

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية
République Algérienne Démocratique et Populaire
وزارة التعليم العالي و البحث العلمي
Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université Mohamed Khider – Biskra
Faculté des Sciences et de la technologie
Département :



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

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

Option : Architecture, forme, ambiance et développement durable

**LE RÔLE DU MINÉRAL ET DU VÉGÉTAL DANS LA
RÉGULATION DES AMBIANCES
HYGROTHERMIQUES EXTÉRIEURES**

Présentée par :

M^{elle} BEDAR Amina

Soutenu publiquement le 02/07/2012

Dr. BELAKHAL Azzedine.	M C « A ».	Président.	Université de Biskra
Pr. MAZOUZ Said.	Professeur.	Rapporteur	Université de Biskra
Pr. SAFFIDINE Djamila.	Professeur.	Examineur	Université de Constantine
Dr. ADAD M^{ed} Cherif.	M C « A ».	Examineur	Université de Oumel Bouaghi

RÉSUMÉ

L'état de l'art en matière de confort extérieur urbain montre que peu de recherches ont traité de cette notion dans l'urbain. L'attention a été pendant longtemps portée sur les ambiances intérieures, alors qu'il est demandé aux producteurs de la ville, au regard des nouvelles données du développement durable, d'apporter des améliorations plus tangibles en garantissant des normes acceptables dans la vie urbaine.

La chaleur, l'humidité et la vitesse du vent sont les facteurs qui affectent le plus le confort du piéton dans son usage quotidien des espaces urbains, et ce pour la période chaude et froide.

Le présent travail s'inscrit dans cette perspective et a pour objectif la caractérisation de l'ambiance hygrothermique dans la rue, notamment le rôle des composants de l'urbain (éléments minéraux et végétaux) dans la régulation des ambiances hygrothermiques extérieures. Il y est postulé qu'une ambiance confortable résulterait de la combinaison du minéral et du végétal.

Aussi, la ville de Sétif a été choisie comme cas d'étude, avec un choix judicieux de différentes alternatives de rues, la simulation de la dynamique hygrothermique et le calcul de l'effet des deux couvertures minérale et végétale dans l'amélioration du confort hygrothermique urbain ont été effectués grâce au logiciel *Envi-met 3.1*©.

Les résultats de la simulation ont été concluants et ont confirmé notre hypothèse, Le recours à des solutions et techniques intermédiaires tels que l'emploi judicieux d'éléments minéraux et végétaux, selon la situation qui se présente, permettent de réussir des ambiances hygrothermiques extérieures optimales et contribuent à offrir une dimension humaine à la rue.

Mots clés :

Climat, facteurs environnementaux, espace extérieur urbain, confort, Ambiance Hygrothermique, élément minéral, élément végétal.

ملخص

ظل الاهتمام في دراسة الرفاهية في المباني و لفترة طويلة منصباً على الاحياز الداخلية ، هذا و في ضوء المعطيات الراهنة للتنمية المستدامة ، على منتجي المجال العمراني إدخال تحسينات ملموسة وضمان معايير مقبولة في الحياة العمرانية.

الحرارة، الرطوبة وحدة الرياح هي العوامل الأكثر تأثيراً على راحة ورفاهية المشاة من خلال إرتياداتهم اليومية للأوساط الخارجية وذلك شتاءً وصيفاً . الهدف من وراء هذا البحث هو محاولة تحديد خصائص أجواء الحرارة والرطوبة في بيئة الشارع، كما يسعى إلى تقييم إسهامات مكونات الأوساط العمرانية (معدنية ونباتية) في تعديل جو الحرارة والرطوبة في الفضاءات الخارجية.

افتراض في هذا البحث أن عامل الرفاهية الخارجية من حيث الحرارة والرطوبة مرتبط بالمزاوجة بين العنصر النباتي الحي والعنصر المعدني، تم اختيار مدينة سطيف كدراسة حالة مع اختيار محكم لعدة خيارات للشوارع ومحاكاة تغيرات الحرارة والرطوبة ، ولتقييم إسهامات كل من الغطاءين النباتي والمعدني في تحسين الرفاهية في الاجواء الخارجية العمرانية، تم استعمال برنامج المحاكاة © *Envi-met 3.1* .

نتائج التقييم كانت قاطعة وأكدت لنا صحة الفرضية، حيث اللجوء إلى تقنيات وحلول بسيطة كالاستعمال المحكم للعناصر النباتية والمعدنية يسهم في إنجاح أجواء الحرارة والرطوبة في المساحات العمرانية الخارجية

الكلمات المفتاحية:

المناخ، العوامل البيئية، المساحات الخارجية، العمران، أجواء الحرارة والرطوبة، العنصر المعدني، العنصر النباتي.

ENGLISH ABSTRACT

Little research has been devoted to the thermal comfort in external urban spaces. Most of the research works dealing with this issue have focused on internal environments. The advent of sustainable development has brought about the question of how to respond to the new requirements. Urban space planners and city producers are now supposed to do more improvements to ensure acceptable standards in urban life. Heat, humidity and wind speed are the factors with the biggest impact on the pedestrian comfort in urban spaces, for both cold and hot seasons.

Along with this perspective, our contribution aims to characterize hydrothermal outdoor environment and more specifically the role of mineral and vegetal components of the city in the regulation of external hydrothermal environment. We suggest that a comfortable atmosphere may result from a good combination of the mineral and the vegetal. The city of Setif was taken as a case study and we have chosen a variation of streets in order to simulate and calculate the effect of both the mineral and the vegetal in improving the urban hydrothermal comfort. *Envi-met 3.1*© was the software used to perform this task. The simulation results tend to confirm our hypothesis. The use of technical solutions such as the introduction of mineral and vegetal elements according to the situation allows us to achieve an optimal external hydrothermal environment and helps us to provide a more human street.

Keywords:

Climate, environmental, urban outdoor space, comfort, hydrothermal atmosphere, minerals, plant material.

Table des matières

Introduction générale.....	01
Problématique.....	04
Hypothèse.....	06
L'objectif de la recherche	06
Méthodologie	06
Chapitre1 : Climat et microclimat dans les espaces extérieurs urbains	
cas d'étude : la rue	
Introduction au chapitre 01.....	09
1. perception divers du climat.....	10
1.1 Le climat urbain.....	10
1.2 Urbanisme climatique et conception bioclimatique urbaine :.....	11
1.3 Microclimat dans les espaces extérieurs urbain :	13
2. L'espace extérieur urbain :	16
2.1 La rue :	19
2.2 Responsables de la rue :.....	20
2.3 Le vécu et la réalité de nos rues d'aujourd'hui :.....	22
Conclusion du chapitre 01	26

Chapitre 02 : Notions d'ambiance et confort hygrothermiques dans les espaces extérieurs urbains

Introduction au chapitre 02	28
1. L'ambiance et l'ambiance urbaine	29
1.1 Qu'est ce qu'une ambiance	31
1.2 Qu'est ce qu'une ambiance urbaine	31
1.3 Maitrise d'une ambiance extérieure	33
1.4 Ambiance, confort et Ambiance confortable	34
2. Notion de confort	35
2.1 La perception du confort dans la rue :	36
2.2 Les Conditions de confort peuvent-elles être un indicateur pour la conception des ambiances optimales et l'amélioration du microclimat urbain ?.....	36
2.3 Le confort le plus recherché par l'homme dans la rue.....	37
2.3.1 Transition physique entre deux ambiances extrêmes, Comment contrer ce Phénomène ?	38
2.3.2 L'îlot de chaleur urbain :	39
3. Ambiance et Confort hygrothermiques extérieurs :	40
3.1 Ambiance hygrothermique qui répond aux conditions climatiques opposées : Hiver- Eté, est ce que ça peut exister ?.....	41
3.2 L'évaluation du confort hygrothermique dans les ambiances extérieures :... ..	42
3.2.1 Qu'en est-il de la dimension qualitative ?.....	43
3.2.1.1 Comportement adaptatif de l'homme dans les conditions hygrothermique extérieures :	43
3.2.1.2 Les échelles de sensation thermique.....	44
3.3. Bilan énergétique	45
4. Les caractéristiques hygrothermiques des ambiances extérieures	46
4.1 Caractéristiques thermiques de l'ambiance urbaine	46
4.1.1 Les facteurs nécessaires pour l'évaluation du confort thermique extérieur.....	46
4.1.1.1 la température moyenne radiante (TMRT)	47
4.1.2 Les outils et indices de caractérisation du confort thermique ou de stress thermique ...	48
4.1.2.1 L'indice thermique de stress ITS (Givoni 58).....	50
4.1.2.2 L'indice PT - Température Perçue	50

4.1.2.3 L'indice PET - Température Physiologique Équivalente	50
4.1.2.4. La température apparente (AT)	51
4.1.2.5 L'indice PMV le vote moyen prévisible et PPD Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits	52
4.1.3 La réalité des indices d'évaluation	54
<hr/>	
4.2 Caractéristiques hygrométrique de l'ambiance urbaine	55
<hr/>	
4.2.1 Humidité et humidité relative	55
4.2.2 humidité et Chaleur	55
4.2.3 Outils de caractérisation du confort hygrothermique extérieur	55
4.2.3.1. Indice PMV*	57
4.2.3.2 Humidex, Indice de confort H	57
<hr/>	
4.3 Le vent et la chaleur	58
<hr/>	
4.3.1 Facteur de refroidissement éolien-facteur vent « R »	59
<hr/>	
Conclusion du chapitre 02.....	61

Chapitre 3 : Le rôle de la couverture minérale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Introduction au chapitre 03.....	62
<i>Quel est le rôle de la couverture minérale dans la régulation de l'ambiance hygrothermique dans la rue ?</i>	
1. la Couverture minérale (bâtie).....	63
1.1 Facteurs morphologiques.....	64
1.1.1 Rapport d'aspect H/L	64
1.1.1.1 Le prospect et la thermique	68
1.1.1.2 Relation Prospect / Orientation de la rue	69
1.1.1.3 Quelle est la bonne orientation à conseiller et pour quel type de rue?.....	70
1.1.2 Facteur de vue de ciel SVF (SKY VIEW FACTORS)	71
1.1.2.1 Comment évaluer le facteur de vue de ciel SVF ?.....	72
1.1.3 Asymétrie de la rue	74
1.1.4 La forme urbaine et la densité de bâtiments	77
1.1.4.1 Tissu épars	77
1.1.4.2 Tissu dense (compact)	78

1.1.5 Dispositifs urbains	78
1.1.6 Matériaux de construction	80
Conclusion du chapitre 03.....	83

**Chapitre 4: Le rôle de la couverture végétale dans la régulation des ambiances
hygrothermiques de la rue**

Introduction au chapitre 04.....	84
1- la couverture végétale (naturelle).....	85
1.1 L’avis de notre sainte religion sur le végétal, l’arbre et le vert:.....	85
1.2 Quelle est la place de la nature dans l’urbain ?.....	85
1.3 Qu’est ce qu’un végétal et arbre urbains ?.....	87
1.4 Relation entre « arbre-bâtiment » dans la ville :.....	88
1.5 Le végétal et le confort hygrothermique :.....	90
1.6 L’arbre, espace vert et ambiance verte urbaine :.....	91
1.7 Bienfaits de l’arbre et espace vert urbains sur l’ambiance hygrothermique extérieure :.....	92
1.7.1- En été :	93
1.7.1.1 Végétation et refroidissement.....	93
1.7.1.2 Végétation et ombre :.....	94
1.7.1.3 Végétation, humidité et rafraichissement :.....	94
1.7.2 En Hiver :	97
1.7.2.1 Végétation : enveloppe thermique et capteur solaire :.....	97
1.7.2.2 Végétation : brise vent :.....	98
1.7.3 Hiver-Eté :.....	101
1.8 Politique de végétalisation:.....	101
1.8.1 Existe-t-il un plan de biodiversité, un plan directeur qui évalue la quantité et la qualité du couvert végétal ?.....	102
1.9. Outils d’évaluation du couvert végétal :.....	104
1.9.1 L’indice foliaire :.....	104
1.9.2. Fraction de végétation	104
1.10 Les problèmes techniques et multi formels que rencontre un espace végétal dans l’urbain	104
1.11 Réintroduire la dimension verte dans nos rues :	105
2. Combinaison élément minéral et végétal	110
2.1 La réalité de la dimension végétale et minérale dans la rue	112

2.1.1 Particularité de la Perméabilité dans un couvert végétal et minéral.....	113
2.2 Complémentarité minéral-végétal.....	115
Conclusion du chapitre 04.....	117

Chapitre 5 : Etude de cas, Simulation et discussion des résultats

Introduction au chapitre 05.....	119
1. Modalités de travail.....	119
1.1. Présentation du climat de la ville de Sétif	120
1.2. Présentation du model de simulation ENVImet.....	123
1.3. Présentation des canyons de rues simulées.....	124
2. Résultats de la simulation	131
2.1. Rue très large : H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU.....	131
2.1.1 Température de l'air.....	131
2.1.1.1. Comparaison R1 – R2 : H/L= 0.30 - Axe N-S	132
2.1.1.2. Comparaison R3 – R4 : H/L= 0.25 - Axe E-OU	133
2.1.2 Humidité relative	134
2.1.3 Vitesse du vent	135
2.1.4 Comparaison entre H/L= 0.28- Axe E-OU et H/L= 0.3 Axe N-S.....	136
2.2. Rue large : H/L=0.51- Axe N-S.....	139
2.2.1 Température de l'air	139
2.2.1.1. Comparaison R4 - R6	140
2.2.1.2. Comparaison R5 – R6	141
2.2.1.3 Comparaison R1 - R5	141
2.2.2 Humidité relative de l'air.....	143
2.2.3Vitesse du vent	144
2.2.4 Comparaison scénarios H/L=0.5, N-S.....	144
2.3. Rue large : H/L=0.5- Axe E-OU.....	150
2.3.1 Température de l'air	151
2.3.1.1 Comparaison R1 - R5.....	151
2.3.1.2 Comparaison R1 –R4	152
2.3.2 Humidité relative de l'air :	153

2.3.3	Vitesse du vent :	154
2.3.4	Comparaison scénarios	154
2.3.5	Comparaison entre Rue large H/L= 0.5 Axe N/S et E/Ou.....	159
2.4.	Rue Moyenne H/L=1- Axe N-S.....	161
2.4.1.	Température de l'air	161
2.4.1.1.	Comparaison R1 – R2	162
2.4.2.2.	Comparaison R2 – R3	163
2.4.2.	Humidité relative.....	164
2.4.3.	Vitesse du vent	165
2.5.	Rue Moyenne H/L=1- Axe E-OU.....	166
2.5.1.	Température de l'air.....	166
2.5.1.1.	Comparaison R1 – R2	166
2.5.2.	Humidité relative	167
2.5.2.	Vitesse du vent	168
2.5.3.	Comparaison rue H/L=1 Axe N - S et E – OU	169
2.6.	Rue étroite H/L=1.83 - Axe N-S.....	171
2.6.1	Température de l'air	171
2.6.1.1.	Comparaison R1 – R2	172
2.6.1.2.	Comparaison R3 – R4	173
2.6.2	Humidité de l'air.....	174
2.6.3.	Vitesse de l'air	175
2.7	Rue étroite H/L=1.8- Axe E-OU.....	176
2.7.1	Température de l'air	176
2.7.2	Humidité relative	177
2.7.3	Vitesse du vent	178
3.	Discussion de l'indice PMV et PPD	179
3.1.	PMV, Rue très large H/L= 0.3, Axe E-OU.....	179
3.2.	PMV, Rue large, comparaison H/L=0.50 et H/L=0.60- Axe N-S.....	183
3.3.	PMV, Rue moyenne H/L=1, Comparaison profil N-S et profil E-Ou.....	183
3.4.	PMV, Rue étroite H/L=1.83 - Axe N-S, comparaison profil symétrique et profil asymétrique.....	184
4.	Résumé des résultats obtenus	185
4.1.	Qu'elle est la relation l'ambiance hygrothermique et l'orientation de la rue ?.....	185

4.2. Que peut-on dire du rôle du minéral dans la régulation de l'ambiance hygrothermique dans les alternatives de rues simulées ?	185
4.2.1. Relation ambiance hygrothermique - Rapport d'aspect H/L de la rue.....	186
4.2.2. Relation ambiance hygrothermique - SVF - Asymétrie.....	186
4.2.3. Relation ambiance hygrothermique - dispositifs architecturaux notamment des galeries et de surplombs façades	186
4.2.4. Relation ambiance hygrothermique - albédo.....	187
4.3. Qu'en est-il de la dimension végétale.....	187
Conclusion du chapitre 05.....	187
Conclusion générale.....	188
Bibliographie.....	193

Liste des figures

Chapitre 01 : Climat et microclimat dans les espaces extérieurs urbains.

Cas d'étude : la rue

Figure 1.1	:	Relation Climat-morphologie urbaine.	14
Figure 1.2	:	Structure du rapport Confort - Climat.	15
Figure 1.3	:	Un environnement extérieur confortable.....	17
Figure 1.4	:	Séparation des publics urbains selon les modes de transports et balisage de l'espace urbain	24
Figure 1.5	:	UBL , Couche limite urbaine, UCL : couche de canopée urbaine.....	25

Chapitre 02 : Notions d'ambiance et confort hygrothermiques dans les espaces extérieurs urbains

Figure 2.1	:	Interaction dans l'espace et dans le temps.....	29
Figure 2.2	:	Relation Cause - Effet.....	29
Figure 2.3	:	Les dimensions de l'ambiance urbaine.....	32
Figure 2.4	:	Chemin d'évaluation du confort et de l'ambiance. Source : auteur.....	34
Figure 2.5	:	Échelle de sensation thermique de ASHRAE.....	44
Figure 2.6	:	Échelle de Michael Bruse	45
Figure 2.7	:	Indice PMV et PPD.....	53
Figure 2.8	:	Comment obtenir le refroidissement urbain.....	60

Chapitre 03 : Le rôle de la couverture minérale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Figure 3.1	:	Façade potentiellement ensoleillé en fonction du prospect.....	65
Figure 3.2	:	Présentation de l'ombrage de la principale avenue (zone adjacente au bâtiment haut coté droit droite) et le bâtiment résidentiel (carré long sur la droite	66
Figure 3.3	:	Différentes géométrie de la rue : canyon, dièdre et dégagée.....	67
Figure 3.4	:	Comportement de la thermique dans la rue	68
Figure 3.5	:	Vitesse de l'air à l'intérieur et l'extérieur de six canyons différents.....	69
Figure 3.6	:	Vue de ciel, Tissu compact.....	71
Figure 3.7	:	Profil vertical asymétrique.....	75
Figure 3.8	:	Tissus éparses.....	77

Figur 3.9	:	Tissus dense.....	78
Figure 3.10	:	Relation : albédo – îlot de chaleur.....	82
Chapitre 04 : Le rôle de la couverture végétale dans la régulation des ambiances hygrothermique de la rue			
Figure 4.1	:	Schéma des différentes couronnes urbaines en fonction du degré de végétalisation	86
Figure 4.2	:	Plan d'ensemble du quartier Monges Croix du Sud - 3 Rue Didier Daurat- France.....	88
Figure 4.3	:	Strasbourg sud - Rue des Linottes- France	89
Figure 4.4	:	Maquette proposée lors du concours.....	90
Figure 4.5	:	L'arbre et l'évapotranspiration.....	95
Figure 4.6	:	L'influence de la végétation sur le mouvement de l'air.....	98
Figure 4.7	:	Effet de brise vent : distance de protection.....	99
Figure 4.8	:	Qualités écologique de l'arbre.....	100
Figure 4.9	:	Le végétal comme régulateur du microclimat urbain.....	101
Figure 4.10	:	Aménagement en vert.	107
Figure 4.11	:	Stratégies d'aménagement végétal dans la rue canyon.....	108
Figure 4.12	:	Combiner pour la régulation de l'ambiance hygrothermique urbaine.....	110
Figure 4.13	:	Régulation hygrothermique urbaine.	111
Figure 4.14	:	Ombre d'un arbre - ombre d'une galerie.....	113
Figure 4.15	:	Imperméabilisation des surfaces et réduction de l'évapotranspiration.....	113
Figure 4.16	:	Le minéral et végétal dans l'hygrothermique extérieure.....	115
Figure 4.17	:	complémentarité minéral-végétal.....	116
Chapitre 05 : Etude de cas, simulation et discussion des résultats			
Figure 5.1	:	Présentation sur carte des rues simulées.....	124
Figure 5.2	:	Présentation des récepteurs Rue H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU.....	131
Figure 5.3	:	Comparaison R1 - R2 (H/L= 0.30 - Axe N-S).....	132
Figure 5.4	:	Comparaison R3 - R4 (H/L= 0.25 - Axe E-OU)	133

Figure 5.5	:	Présentation des récepteurs Rue N-S , H/L=0.5 – 0.6.....	139
Figure 5.6	:	Comparaison R4 – R6 (N/S - H/L=0.5- 0.6).....	140
Figure 5.7	:	Comparaison R5 – R6 (N/S - H/L=0.6).....	141
Figure 5.8	:	Comparaison R1-R5 (N/S - H/L=0.5 – 0.6).....	142
Figure 5.9	:	Présentation des scénarios - Rue large N-S , H/L=0.6.....	145
Figure 5.10	:	Comparaison entre les scénarios, Humidité absolue (g/kg) - Rue large N-S H/L=0.6.....	148
Figure 5.11	:	Comparaison entre les scénarios, Température de l'air (K) - Rue large N-S , H/L= 0.6.....	150
Figure 5.12	:	Présentation des récepteurs Rue E-OU , H/L=0.5.....	150
Figure 5.13	:	Comparaison R1 – R5 (E/OU - H/L=0.5)	151
Figure 5.14	:	Comparaison R1 – R4 (E/OU - H/L=0.5)	152
Figure 5.15	:	Comparaison entre les scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L=0.5.....	155
Figure 5.16	:	Présentation des récepteurs Rue N-S , H/L= 1.....	161
Figure 5.17	:	Comparaison R1-R2. N/S , H/L = 1.....	162
Figure 5.18	:	Comparaison R2 - R3. N/S , H/L = 1.....	163
Figure 5.19	:	Présentation des récepteurs Rue E - OU , H/L= 1.....	166
Figure 5.20	:	Comparaison R1 – R2. E/OU, H/L = 1.....	166
Figure 5.21	:	Présentation des récepteurs Rue N-S , H/L=1.83.....	171
Figure 5.22	:	Profil 1, comparaison R1 - R2, N-S - H/L=1.83.....	172
Figure 5.23	:	Profil 2, comparaison R3 – R4, N-S - H/L=1.83.....	173
Figure 5.24	:	Présentation des récepteurs Rue E-OU , H/L=1.83.....	176

Liste des graphiques

Chapitre 03 : Le rôle de la couverture minérale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Graphique 3.1	: Variation des températures de l'air et surfaces en fonction du SVF.....	74
Graphique 3.2	: Écart de température de l'air au niveau de la rue pour un canyon asymétrique (a) et canyon symétrique (b) pour H/L=2 et 1.....	76

Chapitre 05 : Etude de cas, simulation et discussion des résultats

Graphique 5.1	: Température de l'air en (C°) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale.....	122
Graphique 5.2	: Humidité relative en (%) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale.....	122
Graphique 5.3	: Vitesse du vent en (m/s) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale.....	123
Graphique 5.4	: Comparaison entre Température de l'air en (C°) et la température de l'air prise à 1.40m du sol.....	130
Graphique 5.5	: Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU.....	131
Graphique 5.6	: Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU.....	134
Graphique 5.7	: Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU.....	135
Graphique 5.8	: Comparaison Température de l'air (C°) - Rue large H/L= 0.30. E-OU et H/L=0.30 N-S.....	136
Graphique 5.9	: Comparaison Humidité relative (%) - Rue large H/L= 0.30. E-OU et H/L=0.30 N-S.....	137
Graphique 5.10	: Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6.....	139
Graphique 5.11	: Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6.....	143
Graphique 5.12	: Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6.....	144
Graphique 4.13	: Comparaison des scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L=0.6.....	146
Graphique 5.14	: Comparaison des scénarios, Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L=0.6.....	147
Graphique 5.15	: Température de l'air (C°) - Rue large N-S , E/OU=0.5.....	151
Graphique 5.16	: Humidité de l'air - Rue large N-S , E/OU=0.5.....	153

Graphique 5.17	:	Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , E/OU=0.5.....	154
Graphique 5.18	:	Comparaison des scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L=0.5.....	156
Graphique 5.19	:	Comparaison des scénarios, Humidité de l'air (%) - Rue large E-OU , H/L=0.5.....	167
Graphique 5.20	:	Comparaison Humidité relative (%) - Rue large H/L= 0.5. E-OU et N-S.....	159
Graphique 5.21	:	Comparaison Humidité relative (%) -Rue large H/L= 0.5. E-OU et N-S.	159
Graphique 5.22	:	Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L= 1.....	161
Graphique 5.23	:	Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L= 1.....	164
Graphique 5.24	:	Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L= 1.....	165
Graphique 5.25	:	Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L= 1.....	166
Graphique 5.26	:	Humidité relative (%) - Rue large E-OU , H/L= 1.....	167
Graphique 5.27	:	Vitesse du vent (m/s) - Rue large E-OU , H/L= 1.....	168
Graphique 5.28	:	Comparaison de la température de l'air (C°) - H/L= 1, N-S et E-OU.....	169
Graphique 5.29	:	Comparaison de l'humidité relative - H/L= 1, N-S et E-OU.....	169
Graphique 5.30	:	Température de l'air (C°) - Rue étroite N-S , H/L=1.83.....	171
Graphique 5.31	:	Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L=1.83.....	174
Graphique 5.32	:	Vitesse du vent (m/s) - Rue étroite N-S , H/L=1.83.....	175
Graphique 5.33	:	Température de l'air (C°) - Rue étroite E-OU, H/L=1.8.....	176
Graphique 5.34	:	Humidité relative (%) - Rue large E-OU , H/L=1.8..... ; ;.....	177
Graphique 5.35	:	Vitesse du vent (m/s) - Rue étroite E-OU , H/L=1.8.....	178
Graphique 5.36	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L= 0.3 Axe N-S	179
Graphique 5.37	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L= 0.25 Axe E-Ou	180
Graphique 5.38	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L=0.30 N-S et H/L= 0.25 Axe E-Ou	181
Graphique 5.39	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue large, H/L=0.60 et H/L=0.50, Axe N-S.....	182
Graphique 5.40	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue moyenne, H/L=1, Axe N-S et E-Ou.	183
Graphique 5.41	:	Valeur de l'indice PMV (%) - Rue étroite, H/L=1.83, profil symétrique et profil asymétrique, Axe N-S.....	184

Graphique 5.42	Comparaison de la température de l'air (C°), rue E/Ou, H/L= 0.28, 0.5, 1,	
	: 1.80.....	186

Liste des tableaux

Chapitre 02 : Notions d'ambiance et confort hygrothermiques dans les espaces extérieurs urbains

Tableau 2.1	: Échelle MTV.....	44
Tableau 2.2	: Indices de stress thermique (heat stress indices).....	49
Tableau 2.3	: Domaine de l'indice de confort thermique PET pour différentes catégories de la perception thermique des êtres humains.....	51
Tableau 2.4	: Indice humidex.....	58
Tableau 2.5	: Le refroidissement éolien H.....	60

Chapitre 03 : Le rôle de la couverture minérale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Tableau 3.1	: Comparaison entre les valeurs du logiciel 3DSkyView Extension et les valeurs estimées.....	73
-------------	--	----

Chapitre 05 : Etude de cas, simulation et discussion des résultats

Tableau 5.1	: Température moyenne (C°) des années 1996 à 2005.....	121
Tableau 5.2	: Humidité relative en (%) moyenne des années 1996 à 2005.....	121
Tableau 5.3	: vitesse du vent moyenne (m/s) des années 1996 à 2005.....	121
Tableau 5.4	: Présentation des propriétés des rues simulées.....	125,129
Tableau 5.5	: Écart de température (C°) entre R1 – R2 (H/L= 0.30 - Axe N-S).....	132
Tableau 5.6	: Écart de température (C°) entre R3 – R4 (N/S - Axe E-OU).....	133
Tableau 5.7	: Écart de température entre R4 – R6 (N/S - H/L=0.5- 0.6).....	140
Tableau 5.8	: Écart de température R5 – R6 (N/S - H/L=0.6).....	141
Tableau 5.9	: Écart de température (C°) entre R1 – R5 (N/S - H/L=0.5 – 0.6).....	142
Tableau 5.10	: Écart de température entre l'état réel et différents scénarios (N/S - H/L=0.6).....	146
Tableau 5.11	: Écart de l'Humidité relative entre l'état réel et les différents scénarios (N/S - H/L=0.6).....	147
Tableau 5.12	: Écart de température entre R1 – R5 (E/OU - H/L=0.5).....	151
Tableau 5.13	: Écart de température entre R1 – R4 (E/OU - H/L=0.5).....	152
Tableau 5.14	: Écart de température entre l'état réel et différents scénarios (E-OU - H/L=0.5).....	156
Tableau 5.15	: Écart de l'humidité relative entre l'état réel et différents scénarios (E-OU - H/L=0.5).....	157

Tableau 5.16	: Écart de température (C°) entre R1 – R2 , N/S - H/L=1.....	162
Tableau 5.17	: Écart de température (C°) entre R2 – R3, N/S - H/L=1.....	163
Tableau 5.18	: Écart de température (C°) entre R1 – R2, N-S - H/L=1.8	172
Tableau 5.19	: Écart de température (C°) entre R3 – R4, N-S - H/L=1.83.....	173

Introduction générale

« Il ne s'agit pas pour l'humanité de préserver le monde naturel, mais plutôt de se préserver elle-même. La précarité de la nature est notre propre fragilité. » – (Amartya, S. P309).

Réchauffement global, érosion de la biodiversité, pollution de l'air, détérioration du cadre de vie et autres. Aujourd'hui font partie des grands titres de presse et même des magazines de loisirs, notamment à partir des années 1970, où la planète est devenue un sujet d'étude interdisciplinaire. Tant de dévoilement, sans que le monde s'en remue suffisamment, il se retrouve devant un sérieux dilemme, comme ça a été évoqué par Walter, M en 2008, vivre cette situation et anticiper autant que possible la pénurie proche des ressources, ou vivre autrement pour autant que possible garder de ces dernières ressources pour les générations futures.

Cette problématique intéresse la ville autant que ses alentours et campagnes, et c'est la responsabilité des spécialistes et profanes. Comme conséquence, l'homme trouve des difficultés à se positionner dans l'intervalle de : [Vulnérable, Destructeur], présentement, il est à la fois témoin et acteur face à cette lourde équation, car les facteurs environnementaux augmentent le degré et l'étendue de sa vulnérabilité et ses activités et décisions à lui ne font que rallonger la liste de ces menaces.

« L'homme moderne domestique la nature afin d'y gagner en sérénité et confort. Mais il produit l'inverse en créant un climat d'incertitude et d'inquiétude qui installe la nature dans le registre de l'angoisse » (Kalaora, 1998).

Toutefois, les facteurs environnementaux divers ne se limitent pas qu'aux catastrophes et sont liés aux aspects du développement durable, mais peut être qu'avec des mesures de redressement et de prévention on parvient à atténuer le degré de vulnérabilité.

Conscients des conséquences, la priorité a été donnée à l'environnement et l'écologie, les efforts ont été particulièrement portés à grande échelle : (l'eau, l'énergie, ...) ou carrément à l'environnement intérieur ventilation, (thermique et lumière ...). Tandis que l'environnement extérieur de nos villes à l'échelle des quartiers et rues reste humblement pris en compte.

En effet dans la majorité des villes actuelles, l'urbanisation accélérée est devenue un processus incontrôlable et imprévisible, tout comme les catastrophes naturelles. Plus particulièrement l'urbanisation des villes Algériennes, densité, forme, géométrie, orientation, matériau,... paramètres souvent non appropriés au climat local. Il en résulte un espace extérieur urbain, espace négatif souvent non assumé et sujet à de sérieux aléas climatiques.

Étant un environnement perceptible, la ville est loin d'être un objet qu'on façonne au gré de nos envies et besoins actuels sans se soucier de l'image finale qu'on peut obtenir, c'est à nous responsables d'engager la ville dans une course pour une continuité physique et perceptible entre l'espace intérieur, souvent jugé confortable et extérieur jugé souvent inconfortable. Pour ce, il serait peut être opportun de penser la ville dans sa globalité. (Tchekemian, A., 2007)

Comment faire durer le bien être de l'homme dans l'urbain ?

L'espace extérieur est en permanente mutation, il entrave souvent les déplacements du piéton et ses orientations, en parallèle, le piéton en permanente mobilité arpente l'extérieur en quête d'un minimum de confort de sorte qu'accomplir ses activités urbaines journalières en ville ne reste plus un parcours de contraintes.

La notion du confort extérieur importe peu les responsables (urbaniste, planificateur, architecte, paysagiste, et autres). Ce sont eux les producteurs des ambiances extérieures, et un geste non approprié à la situation (homme - espace - climat local) peut engendrer des situations de stress, et ce sur l'échelle spatiale, et temporelle (fluctuations journalières et saisonnières).

Pourquoi les erreurs du passé existent toujours, malgré les expériences des décideurs aussi variées que nombreuses ?

C'est un problème que rencontrent la majorité des villes actuelles, il est souvent dû à la méconnaissance des facteurs environnementaux, associée au manque de sensibilisation

d'œuvrer pour une ville écologique et durable. Cela renvoie à son tour à l'hégémonie des fonctions économiques, politique et techniques dans les décisions prises, qui font que les autorités responsables sont disposées à tolérer quelques erreurs irrémédiables.

« A l'architecte qui conçoit le projet, ne sont proposés aujourd'hui que des segments de compétences, un arsenal de réglementations et de techniques, les unes acoustiques, d'autres lumineuses, d'autres thermo-aérauliques, chacune d'entre elles n'ayant en commun ni lois, ni grandeurs, ni technologies. » (Augoyard, J. -F., 2008).

Un espace n'est jamais attractif et fonctionnel s'il ne procure pas un minimum de confort, et pour viser des enjeux plus lointains, l'implication et la sensibilisation de l'homme dans la conception de son urbain développe chez lui une éducation environnementale et intègre en lui les bonnes pratiques au sein de sa cité et sa ville en général.

Peut-on sortir de cette apathie et relever ce défi dans notre pays ?

Dans la ville algérienne actuelle, malgré la disponibilité des moyens, les paramètres climat et ambiance urbains demeurent rarement pris en compte. Le résultat de nos opérations sur l'urbain, donne à penser que le but est de concevoir des espaces extérieurs tout court, le confort est comme une option qu'il faut payer plus pour l'avoir. Dans la plupart des pays développés, l'état consacre des budgets considérables, mettant en place des plans solides et actifs pour insérer la conception de ces espaces dans le cadre du développement durable, notamment améliorer la qualité de vie du piéton dans la rue.

La rue étant une interface des balances urbaines et architecturales, porte généralement sur plus d'un quart de la zone urbaine, c'est un volume vide géométrisé par le bâti, un simple résultat des détails de géométrie, de l'orientation solaire.

En tant qu'espace extérieur, elle est pensée uniquement comme couloir de circulation ouvert, dans lequel le piéton n'est pas exposé longtemps au même décor et à la même ambiance. Il y circule, déambule, s'assoit, se réunit, bref poursuit ses activités quotidiennes et épisodiques, mais souvent dans des conditions défavorables. Il y éprouve un sentiment d'insécurité, de stress et d'inconfort, alors qu'elle est sensée répondre à certains principes favorisant : bien-être, sécurité et santé de ses usagers.

Que faire pour que nos rues soient plus humaines et un paradis de la mobilité ?

Rendre à la rue sa part d'humanité, c'est lui rendre sa dimension habitable, pour qu'elle n'exprime plus les frustrations de l'homme mais plutôt faire d'elle là où il fait bon vivre.

Il est possible d'assurer avec des aménagements à moindre coût et bien appropriés une qualité urbaine et un usage piéton en renforçant la qualité et l'intensité des activités individuelles et même en groupe dans une rue humaine et conviviale, il s'agit de « l'urbanisme clean » (Dolle., 2005. Thibaud, J. P., 2007).

Cette manière de s'approprier les contraintes des espaces extérieurs est celle d'inventer une manière de les survivre, en absorbant les effets par des mesures de protection ou d'adaptation en vue de conduire à une planification urbaine optimale.

Bien évidemment, il est difficile d'atteindre des conditions extérieures optimales en milieu urbain siège des nuisances, il est même impossible d'établir des repères architecturaux et urbains exhaustifs propres au climat de la ville, car chaque situation climatique à ses repères et outils de conception, c'est ce qui fait qu'une ambiance urbaine soit une atmosphère qui se conçoit et change d'un lieu à un autre et d'un temps à un autre selon plusieurs paramètres (le climat, la géométrie, les éléments urbains...).

Que faire pour que la planification urbaine optimale ne reste plus une simple idée qui figure dans les catalogues de bonnes intentions ?

L'aménagement de l'ambiance extérieure optimale dans des zones à climat hostile, dont notre pays fait partie, depuis l'échelle de la ville jusqu'au matériau et plante, reste un acte complexe, lourd et rare, car il doit assurer sa pérennité (ambiance) face à la dureté des conditions climatiques, de la subjectivité du ressenti chez l'homme ainsi qu'au nombre important de variables urbaines et services impliqués.

Problématique :

Dans l'urbain, les paramètres climatiques qui affectent le plus nos ambiances sont bien évidemment La température, l'humidité et la vitesse de l'air, c'est sans doute la raison pour laquelle, la plupart des investigations actuelles se concentrent sur l'ambiance thermique et l'ambiance hygrothermique extérieures.

Le confort hygrothermique dans les ambiances extérieures est une question d'appréciation relativement subjective, l'un des éléments les plus importants dans sa

caractérisation est la géométrie de la rue (bâtiment, éléments en façade, hauteur et couleur), elle influence directement la température de l'air et l'humidité et l'écoulement du vent, ce qui touche même la zone urbaine avoisinante.

La relation entre la géométrie urbaine et le confort hygrothermique reste obscure, et non exploitée, mais l'interdépendance qui existe entre eux agit fortement sur la qualité de nos ambiances extérieures. La végétation à son tour est un élément performant et a des effets positifs sur l'ambiance hygrothermique notamment sur l'humidité de l'air grâce au processus d'évapotranspiration.

Les divers scénarios des ambiances hygrothermiques n'ont guère été abordés dans une démarche écologique, et même si la majorité des sujets d'études actuels pourraient donner à penser cela, plusieurs études ont prouvé que l'élément végétal (arbre, plante...) seul ne peut contribuer à la correction et l'amélioration de la qualité des ambiances hygrothermiques de nos rues.

Il est à noter, que même lorsqu'on pense à la végétation on le fait par des gestes timides, d'autant plus que la quasi-totalité de nos espaces végétalisés manquent de gestion et d'entretien. Précisément le problème majeur réside dans les régions à climat hostile où les conditions sont défavorables à la survie des arbres et de la végétation. L'arbre est un être vivant fragile et biologiquement exigeant, en milieu urbain, aménager un petit jardin exige des moyens, une grande sensibilisation économique (budget conséquent) et demande un plan de gérance.

Face à ces contraintes multi formelles, l'élément naturel s'avère insaisissable et insuffisant comme seul élément régulateur des conditions climatiques extérieures. On ne peut attendre d'une petite surface verte et un trottoir intimement arboré de résoudre les problèmes hygrothermiques importants.

Alors peut-on imaginer ces villes sans arbres ? bien sûr que non. «...*Aujourd'hui, plus que jamais, l'idée même d'une ville sans arbres est assimilée à une ville morte, non viable.* » (Touareg., 2002).

De cet angle, pour assurer un bon contrôle des ambiances hygrothermiques dans la rue on fait recours à une intervention intermédiaire à laquelle peu d'études ont accordé de l'importance, résoudre les conditions d'inconfort hygrothermique extérieur par

l'élément minéral (le bâti), avec des dispositifs minéraux, combinés à l'élément végétal comme appoint. Pour ce, les questions qu'il convient de poser sont :

1. Quel est le rôle du minéral et du végétal dans l'évaluation et la maîtrise des ambiances hygrothermiques de nos espaces extérieurs ?
2. Faudrait-il penser à un seul élément régulateur des ambiances extérieures de nos rues, ou plutôt combiner entre les deux ; l'élément minéral (artificiel) et l'élément végétal (naturel) ?
3. Comment réussir une interaction entre les deux éléments (végétal et minéral) en amont de toute conception architecturale ou urbaine afin de réussir le confort hygrothermique du piéton ?

Hypothèse :

Le recours à des solutions et techniques intermédiaires tels que l'emploi judicieux d'éléments minéraux et végétaux, selon la situation qui se présente, peut contribuer avec force à la régulation des ambiances hygrothermiques des espaces extérieurs.

L'objectif de la recherche :

- Comprendre l'impact du climat sur l'environnement extérieur.
- Maîtriser l'impact des bâtiments sur l'environnement extérieur, et créer un environnement confortable.
- Mener une investigation afin d'estimer le rôle de la couverture minérale et la couverture végétale sur le confort hygrothermique extérieur.
- évaluer les avantages des espaces minéraux et végétaux et leur contribution à la régulation des ambiances hygrothermiques.
- Allier les notions de confort hygrothermique et durabilité.

Méthodologie :

L'étude présente est principalement motivée par la volonté de lier les connaissances sur la conciliation : des paramètres environnementaux (température, humidité et vent) et les

composants urbains (géométrie, végétal) aux espaces extérieurs particulièrement la rue dans les opérations d'aménagement dans les villes d'aujourd'hui.

A cette fin, l'étude sera organisée en deux parties :

La première partie constitue une ample recherche théorique sur les notions essentielles à la bonne compréhension de la question de recherche, (climat, microclimat, espaces extérieurs urbain, ambiance et confort hygrothermiques), et la réponse à la question de recherche. En vue d'enrichir le questionnement, la seconde partie quant à elle, « étude de cas » est basée sur la simulation de la dynamique hygrothermique et urbaine aux moyens des logiciels (Envi-met 3 et Leonardo) à l'aide d'exemples concrets afin de confirmer ou réfuter l'hypothèse.

