8	17,7	Mixte
point 05	16:56	17,2	0,1	64,4	17	
point 06	17:05	16,1	1,2	64,2	16,5	
point 07	17:14	16,1	2	64,8	16,1	Colonial haussmannien
point 08	17:21	16	1,6	66,7	7,2	Colonial barres
point 09	17:30	15,4	5	70,6	15,1	Postcolonial
point 10	17:37	15,2	6,1	71,3	14,7	
point 11	17:43	15,2	4,5	72	14,4	

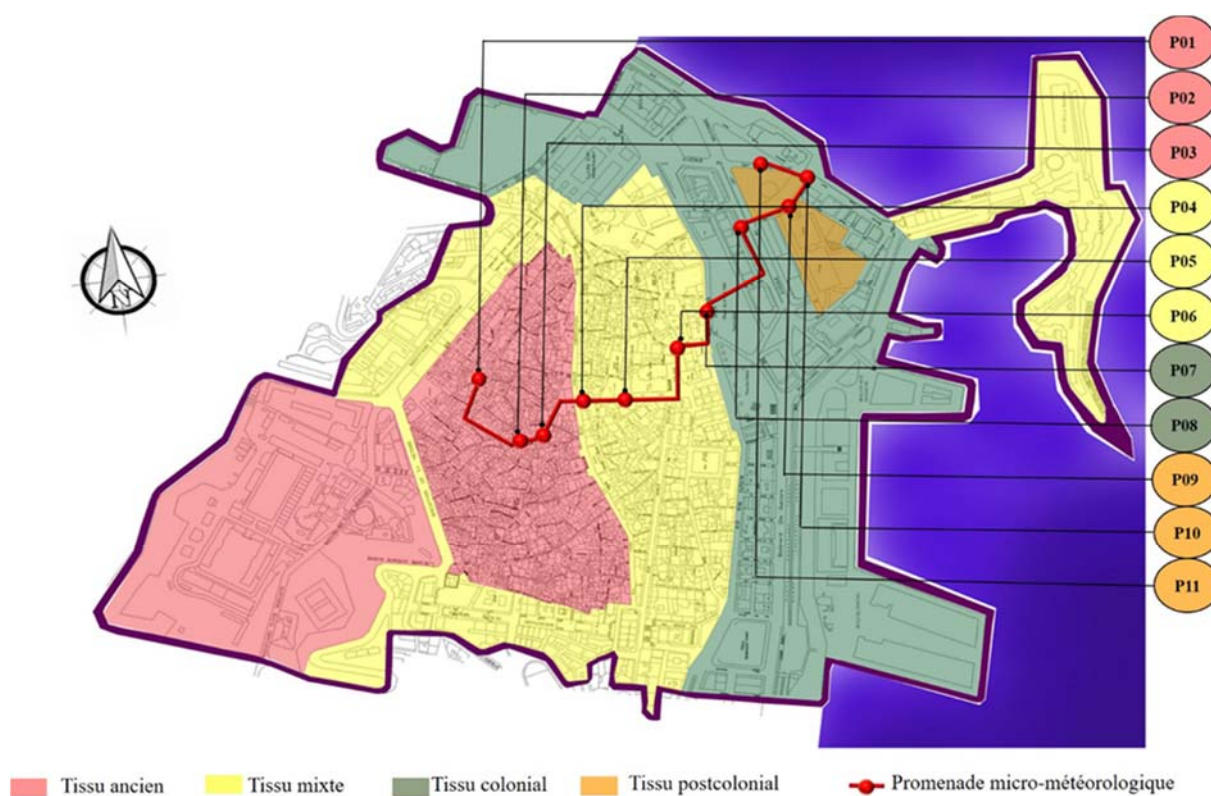


Figure 130: 11ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 18/02/2018 de 16:04 à 17:43. Source : Auteur

Tableau 26: 12ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 11:15 à 13:15.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissu
Point 1	11:15	18,5	0,9	52,9	18,3	Postcolonial
Point 2	11:25	18,7	0,1	55,9	17,3	
point 3	11:40	18,1	0,5	54,9	17	
point 4	11:55	18,2	0,4	54,8	17,9	Colonial barres
Point 5	12:10	23,5	0,2	52,2	19,4	Colonial haussmannien
Point 6	12:15	18,2	0,9	47,7	20,2	Mixte
Point 7	12:25	18,5	0,1	50,8	18,9	
Point 8	12:35	18,7	0	54,8	18,3	
Point 9	12:50	17,7	0,3	57,8	17,3	Ancien
Point 10	13:02	18	0	59,7	13,3	
point 11	13:15	21	0,2	53,8	18,7	

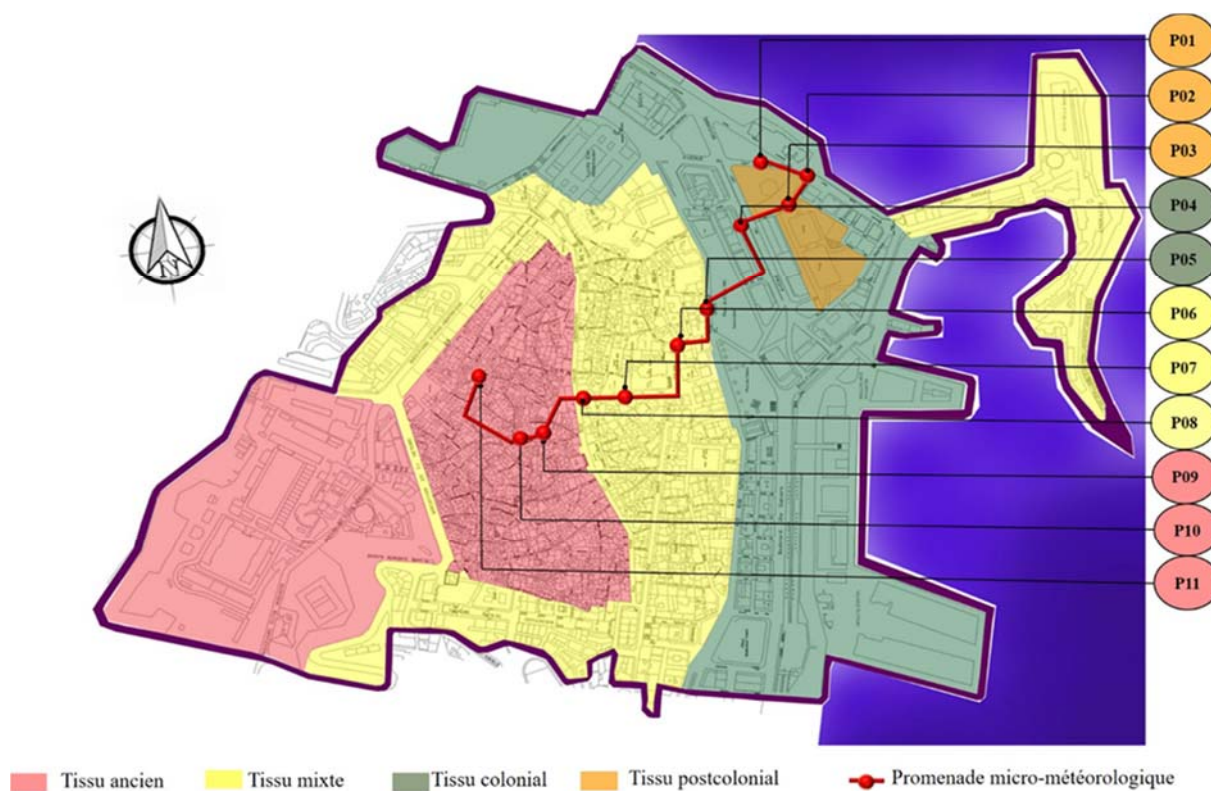


Figure 131: 12ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 11:15 à 13:15. Source : Auteur.

Tableau 27: 13ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 15:20 à 16:20.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 01	15:20	20,4	0,1	54,3	19,6	Ancien
point 02	15:25	16,2	0	52,4	19,6	
point 03	15:30	15,9	0,1	57,6	16,2	
point 04	15:35	22,4	0	64,5	18,5	Mixte
point 05	15:48	19,2	0,1	59,8	18	
point 06	15:55	21,7	0,7	57,9	19,4	
point 07	16:00	19,6	0,1	61,3	18	Colonial haussmannien
point 08	16:05	19,4	0,2	60,2	17,9	Colonial barres
point 09	16:10	19,5	0,3	58,4	18,5	Postcolonial
point 10	16:15	18,6	0,2	60,3	18,4	
point 11	16:20	18,6	2,6	58,3	18,4	

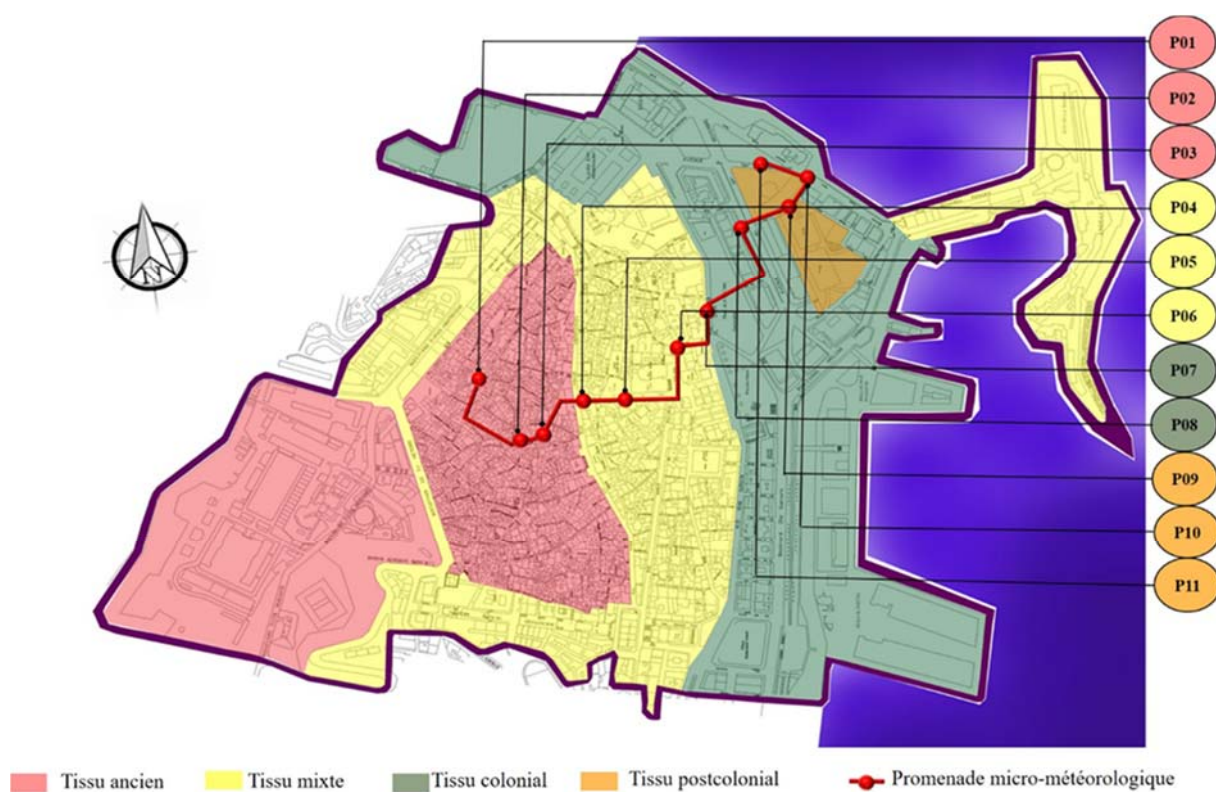


Figure 132: 13ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 15:20 à 16:20. Source : Auteur

Tableau 28: 14ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 12:50 à 14:21.  
Source : Auteur.