« L'architecture est une science qui embrasse une grande variété d'études et de connaissances ; elle connaît et juge de toutes les productions des autres arts. Elle est le fruit de la pratique et de la théorie. » VITRUVÉ

Chapitre 01 : Climat et microclimat dans les espaces extérieurs urbains. Cas d'étude : la rue

Introduction :

Selon les derniers recensements, plus de 1/2 de la population mondiale vit désormais en ville, les agglomérations couvrent 2 % de la surface de la planète, concentrant 80 % des émissions de CO₂ et consommant 75 % de l'énergie mondiale. (Tregouët, R., 2005).

Le discours mondial sur l'architecture durable et le design urbain s'unifie autour d'un facteur primordial à leurs réussites, qui est le climat. Les ateliers et laboratoires de recherche, congrès et conférences et toutes sortes d'organismes engagés pour cette recherche visent à intégrer les différents contextes du climat depuis l'échelle de la ville jusqu'à celle des matériaux et composants. Pour autant que possible diminuer la responsabilité écrasante de la construction dans le réchauffement global.

On entend toujours dire qu'on dépend du climat, de ses caprices et ses changements. La question qu'il convient de poser est : *Peut-on appréhender les humeurs de la nature ? Comprendre le jeu des quatre saisons, du jour et de la nuit, le soleil, le vent et la pluie, fera-t-il d'eux les petits soldats de notre commandement ?*

Théoriquement cela nous paraît probable, or la réalité est loin d'être à l'image des théories, et la nature créature de Dieu est loin d'être appréhendable.

Le climat est une condition de vie, qui suit une certaine logique demeurant pas bien comprise, auquel l'homme doit s'y-inscrire parfaitement pour éviter ses impératifs les plus rigoureuses et les plus sévères.

1. Perceptions divers du climat :

«*Le climat est clairement l'un des principaux facteurs de la culture, et le milieu bâti* »
(Beng, T. H., 2000. P3).

Chaque chercheur a sa propre façon d'aborder le climat dans sa spécialité, le météorologue, l'écologiste, l'architecte, l'urbaniste..., il serait peut être opportun si tout le monde pense à l'intégrer dans tout ce qu'il produit (forêt, ville-, maison...). De nos jours, même les artistes ont leur propre approche, on assiste à un nouveau concept, qui est la climatologie de l'art c'est trouver une représentation artistique au différents paramètres du climat, en d'autre terme donner une valeur esthétique à l'air, la pluie, les nuages, le brouillard et le changement climatique... (Boulay, B., 2009)

Si nous pensons à personnifier le climat à travers nos œuvres, nous faisons quoi nous les architectes ?

Les problèmes environnementaux vont bien au-delà des compétences des spécialistes, chercheurs et artistes. L'homme en appréhendant le climat urbain, se trouve entre construire pour se protéger du climat ou le bien comprendre pour faire de lui un élément constructif et répondre à ses propres questionnements avec son milieu (naturel-urbain).

1.1 Le climat urbain :

Le climat urbain est un champ de recherche partagé entre la climatologie, météorologie l'urbanisme et la science du bâtiment, et tous adoptent la forme de la rue comme l'unité structurelle d'étude. Selon la description de Katzshner du climat urbain idéal, c'est une situation atmosphérique procurant de l'ombre pour contrer le stress thermique, et assurant la ventilation tout en se protégeant du vent. (Scudo, G., 2002).

Tenter de trouver un terrain pour une synthèse harmonieuse entre les trois dimensions suivantes : le climat, la vocation de l'espace urbain (quartier, rue) et le confort de l'homme par la conception, se trouve l'objectif primaire de l'urbanisme climatique.

Plusieurs facteurs ont été estimés susceptibles d'influencer le climat urbain et ont fait objet de plusieurs études dans les années cinquante (1950) tel que : la pollution atmosphérique, l'albédo (plus faible qu'en milieu rural), les rejets thermiques anthropiques, la capacité calorifique et l'imperméabilisation des sols, la géométrie de la ville. (Colombert, M., Diab, Y., Salagnac, J-L., 2006)

1.2 Urbanisme climatique et conception bioclimatique urbaine :

« Professionnels de la conception urbaines sensibles ont développé les principes de conception climatique pour aider les collectivités vers le développement durable en diminuant les ressources qu'ils consomment, tout en améliorant la qualité de vie dans espaces urbains ». (Ryser, et Halseth., 2008, McPherson., 1984. et Owen., 1994).

L'un des principaux problèmes que rencontrent l'ancienne et contemporaine ville dans le design urbain, a été d'ordre climatologique. (Bourbia, F. et Awbi, H., 2004). La question qui s'est toujours posée et qui est toujours en quête de réponse est : Comment concevoir avec le climat ?

Concevoir avec le climat, c'est construire en exploitant les ressources du climat pour autant que possible réduire la demande en énergie.

Dans l'architecture urbaine traditionnelle, les concepts du design urbain climatique étaient une variable principalement prise en compte, bien connue et perçue, fournissant de bonnes solutions pour la gestion de la dimension climatique. En terme simple c'étaient une solution pour la conception bioclimatique urbaine, comme exemple : les espaces de transactions thermiques entre l'intérieur et l'extérieur, rues et passages couverts, ruelles, places protégées... C'est un modèle d'adaptation climatique. (Kitous, S. Djenane, M. Daoudi, N. Boussoulim, A. Bensalem, R., 2004).

Ce qui illustre la conscience d'œuvrer avec le climat c'est :

- appliquer les directives de la nature, en s'inspirant des conditions climatiques et tirant profit du potentiel de l'énergie physique.
- se protéger de ses excès et conditions défavorables.

« L'histoire urbaine nous rappelle que la volonté de maîtrise de l'environnement des rues ne date pas d'hier. Que l'on se réfère aux rues à arcades ou aux passages

couverts, divers dispositifs construits ont été inventés dans le passé pour contrôler certains facteurs climatiques. » (Thibaud, J. P., 2007. P8)

De nos jours, cette volonté de maîtrise de l'environnement (flux ambiants : chaleur, lumière, vent...) seule ne suffit plus, et la raison est que les problèmes du design urbain contemporain, là où ils sont constatés proviennent de la non maîtrise de l'urbanisation (aménagement, réhabilitation, construction...) mais les deux causes qui se voient les plus conséquentes sont :

L'ignorance du climat dans les processus d'urbanisation, accompagnée de la méconnaissance dans le domaine des ambiances et confort extérieurs, cette deuxième cause découle en effet de la première. Car ignorer ce paramètre, notamment dans les zones où il se présente hostile, serait une action imprudente à l'égard du bien être de l'homme et de la qualité de l'espace.

Cela dit, il nous faut penser à regagner le savoir que nos anciens avaient, qui, conjugué à l'apport des technologies et sciences actuelles, peut faire de la ville contemporaine un model de l'adaptation climatique.

Chaque climat génère des propriétés et caractéristiques qui lui sont particulières et uniques, l'environnement urbain assiste à de profondes mutations et transformations, cependant une étude bien approfondie et croisée, menée par les spécialistes responsables chacun dans son domaine respectif, réussit un urbanisme bioclimatique adaptable à un large éventail de climats. Il est évident qu'établir une typologie par rapport au climat n'est pas vraiment possible, l'objectif est surtout de fournir aux concepteurs des repères de conception simplifiés et faisables spécifiques à chaque situation climatique saisonnière qui peuvent changer au fil des années.

Et comment concevoir avec le climat de chaque région en tenant compte du changement climatique, et les nouvelles menaces ?

Explorer le climat c'est tenir compte des aspects du changement climatique pour le confort extérieur urbain et l'économie de l'énergie.

Le climat change et les menaces urbaines et niveaux de vulnérabilité évoluent, les ressources et mécanismes misent en place d'aujourd'hui deviennent probablement insuffisantes pour demain, ce ci est pareil pour la capacité de résistance des usagers.

Des mesures spécifiques et la mobilisation des plans traitant chaque situation à part sont à mettre en opération : ces plans peuvent être sujet de deux sortes de traitement urbain :

- Plan préventif : En amont du projet, c'est une intervention un peut précoce, il s'agit d'adapter des plans masses préventifs contre les inconforts climatiques, en évaluant le pourcentage de minéralité a ne pas dépasser pour aérer nos rue et le massif végétal à mettre en place pour les rafraichir, et s'il ya lieu de mettre en place des plans d'eau...
- Plan correctif : En aval du projet, cas des rues présentant des déficits dans des points bien connus, la correction fera l'objet de l'installation d'abris, d'arbres et des dispositifs de protection contre vent, pluie, soleil, ou même d'enlever quelques uns s'il le faut. (Malgouyres, C. L., 2004)

Ces plans peuvent assurer une réponse aux besoins immédiats et futures de l'urbain, notamment en matière de refroidissement ou réchauffement, de nombreuses techniques et méthodes peuvent être évoluées sur place en réponse des menaces subites, elles peuvent être naturelles, artificielles et autres hybrides, passives-artificielles. Ainsi qu'une meilleure qualité de l'espace en inculquant une réelle signification sensorielle et esthétique.

Dans l'environnement urbain, le bilan énergétique se trouve dépendant non seulement des paramètres physiques tels que le rayonnement solaire, l'humidité et la vitesse du vent mais aussi de la complexité du milieu bâti et la masse végétale.

La variabilité de l'interaction entre ces facteurs physiques et les composants urbains (bâti-végétal-eau) crée une variété spatiale et une variété d'ambiance, ainsi elle entraîne des transformations, dont certaines sont avantageuses et d'autres constituent un réel danger sur le bien être de l'homme, du bâtiment et l'espace extérieur, cette interaction est ce qu'on appelle le microclimat urbain.

1.3 Microclimat dans les espaces extérieurs urbains :

Le processus d'urbanisation avec tout ce qu'il entraîne comme changement, donne naissance à un nouveau climat, ce résultat est bien connu sous le nom de microclimat urbain. L'interaction entre l'environnement urbain et le climat nécessite une bonne

compréhension de la micro-climatologie urbaine, cette dernière qui se voit un enjeu très important dans l'étude de la maîtrise de l'énergie, de la qualité de l'air et du confort de l'homme. (Vinet, J., 2000).

Le microclimat c'est le soleil, le vent, la température, l'humidité, la lumière... Présager la nature du microclimat d'un secteur urbain donné dès la phase de conception, c'est comprendre l'évolution spatio-temporelle de ses paramètres.

Dans l'urbain, chacune de ces notions tisse un certain nombre de relations avec l'autre et entre en jeu l'une avec l'autre à différentes échelles, se présentant dépendante ou indépendante, variable ou constante. Dans ce contexte si on pense à positionner chaque notion par rapport à l'autre on obtient la structure suivante :

Le microclimat se trouve comme dépendant de la morphologie urbaine, celle-ci se présente indépendante de lui, on peut dire que c'est une dépendance à un seul sens. Le climat à ce stade se manifeste comme variable intermédiaire (Fig 1.1).

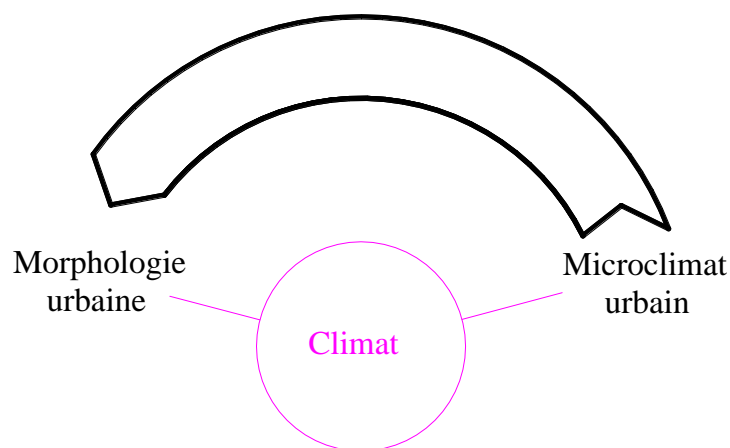


Figure 1.1 : Relation Climat-morphologie urbaine. Source : auteur

Au milieu de cette structure délicate le confort de l'homme et sa possibilité d'adaptation au milieu urbain ainsi obtenu se trouvent à leurs tours dépendants à la fois du macroclimat et de la morphologie urbaine (Fig 1.2).

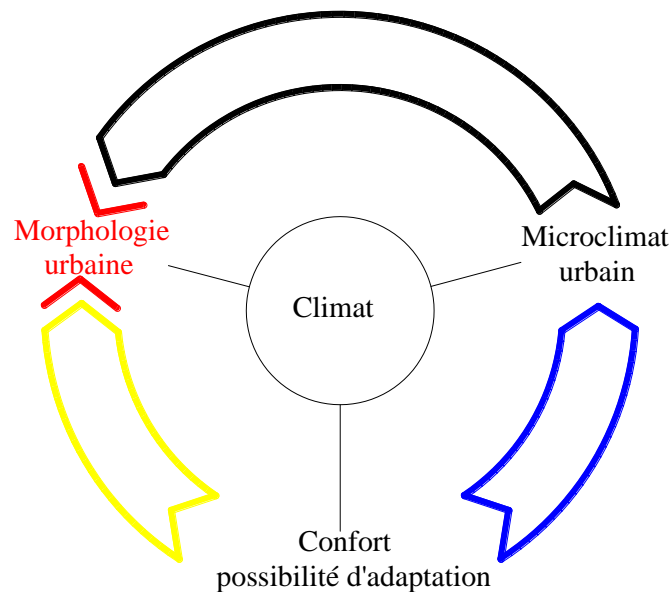


Figure 1.2 : Structure du rapport Confort - Climat. Source : auteur

On en conclut, que cette machine fonctionne avec régularité, et améliorer le microclimat et plus particulièrement le confort dans la rue, c'est réussir la conciliation entre la caractéristique climatique et la morphologie de la rue. (Ouameur, F. A. Arch, B. Potvin, A. Arch, M. Ph.D., 2007)

Tout comme le climat, le microclimat résulte de l'interaction entre les phénomènes physiques (ensoleillement, humidité et vent..), la nature et propriétés des composants urbains (bâti, végétal, eau ...) et l'activité humaine.

L'interaction de ces paramètres au sein de la canopée urbaine, génèrent un large éventail d'espaces extérieurs et crée des conditions atmosphériques variables dans l'espace et dans le temps, il s'agit là, de la naissance du microclimat.

La rue est ornée de bâtiments de différentes tailles et couleurs, entourés de voies et de trottoirs, souvent plantés d'arbres. Chaque intervention sur l'urbain peut changer significativement le régime du vent, la quantité de chaleur accédée au sein de la canopée et celle émise, la surface ombrée, bref crée un microclimat spécifique et différent. Pour faire une analyse du microclimat d'une rue, il faut analyser tous les facteurs qui contribuent à sa création et plus précisément, Selon Brown et Gillespie (1995) et Torre

(1999) une analyse microclimatiques implique une analyse précise de tous les éléments présents sur le site étudié, comme:

- Aspect physique de la ville : situation géographique et caractéristiques climatiques
- Forme urbaine : forme de la rue et ses proportions, densité...
- Composants de l'urbain : bâtiment, dispositifs urbains (arcades, avancées, ...), Couverture végétale (arbre et herbe...), plans d'eau (fontaines, bassins, ...)
- Caractéristiques et propriétés des composants (couleur du matériau, albédo, ...) (Panagopoulos, T., 2008).

Pour une meilleure qualité environnementale, œuvrer chacun de son côté ne réussira peut être pas à donner des solutions efficaces, car si les climatologues et concepteurs croisent leurs champs d'investigation pour un travail multidisciplinaire, ça élargit leurs champs de recherches sur le fonctionnement du Duo Climat - Conception, et arrive à répondre aux questionnements suivants :

Quels sont les effets environnementaux sur le bâtiment ?

Comment la variabilité des composants urbains et textures urbaines créent de différents microclimats et influencent le climat urbain ?

Chaque opération de conception ou réhabilitation dans l'urbain doit être inscrite dans un cadre opérationnel et selon des directives du bio-design urbain climatique, autrement dit une gestion climatique de la rue (ventilation naturelle, accès du soleil, ombre, rafraîchissement...). Réussir ce défi peut être constaté par l'optimisation du mode de consommation de l'espace extérieur, une mobilité bien fluide au sein d'un confort accru, et par-dessus tout, la manifestation de la satisfaction de l'homme dans les espaces extérieurs urbains.

2. L'espace extérieur urbain :

L'actualité de l'environnement et les différentes perspectives sont alimentées par un souci commun qui vise une meilleure production de la ville : synonyme d'environnement perceptif et siège de promesse des relations humaines.

En cette époque de crise en matière de forme urbaine, l'urbanisme ne devrait plus se focaliser sur un seul intérêt, celui de créer des cités, bâtir des logements et infrastructures en masse, mais plutôt offrir un cadre temporel et spatial adéquat pour

toutes les activités urbaines qui s'opèrent au sein d'une ville et l'espace extérieur urbain comme lieux d'interaction social et culturel, ayant la mobilité comme ressource. (Web 1, auteur non désigné)

On s'interroge souvent sur ce qu'il y a comme différence ou comme tonalité entre la notion de confort avec tout ce qui en est relatif (bien être et ce dont l'homme urbain en a besoin), et l'espace extérieur souvent synonyme de réservoir de nuisances, alors que ce sur lequel on devrait s'interroger ; c'est comment regrouper ces morceaux de puzzle urbain pour réussir un environnement confortable et convivial dans un espace extérieur urbain et par extension la ville (Fig 1.3).

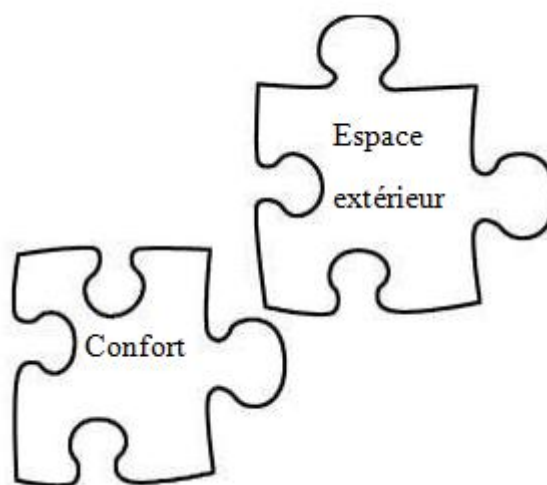


Figure 1.3 : un environnement extérieur confortable. Source : auteur

Selon Balajy, O. Desèvedavy, G. Madec, P., (2009), on marche vers une époque, où nous allons de plus en plus vivre en extérieur, où il sera de plus en plus habitable, on assiste à une architecture légère, ouverte, et moins fermée, où le confort sera partagé entre l'intérieur et l'extérieur. Où l'homme sera dans un espace extérieur urbain à grande capacité d'usage et d'appropriation.

Par nature on dirait que l'espace extérieur urbain est un espace ouvert aux citoyens, partagé, et selon la diversité de sa forme, sa fonction et sa vocation, chacun de nous développe sa propre façon de l'approcher. Le terme extérieur renvoie à une dimension plus large que celle de desservir les quartiers et lieux, c'est là où se joue la dimension sensible de la vie urbaine et là où l'expression de l'homme se voit en public. Il est sensé constituer un lieu qui regroupe toute action sociale.

« Au 18^e siècle, les espaces extérieurs sont réunis sous le terme d'espace public, lieu de l'anonymat ou des rencontres informelles. » (Merlin, P. et Choay, F., 2005).

Devenu un enjeu fondamental et problématique du développement durable (environnemental, social, économique...), l'étude de l'espace extérieur urbain doit répondre à toutes les questionnements qui s'y rattachent : sur son rôle, sa fonction, sa transformation et dynamisme et les différents facteurs influents (urbanisation, étalement, climat et facteurs environnementaux...).

De quoi l'espace extérieur est-il composé ? « En tant que composé d'espaces ouverts ou extérieurs, l'espace public s'oppose au sein du domaine public, aux édifices publics. Mais il comporte aussi bien des espaces minéraux (rues, places, boulevards, passages couverts) que des espaces verts (parcs, jardins publics, squares, cimetières...) ou plantés (mails, cours...) ». (Merlin, P. et Choay, F., 2005).

Pour autant que possible limiter les empreintes écologiques de ces agents urbains tout en s'adaptant à la multiplicité des usages et usagers avec leurs différentes catégories, l'espace extérieur a comme mission de conjuguer entre : mixité fonctionnelle bâti/nature, ainsi entre les différents modes de déplacement, et par-dessus tout offrir l'agrément et la beauté à ses usagers. (Web 2, auteur non spécifié)

Conception et rénovation de l'espace extérieur pour une ville durable, y-a-t-il des paramètres à considérer à ce stade là ?

Certaines considérations doivent être prises en compte par le concepteur afin de proposer avec succès un environnement attractif et confortable.

L'espace extérieur urbain doit être pensé à l'échelle de l'ensemble de la ville, il ne doit pas être toujours au service des opérations d'urbanisme, ce qu'il y a lieu de faire c'est d'élaborer des outils qui favorisent la perméabilité de la ville et qui apportent des réponses aux besoins de l'urbain :

- la volonté d'appartenance à la vie urbaine. (Tchekemian, A., 2007)
- la qualité de vie dans la ville.

Ainsi sa conception ou sa rénovation doit traiter des ambiances, en accompagnant le développement et l'évolution urbaines. Étant des trames, les espaces extérieurs comme plusieurs trames urbaines doivent réunifier la ville en l'accordant à ses composants (cités, centre, périphéries...). (Bidal, Catalan, M. Cromback, P. Jovignot, C, PUCA., 2008). *La rue* en tant qu'espace extérieur urbain se voit l'unité la plus essentielle pour cette réunion et ce raccordement, bref à l'organisation de la ville.

2.1 La rue :

« S'il se vérifiait que la rue est bien la plus petite synthèse partielle de la ville... »
(Gourdon, J. -L).

Qu'est ce qu'une rue ?

Une simple lecture dans nos villes, la rue apparaît comme le grand vide.(Huygen, I. M., 2007), Un vide conçu et structuré par la géométrie des bâtiments et les différentes dispositions des éléments minéraux et végétaux dans un site quelconque.

La rue participe à la définition du paysage urbain et à la perception de l'espace, un élément structurant de la ville et délimitant les quartiers en préservant la vie en son sein, elle accueille les différentes activités urbaines.

Où commence la rue ? Est ce qu'elle a un seuil ?

Si jadis nos ancêtres ont parvenu à limiter leurs villes et les contourner de murailles, en leurs créant un début et une fin, nos villes actuelles sont ouvertes, sans limites et en permanente extension.

La rue, souvent prise pour un espace illimité, sans début ni fin, vaste et ambiguë, or qu'en réalité, la rue prend naissance d'une rue et débouche dans une autre.

« ... *La rue est une partie de l'environnement urbain située entre l'échelle du bâtiment et celle de la canopée urbaine.* » (Boucheriba, F., 2006).

Même si elle est prise en compte comme un vide au niveau du sol limité par les parcelles, bâtiments, chaussée..., la rue en tant qu'espace formel renvoie à plus loin de ça, elle est loin d'être un espace asservi et esclave d'une planification quelconque. Autrement dit, c'est un jeu adaptif de ses composants qui sont bien connu (tracé, parcelle, bâtiment, végétation ...).

La rue étant le trajet concret de l'homme depuis la sortie de chez soi jusqu'à son retour, Est-elle un espace construit ou un simple résultat du construit ?

C'est un système d'antagonisme parfait, une combinaison de ce qui est permanent et changeant, de ce qui est inerte et en mouvement ainsi de ce qui est artificiel et naturel. (Gourdon, J. -L).

Souvent résultat des formes urbaines peu ou même non réfléchies, est dans la plupart des cas, pensée pour une vocation de distribution et voirie, or qu'à l'heure actuelle la majorité des activités et besoins de l'homme ont comme scène la rue, que par sa forme elle est plutôt sensé être un lieu où chacun de nous séjourne (long séjour, court séjour) dans une atmosphère plaisante et sécurisée saine et surtout confortable.

Mais si la rue est pensée dès la conception, sa genèse son future proche et loin, dont le but de survivre aux aléas (urbanisation progressive, climat, changement de l'homme...) et si des mesures sont prises à ce stade, avec une bonne réflexion aux modalités des transformations du paysage urbain, on peut dire que la rue est un espace construit et concret et non un simple résultat du construit.

2.2. Responsables de la rue :

La rue est la responsabilité de nous tous, du profane au spécialiste, néanmoins c'est la responsabilité des spécialistes de prendre les bonnes décisions. De nos jours c'est le manque de volonté et la mauvaise gestion des rôles que les acteurs de la ville se lèguent

l'un à l'autre, ainsi que l'absence de coordination entre ces derniers pour un travail multidisciplinaire.

En conséquence : un apport très infime dans l'intérêt général, que la qualité finale de la rue devienne un résultat plus qu'autre chose.

Les acteurs responsables de la ville (architectes, urbanistes, élus ...) doivent réfléchir à une manière de s'approprier les contraintes de l'urbain, doivent s'appuyer sur une démarche correcte : prendre en compte que le mode de vie urbaine et les pratiques urbaines ne sont plus les mêmes, notamment les attentes des usagers ont évolué et sont devenus plus exigeants, réclamant un cadre de vie en marche avec leurs besoins (facultatifs et essentiels) présents et futurs. En terme simple, savoir pour quel homme construisons-nous ces espaces.

Ainsi ils doivent mettre au point de nouvelles formulations qui permettent de quantifier et qualifier les caractéristiques souhaitées correspondant aux objectifs escomptés bien connus : rue soutenable optimale dans sa forme, son organisation et sa fonction, fluidité, mobilité, bref, une ambiance améliorée, qualité de l'espace, confort et bien être... cela demande une bonne connaissance des responsabilités, là où se termine l'une commence l'autre.

Comment l'homme perçoit et approche la rue ?

Se projeter dans le futur et identifier le rapport réciproque et la nature du lien établi entre rue - homme favorise la mise en relation entre eux, en d'autre terme ce que la rue doit à l'homme et ce que celui ci lui doit en retour ?

La rue, un lieu où s'affaiblissent les conditions de bien être et de confort, ainsi les règles qui les exigent, comme il a déjà été cité dans le chapitre précédent, contient des signes de vulnérabilité rendant les désirs de l'homme non accomplis et ses malaises visibles. (Brody, J., 2005).

Le Sociologue et urbaniste, Thibaud, J. -P. en 2006 avait dit que: « ... *la marche en ville devient de plus en plus négligeable au regard de la colonisation de la rue par l'automobile.* ». L'homme dans l'urbain, en présence de l'automobile, se trouve perdu et soumis à de fortes contraintes dans un espace ambigu qu'il ignore si ça lui appartient, développe le sentiment d'abandon et la difficulté de s'approprier l'espace, cela résulte

de plusieurs facteurs, notamment des effets cumulatifs de précarité, des dispositifs d'aménagements inappropriés à la pratique de la marche (manque d'espace, trottoir sans suite, embuches), de la pollution de l'air... Ces déconvenues réduisent sa volonté de vivre son urbain.

« La rue est l'élément le plus simple mais aussi le plus riche en signification et en situation et le plus compliqué en son fonctionnement... » (Brody, J., 2005).

En conséquence, la rue avec la multiplicité de ses fonctions et la complexité de son caractère et de sa vocation procure à ses usagers une atmosphère, au sein d'elle, ils ont tendance à se côtoyer ou à s'éviter, à-y séjourner ou à abandonner.

2.3. Le vécu et la réalité de nos rues d'aujourd'hui :

Qui parmi nous ne s'est pas demandé un jour qui a pu construire ou même autorisé la construction des rues trop étroites ou celles ouvertes en plein soleil d'été et pluie d'hiver. C'est en fait une dévaluation de tout l'espace urbain, planifié par des pseudos experts qui étaient persuadés que la fluidité de la circulation était la seule mesure de notre prospérité. (Ferrandez, L., 2009)

L'utilisateur de la rue (enfant ou adulte) fréquente la rue épisodiquement ou quotidiennement, utilise le trottoir, la route, les espaces sous arcades et coins de rue. Idéalement, cet usager qui marche doit pouvoir accomplir toutes ses fonctions journalières, sans la moindre sensation d'inconfort. Toutefois la rue manifeste une pauvreté en matière d'aménagement paysager ou autres, cette pauvreté résulte du fait que les aménagements d'aujourd'hui se traduisent par le simple élargissement des trottoirs, espaces latéraux et cheminements, ou par simple changement du revêtement du sol et façades. Ce, dans l'objectif d'agrandir l'espace et pas le rendre plus agréable. (Web 3, auteur non désigné)

Pourquoi la pratique de la marche est toujours improbable dans la rue ? *Que faire pour mettre en ambiance la rue par la marche et rendre les aménagements de demain plus humains ?*

« ... Pour questionner l'écologie sensible des flux urbains et clarifier le rapport entre la mise en marche des citadins et la mise en ambiance des rues, nous resterons au plus

près de l'expérience quotidienne du passant en le suivant pas à pas et en l'observant au ras du sol. En procédant de la sorte, la rue sera conçue à la fois comme un champ de perception mobile et un domaine de fabrication dynamique, à l'articulation entre flux piétonniers et flux sensoriels. » (Thibaud, J. -P., 2006).

Il est grand temps de reconquérir l'espace urbain en faveur du piéton et du déplacement doux, et vouloir une qualité de vie à l'extérieur autant qu'on la veuille à l'intérieur. (Web 3, auteur non spécifié). ce qu'il y a lieu de faire pour restituer l'attractivité et l'aspect humain de la rue c'est une bonne réflexion sur la qualité de rue qu'on souhaite offrir, ce qui nous amène à privilégier également les usagers piétons, vu que l'automobiliste peut se procurer sa part de confort tout seul à l'intérieur de son véhicule peut importe le temps qu'il fait dehors, dans le but d'assurer une cohabitation parfaite entre véhicule et piéton bien entendu.

Est-ce qu'il existe dans notre pays un plan de développement des modes de déplacements à faibles impacts environnementaux ?

Plans d'éco-mobilité, pistes cyclables, cheminements piétons et zones piétonnes et autres, une démarche qui souhaite favoriser le déplacement doux sur le territoire lié aux activités urbaines. (Web 4, auteur non désigné). La législation de production des villes doit lui réserver une place centrale. Qui sait ? Peut être bien qu'il existe mais toujours en phase d'étude.

A Lyon, ces actions sont rassemblées dans une Charte du piéton signée par la direction de la voirie du Grand Lyon (communauté urbaine de Lyon) et le SYTRAL (Syndicat mixte des transports pour l'agglomération lyonnaise). Cette charte intègre le plan des déplacements urbains 43 et le budget consacré aux aménagements piétonniers s'élève à 13,1 millions d'euros par an. (Renauld, V. Toussaint, J. -Y. Vareilles, S. Vincent, P., 2010).

Selon Germain., (2002), Choay., (1972) et Toussaint., (2009), l'espace public vit une sur-programmation, et en particulier la voirie. Cette sur-programmation modifie les règles qui régissent les comportements de chacun des usagers (piéton, véhicule...) à l'encontre de tous les autres.

Comme le présente la (Fig 1.4), une alternative à été posée par Baux *et alii* en 2010

consiste à la spécialisation de l'espace public en une série d'espaces bien déterminés destinés à recevoir une pratique précise, pour débarrasser en quelque sorte la rue de ses espaces flous et sur programmés. Cette spécialisation revendique le droit exclusif de l'usage de leur espace. Ainsi doit être accompagnée par un nombre important de dispositifs spatiaux, techniques appropriables aux pratiques urbaines. (Renauld, V. Toussaint, J. –Y. Vareilles, S. Vincent, P., 2010).

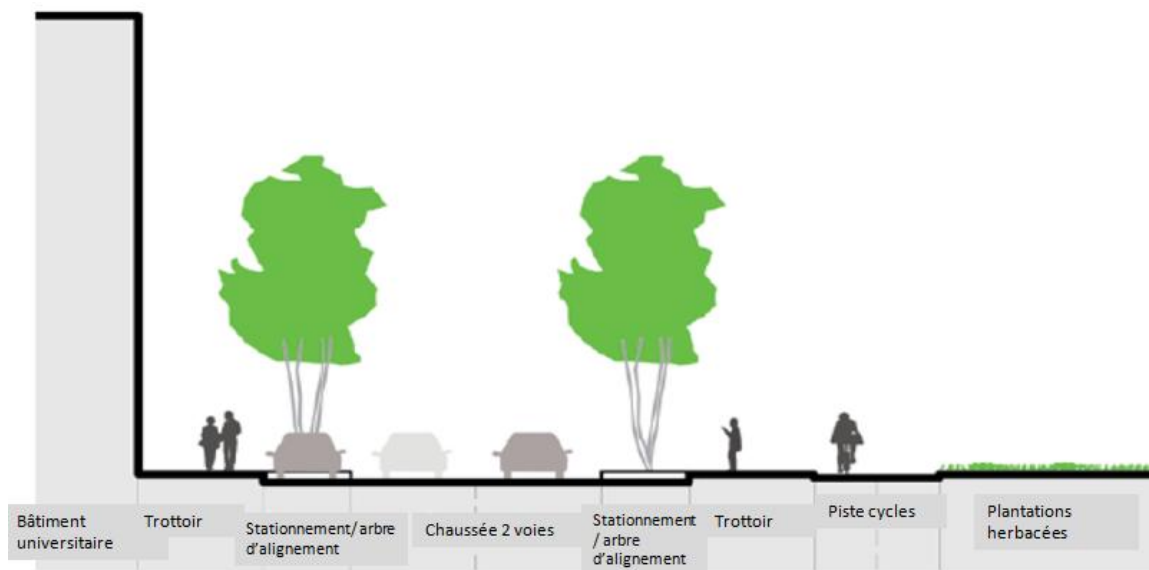


Figure 1.4 : Séparation des publics urbains selon les modes de transports et balisage de l'espace urbain
(d'après Baux *et alii*, 2010, p. 24)

La rue est un environnement perceptif, le siège des radiations solaires, le labyrinthe de l'écoulement de l'air, en résumé un lieu des échanges climatiques. Où est ce que ces échanges se font-ils ?

La rue est un volume divisé en deux dimensions : une s'étend du sol jusqu'en haut des bâtiments, rassemble une diversité de microclimat, c'est la canopée urbaine, au dessus d'elle, au-delà des toitures des bâtiments s'étend la deuxième dimension et c'est le dôme urbain ou bien connu sous le nom de la couche limite atmosphérique. C'est là où l'air et le vent se comportent sous l'influence de la géométrie, de la hauteur des bâtiments et des différentes propriétés des matériaux. (Bouakkaz, A. N., 2006)

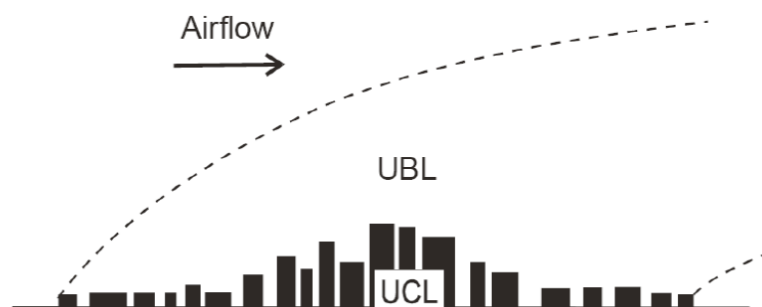


Figure 1.5 : UBL , Couche limite urbaine, UCL : couche de canopée urbaine

Source: international Association For Urban Climate Newsletter, Issue n°4. February 2004.

Peut-on disposer d'une référence formelle optimale de la rue ?

Il est important de considérer chaque rue comme cas unique, dépendant des caractéristiques qui lui sont propres, il est pour autant difficile d'établir des règles détaillées pour chaque cas de rue, avec ses dimensions et ses innombrables variantes (large, moyenne, étroite...) On ne dispose pas de modèles à appliquer, cependant il est très possible de dresser des recommandations référentielles pour les aspects similaires et pour les points essentiels que les concepteurs prennent en compte lors de la conception.

Conclusion :

Compte tenu des facteurs environnementaux, et de la complexité de l'urbain, il est matériellement difficile de réussir un environnement extérieur optimal.

Ceci suppose que l'interdépendance entre la rue et le climat doit se traduire sous forme de directives aisément compréhensibles pour le concepteur, de sorte que la dimension climatique puisse être incluse systématiquement dans le processus de conception de nos espaces extérieurs.

«...on a besoin de plus de recherches afin d'arriver à normaliser une forme optimale de la rue offrant le confort climatique souhaité» (Oke., 1988).

Comment envisager la durabilité de nos espaces extérieurs notamment nos rues ? Est-il possible de concevoir des outils de contrôle et de gestion de cette durabilité ?

Au moment où la demande pour les conditions de confort au sein de la rue à significativement augmentée, la rue n'arrive pas à répondre parfaitement aux attentes de leurs usagers, il en est de même pour les plans de gestion et de planification. Il est demandé des concepteurs d'apporter des améliorations plus tangibles en garantissant des normes acceptables dans la vie urbaine, pour renforcer autant que possible les activités de l'homme dans un contexte durable, cela ne peut être possible sans l'optimisation des méthodes et la corrélation entre les différents acteurs en tenant compte de l'aspect climatique du duo densité urbaine - nature.

Le concept de l'éco-rue est-il à ce titre exemplatif ?

Ajouté aux principes déjà cités ; santé, sécurité, confort..., L'écologisation de la rue est la réponse intelligente de la question de la ville actuelle, elle vise à donner une dimension humaine à la rue et atténuer son aspect routier et minéral afin qu'elle puisse à son tour relier l'homme aux différents centres d'intérêt dans un cadre paysagé de qualité, varié, coloré et agréable. Si on arrive à faire cela, c'est en quelque sorte abréger ses souffrances en réduisant d'une façon significative les kilomètres parcourus quotidiennement. Pour ce, il est l'éco-rue selon (Vanderstraeten, P) doit devenir une référence et une norme pour tout aménagement, conception ou réhabilitation urbaine.

La rue durable amorce-t-elle la ville durable ?

On ne peut agir sur l'ensemble de la ville dans une opération urbaine, il est même impossible de voir un résultat efficient à son échelle, cependant la rue comme séquences répétées dans la ville, reflète la ville. On en conclut que OUI, une rue durable stimule la réussite architecturale et urbaine durables et lance efficacement le début d'une ville durable.

Chapitre 02 : Notions d'ambiance et confort hygrothermiques dans les espaces extérieurs urbains

Introduction :

« *Penser globalement agir localement* »

D'après Bidou, D., (2008) c'est l'une des recettes du développement durable. Pour appréhender les problèmes locaux et répondre à chaque niveau de l'échelle spatiale, Penser au sommet de l'échelle urbaine qui est la ville, et agir sur le bas de l'échelle qui est la rue. Chacun des deux niveaux sont la scène de théâtre où l'homme vit.

Elles constituent un réel siège des phénomènes émergents:

- processus d'accélération de l'urbanisation.
- phénomènes physiques naturels et anthropiques et leurs graves conséquences sur l'environnement.

Cette urbanisation donnant comme produit la forme urbaine qui se trouve en corrélation avec ces phénomènes physiques (Fig 2.1).

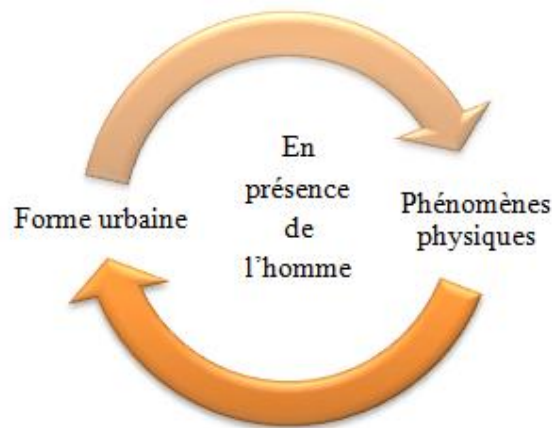


Figure 2.1 : Interaction dans l'espace et dans le temps. . Source : auteur

L'homme urbain, perçoit l'interaction de cet environnement construit (bâtiment et infrastructures...) et les phénomènes physiques, et y répond en fonction de leurs propriétés (Fig 2.2).

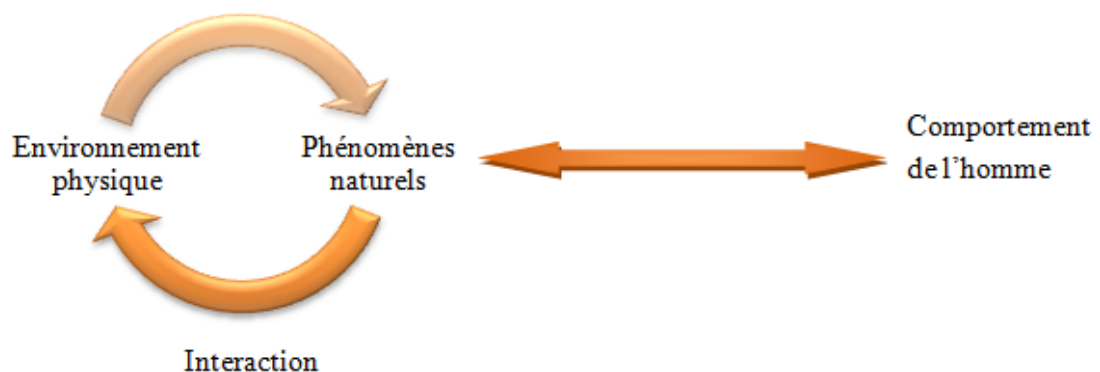


Figure 2.2 : Relation Cause - Effet. Source : auteur

Cet ensemble de phénomènes localisés (spatio-temporels) (Hégron, G. et Torgue, H., 2007) donnant une atmosphère matérielle et morale, est ce qu'on appelle Ambiance.

« *Atmosphère matérielle et morale qui environne un lieu, une personne* »

(Augoyard, J. -F)

1. Ambiance et ambiance urbaine :

1.1. Qu'est ce qu'une ambiance ?

L'ambiance en tant que notion, comporte une compréhension superficielle, il y a même des idées fausses à son égard. Elle n'est pas la manière dont on jouit d'une situation ou

d'un lieu donné, c'est plutôt la façon dont on les approche, on les perçoit et on les habite. (Sutter, L., 2006).