Points	Heure	Tg C°	Va m/s	Rh %	T de l'air C°	Tissus
Point 1	12:50	14,6	0,4	72,5	15	Postcolonial
Point 2	12:55	14,4	0,4	72,4	14,8	
point 3	13:00	14,2	0,9	75,6	14,6	
point 4	13:15	15	0,5	75,6	14,1	Colonial barres
Point 5	13:23	13,9	0,8	78	13,8	Colonial haussmannien
Point 6	13:30	13,8	0,7	78,5	14,1	Mixte
Point 7	13:38	15	0	78,8	14,8	
Point 8	10:33	15,8	0	80	16	
Point 9	14:00	17,5	0	75	16,9	Ancien
Point 10	14:06	15,9	0,1	76,1	16,5	
point 11	14:21	19	0,1	73,6	17,2	

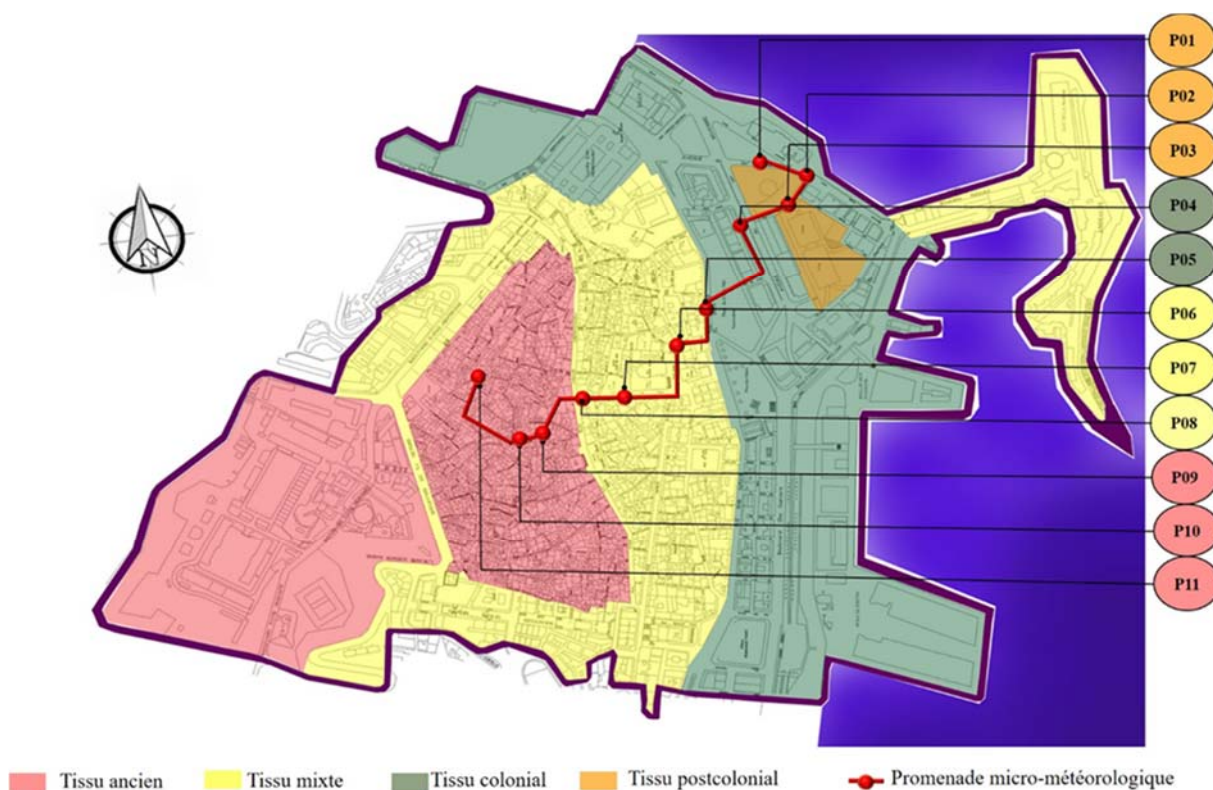


Figure 133: 14ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'hiver en date du 20/02/2018 de 12:50 à 14:21. Source : Auteur.



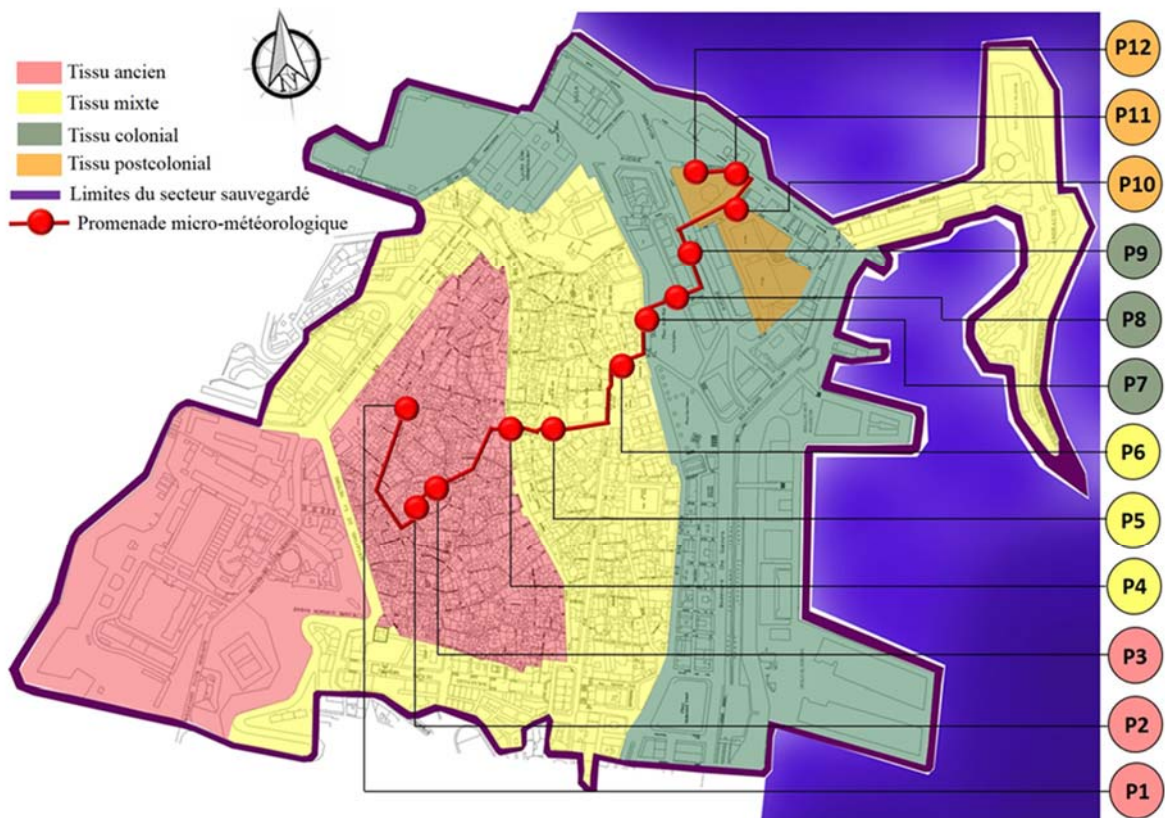


Figure 134: Promenade micro-météorologique effectuée en période d'été

Tableau 29: 1ère promenade micro-météorologique effectuée en période d'été du 15/07/2018 de 10:10 à 11:15. Source : Auteur.

Sens de la promenade de 12 à 1 (Montée)						
Points	Heure	T globe C°	T de l'air C°	Rh %	Va m/s	Tissus
P12	10:10	41,1	31,3	62,6	1,09	Postcolonial
P11	10:15	38	29,3	67,7	2,26	
P10	10:20	37,8	32,1	62,8	1,29	
P9	10:25	33,5	31,2	62,7	0,77	Colonial
P8	10:30	32,6	29	68,6	4,05	
P7	10:35	35,9	33,3	64,4	0,43	
P6	10:40	34	28,5	66,3	1,67	Mixte
P5	10:45	36,8	32,1	60	1,2	
P4	10:50	32,1	29,6	62	0,47	
P3	11:00	29,4	29,8	68,7	1,15	Ancien
P2	11:05	28,3	27,9	71,2	0,07	
P1	11:15	32	30,2	71,1	0,55	

Tableau 30: 2ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'été en date du 18/07/2018 de 11 :20 à 12 :20

Sens de la promenade de 12 à 1 (Montée)						
Points	Heure	T globe C°	T de l'air C°	Rh %	Va m/s	Tissus
P12	11:20	40,7	34,3	52,2	1,72	Postcolonial
P11	11:25	44,7	36,3	47,1	0,62	
P10	11:30	43,3	37,1	46,3	0,38	
P9	11:35	32,6	31,7	56,2	0,57	Colonial
P8	11:40	42,8	29,4	66,5	3,37	
P7	11:45	42,2	32,3	55,2	0,26	
P6	11:50	33,7	27,9	65,6	1,98	Mixte
P5	11:55	35,9	31,3	56,8	0,19	
P4	12:00	33,4	30,7	60,5	0,89	
P3	12:10	30,6	30	63	1,77	Ancien
P2	12:15	28,2	28,1	66,7	0,48	
P1	12:20	36,9	28,7	59,9	1,07	

Tableau 31: 3ème promenade micro-météorologique effectuée en période d'été en date du 18/07/2018 de 15:40 à 17:00

Sens de la promenade de 1 à 12 (descente)						
Points	Heure	T globe C°	T de l'air C°	Rh %	Va m/s	Tissus
P12	17:00	39,3	31,3	53,9	0,6	Postcolonial
P11	16:50	31,7	30,3	60,3	0,33	
P10	16:45	32,2	30,3	59,4	1,06	
P9	16:40	33,7	31,8	57,1	0,74	Colonial
P8	16:35	35	29,5	63,4	3,42	
P7	16:30	34,8	31,2	58,7	0,31	
P6	16:20	37,2	32,3	56,1	0,55	Mixte
P5	16:10	37,3	32,1	56,4	0,4	
P4	16:05	30,7	30,2	62,3	0,6	
P3	16:00	29,6	29,4	66,1	4,7	Ancien
P2	15:50	30,5	31,4	55,8	0,8	
P1	15:40	36,8	34,3	52,2	1,3	

## **Annexes III**

### **Grille thématique de l'évaluation globale**

Grille thématique de la codification des réponses aux questions ouvertes.

Variables	Thèmes (Aspects positifs)	Thèmes (Aspects négatifs)	Thèmes (Amélioration)
1 <b>Aspects architecturaux et urbains</b>	Typologie des bâtiments (moderne ou ancienne)	Forme des bâtiments	Améliorer l'esthétique des façades
	Etat du bâti (réhabilité ou neuf)	Typologie des bâtiments	Création d'une promenade piétonne
	Aspect historique	Forme de l'espace urbain	Réaménagement et mobilier urbain
	Forme des bâtiments	Inesthétique des façades	Reprogrammation urbaine
	Esthétique des façades	Manque d'aménagement et mobilier urbain	Restauration du vieux bâti
	Forme de l'espace urbain	Manque d'espace piéton	Eliminer les rajouts
	Aménagement et mobilier urbain	Revêtement de sol	Insertion des aires de jeux
	Revêtement de sol	Etat du bâti (vétusté)	Attention aux choix des matériaux
	Originalité	Rajouts	Amélioration du Revêtement de sol
	Durabilité		Création / Elargissement de l'espace piéton
2 <b>Aspects naturels</b>	Vue sur la mer	Topographie	Aménagement en espaces verts
	Vue sur les jets d'eau	Manque de végétation	
	Topographie (effet de vue d'en haut)	Absence de la vue sur la mer	Implantation des arbres
	Végétation	Inaccessibilité à la mer	Favoriser la vue sur la mer
			Accès à la mer
3 <b>Confort climatique</b>	Vent	Trop de Vent	Solution pour l'effet de l'ensoleillement
	Absence d'humidité	Trop d'humidité	Solution pour la chaleur
	Ombre	Ensoleillement fort	Solution pour l'humidité
	Ensoleillement	Trop de Chaleur	Plus d'ombre
	Fraicheur	Absence de l'ombre	
	température agréable	Pas de vent	
4 <b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	Dynamique sociale (espace populaire)	Manque de sécurité	Présence sociale
	Bienveillance	Tristesse	Plus de sécurité
	Intimité	Etouffement	Intervention citoyenne
	Abri	Trop de monde	
	Calme	Isolement	
	Emouvant	Peu de monde	
	Repère	Vide	

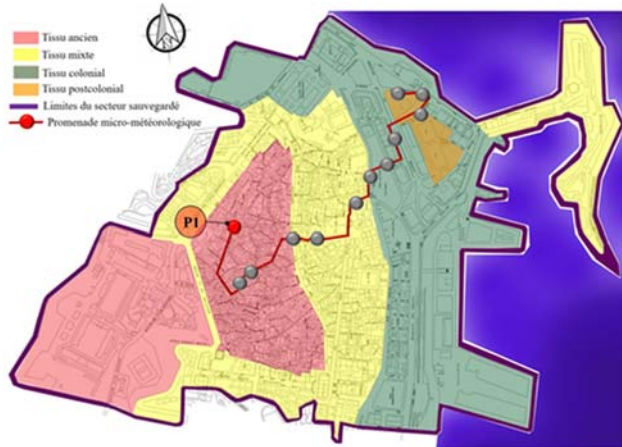
		Liberté	Fatigue	
		Sécurité		
		Bien-être		
		Bon endroit		
		Lieu agréable		
		Traditionnel		
		Identité		
		Elégance		
		Appartenance		
5	<b>Usage et Services</b>	Fontaine d'eau potable	Absence de Commerces ou fermés	Faire renaître les activités artisanales
		Compatibilité fonctionnelle	Incompatibilité fonctionnelle	Réouverture ou plus commerces
		Artisanat local	Absence de sanitaires publics	Prévoir des sanitaires publics
		Restaurants	Manque de services	Reprogrammation urbaine
		Commerces	Manque d'une fontaine publique	Prévoir plus de services
		Endroit touristique		Favoriser le tourisme
		Parking		Revoir tout
		Moyens de transports		Rien à modifier
		Raccourci urbain		Mettre une fontaine publique
		Organisation des commerces anarchiques		
6	<b>Gestion</b>	Propreté	Espace délaissé	Entretien et nettoyage
		Circulation piétonne	Chantiers inachevés	Clôture des chantiers
		Prise en charge	Manque d'entretien et de propreté	Organisation de la circulation
			Encombrement automobile	Elimination du stationnement illicite
			Stationnement illicite	
			Commerces anarchiques	
		Désordre		
7	<b>Autres aspects du confort</b>	Confort visuel	Nuisances visuelles	Traitement acoustique
		Confort acoustique	Nuisances acoustiques	Traitement des odeurs
		Confort olfactif	Nuisances olfactives	Rajouter l'éclairage