« Dans une perspective écologique, l'ambiance ne se réduit pas à l'analyse d'images ou à la maîtrise environnementale, elle est le fruit d'une interaction dialectique vivant entre l'home, le milieu et les formes. » (Chelkoff, G., 2004).

C'est une notion qui échappe à toute définition stricte, et fluctue constamment car, c'est l'une de ces notions essentielles par rapport auxquelles la ville définit sa qualité.

Cependant une atmosphère matérielle et morale génère une définition plus exhaustive :

Matérielle : se conçoit et se construit.

Morale : se ressent, se perçoit. L'ambiance a une saveur, une âme, une couleur et une température, se vit au singulier, mais la spécialisation du pluriel. (Augoyard, J. -F)

.

La notion d'ambiance relève de différents registres:

- Approche technique : lumineuse, thermique, hygrométrique, sonore, olfactive et tactile
- Approche psychologique et sociale : qui traite le côté comportemental, sensoriel et perception. (Hégron, G. et Torgue, H., 2007).

Traiter une ambiance renvoie au traitement de ces deux aspects (technique, psychologique). C'est une notion présente temps qu'un espace et l'homme y sont présents, autrement dit sans un espace extérieur et homme il ne s'agit guère d'une ambiance extérieure. Elle établit un pont entre les trois (03) paramètres suivants : Le physique, le sensible, et l'esthétique. (Hégron, G. et Torgue, H., 2007).

« Au croisement des données physiques, de notre perception, de nos émotions et de notre culture, nous vivons l'ambiance au singulier. » (Balaÿ, O. Desèvedavy, G. Madec, P., 2009. P2)

Bien qu'elle soit tout le temps présente, l'ambiance peut être favorable, réussie comme elle peut être défavorable. Et c'est à partir de là que se développe une ambiance dite confortable avec une sensation de confort qui peut aller jusqu'à l'agrément, et une ambiance dite inconfortable, avec une sensation de stress et de nuisance qui peut aller également jusqu'à la souffrance.

A partir des conditions climatiques, la ville, la rue et le bâtiment génèrent une variété d'ambiances, de ce fait l'ambiance à ses différentes échelles, architecturale (ambiance intérieure) et urbaine (ambiance extérieure), se voient toutes les deux dépendantes du climat, du jour et de la météo. Néanmoins la seconde échelle (ambiance urbaine) se présente la plus dépendante du climat et la météo.

1.2. Qu'est ce qu'une ambiance urbaine ?

L'ambiance urbaine est la manière d'habiter la ville (l'urbain) avec ses contraintes en cherchant à se l'approprier et survivre à ses aléas.

« L'instauration d'une ambiance ne relève donc pas de la manipulation urbanistique ou de la planification sociale : elle relève de l'invention personnelle ». Etienne Souriau.

Il ne s'agit pas seulement de résoudre ces contraintes une par une, car il y a le rapport Homme - Espace - Climat à considérer. *Comment L'ambiance urbaine se construit-elle ?*

L'ambiance a comme objectif fondamental être agréable à vivre durant toute l'année. C'est une réponse adéquate aux différentes problématiques de l'environnement, faisant usage des hypothèses les plus débattues.

« Dans une perspective écologique, l'ambiance ne se réduit pas à l'analyse d'image ou à la maîtrise environnementale, elle est le fruit d'une interaction dialectique et vivante entre l'homme, le milieu et les formes. » (Chelkoff, G., 2004).

Concevoir une ambiance urbaine est un acte plus difficile que concevoir l'urbain en lui-même, elle va au-delà d'un ajustement du microclimat et d'une combinaison architecturale, urbaine, paysagère ou social. Ça va aussi au-delà des compétences du design urbain. C'est une maîtrise de la coexistence et l'interaction des dimensions suivantes : Urbaine (espace sur lequel elle s'étend) + Climatique (les conditions environnementales extérieures auxquelles elle est soumise) + Comportementale de l'homme (apprécier ou ne pas apprécier la situation). (Fig 2.3).

En termes plus exactes, c'est la mise en place des modalités de l'écologie urbaine et ce, conformément aux capacités physiques et morales de l'homme dans l'urbain.

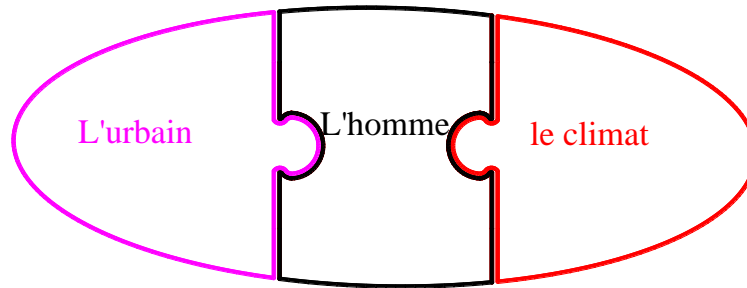


Figure 2.3 : Les dimensions de l'ambiance urbaine. . Source : auteur

Chaque changement sur l'espace dans la ville, de nature architectural, urbain (construction, démolition, aménagement, coloration des surfaces ...) ou naturel (plantation d'arbre, abattage, ...) change son état initial et l'affecte en donnant naissance à une nouvelle ambiance.

L'ambiance est loin d'être purement esthétique ou moral, néanmoins la présence de ses deux dimensions se voit un critère essentiel de la qualité environnementale, en vue de renforcer la qualité de l'espace extérieur et l'image finale de la ville. C'est carrément selon Miguet, F., (2007), par ailleurs, il reste de concevoir une esthétique des ambiances.

À quel moment faudrait-il qu'on pense à l'ambiance ?

Le laboratoire ABC/ENSA de l'école nationale d'architecture de Marseille, a mis en place une unité de recherche qui traite les ambiances des projets architecturaux et urbains lors de l'avant projet sommaire (APS) et parfois même lorsque la conception en est à sa phase d'avant projet détaillé (APD).

D'après Belmaaziz, M., (2010) membre de l'unité, ignorer l'ambiance en phases de conception (l'esquisse) tend vers une conception non raisonnée, par ailleurs prendre en compte les aspects de l'ambiance qu'on donne dès l'esquisse ne fait qu'accélérer le processus de la mise en forme du projet et l'ambiance est nettement assurée.

Comment réussir à maîtriser l'ambiance d'une rue ?

Il est à noter qu'une rue peut présenter différentes atmosphères.

Compte tenu de l'évolution et la dynamique urbaine et environnementale, la maîtrise de l'ambiance dans la rue nous renvoie d'emblée à la détermination des ressources nécessaires à sa conception (naturelles et artificielles) puis les besoins de l'urbain, tout

en s'inspirant de la manière avec laquelle l'homme approche la rue, comment il l'utilise et surtout comprendre la nature du rapport établi entre eux ?

1.3. Maitrise de l'ambiance extérieure :

Maitriser une ambiance extérieure passivement dans un climat extrême a été prouvé par des études difficiles à réussir, en raison de la diversité des paramètres à considérer, si l'ambiance se présente défavorable vis-à-vis la capacité de l'homme à s-y adapter, des améliorations et corrections sont d'autant possibles. On peut traiter tous les dispositifs urbains susceptibles d'influencer le confort (naturel, artificiel...) et ceux capables de le procurer, allant de la simple plantation d'un arbre ou de changement de revêtement à toute une opération de construction.

Il est aussi nécessaire d'éviter tout clivage disciplinaire et s'appuyer sur le génie urbain et science de l'ingénieur dans la maitrise des flux ambiants (lumière, soleil...) et sur le savoir sur l'homme, usager de la rue, dans l'analyse comportementale des expériences sensibles.

A cet égard, réussir une ambiance urbaine optimale passivement au sein de la rue, peut être possible par :

1. la maitrise des descripteurs des paramètres en jeu propres à l'ambiance qui sont :
 - Microclimat : soleil, vent, température, humidité.
 - Espace : volume bâti, dispositifs architectural et végétal et matériau.
 - Perception microclimatique.
 - Usage. (Ramos. Musy. Groleau-C)
2. une étude anticipée de la qualité du résultat, par des outils d'analyse et de conception tel que la technique de simulation, observation et enquête in situ...

Les outils et connaissances qui aident à qualifier ou quantifier les interactions des phénomènes physiques et l'environnement construit sont de mieux en mieux développés.

Afin d'orienter le projet « ambiance » vers une solution raisonnée. L'unité de recherche marseillaise ABC/ENSA, a établi des règles expertes dédiées à la maitrise des ambiances, adaptées aux premières étapes de la conception. Traduisant par des connaissances où des lois générales de comportement issues de la recherche spécialisée, ces règles permettent au concepteur une meilleure approche des problèmes rencontrés.

L'objectif est d'identifier les paramètres constructifs ou formels qui peuvent avoir un impact sur le comportement des ambiances. (Belmaaziz, M., 2010)

1.4. Ambiance, confort et Ambiance confortable :

De la notion de nuisance à la notion de confort puis à celle de l'ambiance (Hégron, G et Torgue, H., 2007).

Tandis que l'ambiance est un ensemble de phénomènes localisés donnant une situation particulière, le confort c'est la sensation qu'éprouve l'homme face à cette situation, c'est la sensation de satisfaction issue du contact de cet homme avec l'espace qui lui est immédiat. Les deux notions sont très liées, mouvantes, évolutives dans l'espace et dans le temps et leurs frontières sont souvent floues et inidentifiables. (Tixier, N).

Le confort est défini comme un équilibre harmonieux entre homme-ambiance (environnement physique), c'est leur terrain d'entente. À cet égard, l'ambiance est définie comme la solution adaptée aux besoins de l'homme et des conditions de confort.

Contrairement à l'ambiance, le confort peut être présent comme il peut être absent, si ses conditions ne se présentent pas. C'est ce qui fait qu'une ambiance soit réussie dite confortable, ou non réussie dite inconfortable. L'ambiance est jugée confortable, si elle arrive à conjuguer les conditions du confort et présente une satisfaction chez l'utilisateur. Cela dit, plus le niveau de confort est élevé plus l'ambiance est assurée.

Il convient donc qu'avant d'aller plus loin, de comprendre la notion de confort. Même si les outils de définition de la notion de confort atteignent vite leurs limites, il est essentiel de le définir par ses critères qui se veulent les plus exhaustifs. Evaluer le confort passe avant tout par l'ambiance duquel il parvient, autrement dit, en analysant la réponse à l'ambiance (comportement de l'homme) on aura une idée sur le degré du confort, et systématiquement la qualité de l'ambiance (Fig 2.4).



Figure 2.4 : Chemin d'évaluation du confort et de l'ambiance. Source : auteur

Et si on prend le chemin en sens inverse on obtiendra le comportement comme référence à la qualité de l'ambiance optimale. Les modes de comportement humain doivent être identifiés comme des critères de conception passive. (Shabbir, A., 2003).

2. Notion de confort :

Comment peut-on définir la notion de confort ?

Synonyme de bien être, le confort est une notion complexe, instable, multidimensionnelle et changeante, en perpétuelle redéfinition, c'est une condition de vie et du ressenti. (Tixier, N., 2003). La durée de cette sensation est plutôt plus facile à assurer à l'intérieur qu'à l'extérieur, (secteur vaste et siège des variations climatiques diurnes et saisonnières) difficile à maîtriser, cela est due au fait que l'attention était pendant longtemps portée sur les ambiances intérieures et également le confort intérieur.

Aujourd'hui avec la prise de conscience sur l'amélioration de la qualité de l'environnement urbain, une attention plus particulière s'est dirigée vers les espaces ouverts et bien évidemment le confort urbain. « *L'extérieur est un autre dedans* » (Le Corbusier)

Le confort extérieur, est une appréciation relativement subjective, que chacun perçoit à sa manière et à des degrés intimement différents, il est facile à se le procurer pour les uns et difficile pour les autres.

Il peut être défini comme une échelle sensorielle, plus ses conditions sont réunies plus sa perception est grande, face aux conditions régnantes, chacun se positionne dans cette échelle et y réponds différemment, dans un seuil de satisfaction dit confort ou d'insatisfaction dit inconfort, et comme palier intermédiaire l'absence de sensation, qui à son tours, est évaluée comme sensation de confort.

Et là, la sensation de confort thermique pourrait mieux être définie comme l'absence de tout sentiment d'inconfort. (Gaitani, N. Santamouris, M. Mihalakakou, G., 2005).

Ceci dit, on peut évidemment reconnaître le confort par son négatif, par son absence.

L'inconfort est aussi un facteur d'identification très fiable et le plus exhaustif

(M'Sellem, H et Alkama, A., 2009), il peut nous mettre sur le chemin pour chercher le

réel confort dans l'usage quotidien de la rue, il part d'une simple sensation de gêne et peut mener jusqu'à la souffrance. (Cahour, B)

2.1 La perception du confort dans la rue :

Ressentir le confort dans la rue dépend de plusieurs facteurs exogènes, éléments et dispositifs urbains (bâtiments, matériaux), du massif végétal, de leurs orientations et du sujet qui est l'homme, ces facteurs sont une cible pour une ambiance extérieure optimale, et consécutivement l'ambiance intérieure. Dans cette perspective, le confort extérieur sera un continuum du confort intérieur.

2.2 Les Conditions de confort peuvent-elles être un indicateur pour la conception des ambiances optimales et l'amélioration du microclimat urbain ?

Les conditions de confort dans les espaces extérieurs urbains sont un besoin fondamental et une condition de base pour la conception bioclimatique, c'est un indicateur principal pour l'amélioration du microclimat dans la rue. Ainsi c'est une méthodologie qui fournit aux concepteurs des estimations exhaustives des différentes alternatives et situations possibles pour l'optimisation des ambiances extérieures.

Faisant appel au projet AGE (2009), Trois établissements d'enseignement supérieur de Lyon, et certains de leurs laboratoires, et enseignants chercheurs, membres du PRES, se sont associés pour répondre au sujet offert à l'occasion de l'opération *Lyon-Cité-Campus2*. Ils s'attachent plus particulièrement à la réhabilitation du Campus de la Doua et le nord du tissu urbain de Villeurbanne. Ce concours pédagogique a développé une alternative envisageant le territoire de demain comme une atmosphère de la multitude.

« L'atmosphère d'une multitude, à la fois : air, climat, ambiance, environnement, décor et biosphère d'une humanité qui referme encore quelques inconnues. »

ce qui veut dire que le territoire doit être pris comme un volume d'air commun partagé et partageable, « ...où l'accès à la lumière naturelle, au soleil, à un environnement sonore naturel (qui correspond à ce qui est à voir, qui est cohérent avec l'espace dans lequel on évolue) ainsi que l'accès à l'ombre, à l'air non pollué, à la ventilation naturelle et l'accès au végétal sont à la base de la connaissance et de la transformation du sol commun du territoire en question ». (Balajy, O. Desèvedavy, G et Madec, Ph., 2008. P03).

La diversité des ambiances dans la rue, est-elle toujours un aspect négatif ?

Il est certes que l'homme dans son usage quotidien de la rue appréciera très bien la diversité des ambiances, cela bien sûre en garantissant une norme acceptable en matière de qualité si cette diversité est perceptible.

« L'utilisateur ne vit pas les endroits en terme d'adaptation à une forme et à une fonction, mais d'appropriation et d'agrément. Il ne s'intéresse pas aux causes, préfère les mécanismes de certains effets. Ainsi il réagit aux différences sonores, lumineuses, thermiques plutôt qu'à l'intensité mesurable d'un bruit répercuté dans l'espace, d'une lumière réfléchi sur une paroi ou d'un air rafraîchi à proximité d'une façade ». (Balaÿ, O. Desèvedavy, G et Madec, Ph., 2008. P08).

Cependant cette diversité n'est pas toujours perceptible, elle peut être visuelle comme l'alternance spatiale entre bâti – nature - eau, couvert-découvert, être exposé à des séquences ombragées, semi- ombragées et d'autres en plein soleil.

Pour une meilleure qualité d'ambiance, ça serait intéressant de créer un profil de diversité propre à chaque site et adaptable à une large gamme de préférences personnelles. Il est d'autant essentiel de puiser l'inspiration dans la nature, avec sa variété et son aspect multiforme, irrégulier, coloré et surtout la liberté dans son usage, pour que l'utilisateur de la rue ne manque de rien, ça minimise les impacts négatifs des projets urbains, et ce en intégrant les savoirs et expériences du design urbain, pour que la diversité des ambiances devienne un potentiel, et circuler dans l'urbain devient une promenade quotidienne.

2.3 Le confort le plus recherché par l'homme dans la rue

Dans une ambiance urbaine, l'homme au milieu d'un nombre important de stimulus extérieurs, n'arrive pas à se focaliser sur un seul confort, dit thermique ou lumineux, il est en quête d'une atmosphère qui répond à ses besoins du moment et de son état d'esprit. Par ailleurs, l'homme se trouve affecté dans son confort différemment, selon l'heure de la journée et la saison de l'année, il est en lutte quotidienne contre les

conditions froides, chaudes, humide, manque de lumière, plus qu'il l'est contre le bruit, vu que les considérations acoustiques ne sont pas en relation avec la saison de l'année. De ce fait le confort d'été et d'hiver urbains incitent certaines actions, pour que l'homme trouve sa part de confort dans les conditions qui lui sont ambiantes. Même s'il ne se trouve pas exposé assez longtemps à la même condition climatique, il est essentiellement en besoin d'un peu de soleil à l'abri du vent et de la pluie de l'hiver, en été il a surtout besoin de fraîcheur, d'ombre et une qualité de l'air.

Un aspect très important à considérer dans les ambiances urbaines notamment d'hiver, c'est la transition physique, que l'homme vit en passage par une succession d'ambiances présentant des conditions complètement opposées (confortable, inconfortables...). Cette variabilité de situations est souvent constatée entre les différentes rues (large, profonde,...) comme entre diverses orientations, exemple : passer d'un environnement à forte température et absence de vent à un environnement venteux et à basse température. Les contraintes hygrothermiques (chaud-froid, humide-sec, venteux-pas venteux) sont eux qui affectent le plus les capacités mentales et physiques de l'usager et entraînent la difficulté du maintien de son adaptation active. Il devient à cet effet, extrêmement important de réduire ces variations à des limites raisonnables.

2.3.1 Transition physique entre deux ambiances extrêmes, Comment contrer ce phénomène ?

Cela demande une grande maîtrise des ambiances urbaines en termes de phénomènes thermique, humidité et vent, ainsi la maîtrise de la dynamique urbaine, et les composants de la rue (la couverture minérale, végétale et eau).

Par ailleurs, face aux rigueurs climatiques, pour contrer ce phénomène, il est d'autant plus important d'analyser les différentes situations désagréables d'inconfort que l'homme puisse rencontrer dans la rue dans les deux périodes extrêmes (hiver-été) qui sont :

- Mouvement d'air inconfortable lié à la différence de pression aux coins des quartiers et pieds de bâtiment.
- Circulation en pleine exposition à la pluie, au vent froid ou dans un secteur ombragé et froid en permanence en hiver.

- Réchauffement estival avec absence d'ombre et d'arbres rafraichissants, et ça peut prendre des proportions caniculaires.
- Atmosphère chaude et saturée, air pollué et étouffant et îlot de chaleur urbain.

Ces situations sont surtout renforcées en cas d'absence de protection et couvertures comme : abri, minéral soit-il ou végétal, et comme conséquence, l'homme est détourné de la fréquentation des espaces urbains, ce qui va à l'encontre de la démarche de l'encouragement du transport doux notamment la marche.

Pour y remédier, il est impératif de doubler les efforts pour la protection des points urbains les plus critiques tels que : trottoirs, places, espace de détente, aires des arrêts (bus, gares...). Pour ce, l'ambiance hygrométrique s'avère la plus signifiantes pour le bien être du piéton dans la rue le long de l'année.

2.3.2 L'îlot de chaleur urbain :

En résumé c'est l'effet inverse de puits de fraîcheur.

La densité et les composants de l'urbain (bâtiment, arbre..) modifient l'équilibre radiatif (température de l'air, vitesse du vent) ce qui crée une différence entre les conditions climatiques de la ville et ses limites qui se présentent moins denses. Comme on le sait tous, la chaleur est toujours en mouvement et à tendance à s'émigrer vers les espaces les plus froids, sauf s'il y-a saturation. Le rayonnement incident est absorbé par le sol les murs de bâtiment et non réfléchi, puis transformé en chaleur sensible, donc l'air circule sur les bâtiments sans les rafraichir. (Mansouri, O., 2008)

Ce phénomène peut être bénéfique pour les climats froids en termes de consommation d'énergie (chauffage) mais il est à contrer dans les zones à climat chaud.

En effet, plusieurs sources sont à l'origine de ce phénomène « l'îlot de chaleur » manifestant une chaleur accrue, une mauvaise qualité et pollution atmosphérique.

- La chaleur anthropique : c'est toute chaleur provenant de l'activité humaine, et les véhicules routiers avec leurs émissions et leurs systèmes de climatisation et toute autre charge énergétique artificielle, elle est tellement significative qu'elle peut même arriver à égaler l'apport radiatif global. (Web 6, auteur non spécifié)
- Chaleur émise par les surfaces urbaines non réfléchissantes telles que : le toit, les façades, le sol... bref le degré de réflectivité des matériaux urbains

- Manque ou absence des aménagements paysagers, arbre, végétation...

Pour atténuer l'intensité de ce phénomène, il est impérativement urgent aux concepteurs de repenser nos espaces extérieurs urbains pour que l'utilisateur repense sa façon de se procurer le confort d'été et d'hiver intérieurs. Réussir cela, renvoie d'emblé à :

- Une architecture passive appropriée au climat pour que l'issue aux systèmes de chauffage et climatisation artificiels soit plus raisonnable, ou du moins comme appoint et non comme un système essentiel.
- Une ventilation urbaine par l'encouragement du déplacement doux et les aménagements paysagers.

3. Ambiance et Confort hygrothermiques extérieurs :

Le confort hygrothermique est la satisfaction exprimée quant à l'ambiance hygrothermique. (Benhalilou, K., 2008)

Une ambiance hygrothermique confortable est la capacité de cette ambiance de conférer à l'homme une satisfaction lors des épisodes les plus chauds en été et les plus froids en hiver.

C'est une condition de combinaison du confort thermique et hygrométrique, c'est principalement se sentir ni en besoin de chaleur ni de bouffée d'air frais et humide, bien évidemment la même ambiance hygrothermique peut être appréciée différemment par plusieurs individus.

C'est tellement subjectif qu'elle dépend de plusieurs facteurs externes et internes que l'homme même les ignore, il peut être affecté par un large éventail de paramètres :

- Mesurables (environnementaux) en particulier : le rayonnement solaire, l'humidité relative et la vitesse du vent.
- Non mesurables tel que la dimension psychologique et physiologique. (Kargon, J)

On entend parler de la neutralité thermique, Bruant, M., (1997) mentionne qu'elle résulte d'un équilibre thermique obtenu par peu (ou aucune) de réactions physiologiques.

C'est plus qu'une sensation, c'est plutôt le seuil où l'homme ne mobilise aucun mécanisme d'adaptation ou de lutte contre l'ambiance en sujet (chaude, froide, humide,

sèche). Toutefois, cette neutralité thermique ne correspond pas nécessairement au confort thermique. (Cantin, R. Moujalled, B. Guarracino, G., 2005).

3.1 Ambiance hygrothermique qui répond aux conditions climatiques opposées : Hiver-Eté, est ce que ça peut exister ?

Le confort hygrothermique est la perception de l'humidité, la chaleur ou le froid, et le cycle saisonnier aussi différent qu'il soit (quatre saisons) fait apparaître une variation de besoins principalement dans les grandes périodes (Hiver-Eté). La difficulté principale que les aménageurs et concepteurs rencontrent, c'est comment faire face à ce conflit de besoins saisonniers, notamment dans les zones aux conditions climatiques extrêmes, le cas de la ville de Sétif (hiver froid et humide, été chaud et sec), le soleil est le bienvenu en hiver, mais des protections sont plus qu'obligatoires en été.

D'après un questionnaire établi sur un échantillon de 20 personnes sur la question « Qu'elle est ta vision sur l'ambiance dans la rue ? Comment arrives-tu à te sentir dans le confort hygrothermique dans la rue en hiver ? » 80% soit 16 personnes sur 20, ont donné des réponses plus ou moins rapprochées : « une tenue vestimentaire bien chaude, un bonnet, un parapluie, ... ».

Sans doute par ce que, seul le niveau d'habillement peut lui procurer son confort. Il s'avère le seul dispositif facile à jouer sur ses niveau, et le plus maniable pour réussir le bien être personnel du psychique et physiologique aux grés des différentes catégories d'usagers et surtout aux grés des quatre saisons.

Cette attitude spontanée et intuitive est sensée inspirer les planificateurs pour la conception et la correction des ambiances que présentent nos rues, la stratégie de la conception passive se trouve probablement insuffisante faces aux objectifs contradictoires hiver-été.

Il faut noter que le confort hygrothermique est compliqué et difficile à atteindre à l'extérieur beaucoup plus qu'il l'est à l'intérieur, comprendre le jeu hiver-été absorbe les impacts des phénomènes climatiques extrêmes.

Avec des stratégies de planification comme manier les composants de l'extérieur bien entendu l'élément naturel végétal et l'élément artificiel minéral (bâtiments...) travaille

le confort dans ces conditions extrêmes. Pendant que le premier dit végétal travaille plus l'été que l'hiver (fraicheur, ombre, ...) le second dit minéral travaille les deux à la fois comme protecteur et abri (vent, soleil, pluies...). Toute fois il y-a plusieurs dispositifs et arrangements démontables et saisonniers qui répondent mieux aux conditions intermédiaires en élargissant la zone du confort urbain et en augmentant la durée de fréquentation.

Comment se manifeste l'effet de la dynamique de l'environnement naturel et construit sur la perception des conditions hygrothermiques dans les espaces extérieurs ?

La dynamique de l'environnement urbain expose une multitude de caractéristiques conceptuelles (construit, naturel) et hygrothermique (soleil, ombre, humidité, fraicheur, vent...), ceci présente une multitude d'ambiances, l'homme en approchant l'urbain, le vis en distinguant ses moindres détails et y réponds subjectivement, la perception de l'espace est souvent identifiable, et pour répondre, cette dynamique se manifeste par l'apparition des cycles saisonniers de fréquentation de ces espaces.

3.2 L'évaluation du confort hygrothermique dans les ambiances extérieures :

Pour établir une évaluation du confort hygrothermique dans un environnement extérieur, il y-a plusieurs méthodes, s'appuyant toutes sur le même principe, il est essentiel voire obligatoire d'élaborer des connaissances intégrant les deux dimensions fondamentales :

- La dimension quantitative basée sur les mesures et l'estimation du bilan énergétique.
- La dimension qualitative basée sur le subjectif ressenti par l'homme et son degré de satisfaction ou d'insatisfaction.

Pour surmonter tout écart entre la première méthode et la seconde, ces deux doivent travailler d'une façon complémentaire. Ainsi une analyse doit accompagner cette évaluation, analyse du microclimat, de l'espace urbain et ses éléments constitutants (bâti, végétal, eau)...Selon Remy, N., l'évaluation des ambiances hygrothermiques se fait à travers des paramètres appelés Descripteurs. Classés comme suite

1. Les descripteurs microclimatiques
2. Les descripteurs spatiaux.
3. Les descripteurs des fonctions et des usages.

4. Les descripteurs de la perception microclimatiques. (Web 6, auteur non spécifié).

L'objectif est de réaliser un diagnostic environnemental du site (humidité, pluie, vent ensoleillement) préalablement, en vue de la maîtrise de l'hygrothermique extérieure, puis ressortir les atouts et contraintes des endroits stratégiques pour finir avec une liste d'interventions et de corrections pour un confort hygrothermique plus stables et durables.

Dans ce chapitre, on va essayer de développer les méthodes et outils de caractérisation et évaluation quantitative du confort hygrothermique extérieur, et plus précisément les outils liés aux phénomènes environnementaux, néanmoins on répond brièvement à la question :

3.2.1 Qu'en est-il de la dimension qualitative ?

3.2.1.1 Comportement adaptatif de l'homme dans les conditions hygrothermiques extérieures :

C'est l'évaluation de l'évolution de la sensation hygrothermique in situ à base d'enquêtes par questionnaires, entrevue, et ce, pendant une période précise.

L'objectif derrière cette méthode est d'évaluer l'effet qualitatif de l'ambiance en question sur le confort hygrothermique extérieur, l'étude de l'interaction homme –ambiance, si l'homme s'adapte à l'ambiance ou l'adapte à sa convenance.

Il est difficile d'atteindre une sensation thermique neutre des usagers dans les espaces extérieurs principalement avec les fluctuations les plus importantes en hiver et en été.

Confort psychologique et physiologique ?

La perception de l'ambiance hygrothermique ne dépend pas seulement de la nature du microclimat mais aussi de la dimension psychologique, c'est une émotion, une humeur, un vécu et un ressenti (de stress de gêne de bien être...), une évaluation effective de cette situation c'est chercher si elle est désirable ou indésirable.

Mais pour un confort accrue et durable dans la rue se baser seulement sur cette approche semble insuffisant dans l'évaluation de la sensation du confort. (Web 6, auteur non spécifié)

Compte tenu de l'interaction des paramètres physiques psychique et physiologiques (avoir froid, avoir chaud...), un piéton dans l'urbain cherche à se mettre dans les

environnements les moins inconfortables, et tente de s'y adapter pour réduire la sensation d'inconfort, soit en changeant l'allure de marche (marcher vite, ralentir, s'arrêter) soit en évitant intuitivement ou volontairement ces lieux inconfortables.

3.2.1.2 Les échelles de sensation thermique :

C'est une méthode d'évaluation du degré de confort hygrothermique d'une ambiance donnée, par une échelle de points à voter, avec un choix judicieux à l'aide d'un échantillonnage représentatif. (Boutabba, S. -DJ., 2007). Plusieurs échelles ont été proposées partant toutes du même principe notant parmi elles :

- Échelle ASHRAE : échelle de 07 point

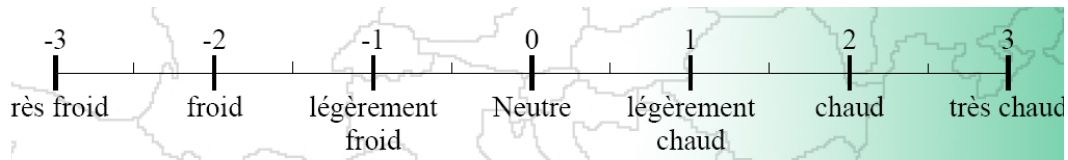


Figure 2.5 : Échelle de sensation thermique de ASHRAE.

Source : Charles, K.E. Fanger's Thermal Comfort and Draught Models, October 10, 2003-IRC-RR-162 , conseil national de recherche Canada

- Echelle MTV (Mean Thermal Vote) :

-3	beaucoup trop froid
-2	Trop froid
-1	Froid mais confortable
0	Neutre
+1	Chaud mais confortable
+2	Trop chaud
+3	beaucoup trop chaud

Tableau 2.1 : Echelle MTV

Source: d'après Bedford T. 1936 cité par Nilsson H. 2004, Boutabba, S. -Dj., 2007

- Echelle de Michael Bruse : il a adopté une échelle à neuf points (classification des valeurs de PMV, (vote moyen prévisible) lors de ses travaux de simulation du confort propre aux espaces extérieurs. (Boucheriba, F., 2006).

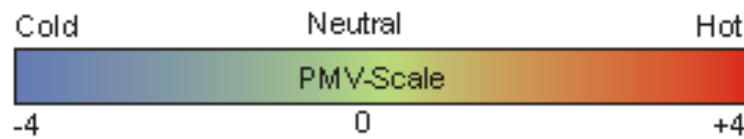


Figure 2.6 : Échelle de Michael Bruse
Source : BRUSE M. 2004 cité par Boucheriba.F, 2006

Comment évaluer l'effet d'un environnement thermique sur l'homme ?

Selon Höpfe, P. R., (2007) la seule manière de décrire l'effet d'un environnement thermique sur l'homme, est le bilan énergétique avec tous les paramètres qu'il inclut (météorologique et comportementale, vêtement-activité). En utilisant l'équation de confort de Fanger et les modèles MEMI IMEM comme exemple.

3.3 Bilan énergétique :

C'est une approche analytique statique qui vise à identifier les conditions de confort thermique par la prédiction de la sensation thermique des usagers.

En espace extérieur, il est nécessaire d'analyser si l'espace extérieur présente un bilan énergétique acceptable et par conséquent un confort extérieur optimal.

La variation de la perception thermique (hiver-été) est provoquée par la température, et l'influence que les deux environnements (intérieur, extérieur) ont mutuellement l'un sur l'autre. D'un point de vue général, l'application d'un bilan permet de raffiner les connaissances des différents échanges d'énergie (Vinet, J., 2000).

L'augmentation ou l'abaissement de la température extérieure influence la demande énergétique en hiver et en été, une augmentation de la puissance de conditionnement en été et les charge de chauffage en hiver des bâtiments et par conséquent une grande demande en électricité, gaz à effet de serre, polluant, intensité de l'îlot de chaleur.

Ce résultat affecte le potentiel de la ventilation naturelle dans la rue. Par ailleurs, cela demande des techniques de rafraîchissement urbain passives plus appropriées.

En conclusion on peut dire que la consommation énergétique est forte liée à la température, plus celle-ci est forte plus la consommation est importante et vis versa sauf en hiver, qui présente une légère diminution.

En milieu urbain les trois flux énergétiques nécessaire au calcul du bilan thermique urbain sont :

- Gains énergétiques = Pertes + Énergie stockée

Gain énergétique = Le flux net radiatif Q_r (flux perdu par les milieux opaques dans leurs échanges radiatifs)+ Le flux de chaleur anthropique Q_T produite par l'activité humaine (transport, industrie, production d'énergie électrique, bâtiment, etc.)

- Perte= Le flux de chaleur sensible Q_E perdue par l'environnement urbain + Le flux de chaleur latente Q_L perdue par l'environnement urbain + Le flux de chaleur advectif perdu par l'environnement urbain avec son environnement extérieur (sensible et latent) Q_A

- L'énergie stockée dans les éléments opaques, Q_s . (Web 6, auteur non spécifié)

4. Les caractéristiques hygrothermiques des ambiances extérieures :

La forme extrêmement ambiguë et plissée de l'urbain, de l'espace extérieur et essentiellement de la rue présente des caractéristiques microclimatiques hygrothermiques complexes. C'est la manifestation climatique de l'urbanisation qui en est la cause la plus évidente.

4.1 caractéristiques thermiques de l'ambiance urbaine :

La thermique intérieure à toujours été traitée amplement dans la recherche du confort de l'homme, et de nos jours, cette recherche étend ses outils et repères pour aller au-delà des murs des bâtiments, à l'environnement extérieur et même les moyens de transport (avion, bateau...), bref suivre l'homme là où il va.(Cantin, R. Moujalled, B. Guarracino, G., 2005).

4.1.1 Les facteurs nécessaires pour l'évaluation du confort thermique extérieur:

- La température de l'air T_a
- La vitesse du vent V
- L'humidité relative
- Un quatrième paramètres se voit décisif pour l'évaluation de ce confort et se trouve interdépendant des irradiances globales, est la température moyenne radiante $TMRT$, elle résume toutes les ondes (grande, courte) absorbées par le corps.

La température moyenne radiante est une variable clé de l'évaluation du confort thermique extérieur en vertu de la sensation thermique et indépendamment de l'indice de confort (Mayer., 1987).

Pour Fanger, l'interaction de six (06) facteurs fondamentaux nous définit la sensation de confort au sein d'un environnement thermique.

- Quatre (04) environnementaux qui sont : La température ambiante, la température radiante, l'humidité et le mouvement de l'air;
- Deux facteurs non environnementaux (comportementaux) le taux métabolique et le rythme d'activité.

C'est les variables qui affectent la réponse de l'homme face à un environnement thermique donné. (Epstein, Y. et Moran, D. S., 2006).

4.1.1. 1. La température moyenne radiante (TMRT):

Un paramètre décisif pour l'évaluation du confort thermique, en vertu de la sensation thermique et indépendamment de l'indice de confort. Résumant toutes les ondes (grande, courte) absorbé par le corps, elle se trouve interdépendante des irradiations globales. C'est une variable clé de l'évaluation du confort thermique extérieur. (Mayer. Hoppe ., 1987).

La température radiante moyenne (TMRT) est généralement évaluée comme le rayonnement reçu en un point (Ou par une petite sphère), elle décrit de manière adéquate la charge thermique sur un homme. (Barbara, E. Tredre ., 1964), c'est une variable très importante dans l'évaluation de plusieurs indices de confort thermique extérieur. (Boucheriba, F., 2006).

Peut – on caractériser le confort ou l'inconfort thermique extérieur ?

Le stress thermique peut se manifester comme suite : une difficulté de réaliser un équilibre thermique, ce qui entraîne une difficulté de la régulation (les mécanismes de thermorégulation) contre le froid et la chaleur

Contre la chaleur : en période chaude, le corps secrète de la sueur, la sudation entraîne un abaissement des charges thermiques, mais quand l'air est humide la sueur ne s'évapore pas et une sudation excessive entraîne une sensation d'inconfort.

Contre le froid : l'équilibre du bilan thermique dans une ambiance froide, semble être plus délicat qu'en conditions chaude, le corps perd de sa chaleur, et le rythme de l'activité semble être décisif dans la compensation de cette chaleur, une sensation de froid puis de frisson qui va jusqu'au stress (Cantin, R. Moujalled, B. Guarracino, G., 2005).

4.1.2 Les outils et indices de caractérisation du confort thermique ou de stress thermique :

De nombreuses tentatives ont été faites à cet égard afin de développer prendre en considération tous les paramètres susceptibles d'influencer de loin ou de près le confort thermique, en prenant en compte les paramètres classiques tels la température de l'air, la, l'hygrométrie, la vitesse de l'air, le rythme de l'activité, la résistance thermique des vêtements...

Comme le confort peut être défini par l'inconfort, on peut évaluer le confort thermique par des indices d'inconfort, de stress, de malaise....Plusieurs indices ont été suggérés (voir Tab : 2.2) qui d'après Epstein. Y. et Moran, D. S., (2006) peuvent être classés en 03 groupes :

- Les indices directs : Ou indices simple fondés sur des variables environnementales basiques.
- Les Indices rationnels et les indices empiriques : sont les plus sophistiqués, intégrant les variables environnementales et physiologiques. Cependant ces deux types d'indices sont difficiles à calculer et ne sont pas réalisable pour un usage quotidien.

Year	Index	Author(s)
1905	Wet-bulb temperature (Tw)	Haldane19)
1916	Katathermometer	Hill et al.47)
1923	Effective temperature (ET)	Houghton & Yaglou23)
1929	Equivalent temperature (Teq)	Dufton48)
1932	Corrected effective temperature (CET)	Vernon & Warner24)
1937	Operative temperature (OpT)	Winslow et al.49)
1945	Thermal acceptance ratio (TAR)	Ionides et al.50)
1945	Index of physiological effect (Ep)	Robinson et al.51)
1946	Corrected effective temperature (CET)	Bedford52)
1947	Predicted 4-h sweat rate (P4SR)	McArdel et al.53)
1948	Resultant temperature (RT)	Missenard et al.54)
1950	Craig index (I)	Craig55)
1955	Heat stress index (HSI)	Belding & Hatch7)
1957	Wet-bulb globe temperature (WBGT)	Yaglou & Minard25)
1957	Oxford index (WD)	Lind & Hellon34)
1957	Discomfort index (DI)	Thom36)
1958	Thermal strain index (TSI)	Lee & Henschel56)
1959	Discomfort index (DI)	Tennenbaum et al.39)
1960	Cumulative discomfort index (CumDI)	Tennenbaum et al.39)
1960	Index of physiological strain (Is)	Hall & Polte57)
1962	Index of thermal stress (ITS)	Givoni58)
1966	Heat strain index (corrected) (HSI)	McKarns & Brief59)
1966	Prediction of heart rate (HR)	Fuller & Brouha60)
1967	Effective radiant field (ERF)	Gagge et al.61)
1970	Predicted mean vote (PMV)	Fanger9)
1970	Threshold limit value (TLV)	
1970	Prescriptive zone	Lind62)
1971	New effective temperature (ET*)	Gagge et al.63)
1971	Wet globe temperature (WGT)	Botsford64)
1971	Humid operative temperature	Nishi & Gagge65)
1972	Predicted body core temperature	Givoni & Goldman66)
1972	Skin wettedness	Kerslake67)
1973	Standard effective temperature (SET)	Gagge et al.68)
1973	Predicted heart rate	Givoni & Goldman69)
1978	Skin wettedness	Gonzales et al.70)
1979	Fighter index of thermal stress (FITS)	Nunneley & Stribley71)
1981	Effective heat strain index (EHSI)	Kamon & Ryan72)
1982	Predicted sweat loss (msw)	Shapiro et al.73)
1985	Required sweating (SWreq)	ISO 793374)
1986	Predicted mean vote (modified) (PMV*)	Gagge et al.75)
1996	Cumulative heat strain index (CHSI)	Frank et al.76)
1998	Physiological strain index (PSI)	Moran et al.77)
1999	Modified discomfort index (MDI)	Moran et al.78)
2001	Environmental stress index (ESI)	Moran et al.79)
2005	Wet-bulb dry temperature (WBDDT)	Wallace et al.80)
2005	Relative humidity dry temperature (RHDDT)	Wallace et al.80)

Tableau 2.2: Indices de stress thermique (heat stress indices)

Source: Epstein, Y et Moran, D.S., (2006)

les indices empiriques sont les plus utilisés (depuis plus de 04 décennies) (Epstein, Y. et Moran, D. S., 2006), tels : (WBGT) indice de température humide et de globe noir (wet-bulb globe temperature) et (DI) indice d'inconfort ou de malaise (discomfort index). (Boutabba, S. -Dj., 2007)

D'après Epstein, Y. et Moran, D. S., 2006, « il est suggéré d'adopter le *DI* comme indice universel de stress thermique ».

4.1.2.1 L'indice thermique de stress ITS (Givoni 58) en watt :

Il exprime l'échange entre le corps et l'environnement. C'est la vitesse par laquelle le corps doit sécréter de sueur à la recherche de son équilibre thermique. Cet indice est recommandé par de nombreuses organisations internationale et a été adoptée comme une norme ISO, précisément la norme (ISO 7243) 26-31).¹

Il est donné par l'équation suivante : $ITS = [Rn + C + (M-W)] / f$

Rn : radiation, C : convection, M-W : chaleur interne (métabolisme- travail), F : efficacité de l'évaporation de la sueur limitée par l'humidité atmosphérique. (Shashua-Bar, L. Pearlmutter, D. Erell, E., 2009)

4.1.2.2 L'indice PT - Température Perçue en (C°):

En utilisant le modèle proposé par Jendritzky et Sievers., (1989), VDI., (1998) ont obtenu des températures radiantes moyennes jusqu'à 30 K plus importantes que la température de l'air. La perception thermique correspond au sept degrés de l'échelle ASHRAE. (VDI., 1998. cité par Ballout, A., 2010).

4.1.2.3 L'indice PET - Température Physiologique Équivalente :

La température physiologique équivalente tend à faire de l'extérieur un intérieur fictif, C'est la température de l'air à laquelle, dans un local intérieur typique, avec ou sans rayonnement solaire, le bilan de chaleur du corps humain (activité légère, métabolisme de travail de 80 W à ajouter au métabolisme de base, et résistance des vêtements de 0.9 clo) est équilibré avec les mêmes températures internes et de peau que celles obtenues en conditions extérieures (Hoppe., 1999 cité par Vinet, J., 2000).

L'indice PET est basé sur le modèle de bilan d'énergie *MEMI* (Munich Energy balance

¹ ISO : Règle thermique, basée sur des études réalisées au départ sur des sujets nord-américains et européens mais est en accord avec les résultats d'études récentes réalisées sur des sujets japonais exposés à des environnements thermiques modérés.

ISO 7243 : Relative à l'évaluation simplifiée des contraintes thermiques des lieux de travail par l'indice (Wet Bulb Globe Temperature). (ISO, organisation internationale de normalisation http://www.iso.org/iso/fr/iso_catalogue.htm)

Model for Individuals). (Ballout, A.; 2010). Le PET est complexe pour être utilisé par les simples organisations mais plutôt par les météorologues dans le calcul des sensations thermiques météorologiques. (Kellerman, N., 2003).

Les paramètres entrants en compte pour le calcul de cet indice sont : la température moyenne de surface des vêtements (T_{cl}) la température moyenne de la peau (T_{sk}) et la température interne (T_{corps}).

En pratique, cet indice est égal à $43C^{\circ}$ en journée ensoleillée d'été, ceci dit qu'un homme dans une température de l'air de $43C^{\circ}$ intérieur vit la même situation thermique dans $43C^{\circ}$ à l'extérieur. (Vinet, J., 2000).

<i>PMV</i>	<i>PET</i> ($^{\circ}C$)	Perception thermique	Degré de la contrainte physiologique
-3,5	4	très froid	froid extrême
		froid	très froid
-2,5	8	froid	froid modéré
-1,5	13	légèrement frais	léger froid
-0,5	18	confortable	pas de contrainte
0,5	23	légèrement chaud	un peu chaud
1,5	29	chaud	chaud modéré
2,5	35	chaud forte	chaleur
3,5	41	très chaud	chaleur extrême

Tableau.2.3 : Domaine de l'indice de confort thermique PET pour différentes catégories de la perception thermique des êtres humains. Production de chaleur interne : 80 W, résistance de transfert thermique vêtements : 0,9 clo (*35).Source : (Matzarakis et al., 1999 cité par Ballout, A. 2010).

4.1.2.4. La température apparente (AT) :

C'est pratiquement aux années 80 que cet indice à été étendu aux conditions extérieures (effet du soleil, vent et humidité). L'AT indice se base sur un modèle mathématique d'un adulte qui marche à l'ombre (Steadman., 1994).

L'AT est définie comme, la température à un niveau d'humidité de référence produisant l'équivalent d'inconfort que celui vécu sous la température ambiante et l'humidité courantes.

C'est un ajustement de la température ambiante (T) en fonction du niveau de l'humidité. Une humidité absolue avec un point de rosée de 14° est choisie comme référence, si

l'humidité est plus élevée que la référence, cela indique que (AT) est plus élevée que la température ambiante (T) et vice versa.

Par ce qu'il est basé sur un ajustement de la température réelle et l'effet perçu de l'humidité et vent, dans la pratique cet indice est plus efficace que le WBGT (Ballout, A., 2010)

4.1.2.5 L'indice PMV le vote moyen prévisible et PPD Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits :

Afin de déterminer des conditions thermiques appropriées, les praticiens se réfèrent à des normes fondées principalement sur des modèles mathématiques tel que la norme Ashrae 55 (Ashrae., 1992) et la norme ISO 7730 (ISO., 1993),²

s'intitulant « Ambiances thermiques modérées ». (Ballout, A., 2010)

Définissant des plages de température qui devraient conduire à la satisfaction thermique pour au moins 80% des occupants dans un espace. Ces normes ont été développées par Fanger et ses collègues, ils ont en particulier développé un modèle de sensation de confort thermique, connu sous le nom : « vote moyen prévisible (PMV) modèle (Fanger., 1970) », et un modèle d'inconfort local. (Fange. Hanzawa et Ring., 1988 cité par Charles, K. E., 2003).

Le PMV établit une contrainte thermique fondée sur le transfert de la chaleur en régime permanent entre l'homme-environnement à été étendu pour travailler les conditions extérieures et intégrer les flux solaires dans le calcul du vote.

(Web 7, auteur non spécifié).

D'après Mayer, H., (1993), le PMV a été développé tant pour les conditions externes que pour les conditions internes. Le PMV ou appelé le modèle de Fanger. Fanger a déterminé expérimentalement les conditions physiologiques (température cutanée et sudation) nécessaires pour le confort thermique sous des conditions thermiques

² ISO 7730:1994 : Elle concerne essentiellement les environnements de travail mais peut être utilisée pour tout type d'environnement. Le modèle de Fanger a servi de base pour la norme internationale ISO 7730 qui porte sur les conditions de confort dans les ambiances thermiques modérées, dont l'objet est de présenter une méthode de prévision de la sensation thermique et du degré d'inconfort (insatisfaction thermique) des personnes exposées à des ambiances. (Source, ISO, organisation internationale de normalisation http://www.iso.org/iso/fr/iso_catalogue.htm)

homogènes et stationnaires. En écrivant le bilan thermique, il a exprimé, à l'aide de cet indice, la sensation thermique en fonction de l'écart du flux de chaleur cédé par le corps à l'environnement par rapport à celui qui correspondent aux conditions de confort. (Cantin, R. Moujalled, B. et Guarracino, G., 2005).

L'équation relie les paramètres usuels tels que la température de l'air, la température radiante moyenne, l'hygrométrie, la vitesse de l'air, le métabolisme et la résistance thermique des vêtements. De plus, deux paramètres physiologiques s'ajoutent, la température moyenne de la peau et l'évacuation de la chaleur par sudation.

Au total, 1396 sujets ont été testés sur 8 niveaux d'activité, 9 valeurs de vitesse d'air, 7 valeurs relatives aux vêtements, de nombreuses valeurs de température ambiante, 1 valeur d'humidité 50 %. (Charle, K. E., 2003).

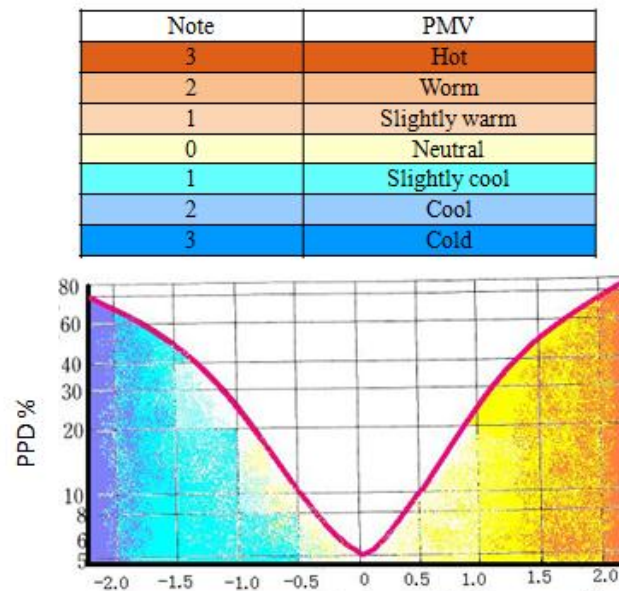


Figure 2.7 : Indice PMV et PPD. Source : (Charles, K.E. 2003)

Le PMV exprime la sensation thermique moyenne éprouvée par un large groupe d'individus sur l'échelle de sensation thermique de l'ashrae (Fig : 2.7).

Fanger par cet indice tente de ramener l'espace a un équilibre thermique (légèrement chaud, légèrement froid, Vote +1, -1), que si celui ci devient difficile a avoir, au moins qu'il soit en mesure de prévoir une neutralité thermique (sensation neutre, Vote 0). Une étude à montréal que même dans des conditions thermiques optimal le résultat a donnée seulement 60% de satisfaits. Les personnes sont considérées comme insatisfaites si elles votent ± 2 ou ± 3 sur l'échelle de 7 points de l'Ashrae. (Ballout, A., 2010).

PPD Pourcentage Prévisible d'Insatisfaits :

La sensation thermique n'étant pas suffisante pour exprimer le confort, Fanger a proposé un autre indice qui complète le PMV, le « PPD » (pourcentage prévu des insatisfaits). Cet indice permet à l'aide d'une analyse statique, de prévoir le pourcentage des insatisfaits à une sensation donnée local, à partir de trois variables physiques (température de l'air, la vitesse moyenne de l'air, et l'intensité de turbulence). (Charles, K. E., 2003).

Pour une acceptabilité thermique l'indice doit être compris entre -0.5 et +0.5, ce qui assure 90% de satisfaits vis-à-vis des conditions climatiques (Millanvoy, M. et Boutabba, S. -Dj., 2007) cependant il y-a certains chercheurs qui étendent cette intervalle à -1 et +1 à cause de la possibilité d'adaptation par le vêtement. (Pénicaud, H., 1978. et Boutabba, S. -Dj., 2007).

4.1.3. La réalité des indices d'évaluation :

« Ce qui caractérise notre époque, c'est la perfection des moyens et la confusion des fins » - (Einstein, A)

Les recherches actuelles suscitent plus d'intérêt à ces indices établis par l'approche analytique, vu que se baser sur des modèles statiques (physique et physiologique) ne suffit pas pour déterminer les conditions du confort thermique dans un environnement intérieur ou extérieur. Prenant le PMV comme exemple, Dans le cadre du projet COPE Une étude basée sur les constatations des investigations in situ, à révélée que les conditions de confort thermique trouvées étaient plus amples que celles recommandées par le PMV.

Alors peut-on évaluer à l'aide de ces indicateurs le confort et l'inconfort thermique extérieur ?

D'après Vinet, J. (2000), aucune validation ne peut évaluer d'une manière forte l'état du confort ou d'inconfort dans un extérieur donné, l'utilisation de ces différents indicateurs, a pour objectif d'évaluer l'incidence d'une décision d'aménagement sur les niveaux résultants et non pas d'obtenir une réponse exacte à une situation de confort en extérieur. Et c'est ce qui donne a mieux définir l'effet du microclimat sur l'individu.

Il ajoute « ... le modèle restant quant à lui perfectible avec l'accumulation des connaissances et le développement des outils de calcul. ».

Produire de la fraîcheur produit-il forcément de la chaleur ?

L'homme dans son bâtiment cherche à trouver son confort intérieur notamment dans la saison chaude, en cherchant de la fraîcheur chez soi, il produit de la chaleur dans les espaces extérieurs car en effet il ne fait que la déplacer de chez lui vers l'extérieur. C'est l'un des plus grands amplificateurs de l'îlot de chaleur, bien connue la chaleur anthropique.

4.2 caractéristiques hygrométriques de l'ambiance urbaine :

L'humidité, ou vapeur d'eau contenue dans l'air, est une grandeur invisible, toujours présente et très importante en météorologie, souvent aperçue comme contrainte et révélée par un air chaud et lourd, elle est également très bénéfique, c'est elle qui décide le plus du temps qu'il fera, vu qu'elle peut se présenter sous plusieurs forme en se solidifiant ou en se liquéfiant, et peut être à l'origine des phénomènes suivants : rosée, nuage, pluie, neige, gel et brouillard. Phénomène Souvent liée à la thermique

4.2.1 Humidité et humidité relative :

Si l'humidité est élevée cela ne signifie aucunement que l'humidité relative est élevée, comment expliquer cela ?

L'humidité relative est le rapport en pourcentage du degré de saturation ou non saturation de l'air en vapeur d'eau, autrement dit, c'est le rapport de la concentration de la vapeur d'eau dans l'air à la concentration maximal qui puisse être dans ce même volume d'air et à la même température.

En synthétisant, on peut dire que, c'est le rapport quantité d'eau présente dans une particule d'air / quantité que peut contenir cette particule

Plus simplement, si 1m³ d'air peut contenir 8g de vapeur d'eau à 22C°, si l'air est saturé et qu'il n'arrive a contenir que 4g dans les mêmes conditions on peut dire que l'humidité relative est à 50%.

Mais il est important de noter que la valeur de l'humidité relative 70% à 20C° est différente de 70% à 30C°. (Web 8, auteur non spécifié)

4.2.2 humidité et Chaleur:

Quel est le rapport humidité-chaleur ?

La température et l'humidité représente un sujet crucial des prévisions météorologiques. Plus l'air est chaud plus sa capacité d'absorber la vapeur est grande, tandis que l'humidité relative a tendance d'être plus forte en hiver qu'en été, elle est en rapport inverse avec la température : plus la température augmente plus l'humidité relative diminue, et vis versa, cela dit qu'elle arrive à son maximum à l'aube et à son minimum au moment le plus chaud de la journée.

Comment l'humidité affecte-t-elle la chaleur ?

Pourquoi la chaleur est plus supportable dans une zone sèche que dans une zone humide ? Pourquoi la chaleur nous paraît-elle moins pénible par temps sec ?

L'homme peut trouver du mal à supporter la chaleur dans une zone A que dans une zone B, même si le bulletin météorologique annonce des degrés supplémentaires à cette zone B !,

Comment cela est-il possible ? Supporter 33°C et ne pas supporter 30°C ?

Le taux d'humidité dans l'air est à l'origine de cette perception contradictoire et irrationnelle de la chaleur dite chaleur ressentie.

Par temps chaud et sec, l'homme a comme technique pour se refroidir la transpiration, l'eau s'évapore de son corps dans l'air sec (près à recevoir de la vapeur d'eau) en diminuant sa chaleur et plus la chaleur augmente plus cette technique augmente. Ceci dit que par temps chaud et humide ce mécanisme naturel de refroidissement s'enraye et ne tient plus le coup, du fait que l'air est saturé, la transpiration est moins facile et la chaleur ressentie est d'autant plus pénible à supporter qui est plus ou moins importante que la chaleur réelle, c'est une sensation accablante.

Des études ont montré que, ce que l'homme éprouve à 30°C par temps humide est plus ou moins similaire à 40°C par temps sec. (Web 9, auteur non spécifié)

4.2.3 Outils de caractérisation du confort hygrothermique extérieur :

Quand on parle de l'hygrothermique, cela signifie que l'humidité et la chaleur sont les piliers à s'en servir de base pour fournir des guides pour un niveau de confort hygrothermique élevé.

Il serait donc plus commode de travailler un indice qui combine les deux facteurs environnementaux, sans oublier les petits ajustements que peuvent entraîner les autres facteurs (environnementaux et non environnementaux).

4.2.3.1 Indice PMV* :

Mettant en évidence la sensibilité insuffisante du PMV de Fanger (1970) à l'hygrométrie en zone chaude, introduisent un nouvel indice, *PMV**.

Dans l'indice *PMV**, remplace, dans l'équation du *PMV*, la température opérative (fonction de la température de l'air et la température radiante moyenne) par la température effective, *ET**, ce qui donne au *PMV** une sensibilité bien plus importante à l'humidité dans la zone chaude, tout en lui laissant la même valeur dans la zone de neutralité et au-dessous. (Ballout, A., 2010)

Cet indice a fait Le meilleur indice global en intérieur, plutôt qu'à l'extérieur où il n'a pas donné lieu à des validations, plusieurs chercheurs ont insisté sur certaines de ses limites il y'en a eu même qui ont présenté certaines extensions possibles qui offrent l'avantage d'introduire les apports. (Vinet, J., 2000)

qui mentionne « ...avec toutes les limites qu'on lui connaît, peut servir (l'indice *PMV**) d'indicateur comparatif. »(Vinet, J., 2000. P123).

4.2.3.2 Humidex, Indice de confort H :

Une invention chiffrée, qui essaie de faire correspondre une sensation (par temps humide) à une mesure. Cet indice de bien être global par temps chaud sans unité, mis au point par les services météorologique de Canada (théorisée par Masterton, J. M et Richardson, F. A en 1979 n'existe qu'à titre indicatif, exprime numériquement la combinaison des deux grandeurs (notions) chaleur ressentie et taux d'humidité permet d'évaluer l'intensité des conditions chaleur intense et taux élevé d'humidité et comment sont-ils ressenties par l'homme. Ce n'est pas une quantité physique mesurée mais un, vu que le ressenti est subjectif et dépend d'un large éventail de facteurs dénombrés précédemment. En terme plus clairs, humidex est un indicateur de la sensation de chaleur sur le corps (Web 10, hauteur non spécifié).

Le calcul de l'indice humidex est basé sur les paramètres suivant : La température ambiante, La pression de vapeur, Le point de rosée. Mais cet indice, a été remis en question par plusieurs chercheurs et mêmes universités, jugeant que c'est une invention d'une formule chiffrée pour décrire une sensation ce qui est loin d'être réel du fait qu'une sensation est subjective. Ainsi que cet indice prend des paramètres insuffisants à la description d'une sensation.

Température apparente (indice humidex, °C)	Degré d'inconfort
En-dessous de 29°	Peu de gens sont incommodés.
30° à 34°	Sensation de malaise plus ou moins grande.
35° à 39°	Sensation de malaise assez grande. Prudence. Ralentir certaines activités en plein air.
40° à 45°	Sensation de malaise généralisée. Danger. Eviter les efforts.
46° à 53°	Danger extrême. Arrêt de travail dans de nombreux domaines.
Au-dessus de 54°	Coup de chaleur imminent (danger de mort).

Tableau 2.4. Indice humidex , Sources : <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/humidex.htm>

4.3. Le vent et la chaleur :

Si on parle de confort d'été, on pense directement à la chaleur et l'humidité, c'est la combinaison la plus travaillée pour réussir un confort en plein été, par ailleurs si on parle du confort d'hiver, on ne se plaint pas de l'humidité plus que le vent, et c'est le vent et la chaleur qu'on pense travailler. (Web 10, auteur non spécifié)

En hiver l'homme se trouve très sensible au vent, le courant d'air en hiver est défini par ISO 7730 «un refroidissement local indésirables (Cantin.R. Moujalled, B. Guarracino, G., 2005). À contrario en période chaude une légère brise de vent est très souhaitée. Le vent accélère l'échange de chaleur, cela dit qu'il accélère le refroidissement naturel urbain, et cette situation est plus bénéfique en été dans les tissus dense qu'en hiver car elle risque de gâcher le bénéfice d'une bonne conception et orientation.

Un point à noter, le vent dans l'urbain, se trouve affecté par la configuration urbaine que par la végétation. (Web 7, auteur non spécifié)

Pourquoi la sensation de froid est plus vive lorsqu'il vente ?

Il est évident que le vent augmente la perte de chaleur, cela dit il modifie la température ressentie. La perte de la chaleur que ressent l'homme par temps venteux est en rapport avec la vitesse du vent, plus la vitesse du vent est importante plus la rapidité de la perte de chaleur est significative et plus la sensation de froid est ressentie, la vitesse maximale admise pour le confort d'un piéton est de 5m/s. (Remy, N).

Pourquoi l'homme préfère se déplacer dans une condition froide en absence du vent qu'une condition moins froide avec vent ?

En se déplaçant en temps froid l'homme perd de la chaleur de son corps au fur et à mesure, il essaie de compenser cette chaleur, or qu'avec le vent, la rapidité avec laquelle son corps perd sa chaleur est tellement importante qu'il trouve du mal à reconstituer son état d'équilibre et le corps perd rapidement plus qu'il n'en conçoit, sa température nouvelle est la température équivalente qui peut même être inférieure que celle de l'air, c'est la sensation d'inconfort thermique. (Web 7, auteur non spécifié)

Les travaux de Penwarden., (1974) montrent qu'un sujet passant d'une zone ensoleillée en air calme (vent de 0.5 m/s) à une zone à l'ombre où souffle un vent de 5 m/s doit ressentir une diminution de la charge thermique équivalente à une baisse de la température de l'air de 13 °C. (Sacré, C. et Gandemer, J., 1994. Ballout, A., 2010)

Se déplacer sous une arcade ou un auvent réduit-il cette sensation désagréable du vent ?

Il est à noter que se déplacer dans un espace venteux que ce soit face au vent ou contre vent ça donne une sensation de se trouver à une température inférieure à celle de l'air, or qu'à l'abri du vent, il vente pas et la température se fait beaucoup plus clémente qu'en plein vent ; Ce qui réduit cette sensation d'inconfort.

4.3.1 Facteur de refroidissement éolien-facteur vent « R » (sans unité) :

Tout comme Humidex, cet indice a été mis au point par les services météorologique de Canada, C'est une traduction mathématique de la sensation du froid en fonction de la température de l'air combinée à la vitesse du vent, c'est une lecture de la température ressentie. Il s'exprime par un nombre qui équivaut la sensation ressentie dans une journée calme. (Web 7, auteur non spécifié)

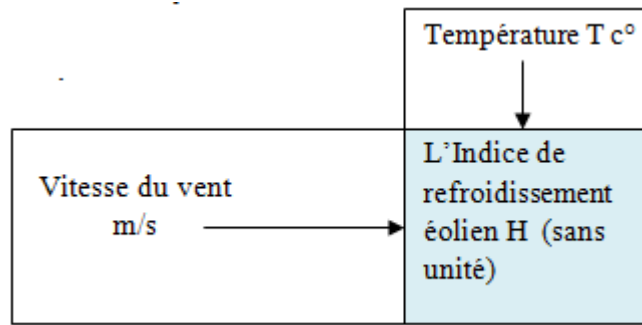


Figure 2.6 : comment obtenir le refroidissement urbain. Source : auteur

Vitesse du vent (km/h)	Température (° C)																				
	0	-2	-4	-6	-8	-10	-12	-14	-16	-18	-20	-22	-24	-26	-28	-30	-32	-34	-36	-38	-40
10	-3	-6	-8	-10	-13	-15	-18	-20	-22	-25	-27	-30	-32	-34	-37	-39	-42	-44	-46	-49	-51
15	-4	-7	-9	-12	-14	-17	-19	-22	-24	-27	-29	-32	-34	-36	-39	-41	-44	-46	-49	-51	-54
20	-5	-8	-10	-13	-15	-18	-20	-23	-25	-28	-30	-33	-36	-38	-41	-43	-46	-48	-51	-53	-56
25	-6	-8	-11	-14	-16	-19	-21	-24	-26	-29	-32	-34	-37	-39	-42	-44	-47	-50	-52	-55	-57
30	-6	-9	-12	-14	-17	-20	-22	-25	-27	-30	-33	-35	-38	-40	-43	-46	-48	-51	-53	-56	-59
35	-7	-10	-12	-15	-18	-20	-23	-25	-28	-31	-33	-36	-39	-41	-44	-47	-49	-52	-55	-57	-60
40	-7	-10	-13	-15	-18	-21	-23	-26	-29	-31	-34	-37	-39	-42	-45	-48	-50	-53	-56	-58	-61
45	-8	-10	-13	-16	-19	-21	-24	-27	-29	-32	-35	-37	-40	-43	-46	-48	-51	-54	-56	-59	-62
50	-8	-11	-14	-16	-19	-22	-24	-27	-30	-33	-35	-38	-41	-44	-46	-49	-52	-54	-57	-60	-63
55	-8	-11	-14	-17	-19	-22	-25	-28	-30	-33	-36	-39	-41	-44	-47	-50	-52	-55	-58	-60	-63
60	-9	-12	-14	-17	-20	-23	-25	-28	-31	-34	-36	-39	-42	-45	-48	-50	-53	-56	-59	-62	-64
65	-9	-12	-15	-17	-20	-23	-26	-29	-31	-34	-37	-40	-43	-45	-48	-51	-54	-56	-59	-62	-65
70	-9	-12	-15	-18	-21	-23	-26	-29	-32	-35	-37	-40	-43	-46	-49	-51	-54	-57	-60	-63	-65

Tableau 2.7 : du refroidissement éolien H

Source : <http://ptaff.ca/humidex/#mref> et http://www.smc.ec.gc.ca/windchill/index_f.cfm

Ainsi, cet indice a été mis en question et jugé autant que l'indice Humidex, pour la raison : est qu'il prend la vitesse du vent à la hauteur du visage de l'homme (1.50m) or qu'il est sensé prendre la vitesse globale.

Conclusion :

L'étude de la notion d'ambiance et le confort hygrothermiques également et les différentes interventions sur l'urbain pour une ambiance hygrothermique confortable peut se faire sur deux volets :

- La source de ces phénomènes chaleur - humidité, (déjà élaborées dans ce chapitre).
- La forme et l'aménagement extérieur de nos villes et nos rues en particulier, (le sujet du prochain chapitre).

Si bien qu'il existe une multitude d'outils et méthodes (mathématiques, simulations, enquête et vote in-situ...) d'évaluation du confort hygrothermique, la caractérisation du confort hygrothermique extérieur reste très difficile à réaliser.

À l'heure où la conscience collective s'accorde sur l'intérêt de penser la ville comme un projet écologique, le processus d'urbanisation et d'architecture continueront à évoluer sans cesse. Cela dit, il est périlleux de se laisser surpasser par cette dynamique et ce développement souvent subi plutôt que choisi, il est d'autant impérativement essentiel de trouver un équilibre optimum entre l'environnement- nature et l'environnement - nature façonnée par l'homme.

Avec une multitude de conditions hygrothermiques réalisées dans nos rues présentes, peut-elle fournir une gamme de caractéristiques spatiales et paysagères afin d'établir les critères du confort hygrothermique urbain ?

Là où on souhaite arriver, c'est de délimiter des espaces confortables à l'ombre ou au soleil tel que les conditions se présentent et réduire les contraintes sur le secteur bâti. À cet égard, on ne peut se baser uniquement sur des seuils de performances, mais plutôt croiser ces derniers avec des critères qualitatifs capables d'être interprétés dans le projet.

Dans cette perspective, il reste du chemin à faire pour faciliter la tâche aux producteurs de l'urbain, notamment en ce qui concerne : la régulation des ambiances extérieures et l'efficacité énergétique des bâtiments, en approfondissant le lien entre indicateurs morphologiques et qualité d'ambiance. La réponse à cette question fera l'objet du prochain chapitre.

Chapitre 03 : Le rôle de la couverture minérale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Introduction :

« Dans la vie, il n'y a pas de solutions. Il y a des forces en marche. Il faut les créer et les solutions suivent. »

(Saint -Exupéry, A)

La géométrie de la ville, sa configuration bi et tridimensionnelle, son relief, la nature et densité de sa végétation, l'eau et ses activités spécifiques, leurs orientations, sont les descripteurs urbains responsables et les plus efficaces à la création de l'ambiance hygrothermique urbaine.

Comment les composants urbains sont perçus par le piéton dans la rue ?

On ne peut identifier avec exhaustivité tous les objets urbains de la ville rencontrés par le piéton qui puissent susciter chez lui, une sensation de jouissance, d'indifférence ou de désagrément dans la poursuite de ses activités quotidiennes. Dans cette étude, seuls les composants nécessaires comme indicateurs du confort hygrothermique sont étudiés.

Plusieurs recherches se consacrent au développement des outils d'évaluation quantitative et qualitative (sujet du chapitre précédent) des ambiances dans les espaces extérieurs pour répondre avec qualité aux besoins de la vie urbaine, Une conscience s'éveille, rappelant que l'image finale du projet urbain importe autant que sa rentabilité. On assiste aujourd'hui à une ré-humanisation de la technologie du confort et les outils et

plan mises en œuvre pour sa réussite.

Ce chapitre est axé principalement sur le développement de la dimension bâtie (minérale) de la ville paramètre susceptible d'influencer fortement le microclimat urbain, et également ses effets sur l'ambiance et confort hygrothermiques de la rue, auxquels s'ajoute l'orientation comme paramètre intermédiaire et organisationnel.

Quel est le rôle de la couverture minérale dans la régulation de l'ambiance hygrothermique dans la rue ?

1. la Couverture minérale (bâtie) :

En milieu urbain dense, la masse bâtie (bâtiment, aire asphaltées, matériaux ...) domine sur tout le reste des composants urbains et constitue une couche imperméable bien connue sous le nom de la couche minérale, l'urbanisation accélérée dans notre pays, dans la majorité des cas avec ses objectifs à court terme (logements, infrastructures...), ne se soucie pas de la qualité de l'espace qui en résulte, ce qui empiète beaucoup sur le milieu urbain.

Après toute opération sur l'urbain, d'ordre esthétique ou confort, c'est tout l'espace extérieur qui se voit modifié, toute une nouvelle configuration de la rue..

De ce fait, dans la rue : la géométrie urbaine et l'orientation solaire se trouvent les facteurs qui affectent le plus le microclimat urbain. Elles influencent l'ambiance hygrothermique extérieure, et bien évidemment la température de l'air, l'humidité et l'écoulement du vent.

Mieux comprendre leurs effets, cela demande de :

- Expliquer comment la géométrie de la rue, des bâtiments, des dispositifs urbains et matériaux de constructions peuvent moduler le microclimat urbain.
- Explorer la relation entre la morphologie du milieu urbain, le microclimat et le confort hygrothermique dans la rue.

En dehors du cycle saisonnier, le comportement hygrothermique dans la rue est aussi une fonction de la géométrie urbaine. Elle a un rôle majeur dans la détermination des caractéristiques microclimatiques de la rue et donc le confort hygrothermique extérieur et intérieur Celle-ci comprend tous les détails du design urbain et ses éléments

constitutifs : forme, volume du bâti, dimension, proportion de la rue (rapport hauteur/largeur), détails architecturaux (asymétrie, galeries, surplombs pergolas, auvents...), ouverture au ciel, et propriétés du matériau utilisé (couleur, albédo, inertie..)

En effet les paramètres principaux qui définissent la géométrie urbaine sont :

1. Facteurs morphologiques (rapport d'aspect H/L, et le facteur de vue de ciel),
2. La forme et la densité de bâtiments.
3. Dispositifs urbains (détails architecturaux, galeries, ...).
4. Matériaux, revêtement des surfaces (bâtiment, toit et sol).

Sur ce critère une évaluation du rôle structurel de chaque outil dans la régulation hygrothermique est plus que nécessaire. Et pour les rues qui présentent des situations de stress on peut apporter des corrections par des interventions sur place exemple : rallongement de la rue, rajout de dispositifs architecturaux, changement de revêtements et autres.

1.1. Facteurs morphologiques :

1.1.1 Rapport d'aspect H/L :

Une artère urbaine est généralement décrite comme une forme rectangulaire simple. Il s'agit communément du canyon urbain": « UC ». (Oke., 1988. Arnfield., 1990. Givoni., 1997. Asimakopoulos., 2001. et Arnfield., 2003).

L'UC est alors décrit par un rapport hauteur-largeur H / W et disposés selon une certaine orientation par rapport au soleil. (Ali-Toudert, F. et Mayer, H., 2007)

Prospect, ratio, profil vertical de la rue, rapport hauteur du bâti/largeur de la rue, c'est le schéma directeur qui organise les volumes dans la ville, et l'unité fondamentale de dimensionnement et définition de la rue et la lecture de sa géométrie. La typologie de la rue est relatif au prospect et à la densité urbaine.

Sur le plan ambiance, chaque rapport H/W d'une rue génère ses propres caractéristiques hygrothermiques, ses propres avantages et inconvénients, et ce pour les conditions climatiques extrêmes Hiver et Eté.

Autrement dit, c'est un outil très efficace déterminant l'accessibilité des rayons solaires (gain) dans la rue, l'ombre portée sur les bâtiments et sols, le comportement du vent. Une étude préalable de cet outil permet de gérer ces trois paramètres en rendant ce rapport plus grand ou plus petit selon les apports climatiques, l'orientation, le besoin et l'ambiance recherchée.

Quel est le rapport prospect / accès solaire ?

En termes d'ambiance thermique, Oke, T. R., (1988) a démontrée lors d'une étude sur l'accès solaire direct au canyon urbain, que à une latitude de 45° N et avec une orientation E-Ou, le rapport $H/L=1$ expose 39% de la façade sud au soleil et les 61% qui reste à l'ombre. Et pour les prospects $H/L=0.6 - 0.4$ respectivement 66% et 100% au soleil et 34%, 0% à l'ombre. (Boutabba, S. -Dj., 2007).

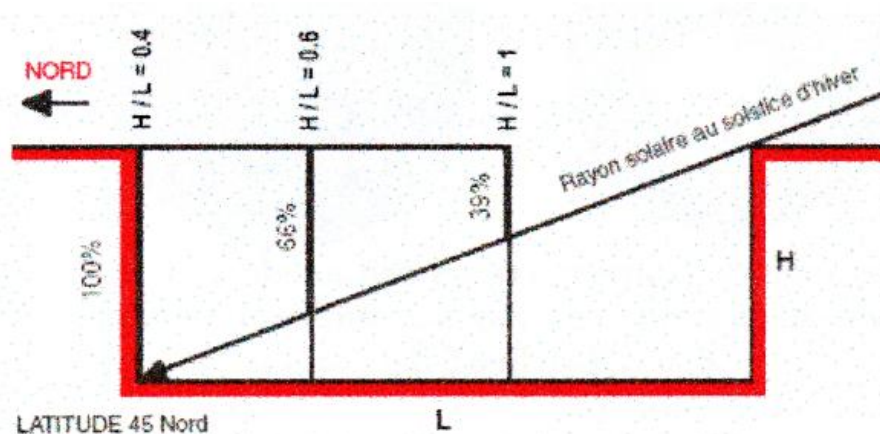


Figure 3.1 : Façade potentiellement ensoleillée en fonction du prospect

Source : Oke.T.R. 1988. cite par Boutabba. S.Dj 2007.

Et dans leurs recherches récentes Shaviv, E. Yezioro, A. Isaac, G. Capeluto. (2001) ont établi un logiciel comme outil de conception puis l'évaluation de cette conception si les propriétés du volume du bâtiment (hauteur, largeur) sont optimales pour de bonnes conditions microclimatiques ; un bon accès de soleil, une bonne ventilation voir même un bon rapport de voisinage.

Des études ont été menées sur la ville de Tel-Aviv (en Israël) prenant en considération les quartiers anciens dans l'intégration des nouveaux, à l'aide du logiciel SustArc (Web 11, auteur non spécifié) qui indique l'enveloppe solaire du volume maximal du nouveau bâtiment dans laquelle il peut s-y-inscrire, pour que autant que possible préserver le potentiel d'ensoleillement et de ventilation de l'ancien quartier.

Ces outils d'évaluations donnent des nomogrammes appelés « enveloppe solaire » donnant toutes les solutions possibles tout en analysant la performance de chaque design donné. Et les résultats de ces recherches ont été tellement tangibles, que cet outil est devenu un processus de conception et de modélisation de toute conception proposée. (Shaviv, E. Yezioro, A. Isaac, G. Capeluto., 2001)

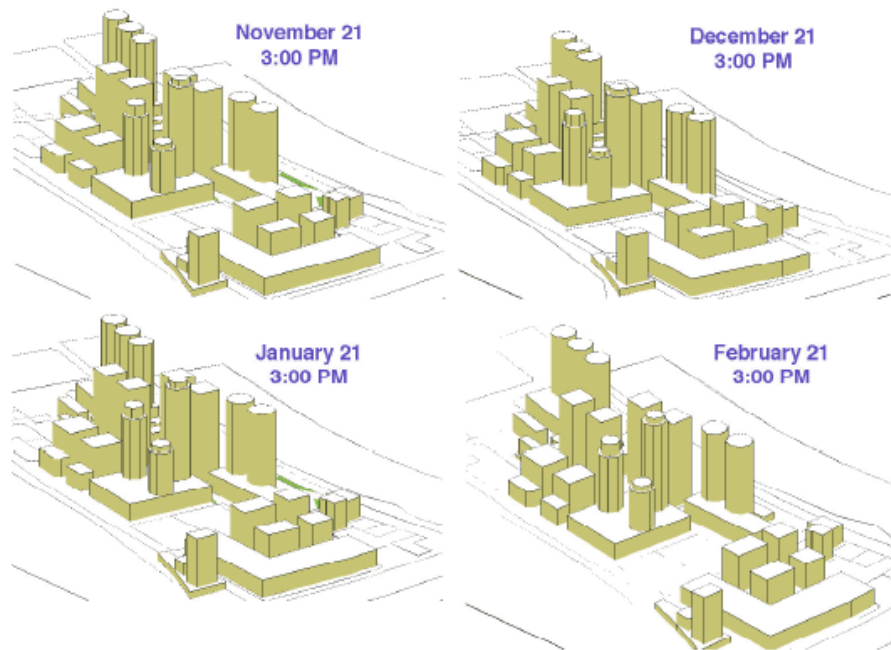


Figure 3.2 :Présentation de l'ombrage de la principale avenue (zone adjacente au bâtiments hauts coté droit droite) et le bâtiment résidentiel (carré long sur la droite) . Source : Shaviv.E, Yezioro.A et Isaac.G, Capeluto. 2001

Le cas de notre pays, on est loin de proposer des maquettes des différentes conditions microclimatiques issues d'une conception quelconque, le contrôle de cette dernière pour être protégée des excès climatiques (soleil, vent, humidité) s'il n'est pas oublié, il est laissé au gré des promoteurs . (Shaviv, E. Yezioro, A. Isaac, G. Capeluto., 2001).

D'après Izard, J. -L., (2000), la rue selon le rapport H/L peut prendre 03 formes qui sont : dégagée H/L=0.25, dièdre H/L=1 ou 0.5, canyon H/L=2. (Boucheriba, F., 2007)

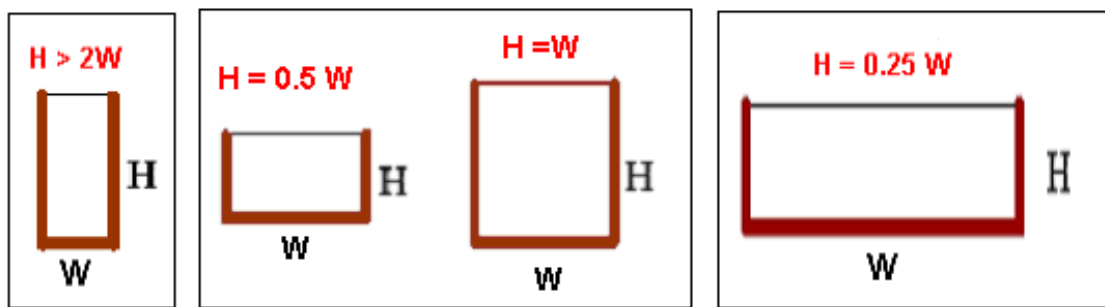


Figure 3.3 : Différentes géométries de la rue : canyon, dièdre et dégagée.

Source: Izard J.L. 2000 cité par Boucheriba. F. 2006

Dans cette recherche, le travail se fait sur les types de rues selon le prospect H/L comme suite :

- Rue large $H/L=1/2$:

Dite ouverte, où la largeur de la voie est plus importante que la hauteur du bâtiment, se présente la plus ouverte aux rayons solaires, à cet égard elle est plus chaude pendant la journée et plus fraîche la nuit et cette situation semble satisfaire pendant la période diurne hivernale et nocturne estivale. Devant cette balance de besoins quasi déséquilibrée plusieurs dispositifs d'aménagements doivent être mis en place pour arriver à remédier aux manques de cette alternative.

- Rue moyenne $H/L=1$:

La largeur de la rue est égale à la hauteur du bâtiment. Cette forme de rue correspond à un dièdre (se forme lorsqu'une surface horizontale est interrompue par une surface verticale).

Dans un espace dièdre, le ciel et les façades sont vues angulairement de manière équivalente : on peut donc avoir en même temps un ensoleillement direct et un éclairage par les façades. (Boucheriba, F., 2006)

Avec un potentiel très important qui 'est la possibilité de l'accès du soleil direct pendant l'hiver.

- Rue étroite $H/L=2$:

Etroite ou profonde, dite canyon : en milieu urbain, Izard. J.L. (2000) définit le canyon urbain comme étant une rue bordée d'immeubles et où la hauteur de ceux-ci est supérieure à deux fois la largeur de la rue ($H > 2W$). (Boucheriba, F., 2006)

Etant un espace étroit limité par des parois hauts, cette forme de rue présente des conditions thermique considérablement agréables en faveur de la saison d'été, refroidissement pendant la journée grâce à l'effet d'ombre des bâtiments, cette alternative de rue auto-ombragée peut présenter un écart en moyenne allant jusqu'à 6 K pendant une journée chaude que les deux premières (moyenne et étroite) . Par ailleurs, une rue très profonde même pour un court séjour, donne l'impression de circuler dans un couloir, un tunnel de vent et d'ombre désagréablement froid en hiver et ombragé en été.

Des études ont montrées qu'un prospect d'une rue large est plus confortable qu'une rue moyenne. Néanmoins la variabilité de température entre différents types de rue peut être perceptible lors d'un long séjour.

Ces études ont montrées que lors d'un long séjour, les variations peuvent aller jusqu'à 3K et sont très bien ressenties, tandis qu'elles sont de l'ordre de 1K lors des courts séjours ou elle devient même imperceptible. (Khandaker, S. A., 2003).