## **Annexe IV**

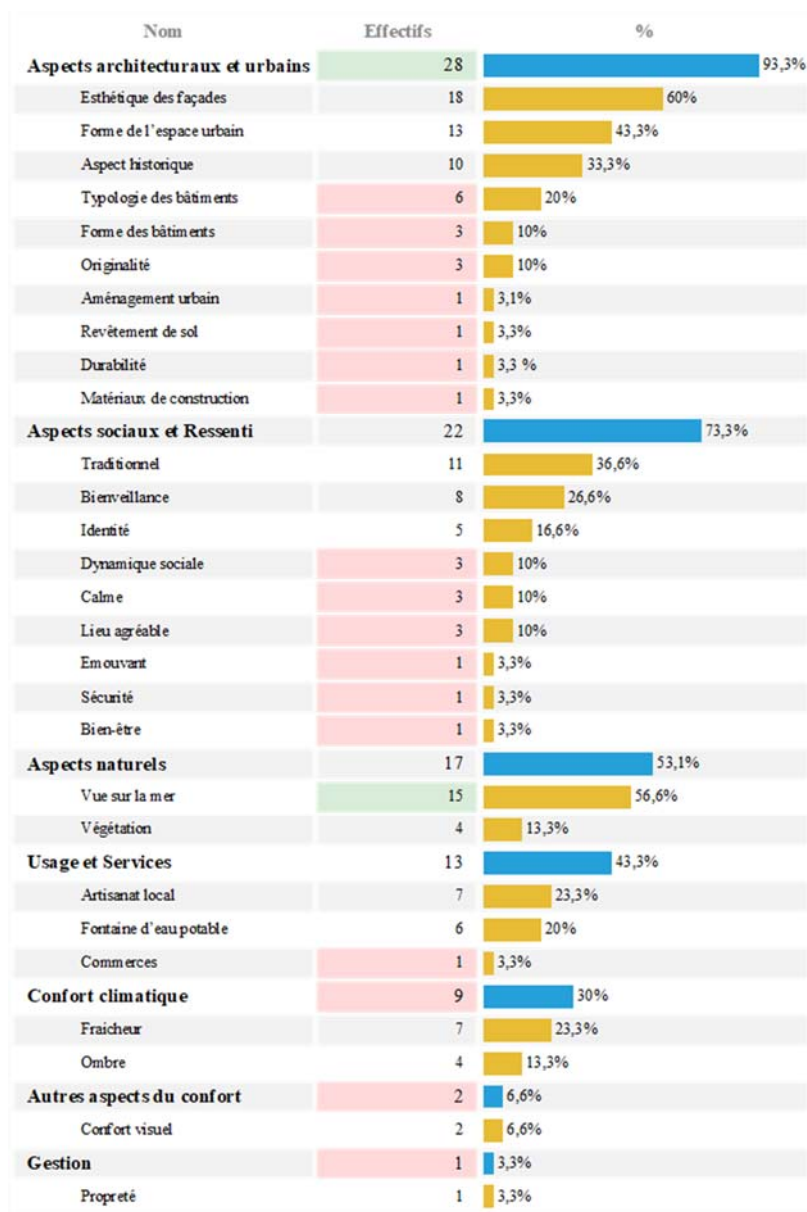
### **Illustrations de l'évaluation globale des configurations urbaines (pourcentages des réponses & photos des points de mesure)**

- 1- P1**
- 2- P2**
- 3- P3**
- 4- P4**
- 5- P5**
- 6- P6**
- 7- P7**
- 8- P8**
- 9- P9**
- 10- P10**
- 11- P11**
- 12- P12**