1.1.1.1 Le prospect et la thermique :

Le potentiel d'un grand ratio (rue étroite) est l'abaissement de la température des surfaces ce qui est à l'origine de l'ombre portée des bâtiments sur eux même. A l'intérieur de cette alternative de rues, l'air se trouve moins libre qu'au dessus des bâtiments, et par conséquent la stratification de la température de l'air, horizontalement ; plus on s'éloigne des parois (irradiées) plus l'air est frais ce qui donne une température plus fraîche au niveau de la chaussée. et verticalement la température des parois présente un gradient vertical plus élevé que celle de l'air (Santamouris, M. Papanikolaou, N. koronahis, I. Livada, I. et Asimakopoulos, D., 1999. Boucheriba, F., 2007)

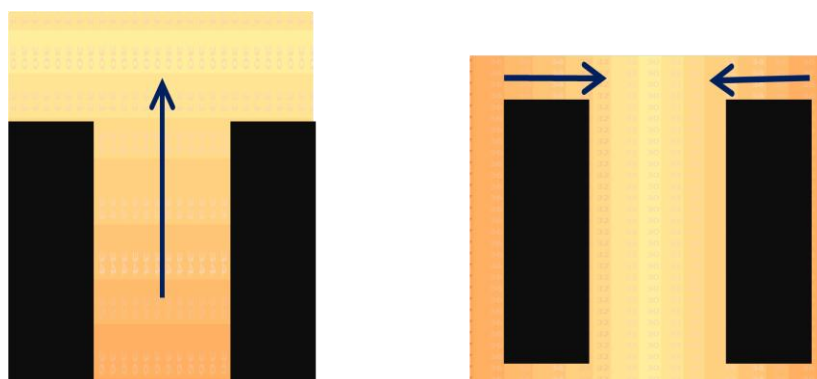


Figure 3.4 : Comportement de la thermique dans la rue Source : auteur

Ainsi le vent au sein de la canopée urbaine est moins libre et connaît plus d'embûche qui réduit de sa vitesse qu'au dessus de la canopée. (Nunez, M. Oke, T. R., 1977. Boucheriba, F., 2007).

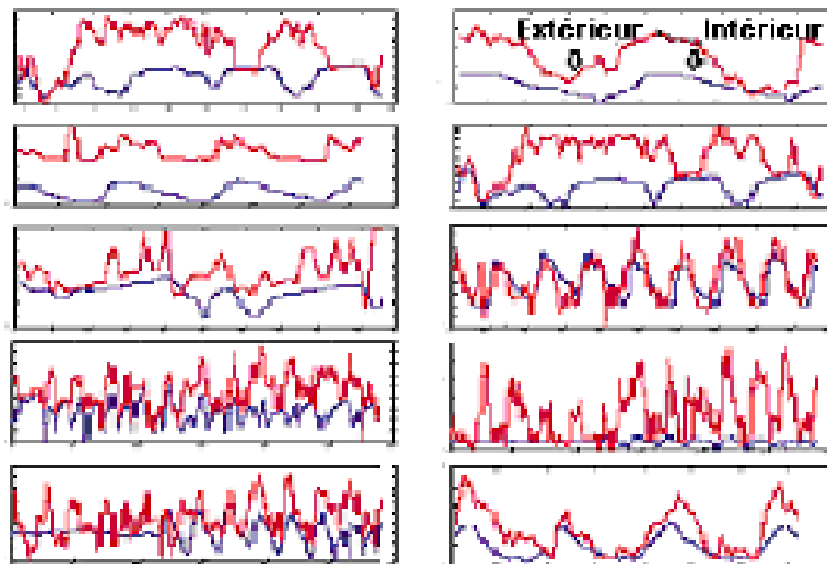


Figure 3.5 Vitesse de l'air à l'intérieur et l'extérieur de six canyons différents
Source. Santamouris.M , Klitsikas.N et Niahou.K .2002. cité par Boucheriba.F 2006

L'orientation est un descripteur urbain qui organise et influence les deux couvertures minérale et végétale, qu'elle est son influence sur la couverture minérale (bâtie) ?

C'est un facteur important de la conception passive. La course du soleil influence le gain de chaleur d'hiver et le confort d'été, néanmoins elle est jugée plus significative en été qu'en hiver et ceux pour les deux environnements extérieur et intérieur.

1.1.1.2 Relation : Prospect / Orientation de la rue :

Il y a un certain nombre de relations utiles qui doivent être développées entre le prospect et l'orientation de la rue, ces deux aspects sont des descripteurs de base du microclimat de la rue. Il convient donc de soulever avec exactitude la particularité de chacun de ces deux paramètres dans le contrôle du rayonnement solaire que peut recevoir la rue, où se termine le rôle de l'orientation et où commence celui du prospect ?

Pendant que l'orientation influence le temps de la journée, où le rayonnement est reçu, le prospect détermine la quantité du rayonnement solaire accédant à la rue, et

les surfaces susceptibles d'être touché par ce rayonnement. Cependant, la modulation du profil d'une rue et son orientation contrôle efficacement le rayonnement solaire.

On en conclut qu'en matière de durée de rayonnement solaire et sa distribution spatiale, le confort hygrothermique urbain, dépend principalement de la combinaison Prospect-orientation.

1.1.1.3 Quelle est la bonne orientation à conseiller et pour quel type de rue?

- L'orientation N-S gagne en rayonnement solaire, pénétration des radiations directes beaucoup plus en hiver qu'en été, c'est celle la plus proche du confort au long de la journée en matière d'ambiance hygrothermique et ce indépendamment du prospect.

En revanche,

- l'orientation E-O, est la moins conseillée, même avec sa protection de trottoirs, le confort d'été est difficile à atteindre durant toute la journée pour un ratio élevé, et dans l'après midi pour un ratio réduit grâce à l'ombre des murs.

Il est à noter que la distribution du rayonnement solaire incident quotidien au total est la même pour les deux orientations extrêmes Nord-Sud et Est-Ouest, mais la distribution diurne est différente.

Opter pour une orientation intermédiaire NE-SO et NO-SE nous fait gagner une sensible amélioration du confort thermique en saison d'été. (Boucheriba, F., 2006)

Ainsi il est noté que parfois la situation nous dépasse et qu'on sera amené à ne pas penser aux orientations mais plutôt de suivre le sens des vents comme le cas des rues larges qui connaissent une vitesse réduite de l'air que pour une bonne ventilation il serait opportun de l'orienter dans le sens des vents d'été.

À cet égard, il se trouve qu'il y a une combinaison orientation-prospect pour les différents climats et en particulier les climats extrêmes chaud-sec et climat froid.

- le climat chaud-sec :

Le besoin le plus prioritaire est le mouvement de l'air, donc l'orientation doit se faire selon la direction du vent naturel, pas de besoin de chaleur ce qui demande de bloquer l'accès en masse des rayons solaires d'où une rue étroite se voit la plus pertinente, pour autant assurer de l'ombre.

L'orientation N-S, une rue étroite pour un ombrage réciproque matin-soir, orientation E-O est moins conseillée avec son faible ensoleillement le matin et le soir, mais si elle est inévitable, il serait bien qu'elle soit étroite aussi.

- Le climat froid :

Besoin d'accès solaire, l'orientation N-S, une rue étroite avec une faible hauteur de bâtiment est la plus efficace pour un maximum de gain de chaleur, et la perte sera réduite au minimum, et pour l'orientation E-O les bâtiments doivent recevoir le soleil du sud.

Cela dit dans un climat hostile, il est difficile voire impossible de trouver une orientation exhaustive à chaque type de rue pour un confort passif absolu pendant toute la journée, des mesures doivent être mises en place pour réduire la période d'inconfort, Une amélioration peut être possible, par une combinaison judicieuse et appropriée de l'orientation avec les autres paramètres qui sont: vue de ciel, dispositifs urbains (galeries...), végétation...

1.1.2 Facteur de vue de ciel SVF (sky view factors) :

Ouverture au ciel et puits de fraîcheur

Le facteur de vue de ciel, définit la fraction de surface du ciel visible (a) de la fraction du ciel couverte par la structure urbaine(b) (Fig :3.7). Ce facteur détermine le degré de pénétration du rayonnement solaire et la zone d'ombre dans la rue. (Saffidine, R. Dj., 2007)

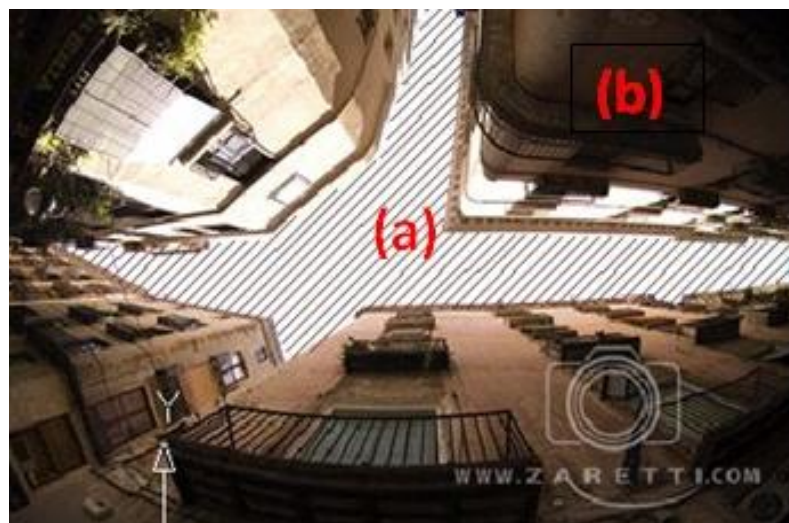


Figure 3.6: Vue de ciel, Tissu compact

Source:(Fisheye photography of Barcelona Architecture- Zaretti hotoigraphy)

L'ouverture au ciel, augmente l'exposition de la rue aux rayons solaires, elle aide à maintenir le potentiel de l'énergie solaire en période froide plus élevé et rend le macroclimat urbain plus sensible même dans les terrains à densité élevée, cela dit, prévoir des galeries pour les espaces piétons est très conseillé. (Ali-Toudert, F., 2005).

Etant un paramètre important de la quantité total du rayonnement solaire au sein de la canopée urbaine et reçue par les différentes surfaces, le SVF compte parmi les principales causes de l'effet de l'îlot de chaleur. Néanmoins, c'est un potentiel de ventilation et refroidissement de tout le système urbain dans l'après-midi et le soir, il assure la fluidité et la perméabilité à l'écoulement du vent. (Léa, C. L. Souza,1. Daniel, S. Rodrigues2. José, F. G., 2003)

50% de la chaleur radiante proviennent du sol tandis que l'autre moitié vient de l'hémisphère supérieur, à savoir les bâtiments et le ciel visible, ce qui fait que le facteur de vue de ciel arrive à pondérer l'effet des dispositifs mis en œuvre pour l'effet d'ombrage (galerie, ...). (Ali-Toudert, F., 2005).

1.1.2.1 Comment évaluer le facteur de vue de ciel SVF ?

Plusieurs méthodes d'évaluation du SVF sont mises en œuvre, des modèles mathématiques, Fish-eye, traitement d'image, des diagrammes et détermination graphique...

En raison de la difficulté de la tâche de délimiter la surface du ciel manuellement, le travail de (Thornes, J.E. Muller, J.-P. McMuldloch, S.) à développer une technique qui permet le calcul de Fish aye numériquement, en séparant les pixels ciel des autres pixels.

Une étude réalisée à Göteborg, en Suède, dans le but d'évaluer la variation du facteur SVF en milieu urbain, ainsi le rôle primordial que joue ce paramètre à l'aide de fish-eye, L'étude est concentrée sur la température de l'air nocturne par temps calme et ciel clair, en utilisant des données de seize stations permanentes, les résultats ont jugé une forte corrélation entre la température de l'air et le facteur SVF. (Marie, K. Svensson., 2004).

Ainsi, la méthode d'évaluation du facteur SVF a été amplement développée dans le système information géographique GIS, et 3DSkyView Extension, il y a aussi le ST-Module, qui arrivent à simuler le fish-eye et évaluer le SVF.

Afin de valider ces outils de caractérisation, une étude de comparaison du SVF calculé et le SVF simulé a été effectué à l'université de São Paulo, Bauru, Brésil et l'université de Minho, Portugal. Après plusieurs testes hypothétiques et scénarios avec l'outil 3DSkyView Extension comme il a été décrit par Souza., (2003). Le résultat à souligné l'avantage de ces outils, qui est : pouvoir à l'aide de plusieurs scénarios prévoir un facteur SVF optimal pour une bonne qualité de l'air, un accès modéré des rayons solaires et d'assurer un refroidissement et ventilation urbains. Voir tableau ; 3.1





Case Nr.	SVF Field Data	3DSky View SVF	Actual urban geometry	3DSkyView 2D Stereographic Scene
1	0.59	0.62		
2	0.24	0.28		
3	0.67	0.70		
4	0.19	0.25		

Tableau 3.1 : Comparaison entre les valeurs du logiciel 3DSkyView Extension et les valeurs estimées.

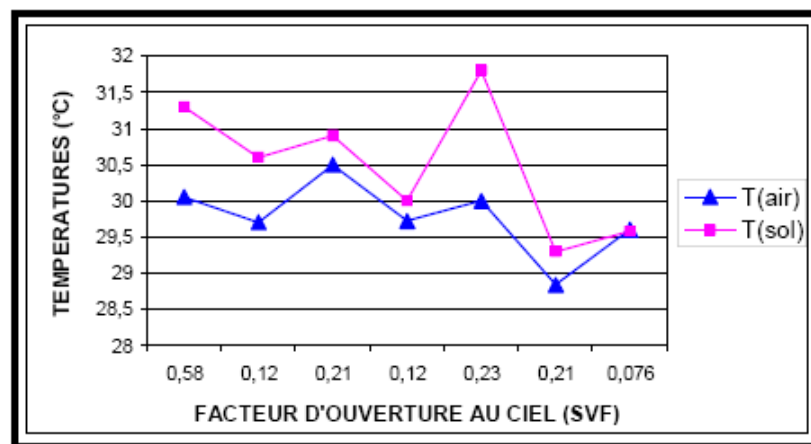
Source: Léa.C.L, Souza.1, Daniel. S. Rodrigues2, et José.F.G. 2003.

Dans le travail élaboré par Boucheriba, F. en 2006, sur l'impact de la géométrie des canyons urbains sur le confort thermique extérieur au niveau de deux axes routiers dans un site urbain situé au centre ville de Constantine -Algérie, afin de déterminer le rôle important du facteur SVF dans la surchauffe de l'air et des surfaces. Elle a procédé

au calcul du facteur SVF au niveau de plusieurs canyons et a pu évaluer à chaque cas les variations des températures du sol et de l'air.

Elle en a conclut que le SVF influe énormément sur les deux températures, mais surtout sur la température du sol. Pour un SVF 0.076, ce qui est l'équivalent d'une rue étroite la température de l'air est égale à la température du sol. (Boucheriba, F., 2006).

Dans une structure compacte, ou dans un climat chaud, la réduction de l'angle de vue de ciel présente une forte inertie thermique et un faible taux de refroidissement et d'échange de l'air, pour les rues avec une petite ouverture au ciel, l'orientation est également déterminante.



Graphique 3.1 : Variation des températures de l'air et surfaces en fonction du facteur SVF

Source : Boucheriba.F. 2006

1.1.3 Asymétrie de la rue :

Une alternative de rue se voit très intéressante, c'est une rue qui présente un profil vertical irrégulier et asymétrique. La rue asymétrique est un aspect particulièrement important dans la configuration urbaine, l'irrégularité verticale augmente l'ouverture au ciel.

Cet aspect peut être plus efficace notamment pour le climat froid ou dans la saison froide, avec des gains solaires suffisants en hiver malgré la densité du tissu urbain. (Ali-Toudert, F. et Mayer, H., 2007). Si les matériaux sont prévus avec une forte inertie thermique pour stocker la chaleur de la journée et la relâcher le soir. Par conséquent, en période chaude, cette géométrie est également intéressante en ce qui concerne le refroidissement nocturne, néanmoins elle doit comprendre des arrangements de

conceptions dans la rue ou au niveau des façades et trottoirs, pour une meilleure protection des espaces piétons durant la journée.

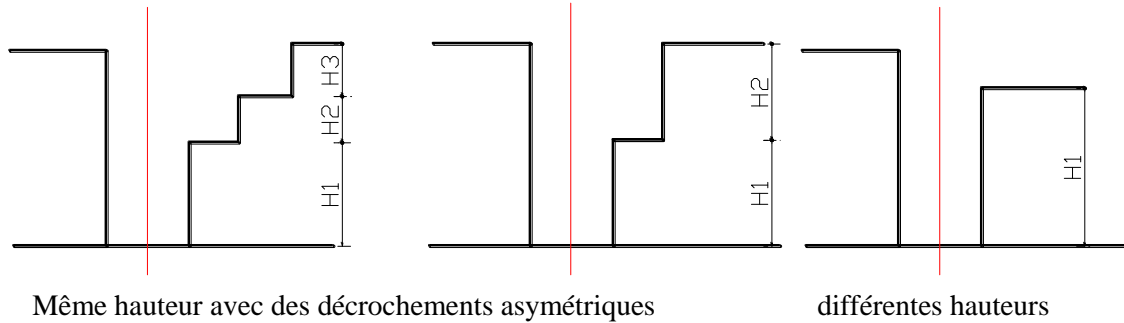
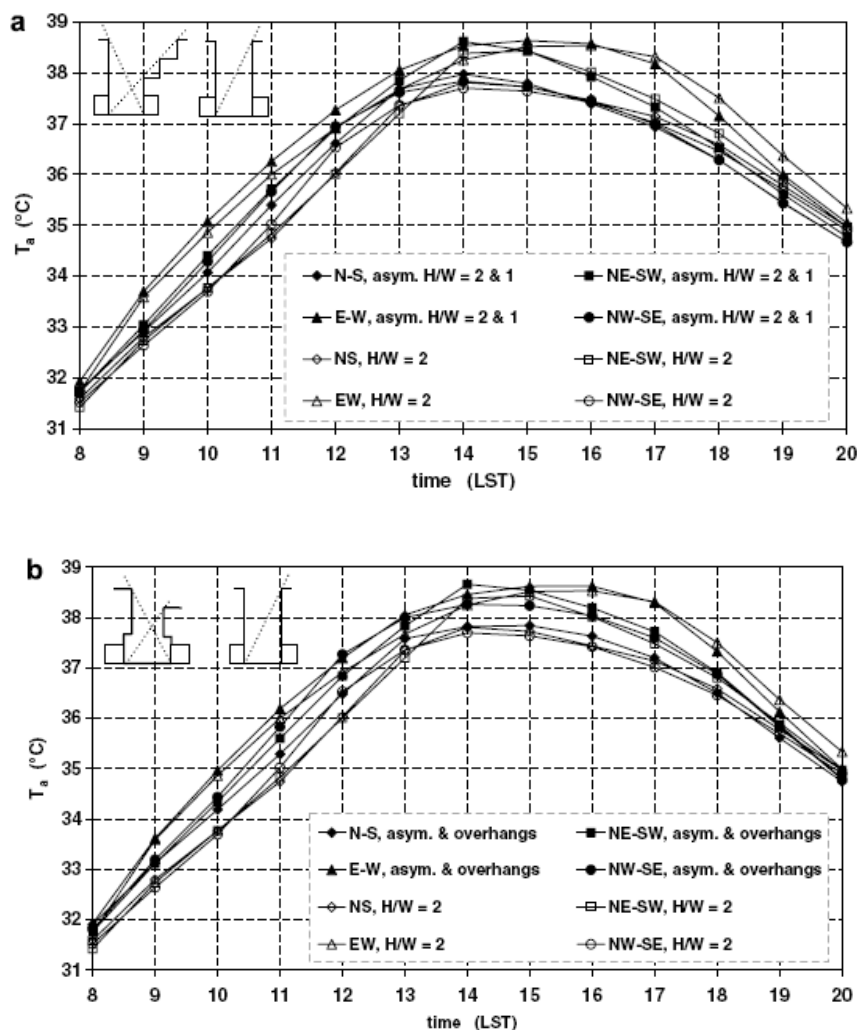


Figure 3.7 : Profil vertical asymétrique Source : auteur

Lors d'une étude sur la ville de Ghardaia, Ali-Toudert, F. et Mayer, H., (2005) ont procédé à un travail de comparaison de la température de l'air dans quatre alternatives de canyon urbains, variant à chaque fois le prospect et le profil vertical (symétrie, asymétrie) à l'aide de l'outil Envi-met, une rue asymétrique avec $H1/W = 2$ (cas 1) et $H2/W = 1$ (cas 2) et rue symétrique avec un prospect $H/W = 2$ (cas I) et ce pour les quatre orientations (Graph : 3.2)

F. Ali-Toudert, H. Mayer / Solar Energy xxx (2007) xxx-xxx



Graphique 3.2 : Écart de température de l'air au niveau de la rue pour un canyon asymétrique (a) et canyon symétrique (b) pour H/L=2 et 1. Source Ali-Toudert.F, Mayer.H. 2005

Le graphique Graph 3.2, a révélé que l'asymétrie offre une situation thermique intermédiaire régulière entre une rue étroite profil H/L=2 et une rue moyenne H/L=1. Cette alternative de rue, avec sa grande ouverture (en moyenne plus de 0,1) a manifesté un grand potentiel de rayonnement direct ce qui contribue à une grande exposition des surfaces et relativement l'homme, ce qui augmente de la TMR, alternative est c'est ce qui est opportun en hiver car elle a tendance d'être plus chaude le matin, or qu'en été la protection est obligatoire. (Ali-Toudert, F. et Mayer, H., 2007).

Qu'elle est le rapport Ratio H/L – SVF - asymétrie ?

Plus on s'éloigne de du sol, plus la vue de ciel s'éloigne, en d'autre termes, Le facteur SVF est petit pour un prospect important.

Selon *Boucheriba, F.*, (2006), lors de son investigation, sur la relation SVF ratio H/L,
Le ratio H/W est inversement proportionnel au facteur d'ouverture au ciel (SVF).

Néanmoins elle arrive à prouver que ce n'est pas toujours le cas. Sur deux canyons le premier présente à la fois un prospect et un SVF plus importants que le deuxième. Selon elle, ceci est expliqué par le fait que le 1^{er} canyon est affecté par la proximité d'un espace dièdre (partiellement ouvert) ce qui a engendré la visibilité d'une importante portion du ciel. En d'autre terme ce phénomène est l'origine de l'Asymétrie au niveau du profil vertical de la rue.

1.1.4. La forme urbaine et la densité de bâtiments :

1.1.4.1 Tissu éparse :

Rue créée par le bâti et la voie, c'est une alternative qui met la rue dans une position de volume de vide indéterminé, une dimension floue et difficile à gérer en matière d'espace et qualité d'ambiance. (Huygen, J. M., 2007).



Figure 3.8 : Tissu éparse. Source : Huygen, J.M. 2007. Ville soutenable

Dans les rues à densité moyenne (H/W proche ou égale à 1) une rue moyenne, une grande partie de l'énergie réfléchie atteint et est absorbée par le sol, ainsi qu'un

écoulement facile du vent à travers les espaces (bénéfique pour le climat chaud – humide).

1.1.4.2 Tissu dense (compact) :

Se trouve une alternative fondamentale pour une ville moins consommatrice d'énergie et d'espace, il s'oppose comme une stratégie d'une rue plus soutenable. Huygen, J. M., 2007). Avec son aspect limité, la rue se présente plus facile à gérer et l'ambiance plus tangible.

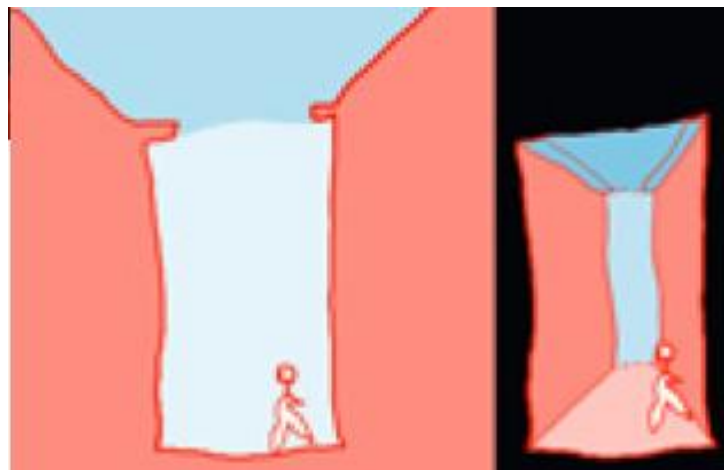


Figure : 3.10. Tissus dense. Source : Huygen, J.M. 2007. Ville soutenable

La rue à haute densité (H/W proche ou égale à 2), la partie de l'énergie réfléchiée par les constructions est bien interceptée et absorbée avant même qu'elle n'atteigne le sol. Ainsi le rayonnement infrarouge émis par les différentes surfaces n'est pas évacué hors de la canopée de la rue ce qui conduit à une surchauffe pendant la période chaude. Rue auto-ombragée protège les bâtiments et les espaces environnants du soleil en particulier pour le climat chaud – sec.

La structure compact en raison de son angle de vue de ciel réduit, a été jugée à forte inertie thermique et faible taux de refroidissement

1.1.5 Dispositifs urbains :

Protection (du soleil, vent, pluie), ombre, fraîcheur, produites par le bâtiment, et la végétation semblent souvent être insuffisantes pour assurer ce confort nécessaire dans la rue.

Il est important d'engager une réflexion globale sur la restructuration de nos rues, afin de mettre en évidence les points faibles et les séquences d'aménagement pour savoir ce

qu'il ya lieu de rajouter ou d'enlever, c'est la compensation du manque présenté par le bâtiment, l'arbre et l'orientation.

L'homme dans la rue est avant tout un piéton, le matin, aux premières heures de la journée, le soleil est bas, la température de l'air commence à augmenter, et déambuler dans une rue bien couverte à l'ombre peut se sentir désirable. Avec le temps et au milieu de la journée, la température augmente à son maximum et la demande de l'ombre se ressent de plus en plus. En revanche en fin de journée, un espace ombragé devient le siège des pertes radiatives par convection, et c'est les espaces ouverts qu'on commence à chercher. (Khandaker, S. A., 2003).

Ces oscillations thermiques dans la même journée et saison créent des besoins multiples, d'où faire appel à des stratégies intermédiaires urbaines devient obligatoire pour une ambiance hygrothermique optimale.

Les détails architecturaux tels que des galeries, des surplombs horizontaux, pergolas, avancées..., sont des dispositifs d'amélioration de l'ambiance, c'est la stratégie la plus efficace et adaptable à la situation pour le maintien du secteur piéton dans la gamme du confort et réduire le stress thermique en particulier pendant la saison d'été.

Ces dispositifs supplémentaires sont fortement conseillés (galeries, arcades...) pour créer des espaces bien à l'abri du soleil, du vent voire même de la pluie en temps froid. Ils peuvent être fixes dans les zones qui présentent un stress urbain, comme ils peuvent être des installations mobiles démontables et saisonnières (textile, acier, plante...) changeables en temps voulu.

Plusieurs tentatives faites pour renforcer et généraliser ce processus et parmi les plus récentes ; l'architecture capsulaire, c'est des espaces introvertis et couverts proposant une ambiance urbaine artificielle, sensible prédéfini : « *La capsule est un dispositif qui crée une ambiance artificielle et qui, en formant son propre espace-temps sous forme d'un environnement (artificiellement) hermétique, minimise la communication avec l'extérieur* » (De Caeter., 2002. P20).

Cette démarche vise pour le confort du piéton à faire de l'ambiance urbaine une atmosphère irréaliste et atemporelle plus ou moins confortable. « *Dans un tel environnement, la marche procède d'un état de quasi-apesanteur et convoque un*

sentiment de flottement » (Thibaud, J. P., 2006. P8). Mais reste à voir si c'est la volonté du piéton ?

Selon l'investigation de La situation Ali-Toudert, F. et Mayer, H évaluant le confort à l'intérieur des galeries selon l'orientation de la rue et le prospect, s'est avéré clairement que l'efficacité des galeries est réduite avec la réduction du prospect, à cet effet, les galeries deviennent plus dépendantes de l'orientation.

Ainsi les résultats ont révélé la capacité de l'ombre provenant des bâtiments et des différents dispositifs urbains de participer à l'abaissement de la température de l'air dans la rue à un degré moins qu'il peut l'être sous l'ombre. (Ali-Toudert, F. et Mayer, H., 2007).

Peut-on apporter des corrections à tout type de rue à l'aide de ses détails architecturaux et urbains ?

Corriger les ambiances des différentes formes de rues à l'aide des dispositifs urbains adaptés aux fluctuations journalière et saisonnière, est un pari et une opération un peu lourde à exécuter, cela pourrait être plus efficace avec une étude préalable sur l'angle d'obstruction du bâtiment, la hauteur du soleil et l'angle de vue de ciel.

Les dispositifs architecturaux répondent amplement à la baisse du niveau de stress et d'inconfort qui réduit considérablement les activités urbaines de l'homme et excluent toute activité de loisir.

Les décideurs doivent œuvrer soigneusement en renforçant la protection et l'ombre provenue des différentes sources (bâtiment, arbre, dispositif de conception élément architectural...) pour assurer la durabilité des activités urbaines.

Dans une rue canyon avec ses trottoirs étroits, aménager des dispositifs de protection comme des galeries des pergolas semble être difficile à réussir. Et c'est en général les limites et lacunes de ces compléments de conception. Et au lieu de penser à aménager les deux cotés du trottoir, on les relie par un dispositif commun (pergolas...) a base de matériau léger comme l'acier, le textile pourquoi pas avec des vides pour recevoir la végétation.

1.1.6 Matériaux de construction :

Un autre aspect de l'aménagement urbain est le matériau de construction, et ses propriétés physiques. Il s'avère décisif dans le taux de stockage et réflectivité journalier de la chaleur. La nature et la couleur se rendent les agents qui établissent les caractéristiques radiatives et thermiques des différents matériaux dans l'environnement urbain (naturel et artificiel), et plus particulièrement l'albédo.

Défini comme étant le facteur de réflectivité solaire, émissivité de grande longueur d'onde, réflectivité hémisphérique globale, bref, l'albédo représente l'inertie thermique de la forme bâtie et végétale, il a un effet significatif sur l'équilibre thermique des surfaces, et par conséquent, affecte fortement le bilan énergétique urbain.

Il est connu que les caractéristiques de surface des zones urbaines sont aussi cruciales pour l'amélioration du confort d'été que la géométrie urbaine et le potentiel d'ombrage de la masse urbaine, car outre la température de l'air, la couleur du matériau influence également la sensation du confort thermique.

A l'heure actuelle, une grande partie des problèmes rencontrés en matière de confort hygrothermique de la rue, relèvent de l'insouciance des techniques et matériaux utilisés, s'il est adaptable au climat et à la structure urbaine, et comme résultat une réflectivité solaire relativement réduite. *«Le choix des matériaux utilisés dans la construction joue aussi un rôle important, Les couleurs foncées augmentent l'absorption de la chaleur.»* (Baudouin, Y.)

En milieu urbain, la peau couvrant la majorité de l'enveloppe urbaine (bâtiment et sol) s'avère être le bitume et le béton, ces surfaces urbaines foncées avec leur importante absorption du rayonnement solaire sont à éviter en raison de leurs actions sur l'ambiance et l'homme, qui sont : le réchauffement de l'air et l'effet radiateur sur l'utilisateur.

Cette gamme de matériau classique à faible albédo stocke la chaleur du soleil ainsi que la chaleur anthropique durant le jour en l'émettant à l'atmosphère d'une grande longueur d'onde pendant la nuit, ce phénomène accentue l'effet de serre. Plusieurs études ont montré que bien que la température à l'intérieur du canyon dépend de la géométrie, il n'y a qu'une faible relation entre celle-ci et la température de l'air.

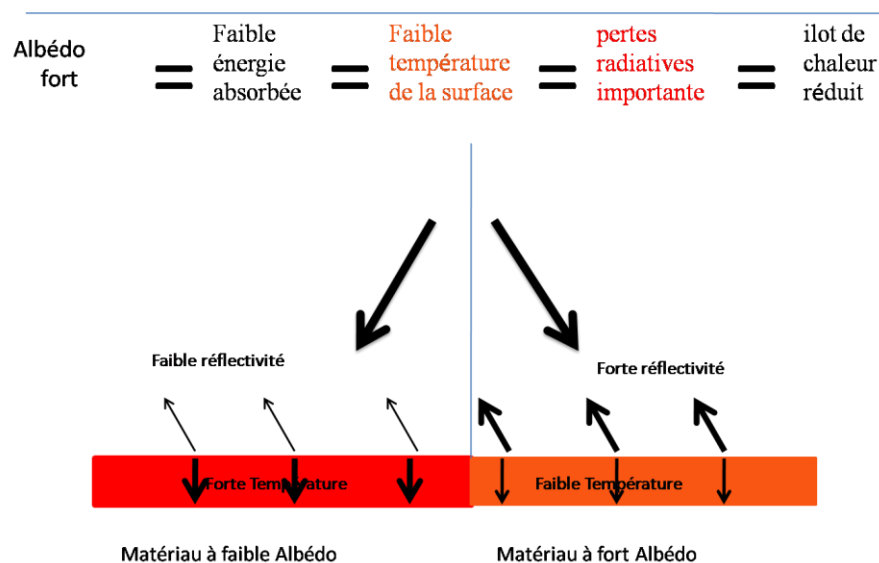


Figure 3.11 : relation : albédo – ilot de chaleur Source : auteur

En l'occurrence, les ambiances affectées par les propriétés thermiques du matériau peuvent être améliorées et corrigées.

L'augmentation de l'albédo donne à la surface urbaine le potentiel de protection solaire, cela peut être obtenu par le blanchissement des bâtiments et re-surfage périodique des espaces extérieurs sombres (aire de stationnement, cours, places, dispositifs...) avec des couleurs claires à grande réflectivité, ainsi en offrant un couvert végétal non seulement sur les toits, les façades, les bordures, et même avec des rangées d'arbres.

Cela contribue amplement à la réduction du gain de chaleur solaire et par conséquent la baisse de température, un mouvement de l'air trouve terrain le soir et donne un refroidissement nocturne.

L'asphalte et le béton ont presque des coûts semblables, mais on ne pense toujours pas à remplacer l'asphalte du sol de nos rues par du béton, cela réussit à augmenter légèrement l'albédo.

Actuellement il existe des matériaux dit froids ou couleurs froides, présentant un degré d'absorption très fort, comme toit en métal, marbre, mosaïque, revêtement cool, granulat blanc. Des études ont même montrées qu'un matériau à couleur froide (bleu et vert) est plus absorbant que la couleur marron.

En matière d'ambiance et de qualité de l'espace, les chemins piétons peuvent présenter une diversité et une originalité dans leurs compositions de matériaux de couleurs et de textures tant sur le plan Confort que sur le plan esthétique.

Conclusion :

Pour être en mesure de concevoir et designer une géométrie d'une rue plus ou moins confortable, cela dépend dans une large mesure à la compréhension et la manipulation intelligente de chacun de ces facteurs, afin de comprendre le comportement et la performance environnementale des différentes variantes urbaines qu'on puisse obtenir.

Il n'est pas possible d'inclure tous les éléments du paysage de la rue désirés ni de prévoir leurs emplacements optimaux avec exhaustivité, ce qui fait que même si on parvient à des conditions climatiques extérieures optimales cela ne peut durer toutes les heures de la journée ou toutes les saisons de l'année.

Ces ingrédients tous autant qu'ils sont, portent leurs effets sur l'ambiance extérieure chacun de son côté et à des degrés différents, selon les conditions, parfois l'un compense l'autre et d'autres fois ils sont contrebalancés, afin de réguler autant que possible l'hygrothermique urbaine. Cela dit, des erreurs de combinaison conduisent directement à des conditions inconfortables (surchauffe, air lourd et pollué, ...).

Chapitre 04 : Le rôle de la couverture végétale dans la régulation des ambiances hygrothermiques de la rue

Qu'en est-il du rôle de la couverture végétale dans la régulation de l'ambiance hygrothermique dans la rue ?



Nature city, le retour de la nature dans la ville. (Concours de photos).

Introduction :

«... la nature extra-muros est qualifiée de sauvage, elle est accueillie dans la ville pour autant qu'elle soit humanisée. Les espaces urbains végétalisés sont le produit de cette humanisation ». (Tchekemian, A., P4).

Le végétal, est un élément de qualité par excellence élément naturel beau et s'intègre efficacement sous ses innombrables formes (plantes, arbre, arbustes ...) avec le décor urbain.

Dans un paysage urbain, tous les composants (naturels ou artificiels) modifient le rayonnement solaire terrestre mais chacun selon ses propriétés, d'absorber, réfléchir ou émettre. (Bessemoulin, P. et Oliiviéri, J., 2000).

1. La couverture végétale (naturelle) :

L'élément bâti dit artificiel n'arrive pas toujours seul à absorber les risques et atténuer les impacts sur l'ambiance extérieure, dans la majorité des cas, il ne fait que les retarder ou les orienter vers un autre angle, toute fois l'élément végétal dit naturel, qui même s'il ne se présente pas bénéfique dans une situation particulière, il reste toujours inoffensif .

1.1 L'avis de notre sainte religion sur le végétal, l'arbre et le vert:

Le terme arbre, shajar désigne dans le vocabulaire coranique aussi bien les arbres proprement dits que tout végétal. De même que le paradis est désigné par le terme janna qui signifie jardin, doté de multiples végétaux qui procurent une ombre apaisante et fraîche, et de la bonne odeur. Le vert joue un rôle symbolique très important, Il est abondamment cité et associé à la vie, l'eau, dans la mesure où il leur assure une subsistance naturelle,

Le bon Dieu affirme dans le coran, qu'ils sont une grâce dont il a fait don aux hommes, grâce à l'eau qu'il répand et qui est le plus souvent associée à la vie. Cette grâce est de deux ordres : elle est la manifestation miraculeuse de la beauté et le don divin de la subsistance accordée aux hommes. Les arbres sont aussi le signe de l'impuissance des hommes à produire d'eux-mêmes la beauté de la nature, comme le rappelle la sourate al-naml (27,60). (Web 12, auteur non spécifié).

1.2 Quelle est la place de la nature dans l'urbain ?

Si on suit la philosophie qui prend la nature comme étant tous ce qui n'a pas été transformé par l'homme, on finira par trouver que, dans notre urbain d'aujourd'hui, la

dimension naturelle aussi réduite qu'elle soit est majoritairement produite par l'homme (abatage et réimplantation, choix des essences différentes que celle initialement présentes...), ce qui nous amène à une conclusion c'est qu'il n'y a plus de nature dans l'urbain. Dans ce contexte et sous un autre angle, on peut dire que la nature est en phase de regagner sa place dans l'urbain, faudrait juste que les ménagements paysagers suivent un plan de gestion bien fondé, et qu'ils soient pérennes face à la sévérité de la vie urbaine (climat, homme, ...).

Selon Clergeau, P et Marzluff dans leurs recherches sur la modalité de construction des biodiversités urbaines et sur l'évaluation écologique des corridors écologiques et des espaces verts en milieu urbanisé.

« *Le centre-ville avec son bâti ancien et dense, présente moins de 15% de surface de végétation. Les espaces de nature y sont généralement de petite tailles (quelques arbres et petits squares) et isolés.* » (Richard.Y), voir (Fig :3.12).

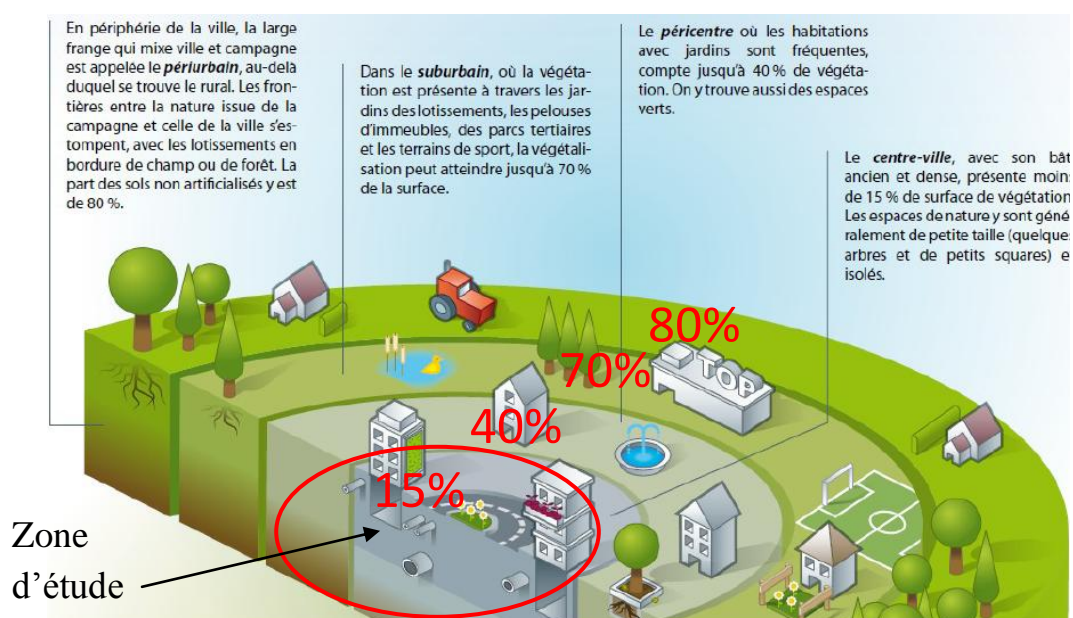


Figure : 4.1 : Schéma des différentes couronnes urbaines en fonction du degré de végétalisation (d'après Clergeau, Marzluff). Source : http://www.alterre-bourgogne.fr/fileadmin/Alfresco/reperes/Reperes%2054/Reperes_54_repris par auteur

Dans la ville, l'espace vert est souvent corrélé avec le nombre d'habitants (SVMA, 2000). Plusieurs articles mentionnent différentes valeurs de la portion d'espace vert par habitant proposée comme minimum dans la ville, entre 8m² et 20m² par les nations unies (ONU), Organisation Mondiale de la Santé (OMS). (Web 13, auteur non spécifié).