## Tissu Ancien : P1

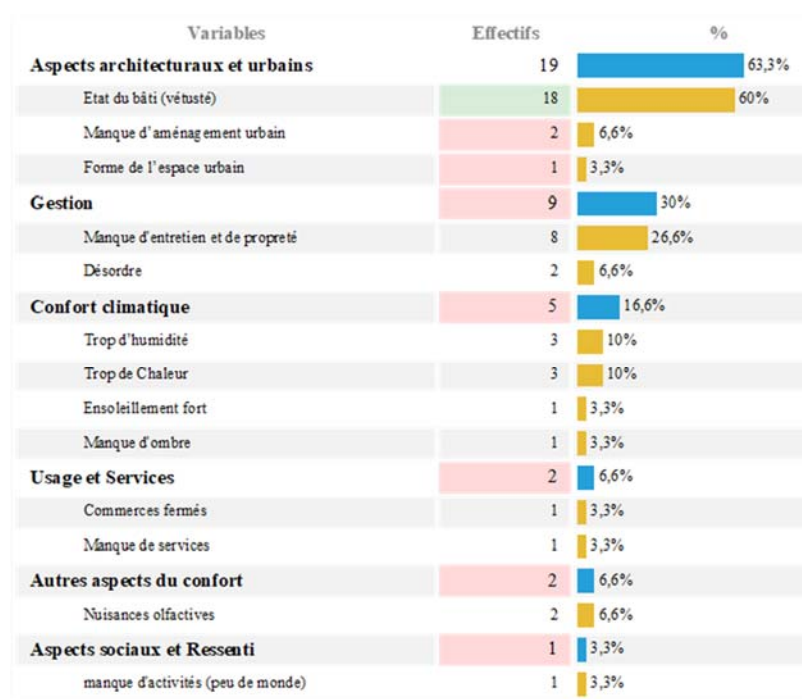


## 1- Aspects Positifs

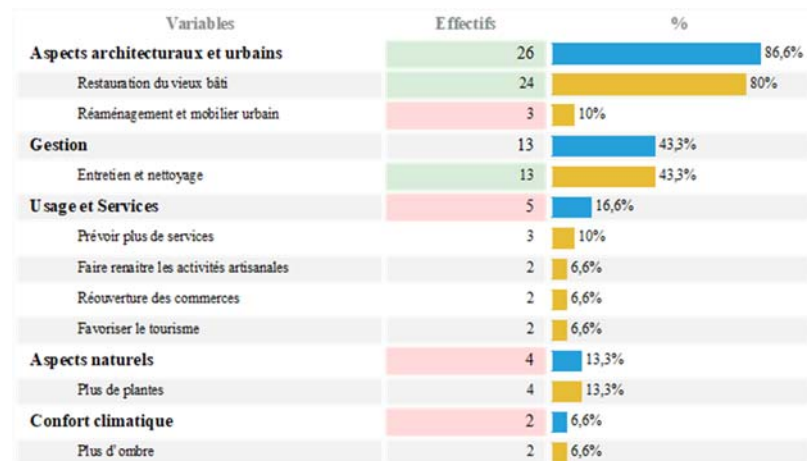


## Tissu Ancien : P1

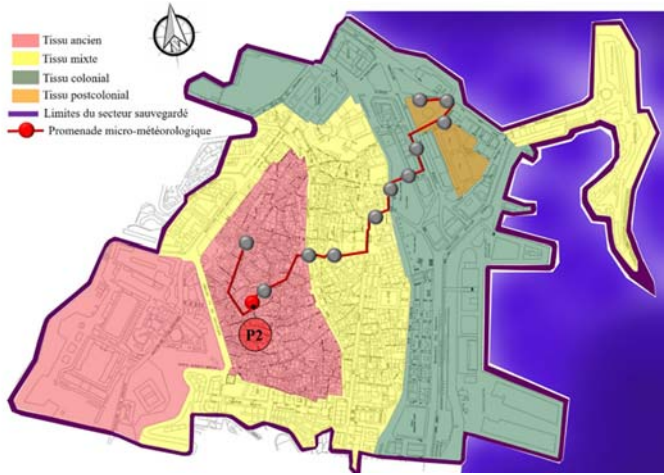
## 2- Aspects Négatifs



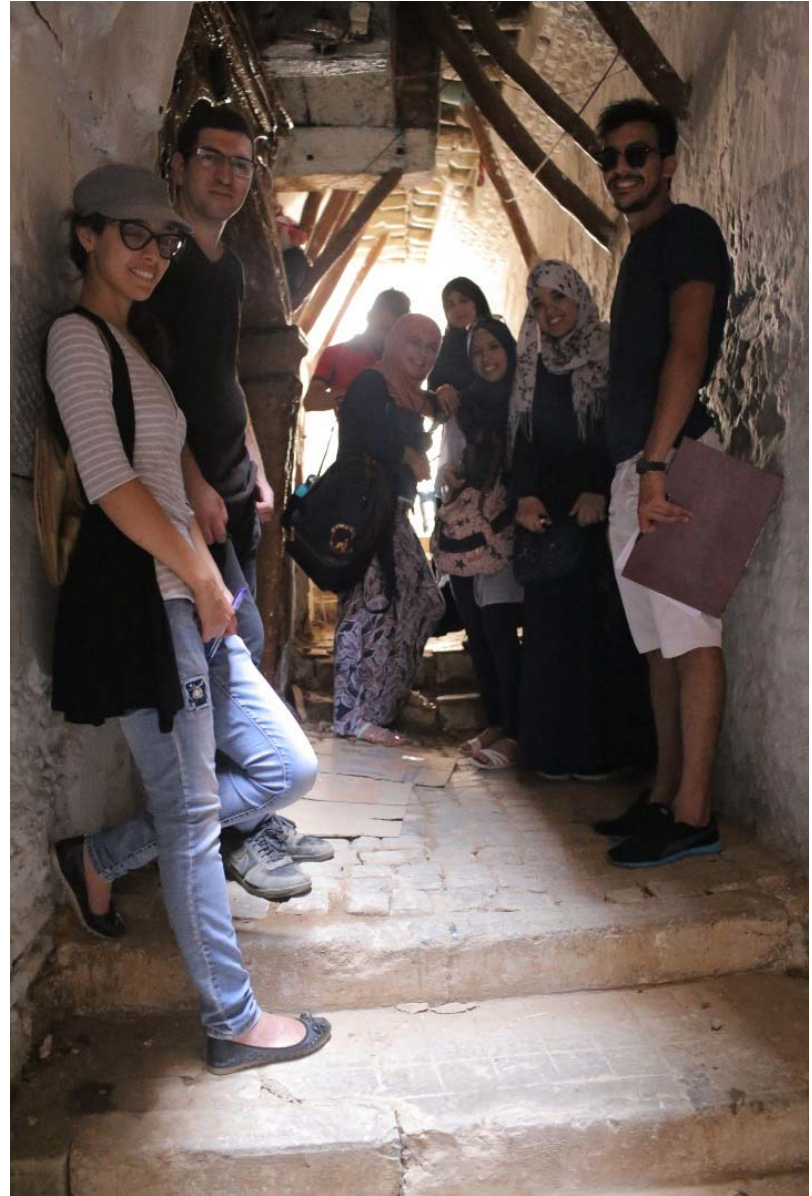
## 3- Amélioration



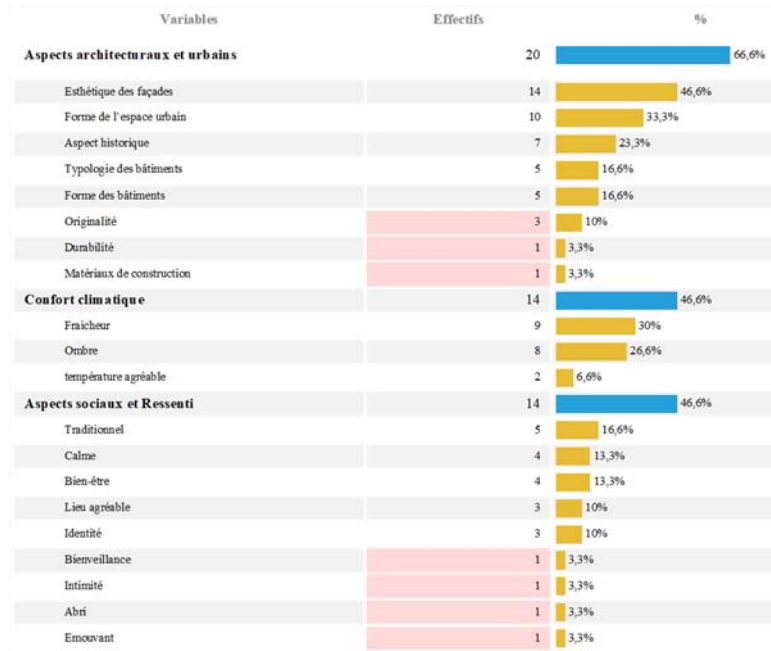




Tissu Ancien : P2

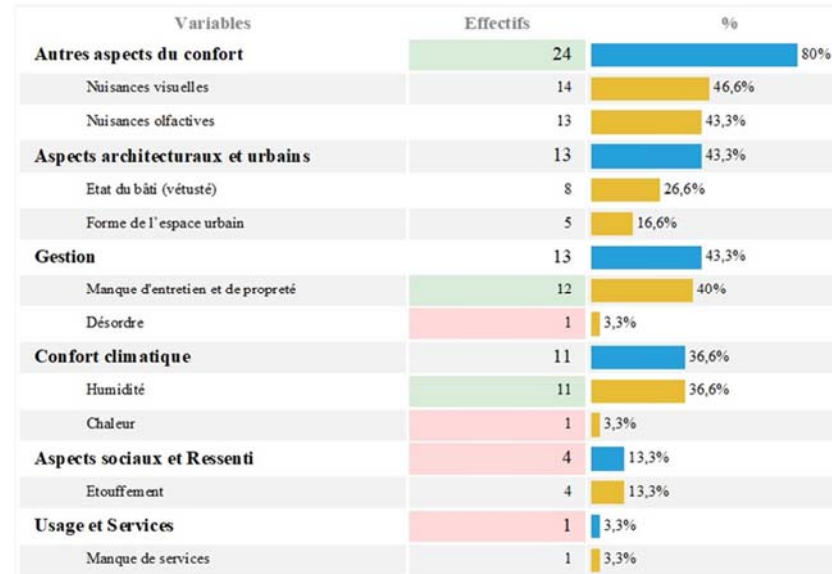


## 1- Aspects Positifs

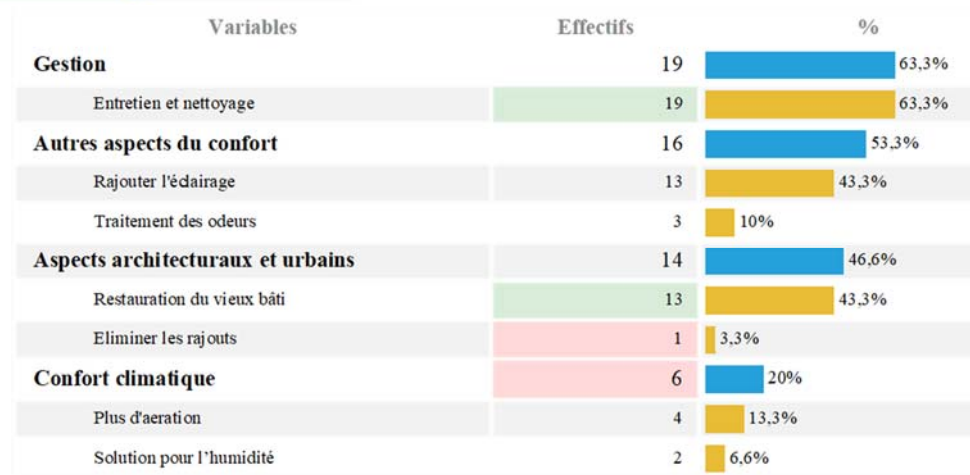


## Tissu Ancien : P2

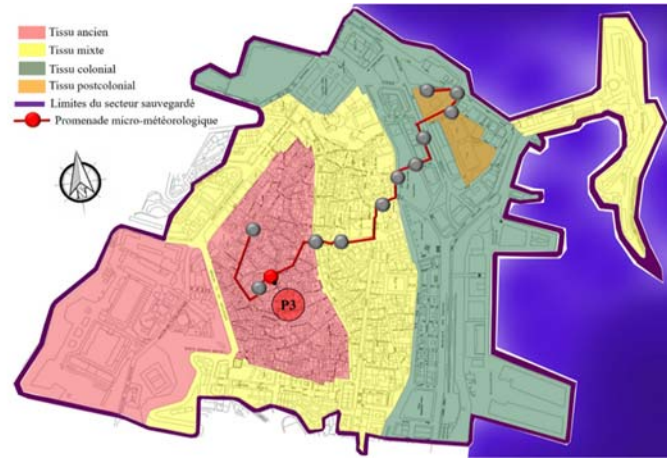
## 2- Aspects Négatifs



## 3- Amélioration

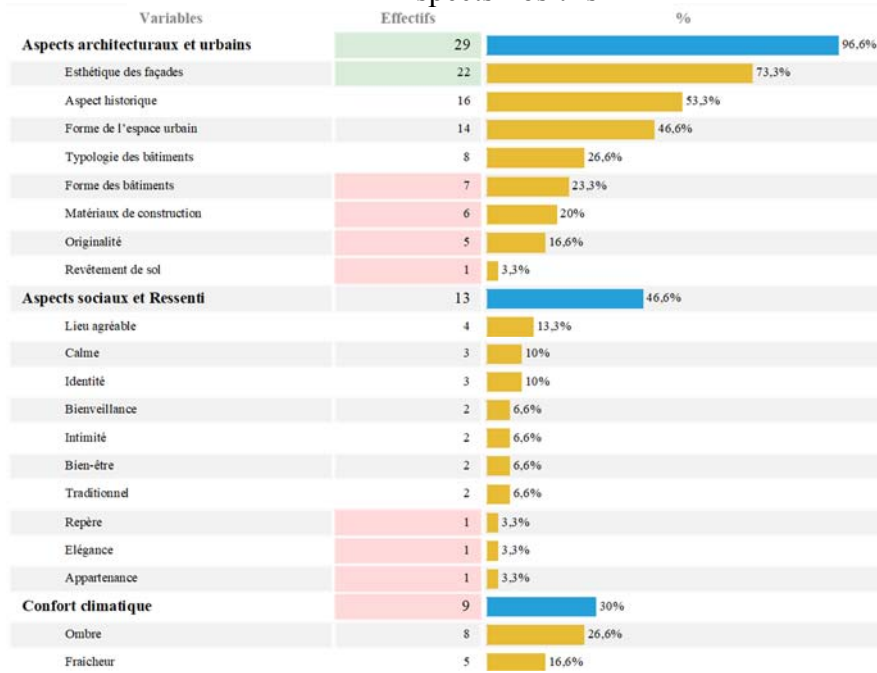


### Tissu Ancien : P3

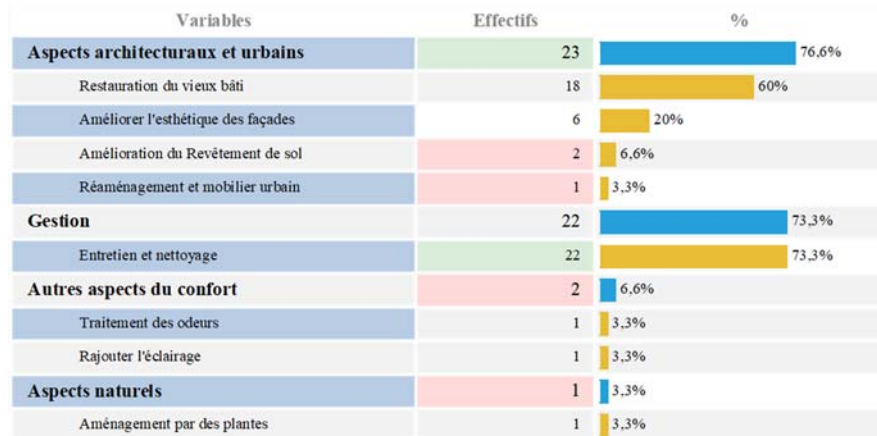


## Tissu Ancien : P3

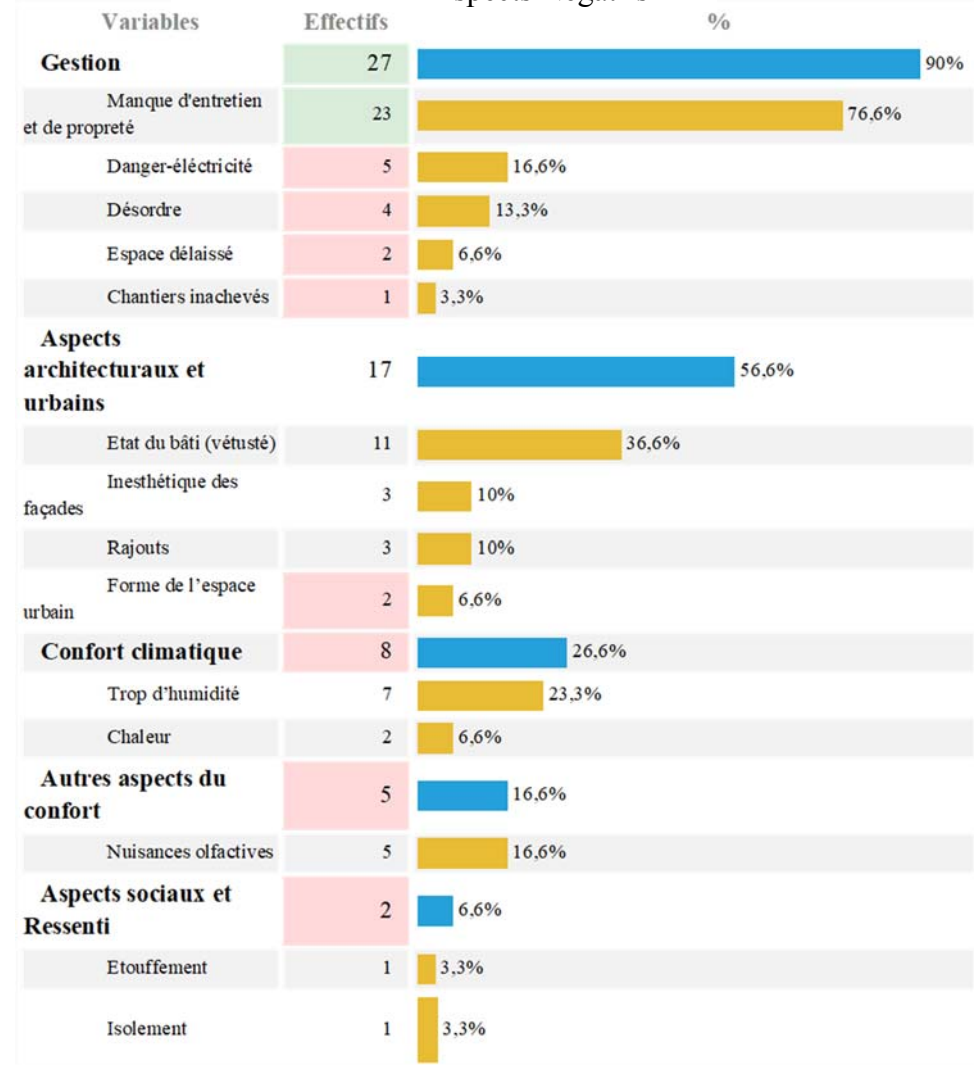
### 1- Aspects Positifs



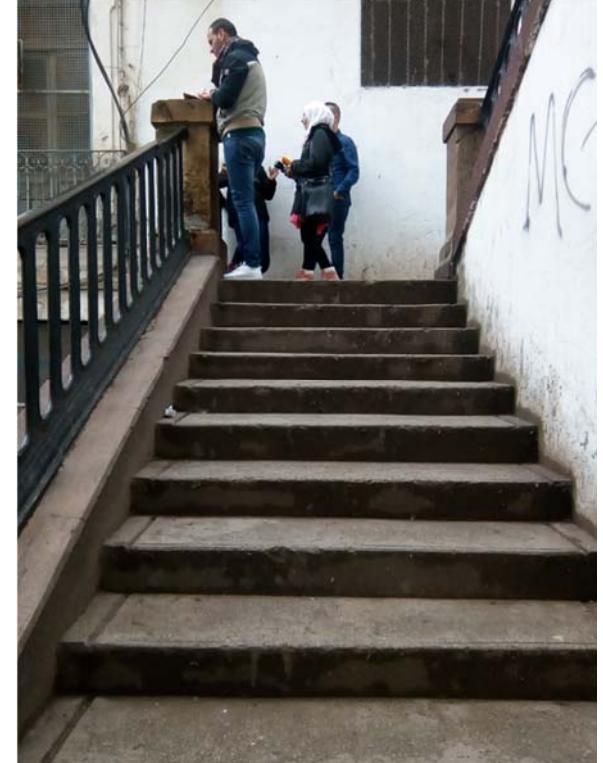
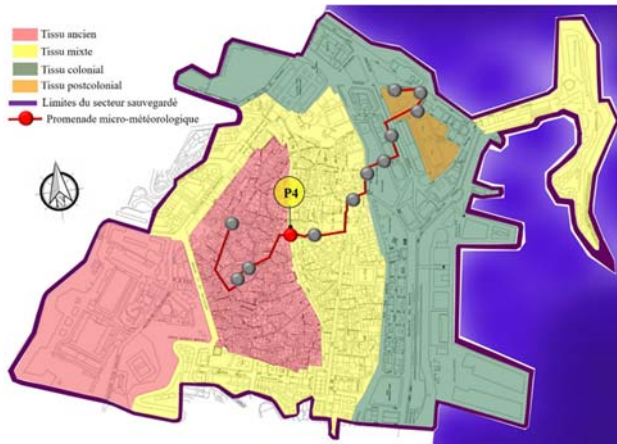
### 3- Amélioration



### 2- Aspects Négatifs



## Tissu Mixte : P4



## 1- Aspects Positifs

## Tissu Mixte : P4

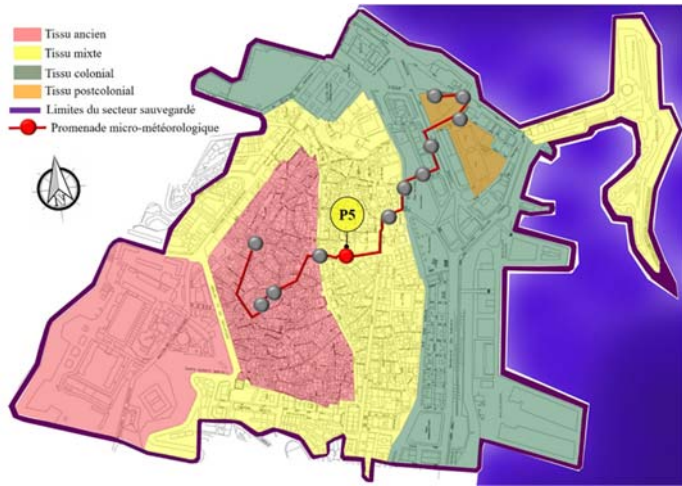
## 2- Aspects Négatifs

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	22	73,3%
Forme de l' espace urbain	17	56,6%
Esthétique des façades	9	30%
Aspect historique	5	16,6%
Forme des bâtiments	2	6,6%
Originalité	2	6,6%
Durabilité	2	6,6%
Typologie des bâtiments	1	3,3%
Etat du bâti	1	3,3%
Matériau de construction	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	9	30%
Ombre	8	26,6%
Fraicheur	2	6,6%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	6	20%
Lieu agréable	2	6,6%
Dynamique sociale	1	3,3%
Bienveillance	1	3,3%
Intimité	1	3,3%
Calme	1	3,3%
Bien-être	1	3,3%
Traditionnel	1	3,3%
Identité	1	3,3%
<b>Usage et Services</b>	5	16,6%
Artisanat local	4	13,3%
Raccourci	1	3,3%
<b>Gestion</b>	1	3,3%
Propreté	1	3,1%

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	20	66,6%
Etat du bâti (vétusté)	15	50%
Inesthétique des façades	7	23,3%
Rajouts	2	6,6%
Manque d'aménagement urbain	1	3,3%
<b>Gestion</b>	18	60%
Manque d'entretien et de propreté	15	50%
Espace délaissé	3	10%
Chantiers inachevés	1	3,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	8	26,6%
Désordre	5	16,6%
Manque de sécurité	1	3,3%
Etouffement	1	3,3%
Fatigue	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	6	20%
Nuisances olfactives	6	20%
<b>Confort climatique</b>	5	16,6%
Chaleur	5	16,6%
Humidité	2	6,6%

## 3- Amélioration

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	27	90%
Restauration du vieux bâti	18	60%
Améliorer l'esthétique des façades	12	40%
Réaménagement et mobilier urbain	4	13,3%
Eliminer les rajouts	2	6,6%
<b>Gestion</b>	15	50%
Entretien et nettoyage	15	50%
<b>Usage et Services</b>	3	10%
Adaptation aux personnes à mobilité réduite	2	6,6%
Faire renaître les activités artisanales	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	1	3,3%
Solution pour l'humidité	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	1	3,3%
Traitement des odeurs	1	3,3%

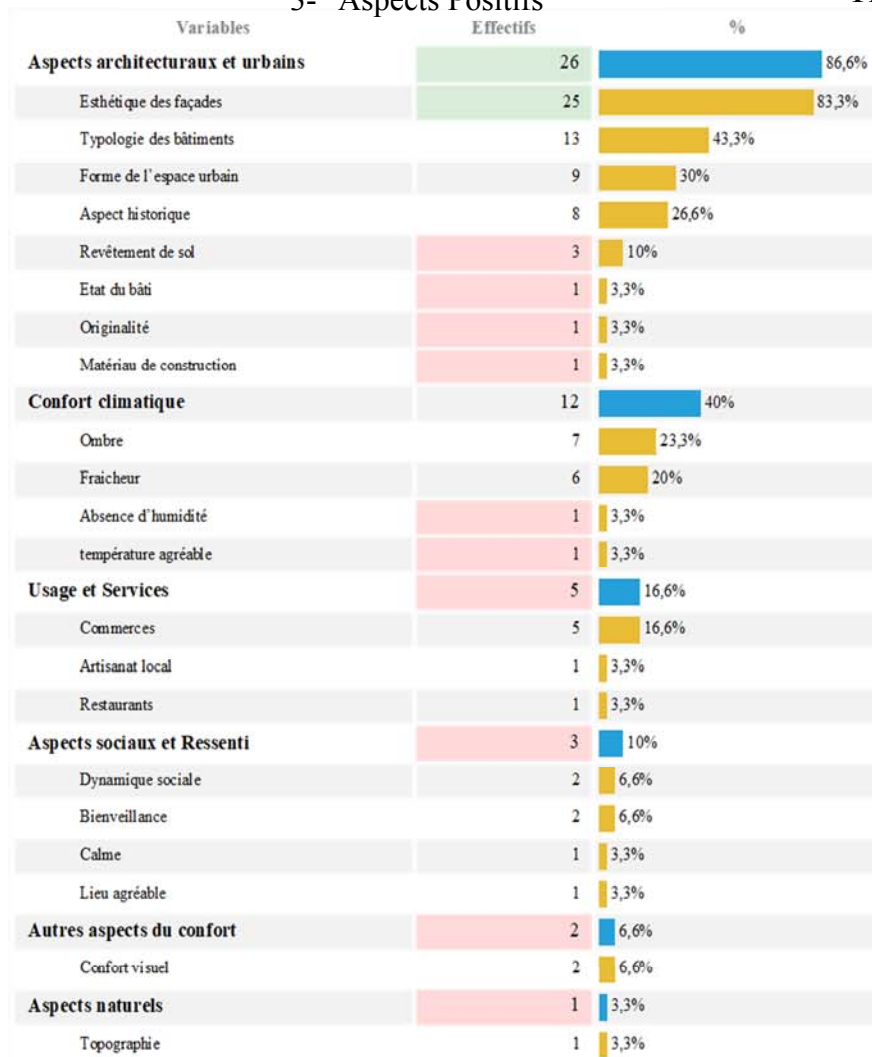


Tissu Mixte : P5

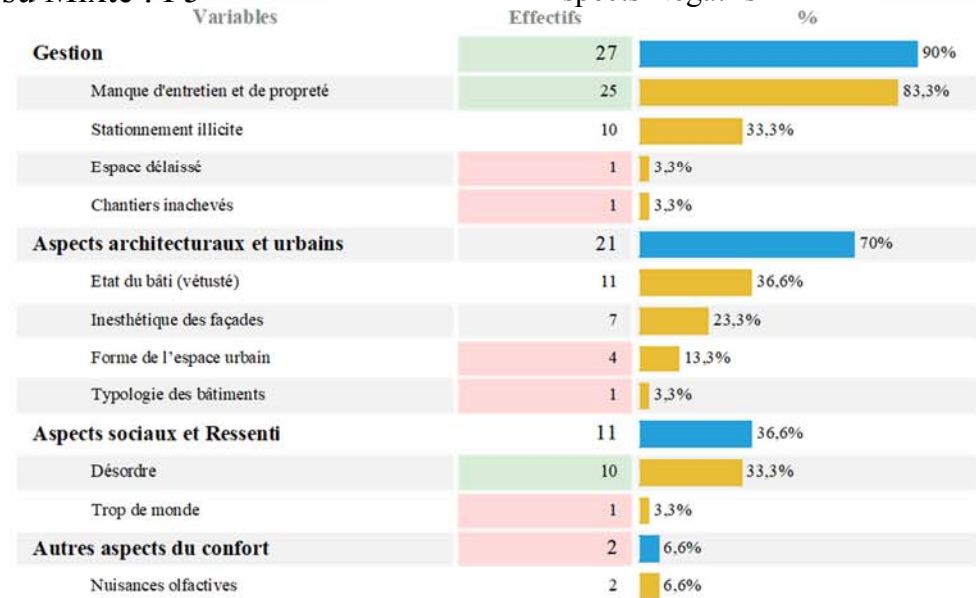


## Tissu Mixte : P5

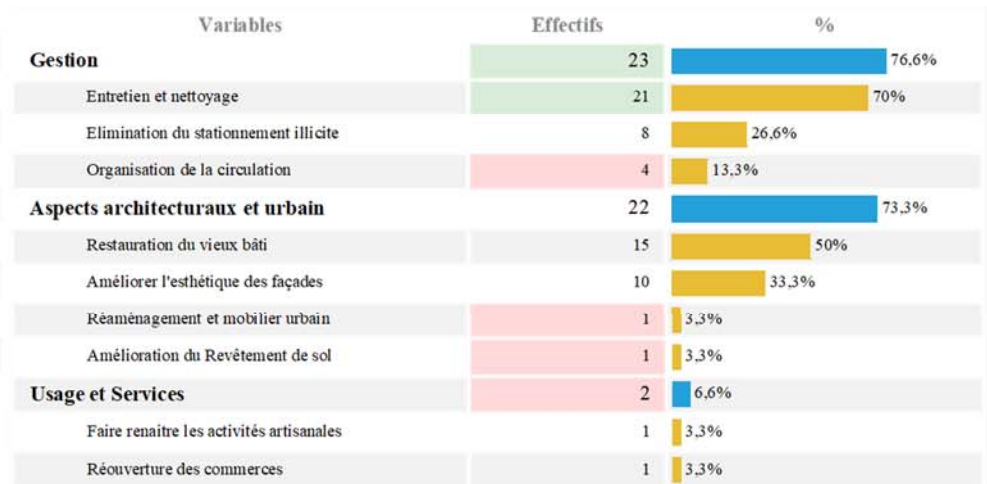
### 3- Aspects Positifs



### 4- Aspects Négatifs

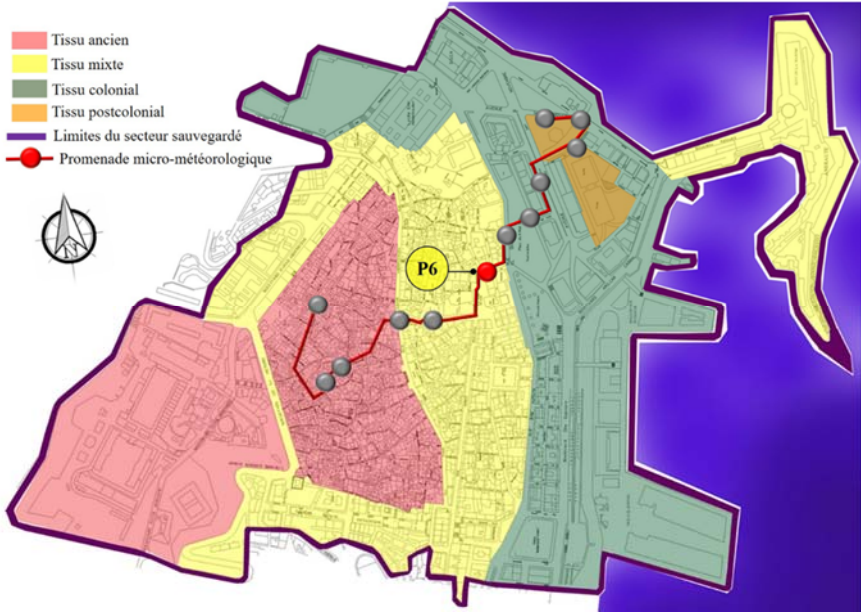


### 3- Amélioration





Tissu Mixte : P6



## 1- Aspects Positifs

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	11	36,6%
Forme de l'espace urbain	11	36,6%
Aspect historique	5	16,6%
Aménagement urbain	5	16,6%
Typologie des bâtiments	1	3,3%
Etat du bâti	1	3,3%
Esthétique des façades	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	8	26,6%
Ombre	6	20%
Fraicheur	4	13,3%
<b>Usage et Services</b>	6	20%
Moyens de transports	3	10%
Raccourci urbain	3	10%
Commerces	2	6,6%
<b>Aspects naturels</b>	5	16,6%
Végétation	4	13,3%
Topographie	2	6,6%
<b>Gestion</b>	5	16,6%
Prise en charge	5	16,6%
Propreté	2	6,6%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	2	6,6%
Dynamique sociale	2	6,6%