Mais en 2007, la (FAO) organisation mondiale pour l'alimentation et l'agriculture a affirmé que de tels directives n'ont jamais existé.

Cependant Lang et Schöpfer., (2005) ont signalé que l'agenda local (21) de Berlin a déterminé la valeur de 6m² par habitant au près des immeubles. (Lang, S et Schöpfer, E., 2005 cite par SVMA., 2000, Guerra, M. W et Alucci, M. P., 2009).

1.3 Qu'est ce qu'un végétal et arbre urbains ?

L'arbre dans la ville est un élément architectural et urbain vivant, c'est l'expression naturelle du confort du bâtiment et de l'espace extérieur. L'arbre en ville fournit une sensation agréable de proximité avec la nature et rend nos rues moins sinistres.

C'est notre devoir d'intégrer cette dimension bienfaisante dans notre vie urbaine, pour notre santé autant qu'à celle des générations future et la planète toute entière.

Bien que peu d'études aient été effectuées dans ce sens, l'objectif de ce travail est de comprendre la relation qui existe entre le végétal et le confort hygrothermique et trouver des méthodes simplifiées appropriées pour le design vert et pour de meilleures ambiances hygrothermiques urbaines vertes.

Dans nos rues d'aujourd'hui, la re-végétalisation active des surfaces maçonnées minéralisées et espaces verts dont la capacité est sous exploités, devient plus qu'obligatoire, cela peut se faire par la valorisation et la glorification de ce bien immobilier pour qu'il contribue à la performance énergétique de notre extérieur voire même l'intérieur.

Ça peut paraitre utopique pour les pays qui restent timides dans leur démarche pour la lutte contre le réchauffement climatique, mais cette idée pilote se propose et se fait dans de nombreux pays de l'Europe.

L'arbre dans la ville, est-il un élément ajouté au décor urbain, ou plutôt dans sa propre place là ou il a toujours vécu ? « ... ce n'est pas la nature qui est véritablement malade

mais plus l'homme, atteint par son obsession du contrôle, qui fait de la nature sa victime. Il ne faudra donc pas soigner la nature mais guérir l'homme de sa maladie mentale qui lui fait voir la nature comme une entité opposée à dominer et non comme un monde complémentaire à respecter. Pire encore est notre incapacité de penser à long terme aux conséquences de nos actes dans la nature... » (Génot, J. C., 2008. P12).

1.4 Relation entre « arbre-bâtiment » dans la ville :

Dans un environnement extérieur, chaque espace maçonné peut être considéré comme réquisitionné à la nature par l'urbanisation, que ce soit d'une façon réfléchi ou non. Il est cependant essentiel de penser une démarche de compensation de l'urbanisation non réfléchi et les conditions qui en découlent (ambiance non souhaitable), afin de rendre au monde végétal une partie de l'espace qui lui revient.

Ça paraît peut-être un peu utopique comme réflexion, mais ça n'en est rien d'utopique, si l'arbre est souvent oublié ou mal accueilli par l'urbanisation, elle qui suit son cours en ne lui accordant dans les meilleurs des cas qu'un mètre (1m) le long du trottoir d'une rue large, on peut penser à récupérer les surfaces du sol occupées par les bâtiments en végétalisant toutes leurs terrasses. La végétalisation des toits ou les éco-toits sont connus par le concept PCV_H: Paroi Complexe Végétalisée Horizontale (Aurélien, P. J). Cette opération a pour objectif d'obtenir un parcellaire vert, un plan masse vert dont les îlots sont gazonnés et structurés par la voirie exemple : voir (Fig :3.12, Fig :3.13).



Figure 4.2 : Plan d'ensemble du quartier Monges Croix du Sud - 3 Rue Didier Daurat- France.

Source :http://www.kalelithos.fr/index.php?l_idpa=36



Figure 4.3 : Strasbourg sud - Rue des Linottes- France

Source : <http://altexia.fr/Nosprojets/Nosr%C3%A9alisations/LeBParc/tabid/81/Default.aspx>

Végétaliser en milieu urbain, c'est étoffer la biodiversité de la rue (Quinzième cible HQE), c'est la libérer de sa minéralité et laisser place à la cohabitation du couple bâtiment-arbre dans le décor urbain.

L'arbre est le seul élément permanent dans l'urbain qui soit vivant, c'est une source quantifiable de confort extérieur (lumière, température, humidité, qualité de l'air...), et un climatiseur urbain. Il n'est plus considéré comme un élément qu'on met exclusivement à des fins décoratives, à ce titre il contribue sur les enjeux locaux et même généraux des objectifs du développement durables.

Un concours de réflexions et suggestions lancé par WWF (World Wild life Fund) une organisation non gouvernementale internationale de protection de la nature et de l'environnement) en 2009 pour le grand Paris poste-kyoto. Avec le principe de tenter de réconcilier nature et urbanité en développant la place de la nature dans la ville et en la protégeant de son étalement. C'est le principe d'un Voir (Fig :3.15)



Figure 4.4 : maquette proposée lors du concours

Source : <http://www.neo-planete.com/>

On cherchant à rappeler les bénéfices de la présence de la nature en ville, indispensable à la qualité de vie urbaine : régulation du climat, contribution à l'épuration de l'air et des eaux... Lors de ce projet de réflexion sur la nature et la biodiversité, l'optimisation de la plurifonctionnalité de l'espace vert était le point de repère, il en est même été estimé qu'en dépit des efforts consacrés, les équipes ne sont pas allées assez loin dans ce sens et que les différentes fonctions de la nature ne sont pas toutes encore bien explorées. (Mahieu, D., 2009).

1.5. Le végétal et le confort hygrothermique :

Il est à signaler qu'une couverture verte est là où le pic des contraintes thermiques des piétons sont les plus faibles, et là où le stress hygrothermique est le moins ressenti. Elle joue un rôle très important dans la régulation quotidienne des excès climatiques tant sur le plan intérieur des bâtiments que sur le plan extérieur. (Guyot, M. A)

Cependant l'apport du végétal dans le confort hygrothermique extérieur peut être évalué en saison d'été (Ombrage, protection contre le vent, humidification de l'air, rafraîchissement de l'atmosphère...) c'est la période de l'année où il est le plus expressif.

Quels sont les points à traiter lors de l'évaluation de l'élément végétal ?

Afin de comprendre la contribution durable du végétal dans la réduction substantielle des contraintes hygrothermique de la rue, il est fort intérêt de comprendre ses effets sur

l'environnement urbain, pour faire, une étude bien complète doit être faite sur la dimension végétale urbaine en se basant sur les points suivants : nature et essence, stratification, abondance, répartition, morphologie, proximité.

En plus de ses qualités écologiques (filtrer les polluants, protection des sols, absorption acoustique...), l'arbre a une grande valeur économique et environnementale. La plantation des arbres peut représenter une réduction de 25% de la consommation de l'énergie de refroidissement et de chauffage urbains. Ainsi il participe à offrir des avantages significatifs dans la réduction des charges de climatisation des bâtiments (peut être réduite de 40 à 50 % en ombrageant fenêtres et murs).

En vue de compter les différents rôles que joue une structure verte urbaine, Selon une étude faite au Canada, dans le cadre de l'action COST C11 «Green structures and urban planning», l'évaluation d'un vieil arbre adulte produit une valeur économique annuelle d'environ 300 euros pour sa climatisation, protection des sols, lutte contre la pollution et l'habitat faunique. (Scudo, G., 2002).

Selon la Fondation canadienne de l'arbre (FCA), un arbre mature absorbe environ 2,5 kg de carbone par année et un arbre en santé peut capter 7 000 particules en suspension par litre d'air. (Web 13, auteur non désigné)

1.6. L'arbre, espace vert et ambiance verte urbaine :

Peut-on envisager le végétal d'un autre point que celui environnemental ?

S'en tient-on à la santé de l'homme ?

Qui dit ambiance verte dit une atmosphère accueillante qui sonne le vivant et la présence humaine.

Avant de sombrer dans les effets et rôles que joue la végétation sous toutes ses formes sur une ambiance donnée, il est significatif de commencer par citer les effets de l'ambiance verte sur l'homme notamment sur la santé physique et moral durant toutes les saisons de l'année.

L'arbre s'il est fortement présent dans la ville, développe chez l'homme une éducation environnementale. Récemment l'Université de l'Illinois a confirmé que l'un des éléments essentiels à une bonne santé est de passer du temps dans le vert.

Dans ce contexte, Kuo, M directeur landscape et laboratoire de recherche de l'université de l'Illinois a rigoureusement approfondi la recherche au cours des dix dernières années, sur les effets thérapeutiques de la végétation sur l'homme, et le résultat semble être de plus en plus concluants, il s'avère selon lui en plus qu'elle développe une autodiscipline et culture écologique, elle arrive à diminuer le stress et l'anxiété dont l'homme en souffre dans sa vie de tous les jours. (Green, C., 2011). Cette forte corrélation entre vert –santé mentale et physique, fait de l'arbre le seul élément urbain qui regroupe ces qualités. C'est en quelque sorte le palier par lequel l'arbre surpasse le bâti.

Alors qu'attendons-nous pour que l'arbre accompagne le trajet du piéton et le passage du véhicule ? Et pour aménager les cœurs des îlots et les espaces temporairement vides en des forêts urbaines ?

1.7. Bienfaits de l'arbre et espace vert urbains sur l'ambiance hygrothermique extérieure :

En matière d'ambiance urbaine, et suivant son mode de plantation, Le végétal urbain, est un composant microclimatique qui agit fort sur trois facteurs du microclimat urbain: Le rayonnement solaire, Le vent, L'humidité de l'air.

Selon (Scudo., 2002), L'effet de la végétation sur le microclimat urbain peut être divisé en cinq effets majeurs :

- Effet d'ombrage
- Effet sur la température du sol
- Effet sur la température de surface
- Effet de réflexion des ondes courtes
- Effet du vent, (Scudo., 2002) .

Cependant selon Wardoyo, J. Budiharjo, E. Nur, M et Prianto, E., (2011), le rôle de la végétation dans le contrôle du microclimat urbain peut être classé dans trois 03 niveaux différents:

- Au niveau du bâtiment
- Au niveau de la rue
- Au niveau des zones urbaines et périurbaines.

Jusqu'à quel point peut-on nous aller pour l'intégration de l'apport climatique du végétal (ombre bienfaisante, et son humidité nécessaire) dans nos opérations urbaines (construction, réhabilitation, aménagement...)? Peut-on l'aborder à partir des phénomènes hygrothermiques ?

Dans le contexte de notre étude, si on classe ses effets, ils apparaîtront sur deux volets bien distincts :

- Protecteur : contre le soleil, le vent et tout excès climatique.
- Source : de refroidissement, fraîcheur, humidité et ombre.

Autrement dit, son effet sur le confort hygrothermique de la rue se joue sur une balance de la thermique (chaleur) en hiver en permettant la pénétration des rayons du réchauffement et de l'hygrométrie (humidité) en été avec humidification, refroidissement, rafraichissement et ombre, et pour les mis saisons automne et printemps, les exigences du confort hygrothermiques oscillent respectivement entre celles de l'hiver et celles de l'été. Pour ce, seules les deux saisons les plus extrêmes vont être détaillées.

1.7.1 En été : à cette période de l'année, le végétal est amené à procurer le :

[Refroidissement +rafraichissement + humidité + ombre.]

1.7.1.1 Végétation et refroidissement :

L'effet de refroidissement des espaces verts sur le microclimat urbain est un champ de recherche et d'étude de beaucoup de sciences appliquées: Climatologie et météorologie, des Forêts et Arboriculture, conception bioclimatique et physique du bâtiment, aménagement du paysage, et autres (Scudo., 2002)

Il ressort clairement qu'aucun élément ne peut disposer des meilleurs effets pour l'amélioration du confort hygrothermique dans la rue pendant une longue durée de la journée et dans différentes directions et autours des bâtiments, mais des études ont montrées que l'effet de l'orientation et la géométrie est bien réduit dans le refroidissement passif estival de la rue que celui de l'arbre, il a même été constaté que le végétal arrive à compenser l'effet de ses deux facteurs réunis.

Outre l'ombre protectrice que l'arbre peut donner, il régule aussi la température de l'air environnant. Cet effet thermique modérateur de la végétation n'est pas dû seulement au processus d'évaporation mais aussi radiatif, en raison de la surface froide ombragée. Bartholomei, B et Labaki lors d'une étude faite sur un échantillon d'espèces d'arbres tropicaux au Brésil, ont constaté qu'en été tropical, la réduction du rayonnement solaire varie entre 76,3 à 92,8%. (Wardoyo, J. Budiharjo, E. Nur, M et Prianto, E., 2011).

L'effet de refroidissement se trouve dépendant de l'étendue de la zone partielle ombragée, d'où plus la zone est importante plus le résultat est significatif, il se trouve même dépendant de la densité des bâtiments et de leurs hauteurs. Des études ont montré que l'effet des petits espaces arborés est relativement perceptible à 100m, tandis qu'un grand espace fortement arboré peut s'étendre jusqu'à 2km,

1.7.1.2 Végétation et ombre :

Quand on parle du végétal, c'est les différents types de végétation entre arbre (isolé, bosquet ou en rangée) arbuste, herbe ... mais de tout traitement végétatif, le déploiement des arbres d'ombrage est l'astuce la plus efficace pour l'atténuation de la surchauffe estivale due principalement à la chaleur stockée par les surfaces ensoleillées, mais son efficacité dépend de sa densité, sa forme, sa dimension et surtout sa position.

Il se trouve que la structure de la couronne, sa hauteur, la forme et la couleur des feuilles influence le degré de réduction du rayonnement solaire (Bartholomei, B et Labaki., 2005 cité par Wardoyo, J. Budiharjo, E. Nur, M et Prianto, E., 2011).

Il ressort que la densité donne un plus grand potentiel d'ombre, par ailleurs, la densité selon Scudo., (2002), pour un mouvement d'air dans les zones chaudes (tropicales comme le cas de son étude) obstrue le vent et c'est une situation indésirable pour les zones chaudes et humides. En donnant de l'ombre, l'arbre contribue à la réduction des charges thermiques sur les bâtiments, ce qui réduit significativement l'énergie de refroidissement à l'intérieur des bâtiments.

1.7.1.3 Végétation, humidité et rafraîchissement :

Qu'elle est la quantité de vapeur d'eau qu'un arbre peut dégager en période d'été journée chaude ? Comment ce confort va être ressenti par l'homme ?

Etant un humidificateur d'air intelligent, l'arbre joue un rôle primordial dans la circulation de l'eau. C'est une machine à évaporer (Corcelle, D), dans les périodes chaudes, capte la chaleur des rayons solaires, humidifie l'air ambiant urbain (augmente l'humidité relative et réduit par conséquent la température de l'air). Il n'est jamais l'origine d'une humidité excessive d'un bâtiment, bien au contraire il participe à la réduction de l'effet de l'îlot de chaleur urbain dû majoritairement l'absence relative de végétation, qui avec sa propriété d'évapotranspiration évacue la chaleur emmagasinée dans le sol et arrive à créer l'effet inverse qui est également l'îlot de fraîcheur.

Ainsi le processus d'évapotranspiration défini par la perte d'eau par évaporation et transpiration vers l'atmosphère compte comme le principal mécanisme auquel le refroidissement est attribué, dépend principalement de l'humidité du sol est donc de son étanchéité, de là, plus celui-ci est perméable plus le refroidissement de l'air est perceptible.

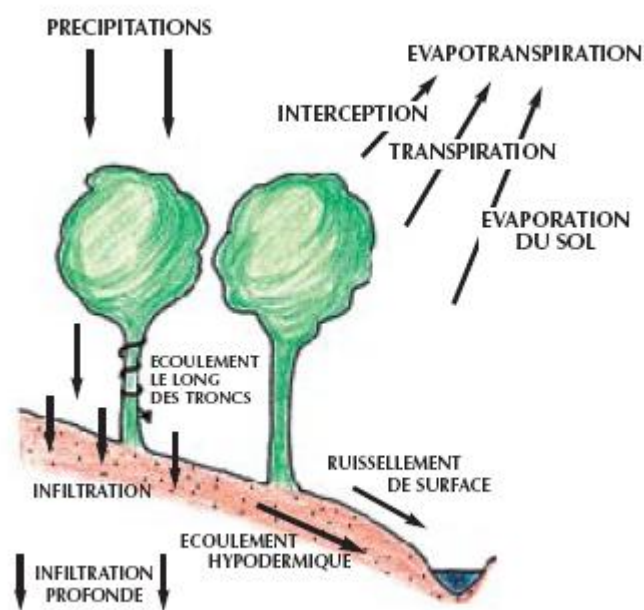


Figure 4.5 : l'arbre et l'évapotranspiration Source : Delphine Corcelle LA Forêt, lien entre ciel et terre...L'arbre et le cycle de l'eau

Dans une journée chaude d'été un arbre moyen est estimé pouvoir évaporer jusqu'à 1460kg d'eau par an, et puise aussi 860MJ. (Hien, W. N., 2007)

Pour effectuer cette évaporation, en transpirant l'arbre perd des calories et rafraîchi l'ambiance en créant des zones fraîches et agréables. Selon les dernières déclarations de la Fondation canadienne de l'arbre (FCA), un arbre mature peut prélever 450 litres d'eau dans le sol, pour ensuite les rejeter dans l'air sous forme de vapeur d'eau (FCA), ce qui rafraîchit l'air ambiant. (Web 13, auteur non spécifié).

La transpiration du tapis végétal dans les régions tempérées est de 2000 à 3000 m³/ha par an. Mais 1% de l'eau captée sert à l'élaboration de la matière végétale (Corcelle, D). Ce dispositif efficace de climatisation en plein air crée ce qu'on appelle une Oasis urbaine, ce phénomène est une mesure de contrôle très importante pour la lutte contre les îlots de chaleurs urbains, pour l'équilibre du bilan radiatif et les charges climatiques des bâtiments. À ce stade l'air chaud se refroidit au contact des feuilles et descend, le corps humain cède des calories au feuillage par rayonnement et le confort estival se fait ressentir par l'homme.

Des études récentes ont montrées qu'un grand arbre feuillu de grande hauteur (allant jusqu'à 30m de hauteur) peut émettre 300 jusqu'à 400L d'eau par jour, et en termes de refroidissement ça correspond à une puissance d'environ 05 climatiseurs pendant 20 heures en climat chaud et sec 10KW. (Web 14, auteur non spécifié).

Ainsi d'autres études ont prouvé que La présence d'un arbre près d'une maison peut réduire de 30 % les besoins en climatisation(Web 15, auteur non spécifié).

Comment savoir le manque en humidité d'une atmosphère donnée?

Combien d'arbre faudra t-il planter pour une évapotranspiration suffisante à un rafraichissement urbain estival et une ambiance hygrothermique optimale ?

Il est difficile d'évaluer le manque d'une ambiance en matière d'humidité et l'effet réel de l'évapotranspiration d'une structure verte (arbre, herbe,...) sur l'atmosphère, il est aussi difficile de savoir si un aménagement paysager peut être suffisant pour un refroidissement optimal à l'échelle d'un îlot urbain.

Par ailleurs, des études affirment qu'une grande structure verte (de 50h environ) arrive à réduire la température de l'air de ses espaces avoisinantes de 2 à 6 C°. (Scudo., 2002).

Ainsi l'effet de refroidissement motorisé par la végétation à été observé par les chercheurs Zahoor., (1997), Saxena., (2001), Hiraoka., (2002) au Pakistan qu'il

participe à réduire la température de l'air de 6 à 7 ° F, or que les résultats d'une simulation faite par Saxena en 2001 ont révélés que la température à l'intérieur d'un bâtiment entouré d'arbre est inférieure de 1,34 ° F que dans une situation sans arbre. (Wardoyo, J. Budiharjo, E. Nur, M et Prianto, E., 2011).

Dans ce contexte, l'aménagement des parcs aux cœurs des îlots semble être une solution en or pour contribuer à l'étendue du processus de refroidissement estival de la rue.

La végétation dans les périodes chaudes de l'année, réduit le rayonnement solaire en minimisant les gains de chaleur par l'évapotranspiration ombre, le feuillage caduc sert de protection solaire, évitant aux rayons solaires de pénétrer au sein de la canopée urbaine et bâtiments, limitant ainsi les échanges radiatifs avec le ciel, le résultat un refroidissement nocturne significatif.

Bien que le végétal ne soit pas forcément que des arbres, les études ont montré que des petits espaces verts, comme agrémenter les pieds des arbres avec de l'herbe à un effet plus efficace principalement celui de réduire les charges de rayonnement et augmenter la surface perméable, et garde le sol humide. Et le résultat de la température de l'air est tout indicatif, et se réduit considérablement.

Dans les étés chauds, comme c'est le cas de la ville de Sétif, la température des feuilles est environ la même que la température de l'air au-dessus de la canopée, mais plus chaude que celle en dessous, par conséquent, l'échange est essentiellement à la baisse.

1.7.2 En Hiver : le végétal est amené à jouer le rôle de :

[Enveloppe thermique + captage solaire +brise vent]

1.7.2.1 Végétation : enveloppe thermique et capteur solaire :

Contrairement à l'effet de refroidissement, l'arbre échange de la chaleur sensible avec l'air ambiant comme une source de chaleur par convection non négligeable, cela constitue une source importante de chaleur sur le site. L'importance de cet effet thermique du feuillage des arbres conduit au blocage du rayonnement net, cette convection sensible de l'échange de l'air chaud au dessus ou au dessous de l'arbre dépend du gradient de la température de l'air sous la canopée de la rue, qui pour être évalué dépend de la taille des arbres par unité, de la saison, de l'heure et la journée.

Un arbre à feuilles caduques avec sa structure hivernale, ne masque pas le soleil, bien au contraire il ouvre l'accès aux rayons solaires et favorise la transmission du rayonnement solaire de la chaleur pour l'air et les parois (bâtiment et sol).

1.7.2.2 Végétation : brise vent :

Le vent se trouve parmi les facteurs les plus affecté par l'arbre, dans sa vitesse, direction et s'il est inscrit dans des endroits bien étudiés, l'arbre à feuille caduque peut bloquer le vent et réduire sa vitesse de 30 à 40% (Ali-Toudert et Mayer., 2007) et cette situation n'est pas toujours recherchée, elle doit être empruntée dans les climats froid en hiver.

Par son grand potentiel de contrôle des mouvement d'air, la végétation et particulièrement l'arbre a un effet notable sur l'énergie éolienne, mais qui reste difficile à préciser, par ailleurs, en se basant sur des théories et l'observations Scudo en 2002 a fait ressortir les points susceptibles d'influencer le mouvement d'air, et il s'avère que celui-ci est dépendant des caractéristiques structurelles de l'arbre notamment :

La géométrie, la taille, la perméabilité et la couronne (Scudo., 2002), ainsi de la direction des vents dominants Stathopoulos et al., (1994). Et tels que le montre la (Fig : 3.17). L'effet de la végétation sur le vent peut être sous les quatre formes suivantes : par orientation, filtration, obstruction et déviation.

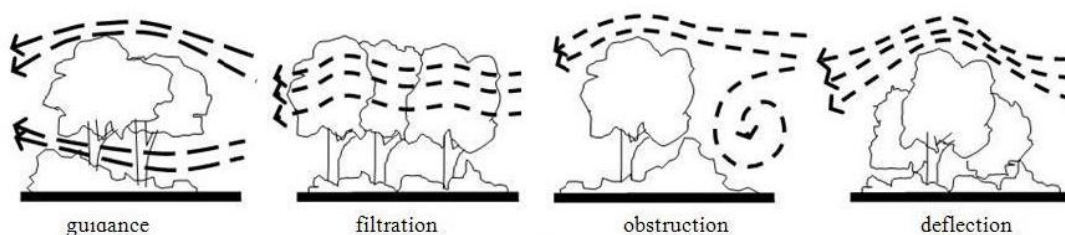


Figure 4.6 : l'influence de la végétation sur le mouvement de l'air. Source : (Boulet, 1988). Source : Wardoyo J. Budiharjo.E, Nur.M. Prianto.E . 2011.

En 2004, Stathopoulos et Al ont constaté que sur une seule rangée, si la végétation est loin de l'immeuble 04 fois la hauteur de l'arbre, l'efficacité du brise vent est plus forte qui peut aller jusqu'à réduire l'infiltration de l'air de 60%.

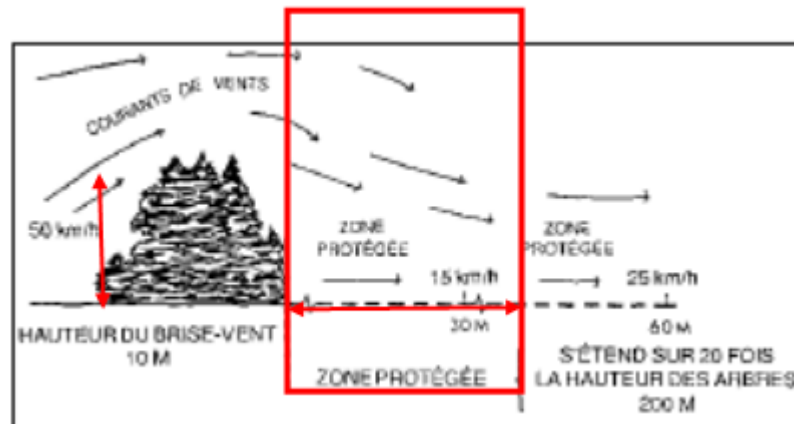


Figure 4.7 : Effet de brise vent : distance de protection. Source : Wilson.J.D cite par Ballout.A. 2010) repris par auteur

La zone protégée s'étend jusqu'à 35 fois la hauteur du végétal. (Ballout, A., 2010). Cependant, la forte densité du couvert arborescent peut bloquer la direction du vent plutôt que de le diriger. (Wardoyo, J. Budiharjo, E. Nur, M et Prianto, E., 2011).

Selon le service du développement culturel, Montréal. 2008. En produisant de l'Oxygène l'arbre purifie et régénère l'air et améliore localement sa circulation, et par le processus de photosynthèse connu par nous tous, les feuilles participent de leurs coté amplement au filtrage des polluants atmosphériques (tels que le NO, NO₂, NH₃, SO₂ et l'O₃) émis par les véhicules routiers. Comme l'a montré l'étude réalisée par des scientifiques du Centre National pour la Recherche Atmosphérique (NCAR) à Boulder (Colorado), une plante à feuilles caduques absorbe 1/3 au moins de polluants atmosphériques communs.

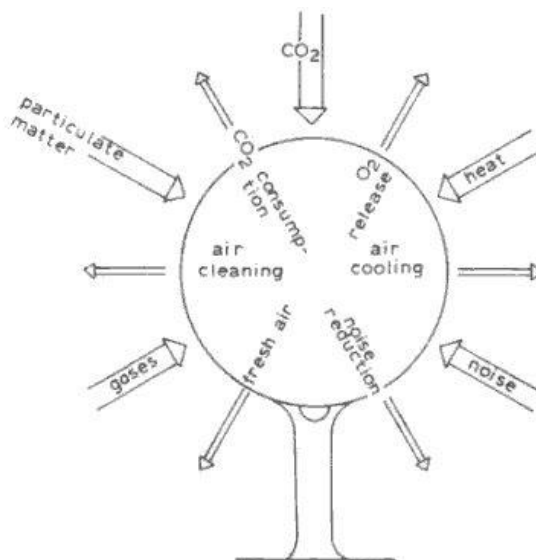


Figure 4.8 : Qualités écologiques de l'arbre. Source : Bernartzsky, cité par Scudi. 2002.

De là, la réduction de l'effet de serre est aussi attribuable à l'arbre.

Réduire les effets néfastes des conditions environnementales les plus rigoureuses, comment faire pour attribuer l'espèce adéquate à son endroit adéquat ?

Les types d'aménagements végétaux sont nombreux et très variés et pour réussir nos aménagements, une bonne connaissance des essences et leurs usages, ainsi un choix judicieux se voit fondamental.

Une végétalisation appropriée à la vie urbaine et adaptée aux caractéristiques de chaque rue (prospect), chaque géométrie et texture urbaine (asymétrie, galeries,..) et les différentes orientations, cela demande de dresser un outil d'aide à la décision pour le contrôle des ambiances hygrothermiques et l'enrichissement de la panoplie végétale urbaine à la fois.

Hélas, les préoccupations actuelles et mécanismes mises en œuvre sont loin d'être suffisants pour que ce double objectif soit atteint.

Pour ce, il est important de décrire des paramètres simplifiés pour l'utilisation de la végétation dans le contexte urbain, prévoir là où la végétalisation devra trouver toute sa place, les bords des rues, les surfaces aux pieds des arbres et des espaces de transition, les bas d'immeubles, les espaces temporairement vides, là on réussira une végétalisation optimale tous les endroits sont bons pour cultiver et mettre du vert en ville.

1.7.3 Hiver-Été :

Est-il possible que la balance Hiver-Été sur laquelle joue la dimension végétale préserve son état d'équilibre aussi longtemps dans l'année, avec le changement de la végétale en fonction du cycle saisonnier et le changement des conditions climatiques hygrothermiques ?

Ce matériau naturel régulateur du microclimat urbain, s'il est bien dans sa place, ses variations au cours de l'année sont adaptées aux différentes exigences du confort hygrothermique extérieur et consécutivement intérieur. Dans un climat à conditions extrêmes, un arbre à feuilles caduques transparent au rayonnement solaire en début du printemps et opaque en été et en début d'automne, cette propriété favorise un équilibre dans l'évolution saisonnière de la transmission du rayonnement.

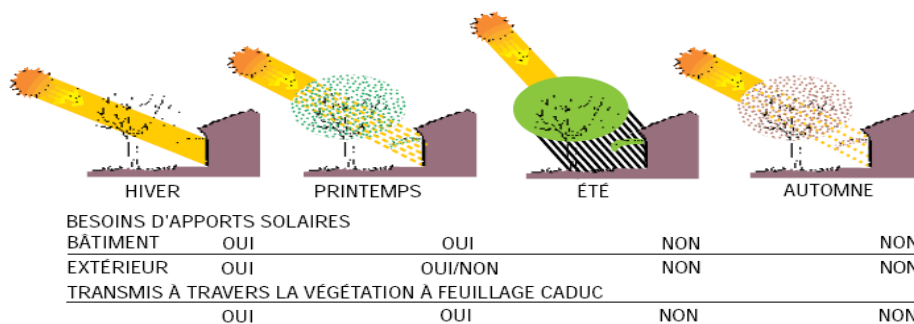


Figure 4.9 : le végétal comme régulateur du microclimat urbain

Source : ARENE. Agence Régionale de l'Energie Provence-Alpes-Côte d'Azur

1.8 Politique de végétalisation:

Ville urbaine, urbanisme vert, ville fertile, agriculture urbaine, ville écolo.... C'est les slogans des responsables : chercheurs et élus ainsi les sujets de recherches et réflexions actuelles dans la majorité des pays du monde... *est ce que cela doit nous rassurer sur le devenir de nos villes ?* Toutes les démarches faites dans ce sens sont bonnes à lire et même à s'en inspirer. Si c'est le cas, alors *qu'est ce qu'on manque au juste pour bien faire?*

Génot, J. C dans son livre «*La nature malade de la gestion- La gestion de la biodiversité ou la domination de la nature. 2008*», Confirme qu'on ne parle plus que de "biodiversité" et d'écosystèmes mais que dans la réalité géographique, on ne laisse plus d'espace aux espaces naturels, on ne laisse pas vieillir les forêts, on se focalise sur des

espèces aux dépens des autres et sans égard pour la capacité de l'habitat. Il met l'accent sur la volonté des décideurs à multiplier les emplois et les fausses certitudes en ingénierie écologique, pendant que les décisions prises visent toutes à occuper l'espace en garantissant dans les meilleurs des cas dans un soit disant cahier de charge une place très timide à un nombre précis d'arbres

Les espaces non occupés et les terrains vierges il faut à tout prix qu'ils se transforment en lieux verts de loisir et de promenade. (Génot, J. C., 2008).

Est il obligatoire de se doter à une loi et politique précise ?

Dans la quasi-majorité des villes de notre pays, un grand pourcentage de la masse végétale présente est un héritage de la colonisation, celle qui pousse spontanément aux pieds des arbres, celle plantée devant les maisons individuelles par simple volontariat du propriétaire et celle que les opérations urbaines mettent pour embellir ou pour dissimuler des parties laides. « *Un médecin peut enterrer ses erreurs, mais un architecte ne peut que conseiller à ses clients de planter de la vigne vierge* ». (Wright, F. L).

Ainsi Shaw, G. B, dans une partie de sa citation dit que « *Les architectes dissimulent leurs erreurs sous du lierre; ...* ».

On peut dire que c'est loin d'être une structure verte naturelle préétablie et bien étudiée selon les besoins urbains de l'espace et de l'homme, pas dans une perspective d'avoir une ambiance verte optimale avec essence locale, adaptée. Même les jardins urbains aussi rares qu'ils soient ne sont que très rarement naturels, c'est souvent des formes d'anthropisation de la nature.

Quels sont les services responsables de la végétalisation urbaine dans notre pays ?

La végétalisation urbaine est le domaine d'étude de plusieurs sciences appliquées climatologie, bâtiment, paysage, météorologie...et se trouve le sujet d'intérêt de plusieurs services : les services de mairie, schéma régional de la cohérence écologique, collectivité territoriale. C'est du moins les premiers responsables de ces actions dans les pays développés. (Scudo, 2002).

1.8.1 Existe-t-il un plan de biodiversité ou un plan directeur qui évalue la quantité et la qualité du couvert végétal ?

Une plante n'est jamais offensive elle est toujours régulatrice et équilibreur fondamental. Renforcer la couverture végétale dans nos villes Algérienne semble être plus qu'une priorité, pour ce, il devrait être un corridor d'intérêt national afin de réussir une forme pérenne et viable de nos ambiances vertes.

Un très bon exemple qui convient de citer à ce propos, est la ville de Paris, il existe une loi qui dicte le remplacement des arbres et les nouvelles plantations. Selon une étude faite à ce propos, en milieu urbain, un examen de tous les arbres est réalisé deux fois par an par des spécialistes (bûcherons, élagueurs) afin de soulever l'état des arbres existants et diagnostiquer les anomalies présentes. Un arbre n'est pas éternel. Il vieillit, contracte des maladies et doit parfois être abattu et remplacé. En milieu urbain, même si en apparence nous semble sain, l'arbre se trouve fragile et victime des agressions quotidiennes et de la pollution. Et si une espèce peut vivre jusqu'à 100 ans, au bord des rues urbaines elle dépasse rarement 60 à 80 ans. Selon cette étude un arbre qui déprit doit être abattu immédiatement, car il devient un risque par sa résistance mécanique.

Un plan de gestion des arbres urbain est ainsi mise en œuvre, chaque année 2400 arbres plantés dans les rues de Paris : à savoir 1500 destinés au remplacement et 900 supplémentaires. (Web 16, auteur non spécifié).

Alors Oui il existe Un plan qui évalue la qualité et quantité des arbres urbains.

Un autre exemple tout aussi intéressant que le premier, est la ville de Montréal à Canada, où Chaque arrondissement adopte une réglementation bien appropriée concernant les arbres, ainsi en cas d'abattage, des modalités sont prévues nécessitant un certificat d'autorisation. Il en a du même pour les travaux de construction afin de protéger les arbres déjà présents. C'est ainsi que la ville de Montréal a adopté en 2005, une Politique de l'arbre dont le principe fondamental proposant « Le bon arbre au bon endroit » proposant la mise en place d'outils de gestion de la forêt urbaine publique. (Web 17, auteur non spécifié).

Mais, est-il le cas dans notre pays ?

La ville Algérienne prend l'image, celle d'une ville minéralisée et déshumanisée, peut être bien à cause de l'échec des politiques mises en place pour les opérations de végétalisation de notre urbain, peut être bien aussi qu'aucune mesure de végétalisation urbaine n'exige qu'elle se dote d'une politique de l'arbre !

Selon Touareg., 2010, lors de la journée internationale de l'arbre (25 octobre, Algérie), le président de la République a fait la promesse en juin 2000 que plus jamais un arbre ne sera arraché en toute impunité, selon lui c'est aux citoyens comme aux élus et aux administrateurs de soutenir la mise en place d'une charte imposable à tous, qui mettra la protection et le développement de l'arbre en tête de ses préoccupations.

Mais à ce moment où nous pensions à réanimer nos espaces urbains minéralisés et sinistres en les végétalisant, d'autres villes, à Paris, ils sont allés beaucoup plus loin avec des idées plus audacieuses, eux c'est à une agriculture urbaine qu'ils ouvrent en donnant au sol une activité potagère (jardin partagé, toit productif...). (Aubry, C., 1995).

1.9. Outils d'évaluation du couvert végétal :

Plusieurs indices ont été développés pour une évaluation directe et indirecte du couvert végétal urbain, parmi on cite :

1.9.1. L'indice foliaire :

(IF) : définit selon Chen et Black., (1992) comme la moitié de la surface foliaire totale par unité de surface au sol (Chen, J. M et Black, T. A., 1992). C'est devenu l'indice standard de mesure du couvert végétal à l'échelle des arbres (singuliers)

1.9.2. Fraction de végétation :

C'est un index quantitatif dans la gestion forestière et les conditions de végétation, et c'est aussi un paramètre important dans de nombreux modèles écologiques de télédétection, à l'aide des logiciels d'estimation en utilisant de l'imagerie les pixels, en fonction des données du terrain (sol-végétation) on peut avoir l'indice de végétation normalisé (NDVI) (normalized difference vegetation index).

Une recherche faite en Chine, à l'institut « Remote Sensing applications, Chinese Academy of Sciences) utilisant le modèle Gutman pour estimer la fraction de végétation d'une surface donnée, ce modèle donne le seuil de sol et végétation, et le résultat obtenu était concluant avec précision et rapidité. (Zhu, L, Wu, B. -F. Zhouyue, M. Meng, T. -H, Zhang, N., 2008).

1.10 Les problèmes techniques et multi formels que rencontre le végétal dans l'urbain :

L'endroit optimal de la végétation est l'un des critères fondamentaux de la bioclimatique urbaine. Pour bien profiter de ses propriétés. La végétalisation des rues est prise en compte lorsque cela est techniquement possible, la majorité des zones urbaines sont dépourvues d'arbres et de toutes sortes de végétation, c'est probablement dû aux opérations et modifications qui sont souvent difficiles et coûteuses. L'arbre dans la rue est favorisé surtout quand le partage d'usage entre le piéton et l'automobile peut être assuré, il s'agit de mailler l'espace urbain en espace verts.

Les problèmes les plus fréquents qui font face à la réhabilitation de nos rues en espaces végétaux, est le déficit de porosité en raison de la forte compaction et le manque de volume disponible pour les racines, ce qui fait qu'elles interfèrent souvent avec de nombreux réseaux enterrés et cela demande la destruction des trottoirs et des installations souterraines.

Or que contrairement à ce qu'on croit, Selon le Service du développement culturel, de la qualité du milieu de vie et de la diversité ethnoculturelle de la Ville de Montréal, les racines d'arbres publics ou privés ne fissurent pas les infrastructures (trottoirs, clôtures, etc.), mais plutôt elles s'y adaptent. (Guyot, M. A)

Il est à souligner que dans les aménagements urbains, de nos jours, on assiste à une déstabilisation du paysage soit par l'absence presque totale de végétation soit par l'implantation des végétaux étrangers au paysage. Cet appauvrissement de nos espaces et paysages est souvent à l'origine de l'absence de gestion, ce qui est à la base un sujet de réflexion, pour l'évaluation de la régulation des ambiances par la végétation à la fois sous l'angle de l'économie de l'énergie et du confort dans le bâtiment et l'espace extérieur.

L'aménagement paysager végétal doit tenir en compte le traitement naturel et soins (chimiques) nécessaires à chaque arbre et plante qui sont souvent la cible d'infestation et contamination et siège des fortes pressions anthropiques ainsi doit leur assurer leurs besoins en eau, surtout que dans les zones à climat aride, les précipitations sont largement compensées par l'évapotranspiration potentielle (Shashua, L. Pearlmutter, D. Erell, E., 2009).

On en conclut, que les types d'aménagements sont nombreuses et variés, et qu'il ne s'agit pas seulement d'augmenter le montant des espaces verts dans l'urbain, il s'agit surtout d'un aménagement approprié aux contraintes spatiales de l'urbain, (limitation du volume des arbres, risque de dégradation milieu polluant), et climatiques (précipitations, vent,...). Ces contraintes multi-formelles que rencontrent les acteurs de la ville ne leurs laissent pas le libre choix lors des opérations d'aménagement de nouvelles rues ou la réhabilitation des anciennes.

1.11. Réintroduire la dimension verte dans nos rues :

Quel type d'aménagement végétal à conseiller et pour quelles conditions ?

Le choix du végétal doit se faire en fonction de plusieurs paramètres principalement, la capacité d'adaptation à la situation urbaine et climatique, une attention très particulière doit être portée sur sa nature (arbre, plante caduque,...), sa taille et très particulièrement sur son rôle à jouer (brise vent, captage, protection...). Pour ce il est nécessaire de mettre en place des conseils simplifiés tirés essentiellement des propriétés de chaque type de végétal.

- Pour une amélioration de l'environnement hygrothermique dans les différents types de rues, la meilleure structure pour les rues larges est les grandes rangées d'arbres, à contrario ces dernières ne sont pas conseillées pour les rues canyons.

Pour un meilleur refroidissement, l'arbre seul, se voit le traitement végétatif le plus efficace en termes de consommation d'eau, et pour un supplément de refroidissement l'herbe irriguée avec sa demande en eau, sera plus bénéfique s'il est exposé au ciel plutôt que caché par l'ombre des arbres. Lors de la septième conférence internationale sur le climat urbain, (29 juin - 3 juillet 2009, Yokohama, Japan), une étude sur le climat aride a été présentée, modélisant le désert israélien du Néguev à l'aide d'une échelle en plein air des surfaces urbaines (le modèle OASUS) a montré qu'une combinaison de l'ombrage arbre avec l'herbe irriguée aux pieds des arbres contribue significativement à la réduction du stress pendant la période la plus critique : mi-journée. Shashua, L. Pearlmutter, D. Erell, E., 2009).