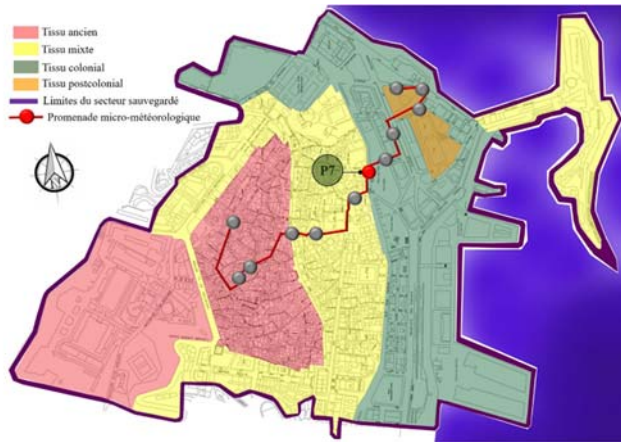
## Tissu Mixte : P6

## 2- Aspects Négatifs

Variables	Effectifs	%
<b>Gestion</b>	25	83,3%
Manque d'entretien et de propreté	17	56,6%
Chantiers inachevés	9	30%
Commerces anarchiques	1	3,3%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	16	53,3%
Etat du bâti (vétusté)	14	46,6%
Forme de l'espace urbain	3	10%
Inesthétique des façades	2	6,6%
Forme des bâtiments	1	3,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	11	36,6%
Désordre	5	16,6%
Trop de monde	3	10%
Manque de sécurité	1	3,3%
Etouffement	1	3,3%
Fatigue	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	10	33,3%
Nuisances acoustiques	7	23,3%
Nuisances olfactives	5	16,6%
<b>Confort climatique</b>	6	20%
Trop de Chaleur	4	13,3%
Ensoleillement fort	3	10%
Trop d'humidité	1	3,3%
Absence de l'ombre	1	3,3%

## 3- Amélioration

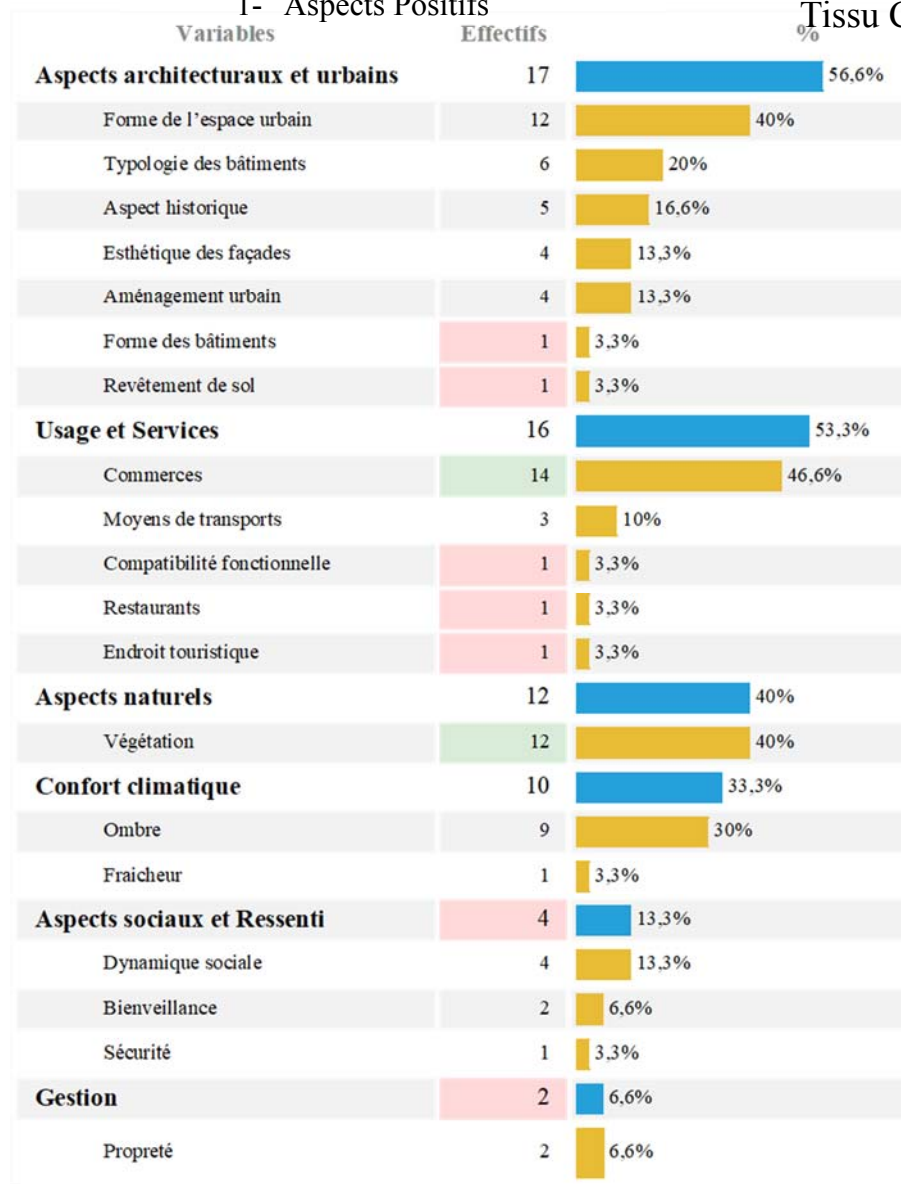
Variables	Effectifs	%
<b>Gestion</b>	22	73,3%
Entretien et nettoyage	16	53,3%
Clôture des chantiers	11	36,6%
Organisation des commerces anarchiques	3	10%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	16	53,3%
Restauration du vieux bâti	8	26,6%
Réaménagement et mobilier urbain	7	23,3%
Améliorer l'esthétique des façades	5	16,6%
Amélioration du Revêtement de sol	2	6,6%
<b>Autres aspects du confort</b>	2	6,6%
Rajouter l'éclairage	2	6,6%
<b>Confort climatique</b>	1	3,3%
Solution pour l'humidité	1	3,3%



Tissu Colonial : P7

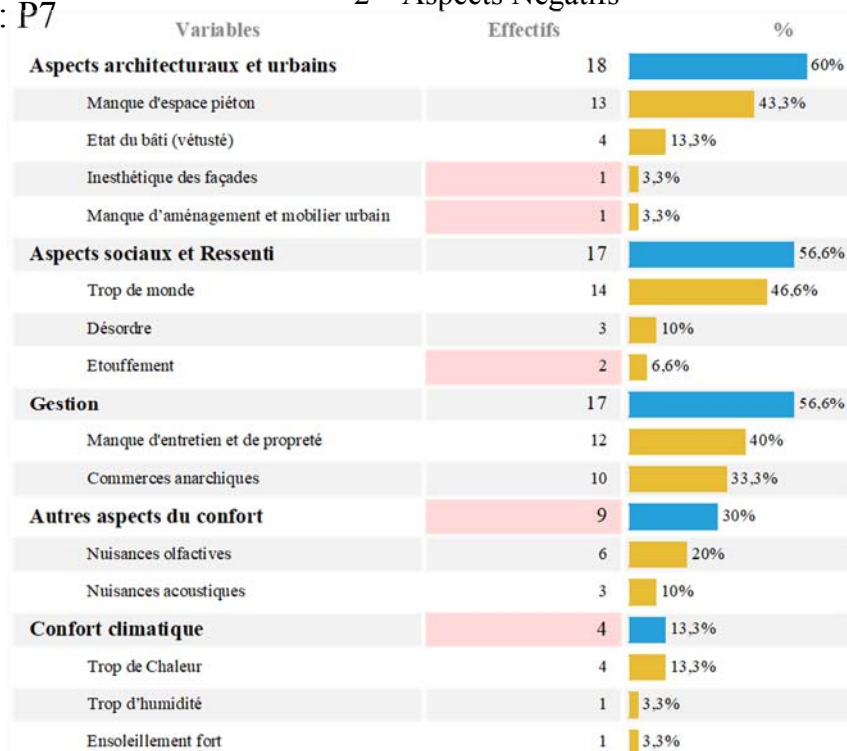


### 1- Aspects Positifs

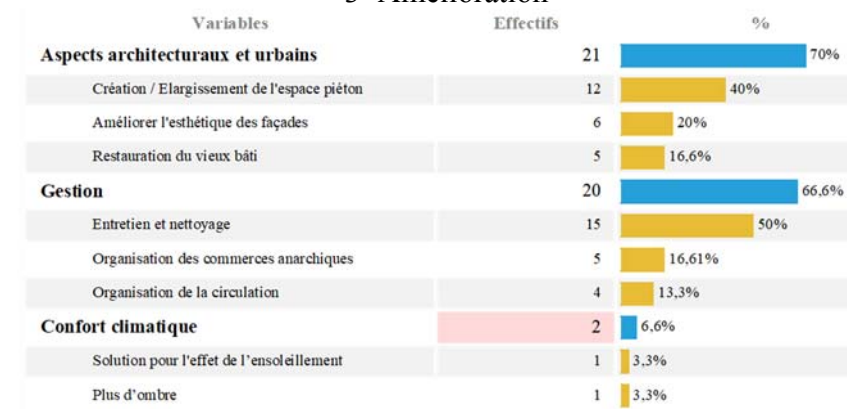


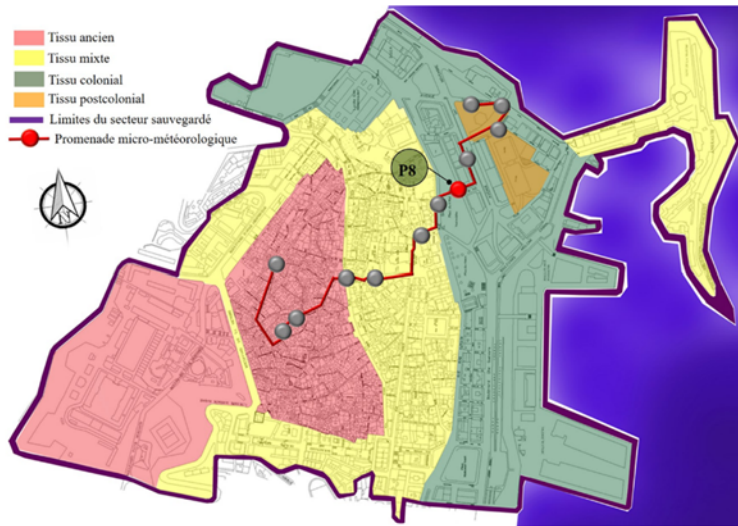
### Tissu Colonial : P7

### 2- Aspects Négatifs



### 3- Amélioration





Tissu Colonial : P8



## Tissu Colonial : P8

### 1- Aspects Positifs

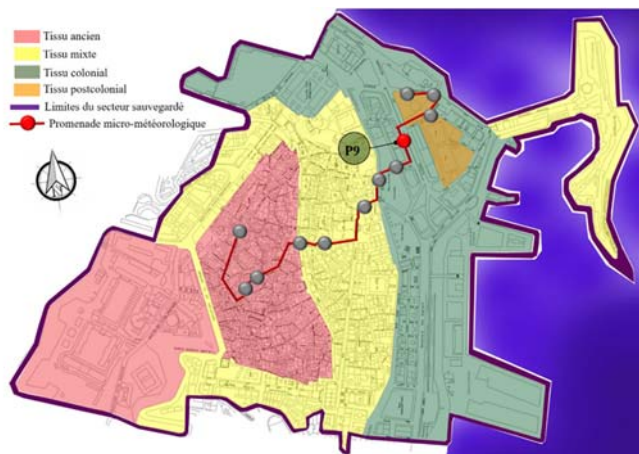
Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	30	100%
Esthétique des façades	20	66,6%
Forme de l'espace urbain	20	66,6%
Aménagement et mobilier urbain	11	36,6%
Typologie des bâtiments	10	33,3%
Aspect historique	4	13,3%
Forme des bâtiments	4	13,3%
Etat du bâti	2	6,6%
Matériau de construction	1	3,3%
<b>Aspects naturels</b>	15	50%
Végétation	15	50%
<b>Usage et Services</b>	15	50%
Moyens de transports	14	46,6%
Commerces	3	10%
Endroit touristique	1	3,3%
<b>Gestion</b>	6	20%
Propreté	6	20%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	3	10%
Dynamique sociale	2	6,6%
Identité	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	1	3,3%
Fraicheur	1	3,3%

### 2- Aspects Négatifs

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	25	83,3%
Manque d'aménagement et mobilier urbain	22	73,3%
Forme des bâtiments	3	10%
Typologie des bâtiments	2	6,6%
Revêtement de sol	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	19	63,3%
Absence de l'ombre	13	43,3%
Ensoleillement fort	8	26,6%
Trop de Chaleur	7	23,3%
Trop d'humidité	1	3,3%
Pas de vent	1	3,3%
<b>Aspects naturels</b>	6	20%
Manque d'arbres	6	20%
<b>Usage et Services</b>	5	16,6%
Absence de sanitaires publics	4	13,3%
Manque de services	2	6,6%
Manque d'une fontaine publique	1	3,3%
<b>Gestion</b>	2	6,6%
Manque d'entretien et de propreté	1	3,3%
Commerces anarchiques	1	3,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	1	3,3%
Trop de monde	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	1	3,3%
Nuisances acoustiques	1	3,3%

### 3- Amélioration

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	28	93,3%
Réaménagement et mobilier urbain	27	90%
Insertion des aires de jeux	2	6,6%
Améliorer l'esthétique des façades	1	3,3%
<b>Confort climatique</b>	17	56,6%
Plus d'ombre	14	46,6%
Solution pour l'effet de l'ensoleillement	8	26,6%
<b>Aspects naturels</b>	15	50%
Implantation des arbres	14	46,6%
Aménagement en espaces verts	5	16,6%
<b>Usage et Services</b>	6	20%
Prévoir des sanitaires publics	3	10%
Mettre une fontaine publique	3	10%
Prévoir plus de services	2	6,6%
<b>Gestion</b>	1	3,3%
Entretien et nettoyage	1	3,3%



Tissu Colonial : P9



## 1- Aspects Positifs

## Tissu Colonial : P9

Variables	Effectifs	%
<b>Confort climatique</b>	18	60%
Ombre	15	50%
Fraicheur	6	20%
Vent	3	10%
<b>Usage et Services</b>	15	50%
Commerces	15	50%
Restaurants	14	46,6%
Moyens de transports	1	3,3%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	13	43,3%
Forme de l'espace urbain	9	30%
Typologie des bâtiments	3	10%
Esthétique des façades	3	10%
Etat du bâti	1	3,3%
<b>Aspects naturels</b>	4	13,3%
Végétation	3	10%
Vue sur la mer	1	3,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	4	13,3%
Abri	3	10%
Dynamique sociale	2	6,6%
Bienveillance	1	3,3%
<b>Gestion</b>	2	6,6%
Propreté	2	6,6%

## 2- Aspects Négatifs

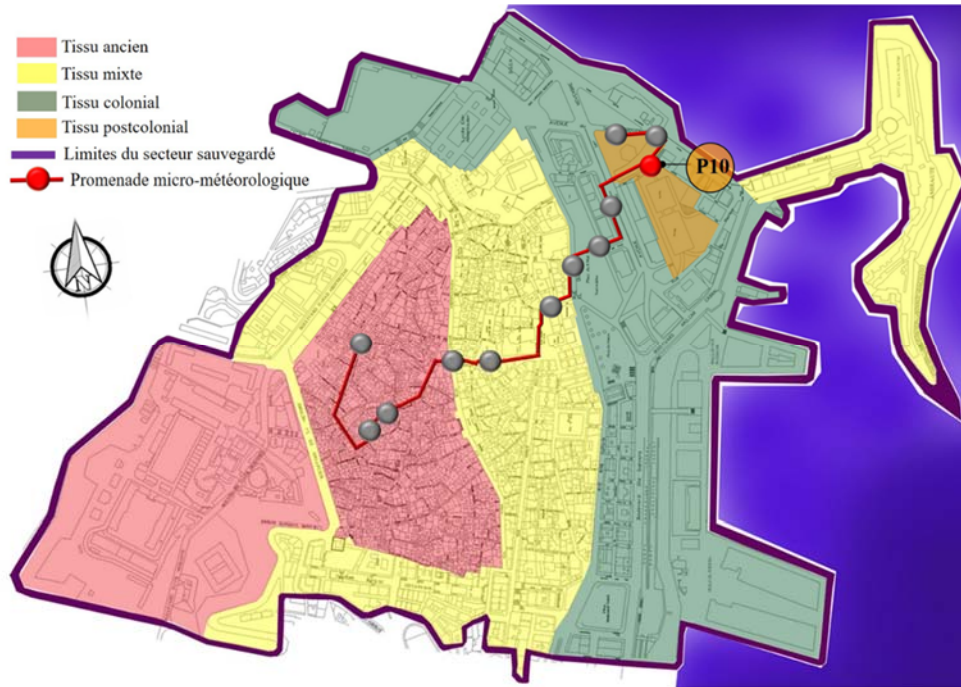
Variables	Effectifs	%
<b>Gestion</b>	24	80%
Manque d'entretien et de propreté	22	73,3%
Chantiers inachevés	4	13,3%
Encombrement automobile	2	6,6%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	13	43,3%
Inesthétique des façades	5	16,6%
Etat du bâti	4	13,3%
Revêtement de sol	3	10%
Typologie des bâtiments	2	6,6%
Manque d'aménagement et mobilier urbain	2	6,6%
Manque d'espace piéton	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	8	26,6%
Nuisances acoustiques	8	26,6%
Nuisances olfactives	1	3,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	5	16,6%
Etouffement	2	6,6%
Tristesse	1	3,3%
Trop de monde	1	3,3%
Vide	1	3,3%

## 3- Amélioration

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	24	80%
Améliorer l'esthétique des façades	10	33,3%
Restauration du vieux bâti	9	30%
Réaménagement et mobilier urbain	8	26,6%
Amélioration du Revêtement de sol	5	16,6%
<b>Gestion</b>	16	53,3%
Entretien et nettoyage	15	50%
Organisation de la circulation	1	3,3%
<b>Usage et Services</b>	4	13,3%
Réouverture ou plus commerces	1	3,3%
Prévoir des sanitaires publics	1	3,3%
Reprogrammation urbaine	1	3,3%
Rien à modifier	1	3,3%
<b>Aspects naturels</b>	3	10%
Aménagement en espaces verts	2	6,6%
Implantation des arbres	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	2	6,6%
Traitement acoustique	2	6,6%



## Tissu Postcolonial : P10



# Tissu Postcolonial : P10

## 1- Aspects Positifs

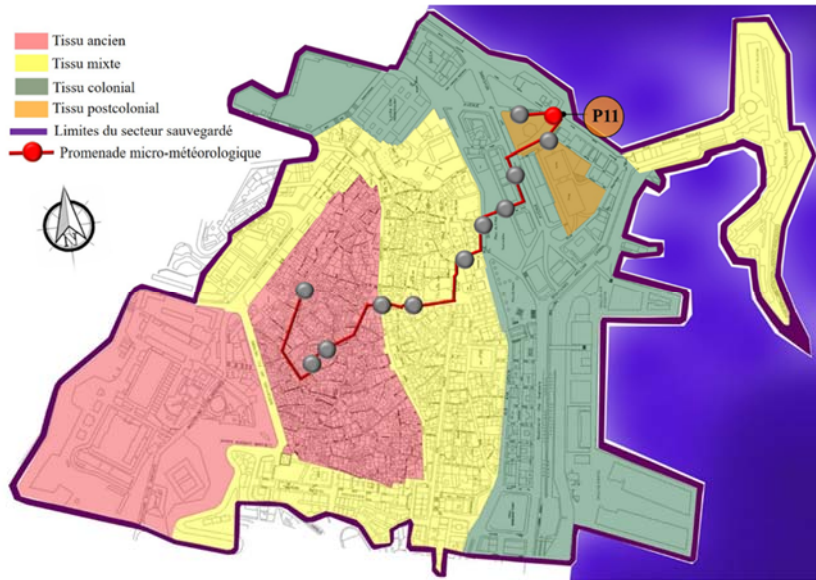
Variables	Effectifs	%
<b>Aspects naturels</b>	20	66,6%
Vue sur la mer	20	66,6%
<b>Aspects climatiques</b>	8	26,6%
Fraicheur	6	20%
Vent	2	6,6%
<b>Usage et Services</b>	6	20%
Parking	6	20%
Commerces	1	3,3%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	4	13,3%
Forme de l'espace urbain	4	13,3%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	4	13,3%
Lieu agréable	3	10%
Calme	1	3,3%
Sécurité	1	3,3%
<b>Gestion</b>	2	6,6%
Propreté	2	6,6%

## 2- Aspects Négatifs

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	26	86,6%
Etat du bâti (vétuste)	21	66,6%
Inesthétique des façades	19	63,3%
Forme des bâtiments	9	30%
Typologie des bâtiments	6	20%
Forme de l'espace urbain	3	10%
Manque d'aménagement urbain	2	6,6%
Manque d'espace piéton	2	6,6%
Revêtement de sol	2	6,6%
<b>Gestion</b>	15	50%
Stationnement illicite	11	36,6%
Manque d'entretien et de propreté	7	23,3%
Encombrement automobile	5	16,6%
Espace délaissé	4	13,3%
<b>Confort climatique</b>	12	40%
Ensoleillement fort	7	23,3%
Absence de l'ombre	6	20%
Trop de Chaleur	4	13,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	8	26,6%
Nuisances olfactives	8	26,6%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	7	23,3%
Etouffement	5	16,6%
Manque de sécurité	1	3,3%
Isolément	1	3,3%
Peu de monde	1	3,3%
<b>Usage et Services</b>	6	20%
Incompatibilité fonctionnelle	3	10%
Absence de sanitaires publics	3	10%
Absence de Commerces ou fermés	2	6,6%
Manque de services	2	6,6%
<b>Aspects naturels</b>	3	10%
Manque de végétation	3	10%

## 3- Amélioration

Variables	Effectifs	%
<b>Aspects architecturaux et urbains</b>	27	90%
Restauration du vieux bâti	18	60%
Améliorer l'esthétique des façades	10	33,3%
Réaménagement et mobilier urbain	7	23,3%
Reprogrammation urbaine	6	20%
Insertion des aires de jeux	5	16,6%
Attention aux choix des matériaux	3	10%
Eliminer les rajouts	1	3,3%
Amélioration du Revêtement de sol	1	3,3%
Elargissement de l'espace piéton	1	3,3%
<b>Aspects naturels</b>	12	40%
Aménagement en espaces verts	6	20%
Implantation des arbres	5	16,6%
Favoriser la vue sur la mer	4	13,3%
Accès à la mer	3	10%
<b>Gestion</b>	12	40%
Entretien et nettoyage	7	23,3%
Elimination du stationnement illicite	6	20%
Organisation de la circulation	5	16,6%
<b>Confort climatique</b>	5	16,6%
Solution pour l'effet de l'ensoleillement	4	13,3%
Plus d'ombre	3	10%
Solution pour la chaleur	2	6,6%
<b>Aspects sociaux et Ressenti</b>	4	13,3%
Intervention citoyenne	3	10%
Plus de sécurité	1	3,3%
<b>Usage et Services</b>	4	13,3%
Revoir tout	3	10%
Prévoir des sanitaires publics	2	6,6%
Reprogrammation urbaine	2	6,6%
Prévoir plus de services	1	3,3%
Favoriser le tourisme	1	3,3%
<b>Autres aspects du confort</b>	1	3,3%
Traitement des odeurs	1	3,3%