Une fois de plus, un élément est vu très avantageux pour le refroidissement du trottoir de la rue est la plante, comme un couvert végétal accroché aux pergolas ou a un grillage

en créant des trames ombragées et d'autres en plein soleil cela donne une durée de vie et interrompt la monotonie de l'espace, en terme de qualité d'ambiance, cette canopée végétale parvient au contrôle de l'énergie solaire et le refroidissement pendant la période de canicule.

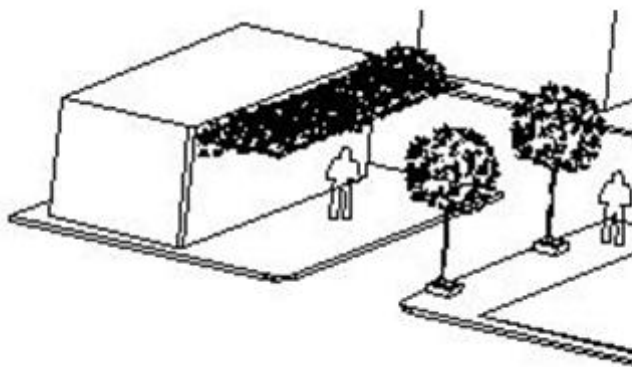


Figure 4.10 Aménagement en vert. Source : auteur

- Pour les zones chaudes et sèches, un choix de végétation à forte évaporation, si celle-ci est combinée à une surface ou bassin d'eau augmentera considérablement le niveau d'hygrométrie dans l'ambiance.
- Dans les rues canyons où le trottoir étroit à peine sert à un couloir de circulation, c'est des endroits en déficit de toutes formes de dispositifs naturels passifs, et l'arbre ne trouve guère place. La végétalisation du mur de la façade comme paroi vivante froide (Web 18, auteur non spécifié) ou en termes scientifiques PCV_v Paroi Complexe Végétalisée verticale (Aurélien, P. J), avec sa couleur et texture, arrive à évacuer environ 30% du rayonnement absorbé à l'atmosphère et aide à atténuer les charges de chaleur à proximité des façades, en hiver si ses plantes sont à feuilles caduques ce phénomène est inversé et la paroi peut s'échauffer et bénéficier de la chaleur. Cela constitue un réel levier pour apporter une présence végétale dans ces lieux.

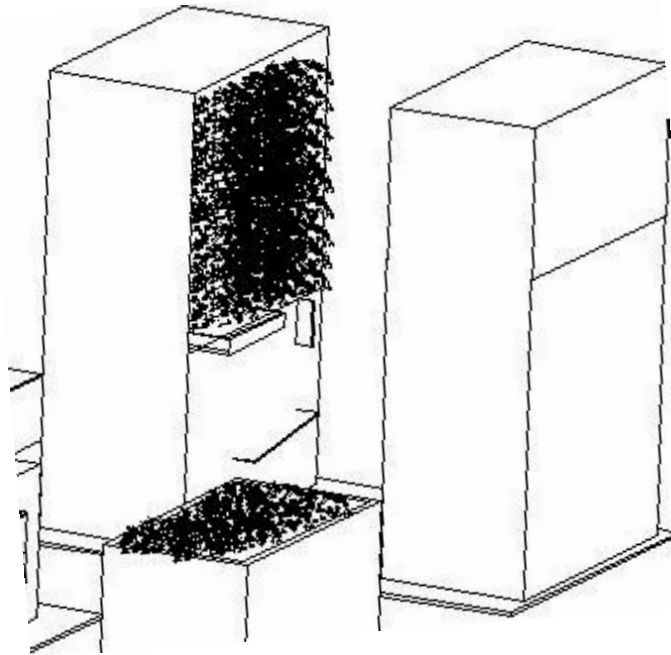


Figure 4.11 : stratégies d'aménagement végétal dans la rue canyon. Source : auteur

- Pour faire face au vent frappant, la végétation dense et les arbres à feuilles persistantes réduisent simultanément sa vitesse, ainsi il faut tenir compte, de la hauteur et l'espacement entre arbres, la résistance mécanique de leurs feuilles pour augmenter considérablement l'efficacité du brise-vent, ce en fonction de la période où le potentiel du vent est le plus fort. Si la chaîne d'arbre est en alignement ou en étage cela protège les lieux durant une longue durée.
- L'emplacement de l'arbre à côté de la bordure du trottoir se trouve la position la plus efficace pour que la couronne se développe à son maximum et pour la protection des deux parties celle réservée au piéton et celle au véhicule. Néanmoins à proximité des bâtiments et à favoriser pour apporter de l'ombre sur le sol et les parois en été sans pour autant stopper le soleil d'hiver et restituer l'habitabilité des ambiances extérieures en saison froide.
- Étendre la surface vertes par de petits jardins sur les places, boulevards, rond points, et relier les différents quartiers entre eux par des coulées vertes, et les disperser donne un résultat significatif que les concentrer.

- Dans le cas de rues nécessitant une urgente intervention végétale, prévoir des arbres qui poussent vite et des plantes qui s'intègrent parfaitement à l'état de la rue (espace réservé à la plantation, ouverture au ciel, prospect...).

Faudrait-il penser à un seul élément régulateur des ambiances hygrothermiques extérieures ?

... ou bien ...

Combiner entre les deux ; l'élément minéral (bâti) et l'élément naturel (végétal) ?



« Pour que l'arbre et le bâtiment ne forme qu'une seule entité »

Guide de la maison verte- « Duran.M »

Répondre à ces questions c'est l'ambition de ce chapitre, dans l'objectif de:

1. Examiner l'aspect de la géométrie, et la végétation, en évaluant les conséquences environnementales de ces deux facteurs chacun de son côté tels qu'ils sont présents et décorés dans la rue.
2. Voir s'il peut y-avoir un certain degré de compromis entre ces deux dimensions, afin que ce couple couverture minérale (densité bâtie) & couverture organique (végétale) contribue efficacement au développement et la régulation des ambiances hygrothermiques extérieures, et le confort de l'homme dans un monde urbain-naturel.

3. comprendre comment une bonne combinaison du végétal et minéral permet de favoriser le confort hygrothermique passivement en hiver et d'atténuer la sensation de stress en été.

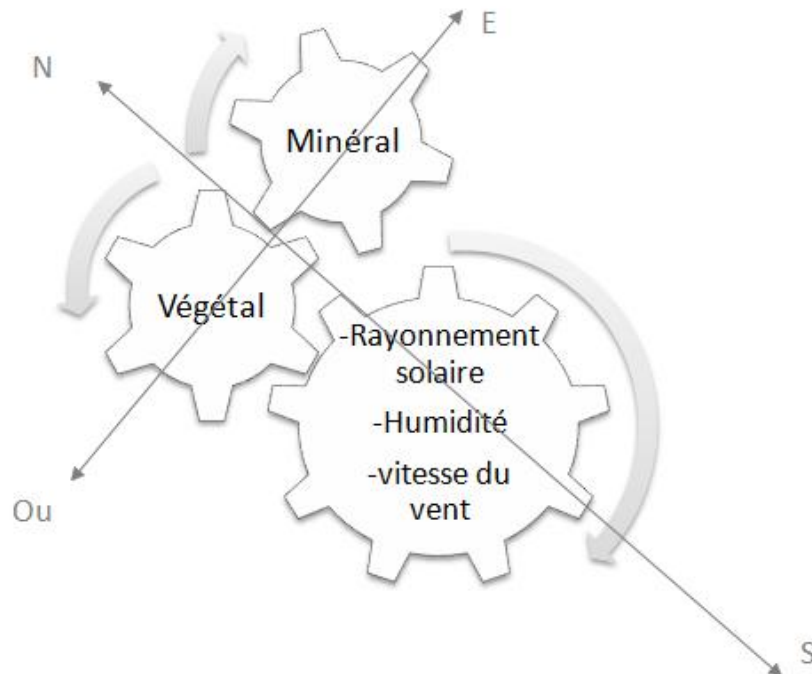


Figure 4.12 : Combiner pour la régulation de l'ambiance hygrothermique urbaine. Source : auteu

2. Combinaison élément minéral et végétal :

« La ville durable ne se veut plus définie comme un territoire séparé de son environnement ; elle doit privilégier la sauvegarde de la biodiversité urbaine... » Selon l'architecte Jourda, F. -H. (2011), l'urbanisme durable ou « éco-responsable » doit prendre en compte et préserver cinq ressources, l'un des cinq ressources, « Le sol » (construire dense afin d'optimiser l'espace, préserver la biodiversité...)

La ville actuelle, principalement composée de bâtiments, au sein d'elle une relation ambiguë, et non comprise, suscite depuis longtemps un sujet d'attention, c'est bien celle entre sa matière inerte (minérale) et vivante (végétale). La richesse de la ville en matière d'ambiance dépend du développement de cette relation, qui doit être définie dans une perspective d'une écologie urbaine.

L'écologie urbaine, dans ce contexte, est une stratégie de compensation de l'urbanisation, c'est procurer un habitat à la flore en plein urbain pour leur servir de

terrain de cohabitation des éléments minéraux et végétaux. (Web 12, auteur non spécifié)

Tous les éléments qui prennent place dans la rue et s-y évoluent étant architecturaux, végétaux, animaux, doivent être en interaction l'un avec l'autre et intervenir d'une manière indissociable pour protéger le paysage urbain, régénérer la matière vivante et créer une réserve écologique urbaine.

Le rôle de l'élément minéral et végétal doit être évalué comme étant un seul objectif, qui est la régulation de l'ambiance hygrothermique urbaine et renforcer les activités urbaines de l'homme en répondant à la variété de ses besoins et ce selon la variété du régime journalier et saisonnier en termes de thermique et d'humidité.

Quel est l'objectif à assurer ?

Répondre aux besoins actuels urbains, Si on veut bien intégrer et orienter nos objectifs en ce qui concerne la réponse aux besoins actuels urbains vers une démarche environnementale : on a à équilibrer cette balance :

Construire pour atténuer la pénurie et le déficit & Végétaliser pour une respiration, une qualité d'ambiance et une bonne image urbaine.

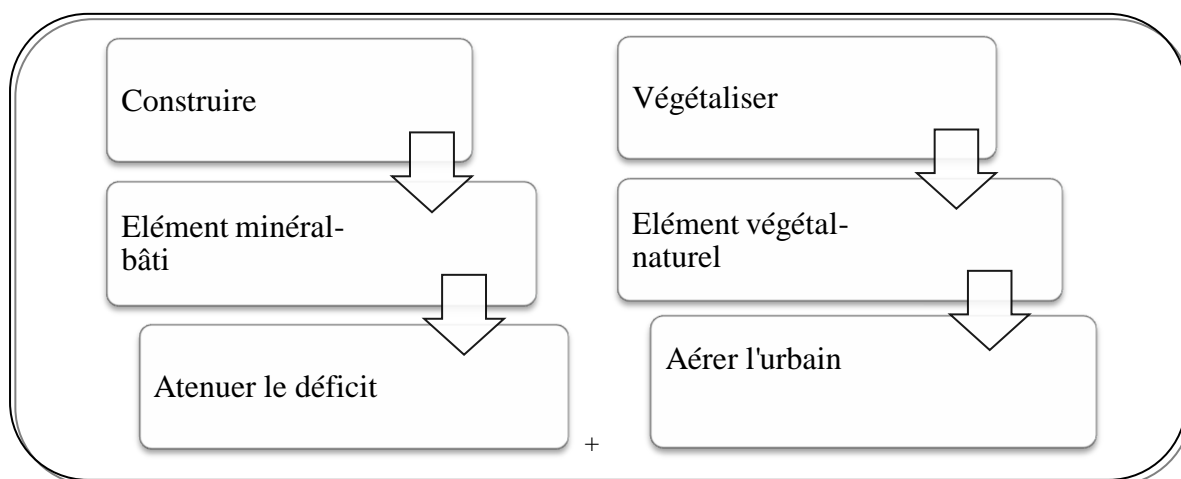


Figure 4.13 : Régulation hygrothermique urbaine. Source : auteur

Si on arrive réellement à assurer sur ces deux volets, on arrive sans doute à redynamiser la rue et la dé-densifier de sa construction massive, laisser place aux dispositifs

minéraux et végétaux afin qu'ils œuvrent ensemble pour une bonne régulation de ses ambiances hygrothermique.

2.1 La réalité de la dimension végétale et minérale dans la rue :

Les secteurs complètement minéralisés comptent comme des points noirs dans la rue, et semblent être les ambiances qui s'éloignent le plus de la gamme de confort, ils constituent les pires îlots de chaleur, « ...les centres peuvent connaître des températures jusqu'à 5C° plus qu'en milieu rural » (Giguère, M., 2005) Mais des études ont prouvé qu'en temps présent, même les banlieues sont loin d'être des havres de fraîcheurs.

Si on procède par comparaison entre des rues totalement minérales et rues avec végétation, des écarts de températures sont mises en évidence.

Une surface minérale (façade de bâtiment, surface pavée, asphaltée..) reçoit le rayonnement solaire, émet une partie de lui en chaleur radiante en fonction de l'albédo. Tandis qu'une surface végétale se comporte ainsi, mais avec des améliorations en raison de son équilibre d'énergie spécifique de l'eau (évaporation). De ce fait même si on atteint une température à l'ombre similaire dans les deux surfaces à 1C° près, en plein soleil on peut aller jusqu'à 11C° d'écart.

Dans ce contexte, une étude menée en Barcelone, l'écart entre la température de l'air et celle de surface végétale peut atteindre 14C°, or que, pour le cas d'une surface minérale peut aller jusqu'à 25C°. Il a même été démontré qu'une ombre de l'arbre est plus agréable plus douce et se présente plus appréciée par l'homme que celle d'un bâtiment ou d'un élément minéral. Car l'arbre est perméable aux rayons solaires absorbe une quantité et réfléchit une et laisse une quantité atteindre le sol. Cette situation est plutôt recherchée quand la température de l'air extérieur est basse, notamment en mis-saison (automne). La température de l'air sous cette ombre se présente moins rigoureux que celle d'une ombre d'un bâtiment ou d'une galerie.

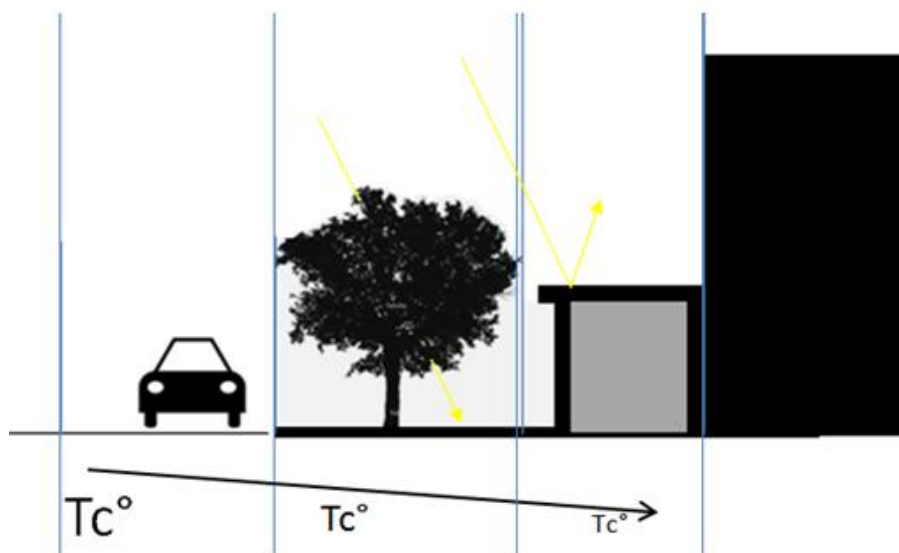


Figure 4.14 : Ombre d'un arbre - ombre d'une galerie. Source : auteur

2.1.1 Particularité de la Perméabilité dans un couvert végétal et minéral :

Les zones urbaines denses, sont caractérisées par 75% à 100% de surfaces imperméables (asphaltées maçonnées...) ont moins de surfaces disponibles pour l'humidité du sol et perméables aux rayons solaires et au phénomène de l'évapotranspiration qu'une zone à un grand couvert végétal (- 10% de surfaces imperméables), Cette réduction de l'évapotranspiration contribue à l'augmentation de la température de l'air au sein de la canopée urbaine et réchauffement de la zone urbaine en générale (effet de l'îlot de chaleur). (Richard, Y)

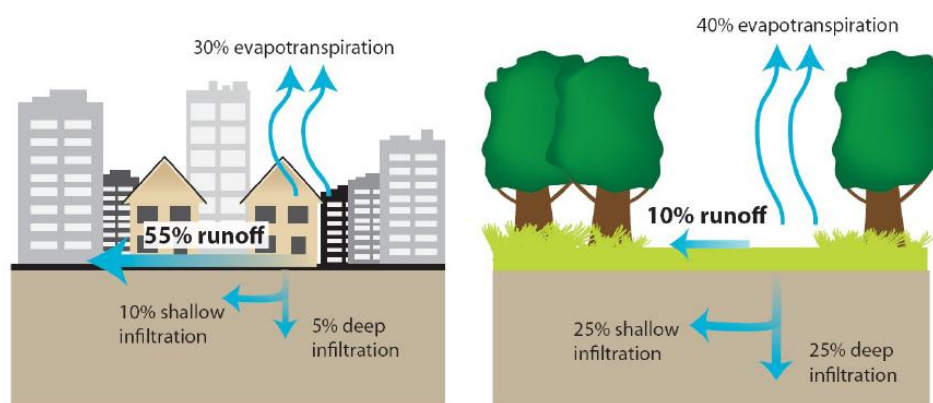


Figure 4.15 : Imperméabilisation des surfaces et réduction de l'évapotranspiration
Source : Richard.Y- <http://www.epa.gov/hiri/resources/pdf/BasicCompendium.pdf>

Dans notre urbain, le manque d'intervention se marque, et si peut qu'il soit, Il y a souvent comme scénarios :

- Transformer les surfaces naturelles perméables en des surfaces bâties imperméables.
- Tenter d'atténuer la sensation de stress en plein urbain par une végétalisation souvent timide.

Comme il a été démontré, la contribution significative du bâti et du végétale chacun de son côté et selon ses propriétés dans le confort hygrothermique dans les rues.

Minéralisation généralisée c'est synonyme de surchauffe estivale et îlot de chaleur, Végétalisation souvent considérée comme solution supplémentaire pour refroidir et rafraichir d'avantage, or qu'elle est le meilleur dispositif passif pour la régulation de l'humidité urbaine.

*Quel est Champ d'intervention des deux couvertures dans l'ambiance hygrothermique
Qui travaille la thermique et qui travaille l'hygrométrie ?*

Si bien que ces deux dimensions peuvent rencontrer une variété de situations où l'une seule ne peut réussir à donner un résultat efficace face aux conditions climatiques et la forme urbaine (géométrie, matériau, ...), les variables et composantes du paysage urbain. Il est impérativement obligatoire d'œuvrer pour une complémentarité entre minéral et végétal. Entre un élément immobile et rigide et un élément naturel mobil maniable qu'on peut jouer sur sa couleur sa forme (cas des plantes grimpantes, et des arbres) à chaque fois qu'il est nécessaire.

Comme son nom l'indique : hygrothermique = thermique + humidité il faut que les deux éléments soient réunies ;

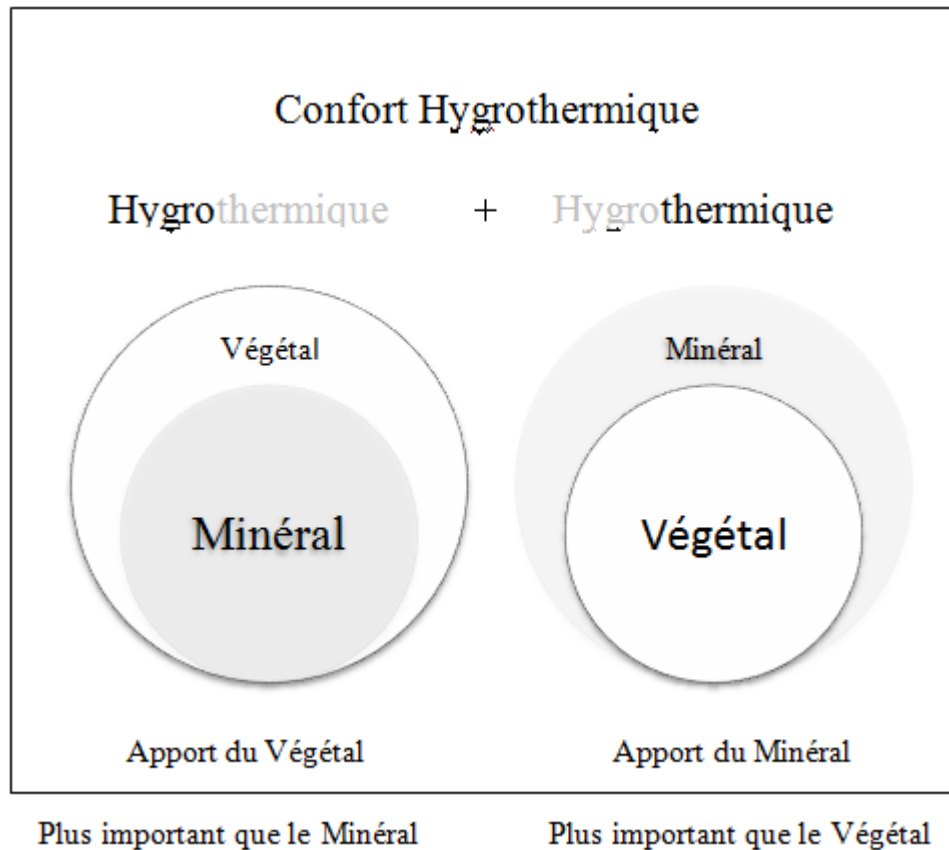


Figure 4.16 : le minéral et végétal dans l'hygrothermique extérieure. Source : auteur

L'ambiance thermique est une question cruciale en hiver plus que l'ambiance hygrométrique et vis versa, les ambiances de mi-saison exigent une attention et traitement plus particuliers épousant le rythme changeant des conditions climatiques, ceci peut être plus efficace avec une végétalisation et minéralisation respectant les deux périodes extrêmes, on arrive peut être à assurer les deux saisons de transition.

Le végétal avec son enjeu environnemental, comme dispositif bio-naturel et refuge des différentes espèces vivantes urbaines peut ajouter sa valeur à l'urbanité de la rue, et étant un bon associé aux différents éléments et dispositifs minéraux urbains ainsi qu'aux différentes configurations de la rue, à terme cette association arrive à la satisfaction et concomitante des besoins hygrothermiques de l'homme dans l'urbain sur le plan ambiance et sur le plan esthétique et récréatif.

2.2. Complémentarité minéral-végétal :

Comment réussir une interaction entre les deux éléments (végétal _ minéral) en amont de toute conception architecturale et urbaine ?

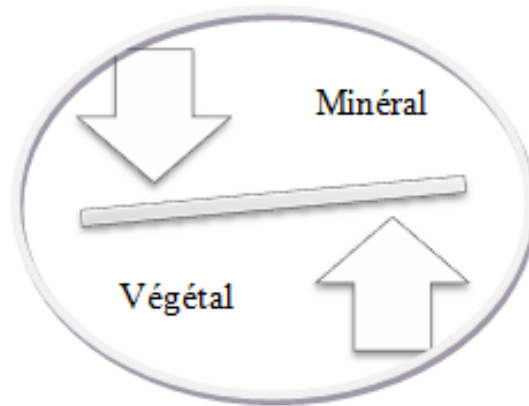


Figure 4.17: complémentarité minéral-végétal. Source : auteur

Ces deux éléments se contrebalancent et se complètent et œuvrent chacun de son côté et ensemble pour arriver à offrir une ambiance plaisante et agréable aux grés du climat et de l'homme.

Il est grand temps de s'interroger sur la gestion des ambiances urbaines, il appartient à chacun des autorités responsables de la conception de nos rues de penser à un monde

« minéro-végétal », chercher un équilibre entre ces deux dimensions pour qu'aucune dimension ne prenne place au dépend de l'autre, en se laissant place ou en partageant ensemble la ville, la rue et voire même l'habitat.

Conclusion :

Atteindre la mixité des interventions bâties et paysagères, c'est créer des espaces végétales et autre minérale tout en assurant leurs cohérence grâce à des transitions maîtrisées avec espace semis minéral et semis végétal.

En multipliant le corridor écologique dans la zone bâtie et en l'irriguant avec des masses paysagères, cependant il faut penser à accroître significativement la masse verte sous toutes ses formes (arbre, pelouse, plante grimpante ...) et ce même pour les milieux urbain denses grâce à la plantation des surfaces maçonnées verticales des murs et l'engazonnement des trottoirs et toitures, maillage arbre - treillis.

Cette technique réussis à compenser beaucoup plus que la surface du sol occupée par le bâti, et avec les terrasses vertes, et la stratégie des ilots végétalisés (parcellaire vert et entouré des voies en asphalte).

Alors Oui, si on veut réussir une ambiance hygrothermique extérieur, il est impératif de penser aux deux éléments minéral et végétal. Car si l'arbre seul refroidit l'ambiance (en terme de consommation d'eau, évapotranspiration), associé à une surface réfléchissante (fort albédo) réduit efficacement le gain en chaleur et assainit l'air, et ce pour les deux périodes, chaude et froide de l'année.

Développer des espaces à caractère paysager naturel agissant à optimiser les ambiances hygrothermique de la rue.

S'inscrire dans le cadre des éco-quartiers, demande une mise en œuvre des processus audacieux et rationnels tant au niveau de l'action et participation qu'au niveau de sensibilisation à la gestion écologique.

Les actions d'aménagements menés dans le cadre de combinaison minéral-végétal doivent permettre de recréer progressivement un continuum végétal-minéral permettant de tirer profit des caractéristiques et opportunités des deux couvertures et de compenser l'une les tares de l'autre. Il est difficile de réunir tous les paramètres et conditions nécessaires à la régulation d'une ambiance hygrothermique, cependant une ambiance émanant d'une bonne combinaison de la forme construite et végétale assure le sensible et l'esthétique et répond aux soucis de la qualité de la forme urbaine.

Chapitre 05 : Etude de cas, simulation et
discussion des résultats

Introduction :

Ce chapitre rend compte des conditions hygrothermiques extérieures dans les rues de la ville de Sétif, avec l'ambition de se prononcer sur les formes les plus efficaces et faire ressortir les alternatives les plus appropriées dans des conditions modérées en milieu urbain, non seulement en ce qui concerne le confort d'été, mais sur une base annuelle.

1. Modalités du travail :

Les prévisions climatiques décennales nous donnent une idée sur le climat, ses oscillations et ses changements pendant les dernières dix années, Peut-on prévoir pour autant le comportement d'une ambiance hygrothermique pendant cette longue durée ?

Travailler sur les conditions les plus extrêmes (froide, chaude) rencontrées dans la décennie ne parvient pas forcément à couvrir les situations les plus défavorables et ça peut même mener à tort et diriger la recherche sur des cas rares. Le changement climatique ne se fait pas selon un principe bien précis, d'une manière croissante ou décroissante pour pouvoir établir des projections crédibles à long terme (par exemple jusqu'à la fin de siècle). Le climat rencontre des phases de refroidissement et d'autres de réchauffement, ainsi les installations que l'homme mis a sa disposition (barrages d'eau...) peuvent changer le climat brusquement, ceci dit en terme d'adaptation au changement climatique, et pour faire ressortir les facteurs susceptibles de causer le confort ou l'inconfort hygrothermique dans l'urbain (géométrie, orientation, végétation), il est plus crédible d'étudier le comportement sur la moyenne des dix années. Ceci est dans le but de connaître l'effet qu'ont eu les petits changements du site sur l'ambiance hygrothermique (amélioration, dégradation...) et voir si la rue est toujours déshumanisée ou si elle a tendance d'être de plus en plus humaine.

Il est essentiel de défier les conditions défavorables que rencontre le piéton en pensant à son comportement pendant une période importante de dix années pour prédire les prochains risques au lieu de s'en rendre compte toujours après coup.

1.1. Présentation du climat de la ville de Sétif :

Malgré les divers facteurs qualitatifs qui donnent à penser que la ville de Sétif est très loin de l'aridité, comme les précipitations, la présence des végétaux et autres. Les données quantitatives suivantes :

- Calcul de la période sèche par le diagramme embrothermique,
- Le quotient de pluviométrie $Q2 = 3.43 P / M - m$ (formule de Stewart)

Q : quotient pluviométrique d'Emberger

M : la moyenne des températures du mois le plus chaud en k

m : la moyenne des température du mois le plus frais en k

P : pluviométrie annuelle en mm

- L'indice d'aridité de la ville de Sétif calculé par l'indice d'aridité de MARTONE

$$I_m = P / (T + 10)$$

I_m: indice d'aridité.

P : précipitations annuelle en mm.

T : température moyenne annuelle en C°.

$$I_m = 398.9 / (15 + 10) = 15.96 \text{ (Ballout.A. 2010).}$$

La lecture caractéristique de cet indice se fait de la manière suivante

I_m < 05 climat hyper aride.

05 < I_m < 10 climat aride.

10 < I_m < 20 climat semi aride.

20 < I_m < 30 climat semi humide.

30 < I_m < 55 climat humide.

I_m = 15.96 donc 10 < I_m < 20

- Variation estivale entre Juin et Aout avec des variations mensuelles de 22.8°C à 26.4°C. (Ballout.A. 2010).

En résumé le climat de la ville de Sétif est semi aride, humide, froid durant la saison hivernale, chaud et sec en été avec des températures élevées et des variations et écarts de température diurne et nocturne importants en été.

Une analyse des données climatiques décennales (température de l'air, humidité relative, vitesse du vent, précipitations) 1996-2005 nous donne une idée sur les situations qu'a rencontré la ville de Sétif au cours de cette période. Il ressort qu'en moyenne mensuelle de la température de l'air plus élevée au mois de Juillet et plus basse au mois de Décembre. Une attention s'est étendue à la recherche des données

mensuelles de chaque année à la fois pour faire ressortir l'année la plus chaude et la plus froide des dix ans.

Année/Mois	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Séptembre	Octobre	Novembre	Décembre
1996	7,1	4,3	8,4	10,7	15,3	18,9	24,6	25,4	18,1	13,5	10,4	7,6
1997	6,6	8,9	9,2	11,9	19,2	24,5	25,4	24,5	19,8	15,2	9,7	6,7
1998	6,0	7,5	8,9	12,4	14,9	23,2	26,9	25,2	21,4	13,6	9,3	5,3
1999	6,2	4,2	8,8	13,0	21,0	24,4	25,5	28,6	21,9	18,0	8,7	5,7
2000	4,1	7,8	10,7	13,6	19,8	22,3	26,9	26,1	21,4	13,6	10,3	8,0
2001	5,9	5,8	13,3	12,0	16,6	24,0	27,5	26,7	21,0	19,9	9,3	5,5
2002	5,8	7,9	10,5	13,0	18,1	24,7	28,5	24,1	20,2	16,9	9,9	7,0
2003	4,6	3,9	9,0	12,7	17,1	21,3	25,5	26,6	20,0	16,4	10,2	5
2004	5,5	8,2	9,8	10,6	13,2	21,7	25,9	26,6	20,5	18,4	8,4	5,7
2005	3,5	2,8	7,8	12,2	19,7	23,2	27,6	24,5	19,9	16,4	9,5	4,7

Tableau 5.1 : Température moyenne (C°) des années 1996 à 2005 . Source : Madassi. A.

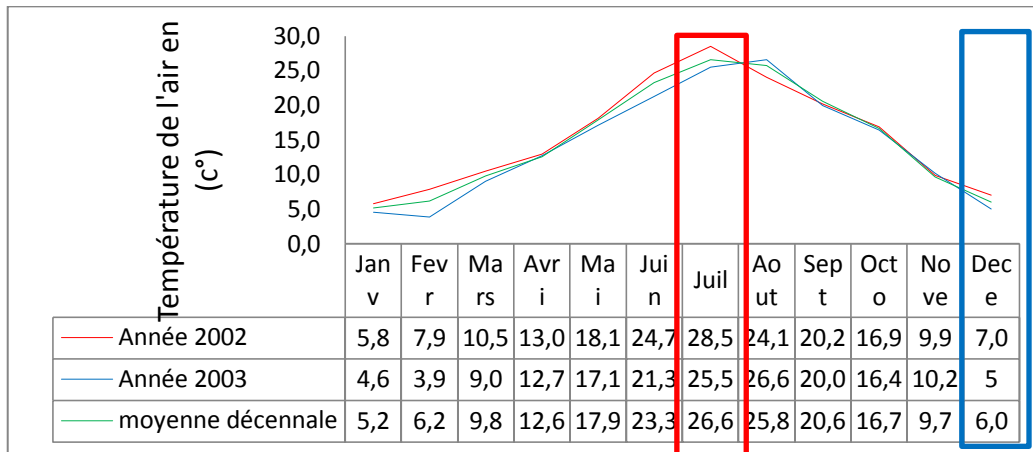
Année/Mois	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Séptembre	Octobre	Novembre	Décembre
1996	78	80	71	67	64	58	41	42	58	60	63	72
1997	75	64	55	58	45	40	38	47	63	73	82	79
1998	76	74	63	59	71	42	34	46	56	64	73	77
1999	78	79	67	54	42	40	38	34	54	60	77	82
2000	74	61	44	52	52	46	34	34	51	72	67	69
2001	75	68	55	59	58	34	31	37	62	57	78	79
2002	77	67	63	58	49	44	40	51	55	55	75	81
2003	83	83	72	71	63	47	37	43	63	72	77	83
2004	82	68	71	76	73	55	43	46	57	57	82	85
2005	78	80	68	66	49	48	41	47	63	72	77	84

Tableau 5.2 : Humidité relative en (%) moyenne des années 1996 à 2005. Source : Madassi. A.

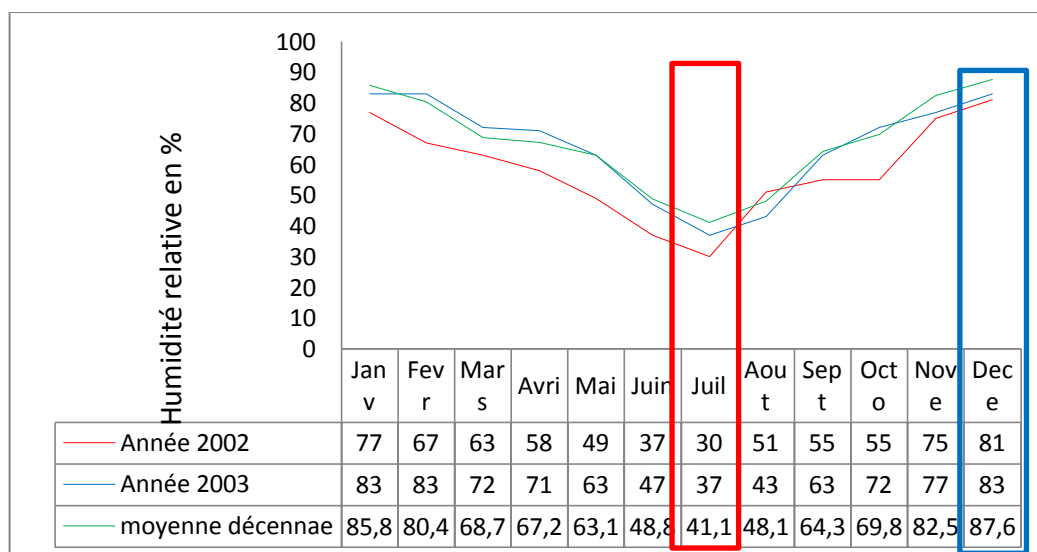
Années/Mois	Janvier	Fevrier	Mars	Avril	Mai	Juin	Juillet	Aout	Séptembre	Octobre	Novembre	Décembre
1995	3,1	2,8	3,5	2,8	3,3	3,4	2,9	3,1	2,8	2	2,7	3,5
1996	3,3	4,2	2,9	3,3	2,7	2,6	2,8	3,4	3,3	2,9	3,4	3,8
1997	3	1,9	2,4	3	3	3,2	3	2,8	2,3	2,2	3,7	2,8
1998	2,4	2	2,6	3,5	3,1	2,7	2,6	2,9	2,6	2	2,7	2,5
1999	2,9	2,9	3	3,3	3,1	3,1	2,5	3,1	2,5	2,3	3,2	3,1
2000	1,3	2,5	2,5	3,7	2,9	2,7	2,9	2,4	2,5	2,6	2,9	2,9
2001	2,9	2,7	2,9	3,1	2,9	3	3,1	2,9	2,7	2,3	2,8	2,6
2002	2,2	2,7	3,3	4,3	3,6	3,4	3,1	3,4	3	3	4,1	3,1
2003	4,1	3,2	2,5	3,2	2,7	2,9	3,4	2,9	3	2,9	2,8	3,4
2004	2,9	3,1	3,3	3,2	3,7	2,7	3,1	3,2	2,6	2,2	2,5	2,8
2005	2,8	3,5	3,1	3,5	2,9	3	2,9	3,1	2,7	2,2	2,6	2,5
2006	2,8	2,9	3,5	3,1	2,8	4	2,9	3	2,6	2,6	2,3	2,4

Tableau 5.3 : vitesse du vent moyenne (m/s) des années 1996 à 2005 Source : Madassi. A.

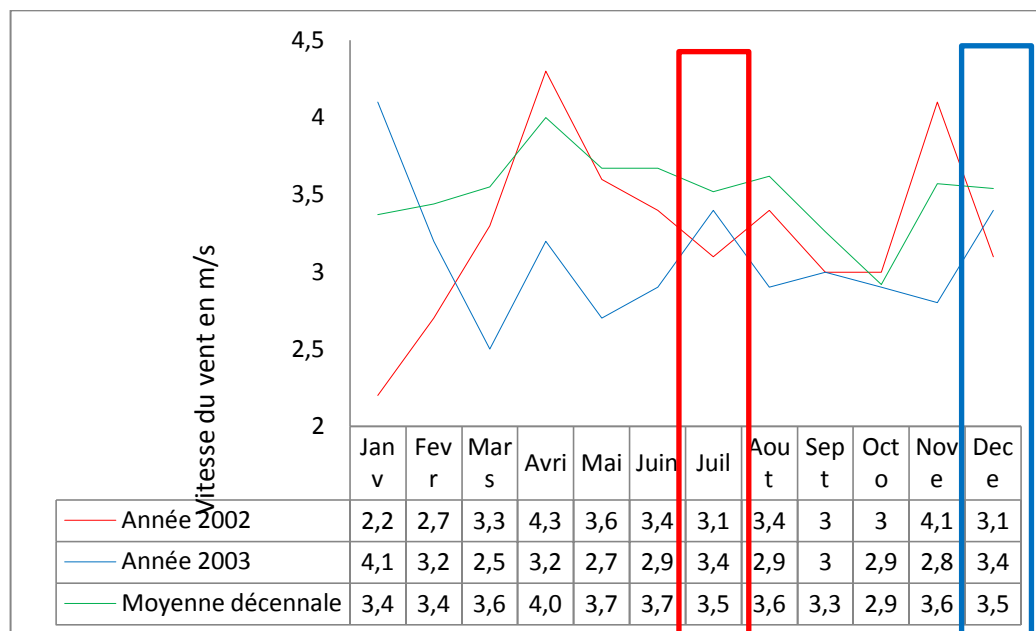
Une lecture des données détaillées des mois de chaque année, nous révèle que décembre 2002 est l'hiver le plus froid pendant la décennie et que le juillet 2003 est l'été le plus chaud. La question de l'hygrothermique est plus significative en saison chaude pour le cas de la ville de Sétif. Pour ce, la saison d'été est la période à laquelle nous nous intéressons le plus et plus particulièrement le mois de juillet des dix années 1996 _ 2005.



Graphique 5.1: Température de l'air en (C°) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale. Source : auteur d'après Madassi.A



Graphique 5.2 : Humidité relative en (%) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale. Source : auteur, d'après Madassi.A



Graphique 5.3 : Vitesse du vent en (m/s) des années 2002 (chaude) et 2003 (froide) et moyenne décennale. Source : auteur, d’après Madassi.A

1.2. Présentation du model de simulation ENVI met :

Pourquoi simuler dans cette recherche ?

L’objectif de la simulation est de reconstituer les effets radiatifs solaires, et les écoulements d’air à l’échelle de la rue (échelle micro), pour évaluer le rôle que jouent l’orientation, la géométrie de la rue H/L, galerie, surplombs des façades et l’arbre sur la température de l’air, humidité et vitesse de l’air et de définir à l’aide de scénarii d’aménagement l’alternative la plus soutenue pour une ambiance hygrothermique optimale.

Pourquoi ENVI met ?

ENVI met : **ENVI**ronnement **mé**téorologie : Un modèle tridimensionnel, développé à l’université de Bochum en Allemagne. Ce modèle comprend un schéma de surface multicouches prenant en compte le transfert radiatif dans le couvert et permettant de simuler les échanges d’énergie et de masse au voisinage de la surface ainsi qu’un schéma atmosphérique décrivant la turbulence dans la couche limite atmosphérique. (Samaali.M. 2002)

ENVI met est composé de trois progiciels distincts : ENVI met éditeur permet à l’utilisateur de créer une forme 3-D , ENVI met itself qui permet d’effectuer une

simulation dans des conditions données (choisies par l'utilisateur) et Leonardo qui permet à l'utilisateur de visualiser les résultats de la simulation.(Richard.Y. 2004).

1.3.Présentation des canyons de rues simulées :

Pour appréhender au mieux le comportement et la performance d'une ambiance hygrothermique dans une rue (espace du véhicule et du piéton) il est prévu d'établir des critères bien fondés de sélection de rues :

- Ratio H/L : étudiant des morphologies représentatives: Rue étroite, rue moyenne, rue large, et rue très large.
- Détails architecturaux tels que des galeries et surplombs horizontaux
- Orientation : axe Nord/ Sud et axe Est/Ouest
- Un facteur est également pris en compte lors du choix des rues, c'est bien la végétation sauf

Pour le cas de la rue étroite, où la ville de Sétif présente des rues étroites non végétalisées. Le tableau (Tab :4.4) présente les rues en questions et leurs propriétés.