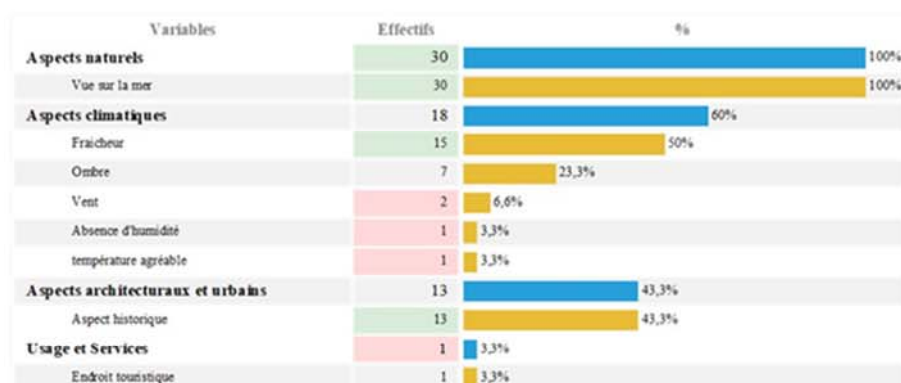


Tissu Postcolonial : P11

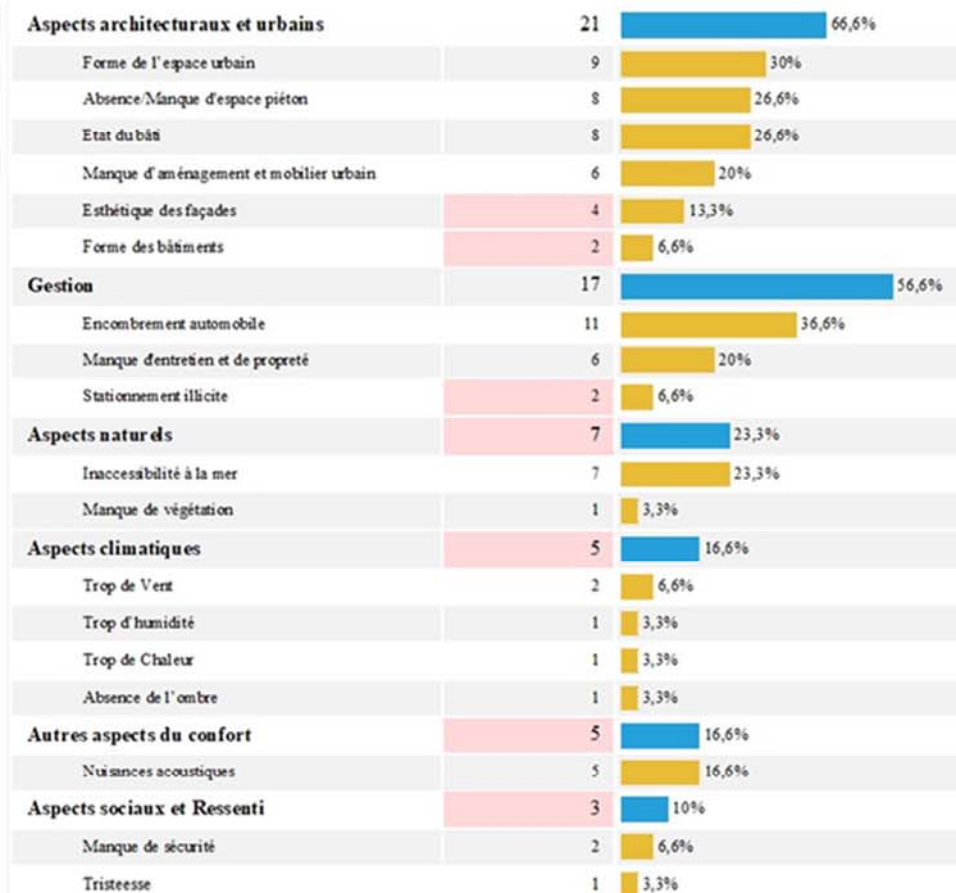


## I- Aspects Positifs

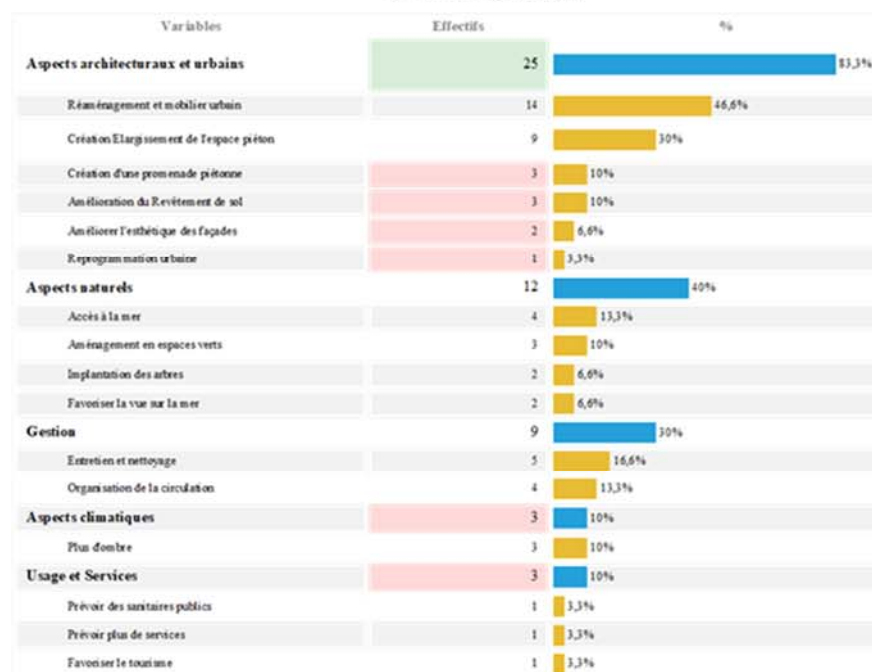
## Tissu Postcolonial : P11

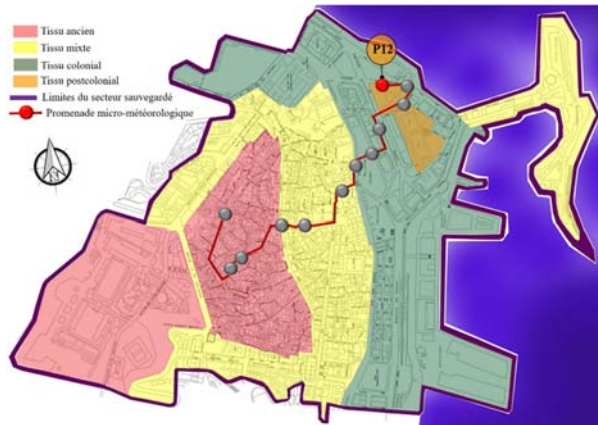


## 2- Aspects Négatifs



## 3-Amélioration



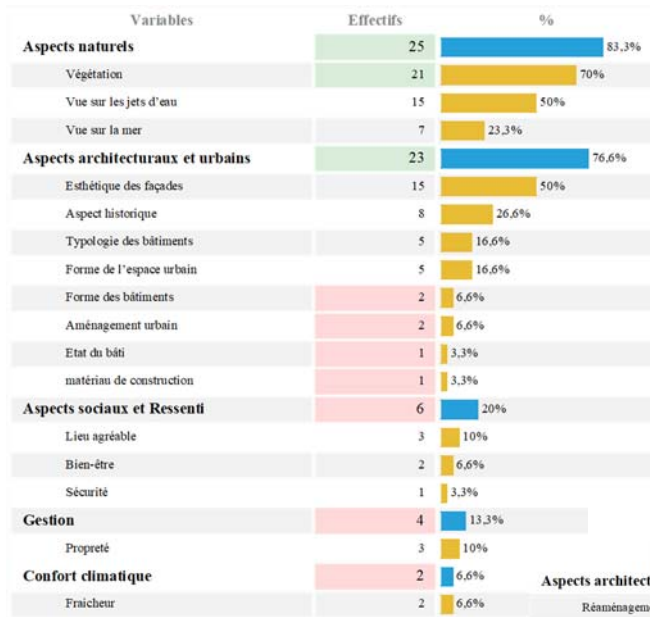


Tissu Postcolonial : P12

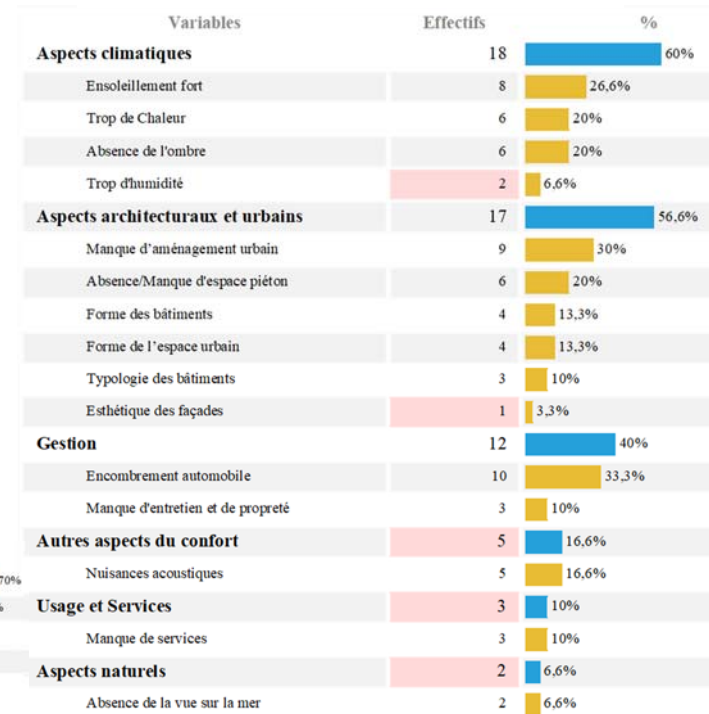


# Tissu Postcolonial : P12

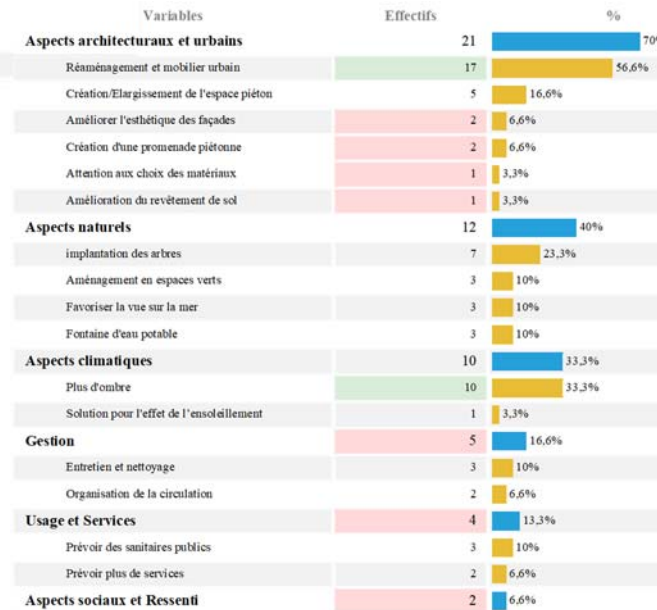
## 1- Aspects Positifs



## 2- Aspects Négatifs



## 3- Amélioration



## Résumé

Cette thèse de doctorat s'intéresse globalement à la question des ambiances urbaines avec une attention particulière consacrée au confort microclimatique perçu dans les espaces publics. Elle est basée sur la problématique de la production architecturale et urbaine actuelle sur le territoire algérien qui engendre un phénomène de standardisation du paysage urbain, ainsi qu'un inconfort microclimatique perçu en période estivale. Ce travail cherche, d'abord, à tirer des enseignements des anciennes architectures afin de concevoir des espaces urbains offrant une meilleure qualité de vie à l'avenir. Ainsi, elle vise l'identification des méthodes d'évaluation et les outils de prédiction du confort microclimatique adaptés à tous les contextes climatiques et socioculturels au service des concepteurs des espaces urbains.

Une méthodologie spécifique visant une évaluation globale et adaptée à la pratique architecturale et urbaine du confort microclimatique a été définie. Notre plan méthodologique est basé sur une simulation préliminaire de l'ensoleillement à l'échelle urbaine et une étude empirique concrétisée par une nouvelle approche dite « promenade micro-météorologique ». Cette dernière se matérialise par un parcours urbain qui permet d'interroger des personnes sur leurs ressentis et leur satisfaction en matière de confort microclimatique dans différentes configurations urbaines prédéfinies. Cette approche intègre un protocole de mesures micro-météorologiques qui se réalise simultanément sur les mêmes configurations. La promenade micro-météorologique a été appliquée sur le contexte d'Alger, choisi pour ses richesses en termes de diversité architecturale et urbaine. Douze points de mesure ont été sélectionnés attentivement au sein des quatre tissus constituant le secteur sauvegardé d'Alger (tissu ancien, tissu mixte, tissu colonial et tissu postcolonial). Les données collectées sur ces points ont permis d'évaluer les ambiances globales et microclimatiques d'une part et de calculer deux indices de confort (l'UTCI, indice objectif et l'APCI, indice subjectif) d'autre part.

Les résultats de cette étude ont mis en lumière l'efficacité microclimatique de certains modèles architecturaux et urbains existants dans le secteur sauvegardé d'Alger, quelles que soient leurs typologies (ancienne, mixte, coloniale ou postcoloniale). Les aspects positifs et négatifs ainsi que les améliorations proposées par les citoyens pour chacune des configurations étudiées ont fait émerger les configurations à renforcer et celles à éviter. Ainsi, nous trouvons que le croisement des deux approches (objective et subjective) appliqué à notre cas d'étude a permis la contextualisation d'une méthode globale. Ce résultat pourra servir à faciliter les tâches des praticiens visant à concevoir de nouveaux espaces adaptés à leur contexte naturel et culturel.

**Mots clés :** confort microclimatique, espaces publics extérieurs, promenade micro-météorologique, UTCI, APCI, Secteur Sauvegardé d'Alger.