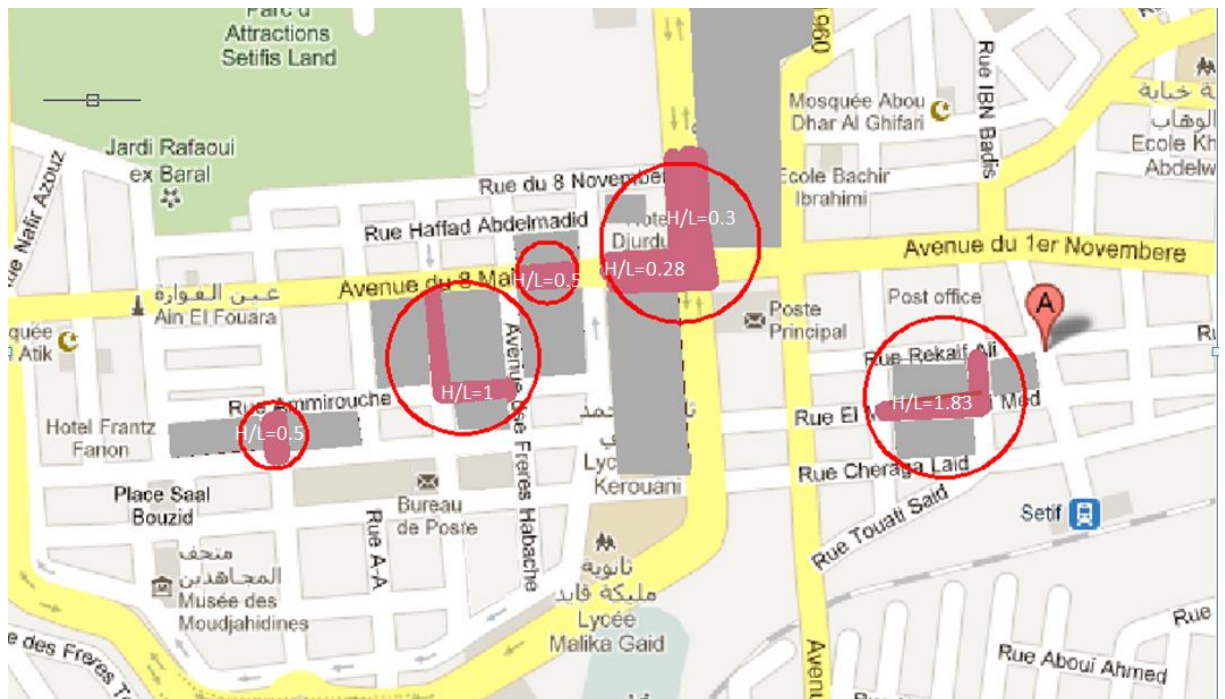
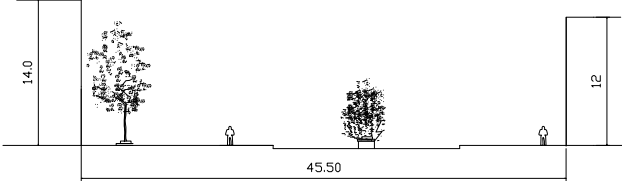
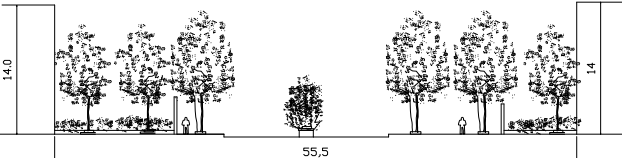
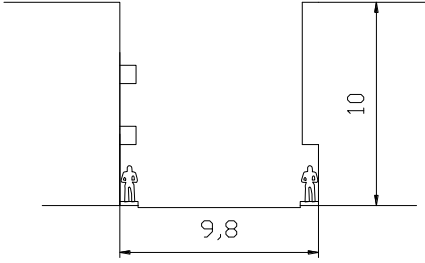


Figure 5.1 : présentation sur carte des rues simulées. Source : auteur, (Google maps).

Rue très large		
<p>H/L= 0.30 Avenue de l'ALN</p>	<p>N/S</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - H1=14 m, L=45.50 m - H2=12 m • Profil : <ul style="list-style-type: none"> Asymétrique • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres ✓ <ul style="list-style-type: none"> • Micoucoulia • Akacia - Plantes ✓ - aucun
		
Rue très large		
<p>H/L= 0.25 Avenue 1^{er} Novembre</p>	<p>E/O U</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - H=14 m, L=55.50 m • Profil : <ul style="list-style-type: none"> symétrique • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres ✓ <ul style="list-style-type: none"> • Micoucoulia • Akacia - Plantes ✓ - aucun
		

Rue large	
<p>Profil 1 : $H1/L1 = 0,60$: $H2/L2 = 0.51$ Avenue Ben Boulaid</p>	N/S
<p>$H/L = 0,50$ Avenue 8 mai 45</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - $H1=10$ m, $L1=19.30$ m - $H2=8$ m, $L2=16.20$ m • Profil : <ul style="list-style-type: none"> - Symétrique : ✓ - Asymétrique : • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries : Profil 1 <li style="padding-left: 40px;">Profil 2 ✓ - Surplombs façades • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres ✓ <ul style="list-style-type: none"> • Orme • Frene - Plantes • Type d'arbre : • Vue de ciel : <ul style="list-style-type: none"> à 1.40m de hauteur - $H1/L1 - SVF= 0.73$ - $H2/L2 - SVF= 0.80$
<p>$H/L = 0,50$ Avenue 8 mai 45</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - $H=8.30$ m, $L=16.20$ m • Profil : <ul style="list-style-type: none"> - Symétrique : ✓ - Asymétrique : • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades

	<p>E/ OU</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Galeries ✓ - Surplombs façades • Végétal : - Arbres ✓ <ul style="list-style-type: none"> • Micoucoulia • Orme - Plantes • Type d'arbre : • Vue de ciel : à 1.40m de hauteur - H/L - SVF= 0.83
<p>Rue moyenne</p>		
<p>H/L= 1 Rue S/Lieutenani Agoune Ahmed</p>		<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : - H=10 m, L=9.80 m

	<p>N/ S</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Profil : <ul style="list-style-type: none"> - Symétrique : ✓ - Asymétrique : • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades ✓ • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres - Plantes - aucun ✓ • Vue de ciel : <ul style="list-style-type: none"> à 1.40m de hauteur - H/L - SVF= 0.67 	
<p>H/L= 1 Rue Amirouche</p>		<p>E/ OU</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - H=10 m, L=9.80 m • Profil : <ul style="list-style-type: none"> - Symétrique : ✓ - Asymétrique : • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades ✓ • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres - Plantes - aucun ✓ • Vue de ciel : <ul style="list-style-type: none"> - H/L - SVF= 0.67
<p>Rue étroite</p>			
<p>H/L= 1,83 Rue Al Mokrani Hadj Med</p>			<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : <ul style="list-style-type: none"> - H=18 m, L=9.80 m

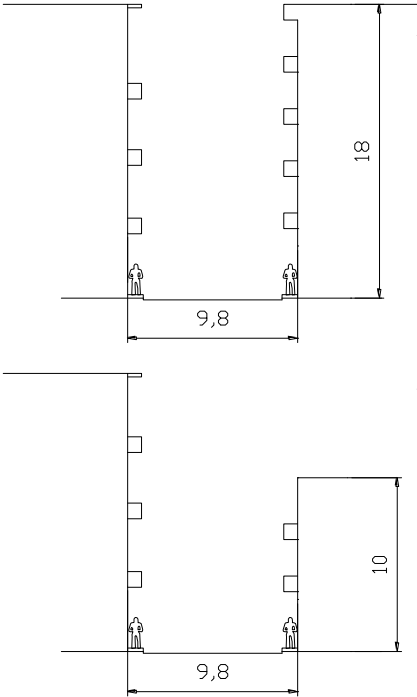
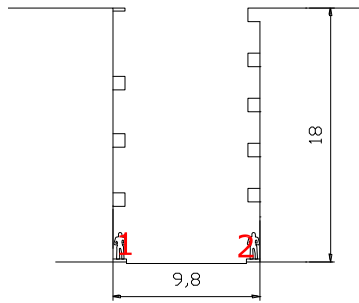
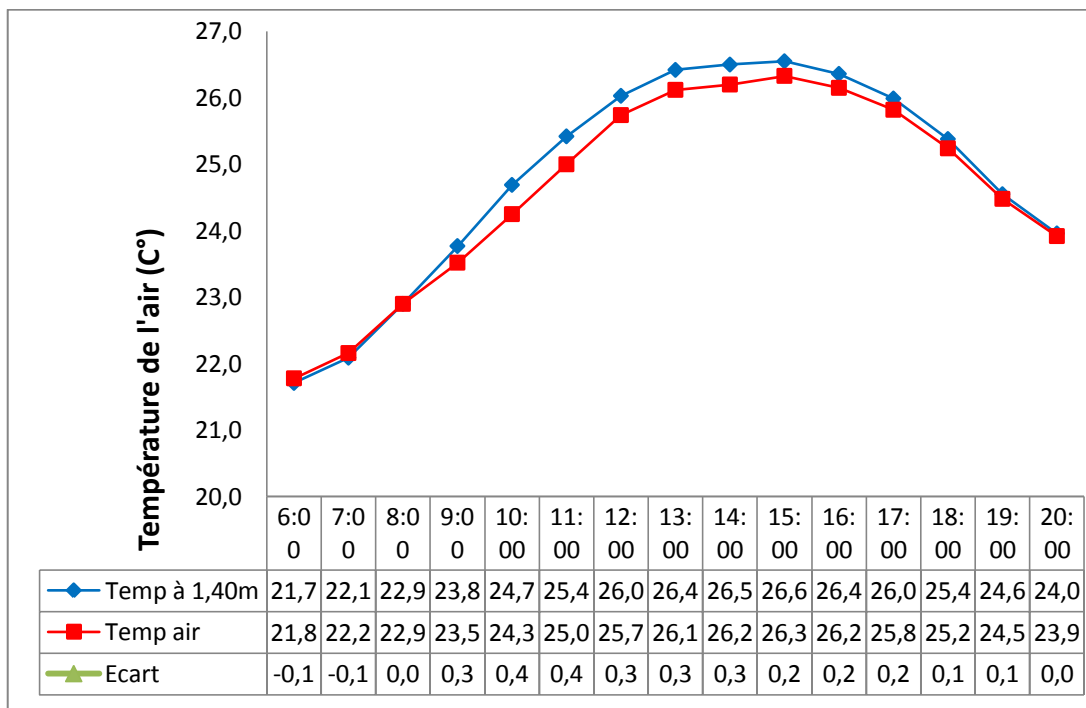
	<p>N/ S</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Profil : Symétrique : Profil 1 Asymétrique : Profil 2 • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades ✓ • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres - Plantes - aucun ✓ • Vue de ciel : Profil 1: SVF = 0.54 Profil 2: SVF = 0.58
<p>H/L= 1,80 Rue Ben Chakri Bou l'Aziz</p>	<p>E/ OU</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Propriétés : - H=18 m, L=9.80 m • Profil : Symétrique • Minéral : <ul style="list-style-type: none"> - Arcades - Galeries - Surplombs façades ✓ • Végétal : <ul style="list-style-type: none"> - Arbres - Plantes - aucun ✓ • Vue de ciel : SVF = 0.54
		

Tableau 5.4 : Présentation des propriétés des rues simulées. Source : auteur

Afin d'évaluer l'effet des paramètres du bâti (la géométrie de la rue, et ses paramètres relatifs orientation, prospect H/L, SVF, asymétrie ...) et du végétal (arbre, herbe...), les discussions des résultats vont être basées sur des comparaisons et la création des scénarios. Dans quelques uns en procède au rajout et densification de ces paramètres (minéraux et végétaux) et dans d'autres on pense à les changer ou carrément les enlever. À l'aide de ses scénarios on tente de quantifier l'apport de chaque paramètre puis les classer et les hiérarchiser selon leurs sensibilité dans le contrôle du confort hygrothermique ainsi faire ressortir ceux susceptibles d'influencer la température de l'air et ceux qui affectent l'humidité de l'air.

Les principales rues sélectionnées pour faire sujet de cette simulation en dépit de leur configuration spatiale présentent quelques caractéristiques plus ou moins similaires, chaussée asphaltée, trottoir avec carrelage (rouge – blanc), couleurs des bâtiments entre jaune pâle et beige,

Les mesures vont être prises à 1.40m de hauteur, La hauteur moyenne (visage de l'homme).



Graphique : 5.4. Comparaison entre Température de l'air en (C°) et la température de l'air prise à 1.40m du sol. Source : auteur

2. Résultats de la simulation :

2.1. Rue très large : H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU:

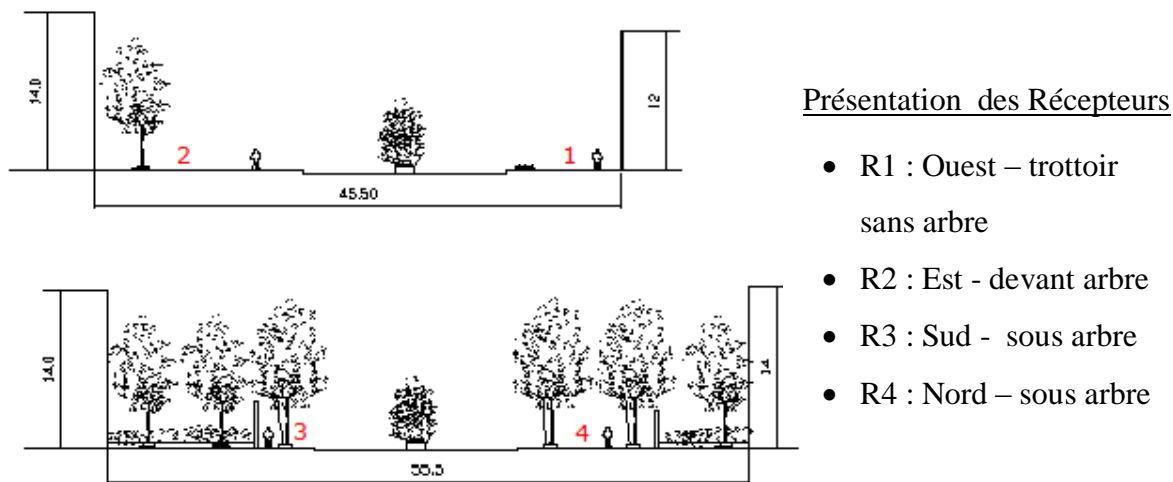
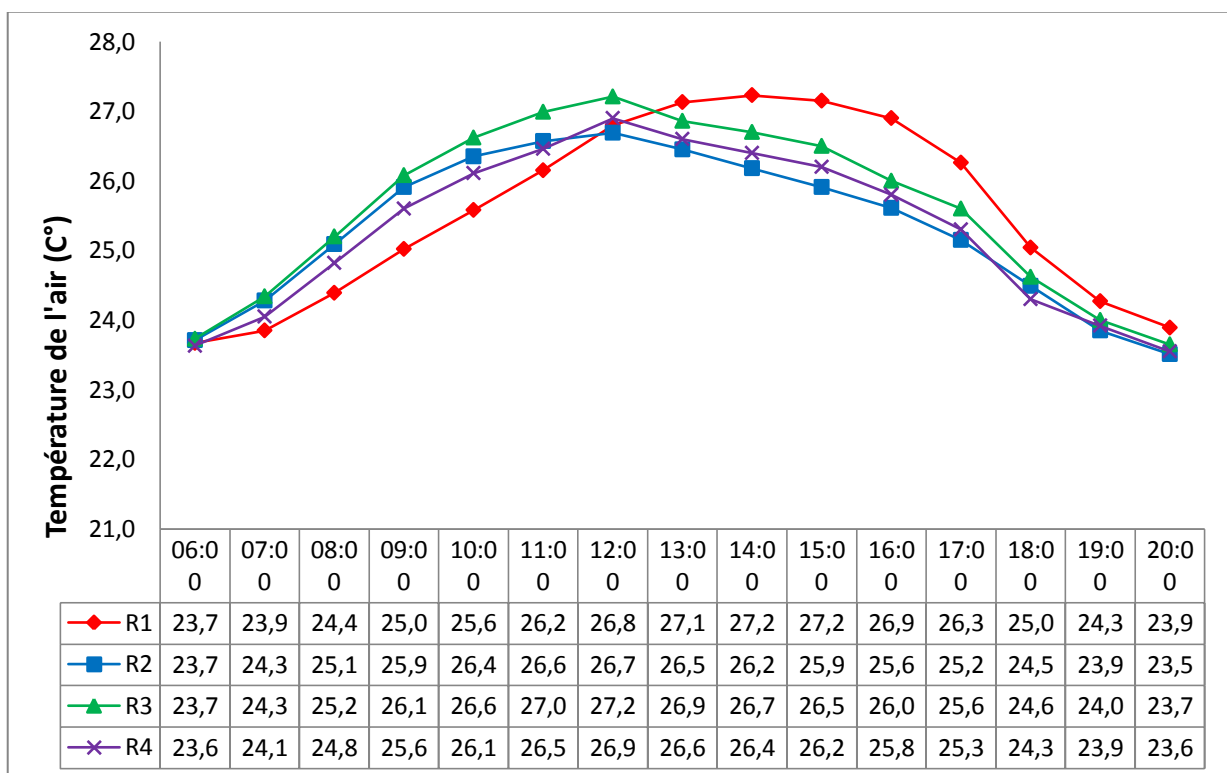


Figure 5.2: présentation des récepteurs Rue H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU. Source : auteur

2.1.1 Température de l'air :



Graphique 5.5: Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25-
Axe E-OU. Source : auteur

Dans sa globalité, le comportement de la température de l'air des 04 récepteurs orientés selon quatre orientations différentes (R1 Ou - R2 E - R3 S - R4 N) enregistre sa valeur minimale le matin à 6h00, et depuis la température progresse jusqu'à atteindre sa valeur maximale à 12h00 – 13h00, dans l'après midi elle baisse pour arriver par la suite à sa minimale du soir à 20h00.

2.1.1.1 Comparaison R1 – R2 : H/L= 0.30 - Axe N-S :

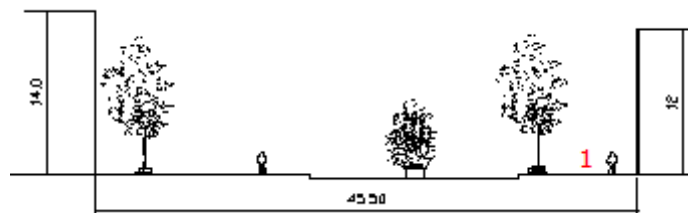


Figure 5.3 : comparaison R1 - R2 (H/L= 0.30 - Axe N-S). Source : auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	23,7	23,9	24,4	25,0	25,6	26,2	26,8	27,1	27,2	27,2	26,9	26,3	25,0	24,3	23,9
R2	23,7	24,3	25,1	25,9	26,4	26,6	26,7	26,5	26,2	25,9	25,6	25,2	24,5	23,9	23,5
Ecart	0,0	-0,4	-0,7	-0,9	-0,8	-0,4	0,1	0,7	1,1	1,2	1,3	1,1	0,6	0,4	0,4

Tableau 5.5 : Ecart de température (C°) entre R1 – R2 (H/L= 0.30 - Axe N-S) . Source : auteur

Les écarts qui existent entre le récepteur R1 Est et R2 ouest sont très lisibles sur les courbes des deux récepteurs. Les courbes démarrent à 6h00 avec la même valeur minimale de l'ordre de 23.7C°, se croisent à 12h00 en créant deux grandes phases à comportements différents. La première phase est celle où la zone Est est plus chaude le matin, situation due au rapport H/L = 0.30, et sa grande ouverture au ciel qui font qu'elle gagne pendant toute la matinée en rayons solaires directs.

Les différences par rapport à la zone ouest sont de 0.9C° à 9h00 et 0.8C° à 10h00, car elle ne reçoit que du rayonnement diffus et c'est là, où le confort thermique est plus assuré d'autant plus que la rue est dépourvue de tout élément de protection minéral ou végétal.

Un changement de comportement pendant l'après midi où les conditions s'inversent, la zone ouest dépourvue elle aussi des dispositifs (galeries, surplombs de façades, arbres...) face au soleil de l'après midi gage en rayonnement direct avec des différences

plus élevées que celles enregistrées le matin 1.2C° à 15h00 et 1.3 à 16h00, la différence de température continue jusqu'à 20h00 avec 0.4C°.

2.1.1.2. Comparaison R3 – R4 : H/L= 0.25 - Axe E-OU :



Figure 5.4 : comparaison R3 - R4 (H/L= 0.25 - Axe E-OU) . Source : auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R3	23,7	24,3	25,2	26,1	26,6	27,0	27,2	26,9	26,7	26,5	26,0	25,6	24,6	24,0	23,7
R4	23,6	24,1	24,8	25,6	26,1	26,5	26,9	26,6	26,4	26,2	25,8	25,3	24,3	23,9	23,6
Ecart	0,1	0,3	0,4	0,5	0,5	0,5	0,3	0,3	0,3	0,3	0,2	0,3	0,3	0,1	0,1

Tableau 5.6 : Ecart de température (C°) entre R3 – R4 (N/S - Axe E-OU). Source : auteur

Les deux températures simulées ont été prises au sein d'une grande canopée végétale d'arbre (Akacia, Micoucoulia), R3 au sud et R4 au nord. La température mesurée dans la zone sud est plus élevée que celle du nord, les écarts sont minimes dans les premières heures du matin avec 0.1C° à 6h00 et en fin de journée 0.1C° à 19h00 et 20h00. durant la journée les écarts ont tendance à s'accroître jusqu'à atteindre leurs maximum à 10h00 et 11h00 avec 0.5C° puis redescendre à 0.3C° à 18h00. Le soir la partie sud que le soleil vient de quitter refroidit aussi vite que la partie nord qui n'a pas été touchée par ce rayonnement, ceci renvoie d'emblée à l'effet des arbres.

Ce comportement est attribué au paramètre orientation, la rue avec sa grande ouverture au ciel et son couvert végétal reçoit le rayonnement solaire direct sur la partie sud (R3) pendant toute la journée, ayant le couvert végétal comme dispositif de protection arrive à amener les températures moins fortes qu'elles peuvent l'être, ceci est confirmé par les écarts obtenus.

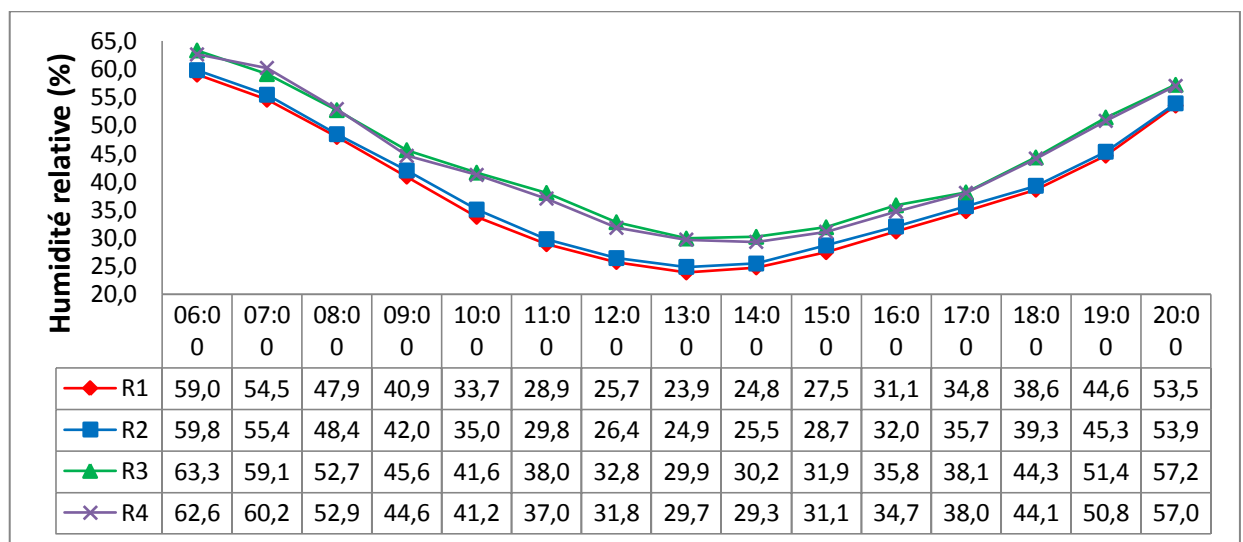
La densité et la nature des arbres aménagés sur les deux zones, la partie sud bénéficie des arbres extérieurs du trottoir et du jardin derrière la clôture (herbe, grands arbres et arbustes), idem pour la partie nord mais en plus dense. L'ombre est présente pendant toute la journée avec force sur le grand espace piéton de 10m et 8m de largeur sur la partie nord et sud respectives.

L'effet de l'ombre portée sur le secteur Sud et la fraîcheur et refroidissement provoqués par le grand couvert végétal a amené la température sud à un niveau plus bas que la température nord.

On en conclut que, malgré la grande ouverture aux rayons solaires directs et malgré l'absence des aménagements architecturaux et urbains, les arbres et végétation peuvent protéger les grands espaces piétons et même de regroupement du stress d'été, grâce à l'ombre (cas de l'entrée nord du lycée).

Cette rue a un grand potentiel d'activité urbaine et un grand attrait par les passants et, elle favorise les rencontres et la marche offrant un cadre très naturel agréable en plein centre urbain et isolant ce secteur du stress urbain de la route à grande circulation qui est à quelque mètre. Le cas de la rue sud c'est une petite forêt urbaine à l'échelle de l'îlot.

2.1.2 Humidité relative :



Graphique 5.6: Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU. Source : auteur

La comparaison entre le taux de vapeur d'eau dans l'air des deux axes de la rue N-S et E-OU nous amène sur le champ à déduire la très grande différence qui existe entre elles, montrant clairement la présence d'une source d'humidité très importante dans la rue E-OU et son absence dans la N-S.

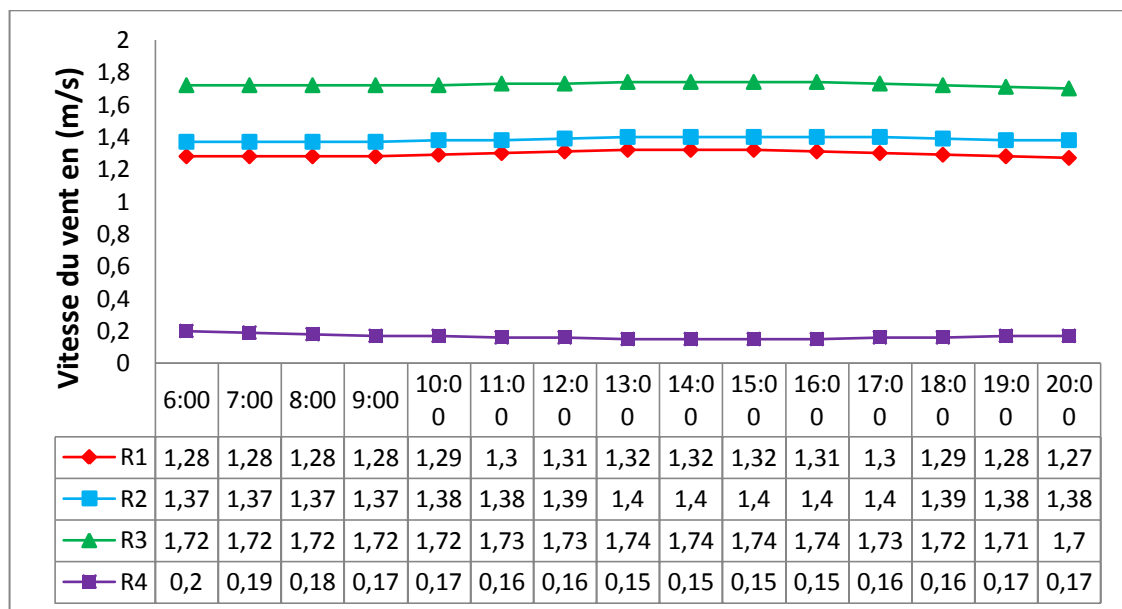
Comparer entre les deux parties R1 ouest et R2 Est nous donne des différences de 1.3% valeur maximale à 10h00, ceci est dû au fait que les deux cotés de la rue N-S présentent

les mêmes caractéristiques conceptuelles dépourvues de tout aménagement bâti et paysager que les différences hygrométriques sont peu importantes.

Les apports en vapeur d'eau est aussi important sur les deux partie S et N. Les écarts sont minimes, entre la partie sud R3 et nord R4 de la rue E-OU avec un maximal de 1.1%, dû également au couvert végétal important aménagé sur les deux cotés de la rue

Le soleil direct étant une énergie évaporative est sensée provoquer une humidification plus prononcée sur la zone sud que nord mais cette dernière présente une densité de végétal et arbres sur le trottoir ainsi que l'herbe (surface de sol perméable importante) derrière la clôture a fait que cette partie pauvre en rayonnement direct (que le diffus) gagne un grand potentiel d'humidification. Ainsi il a pu créer un microclimat bien particulier offrant des heures de refroidissement et une baisse considérable de température.

2.1.3 Vitesse du vent :



Graphique 5.7 : Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L= 0.3 Axe N-S et H/L= 0.25- Axe E-OU. Source : auteur

Une régularité très lisible dans le graphique (Graph : 4.7), des courbes parfaitement parallèles enregistrant des écarts nuls entre chaque heures de la journée. Ceci explique que le comportement du vent est différent pour chaque zone de mesure.

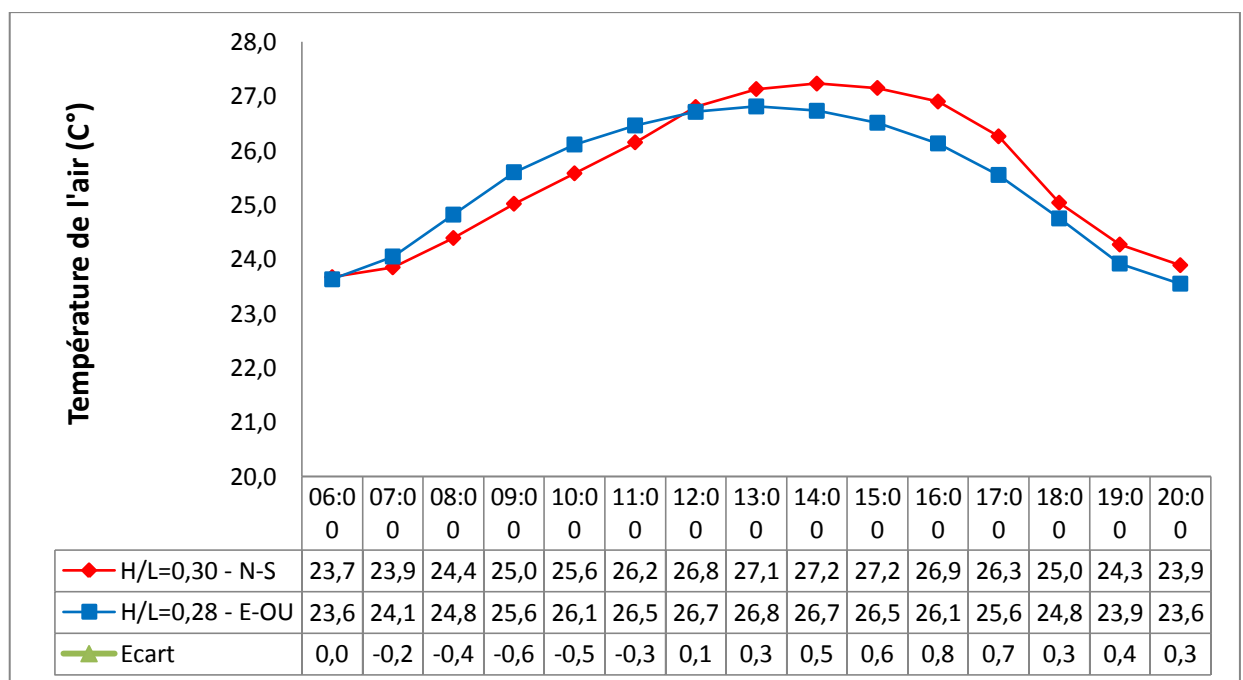
Or qu’au sein de la même zone, le vent ne connaît aucune fluctuation journalière et est constant pendant toutes les heures de la journée pour les 04 zones simulées, et les écarts entre les différents récepteurs sont constants à leurs tours.

Cette régularité pour un paramètre aussi variant et turbulent que le vent, donne à penser que ceci est dû probablement au logiciel Envi-met, qui est limité à ce propos et qui travaille avec une seule valeur d’entrée prise de la station météo (située en périphérie de la ville).

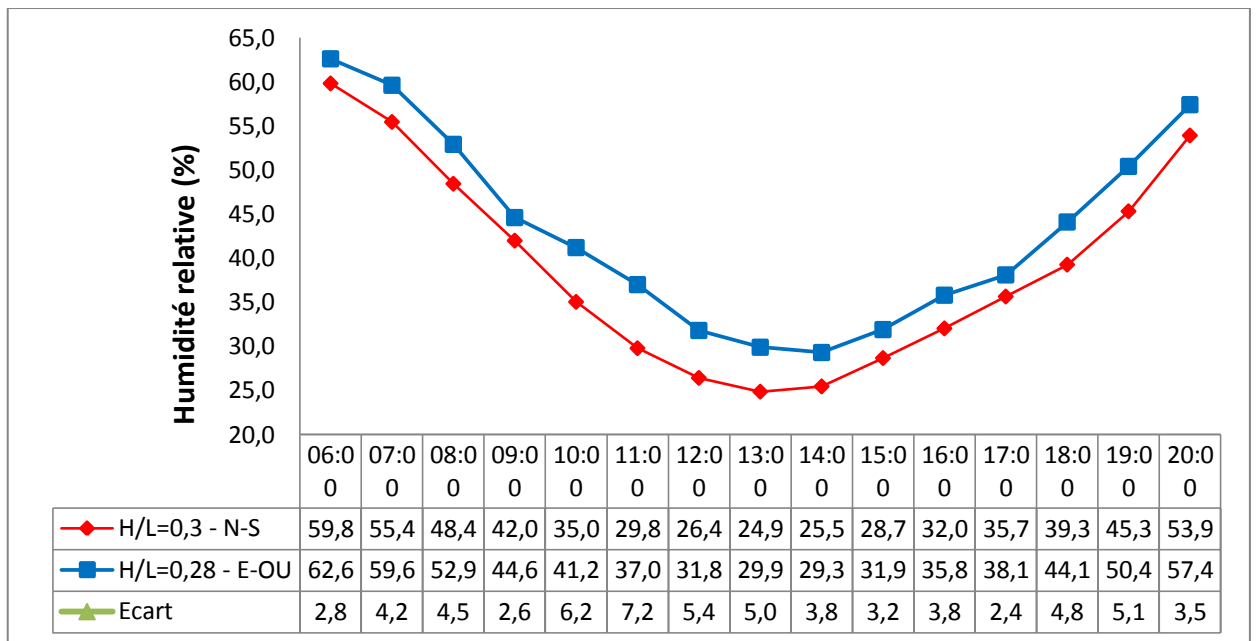
Ce qui a été d’ailleurs noté par Ballout.A. en 2010 lors de son investigation sur Le rôle de la végétation et l’eau dans La création d’un microclimat urbain, utilisant le même logiciel ENVI-met 03. Il a souligné que les valeurs de la vitesse du vent ont été comparés au celles enregistrée et que le logiciel atteint ses limites en terme de simulation et utilise un model trop régulier pour un paramètre aussi aléatoire que le vent.(Ballout.A. 2010).

Cependant la régularité des courbes du vent nous donne une idée sur la zone la plus ventée de la journée qui est visiblement la zone de R3 sud puis R2 est, R1 Est et enfin la zone de R4 nord avec des écarts relativement élevés de l’ordre de 1.5m/s.

2.1.4 Comparaison entre H/L= 0.28- Axe E-OU et H/L= 0.3 Axe N-S:



Graphique 5.8: Comparaison Température de l'air (C°) - Rue large H/L= 0.30. E-OU et H/L=0.30 N-S. Source : auteur



Graphique 5.9: Comparaison Humidité relative (%) - Rue large H/L= 0.30. E-OU et H/L=0.30 N-S. Source : auteur

- Effet de l'orientation OU du végétal ?

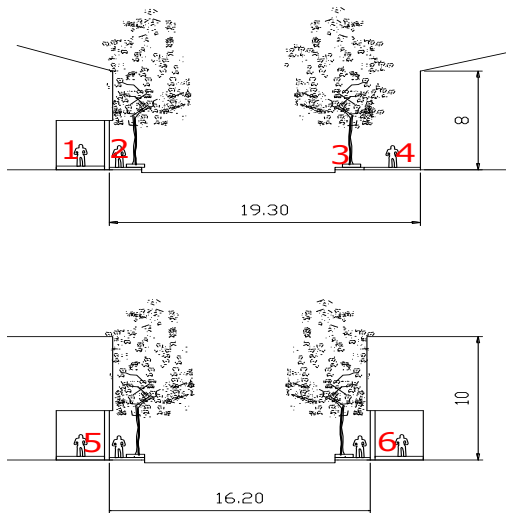
On ne peut sur cette alternative de rue se prononcer sur le paramètre le plus responsable de la création des deux microclimats et ambiances hygrothermiques différents vu qu'il existe plusieurs variables à considérer, l'orientation, le prospect sont différents pour les deux rues, 0.25 E-Ou et 0.30 N-S. Ainsi la présence et absence de végétal.

Un point est sûr qui est confirmé par les courbes de l'humidité relative est que le végétal en masse a un effet très considérable sur l'ambiance hygrométrique. La présence d'une source d'évapotranspiration et une importante surface de sol perméable (derrière la clôture) de la rue E-OU et l'herbe, arbres...

On en conclut que les aménagements paysagers sont très efficaces dans la correction des ambiances hygrothermiques, peut rattraper les lacunes d'une mauvaise orientation et les inconvénients d'une grande rue large. Un autre élément a très bien joué son rôle et a aidé à ce que ces avantages soient sur place, c'est l'aménagement des larges trottoirs aptes à accueillir un grand nombre d'arbres et pourquoi pas de galeries et pergolas.

Elle est considérable l'importance des jardins privés donnant sur la rue et leur contribution à côté des arbres publics tant sur le volet thermique avec l'abaissement de la température du levé au coucher du soleil, que sur le volet hygrométrique dans l'humidification de l'air, et par-dessus tout, leur contribution dans l'appropriation des espaces piétons même ceux d'une rue très large.

2.2. Rue large : H/L=0.51- Axe N-S:

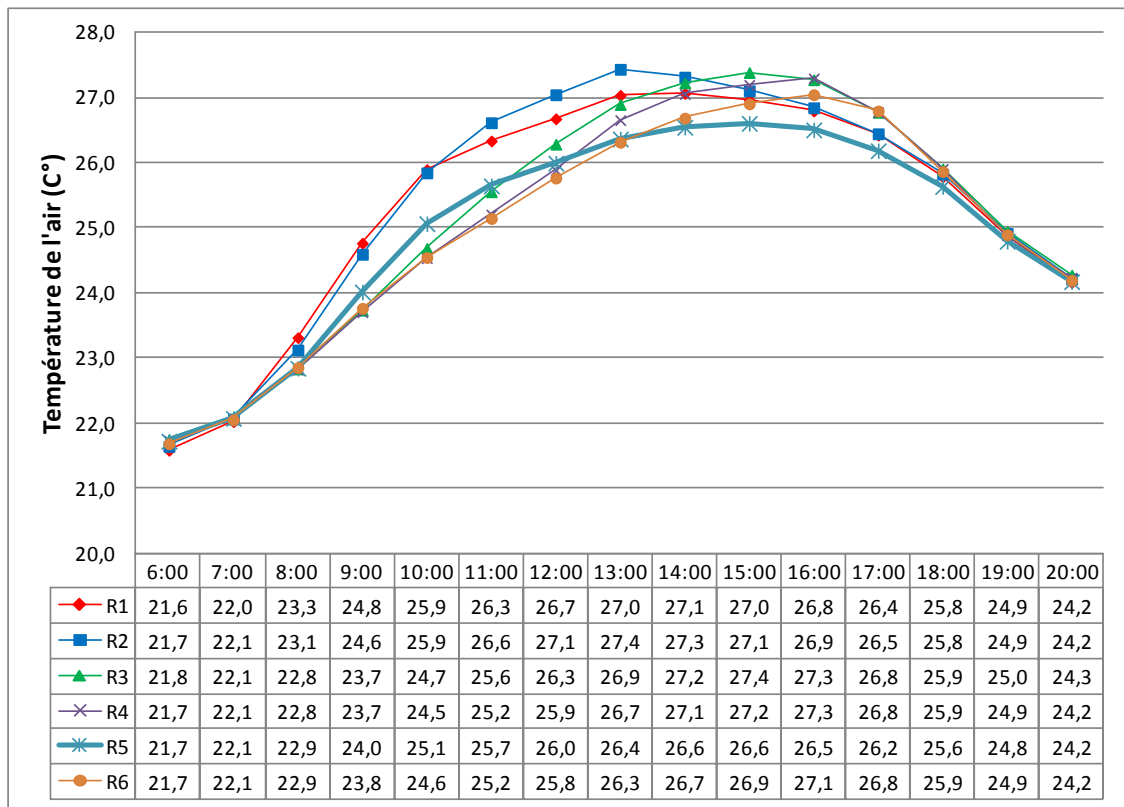


Présentation des Récepteurs

- R1 : Est- Sous galerie
- R2 : Est - sous arbre
- R3 : Ouest - sous arbre
- R4 : Ouest - devant le bâtiment
- R5 : Ouest - galerie même situation que R1
- R6 : Ouest – sous galerie

Figure 5.5 : présentation des récepteurs Rue N-S , H/L=0.5 – 0.6. Source : auteur

2.2.1 Température de l'air :



Graphique : 5.10 : Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6. Source : auteur

On remarque que les courbes suivent une même logique (courbe de Gauss), la température de l'air des six récepteurs, enregistre sa valeur minimal à 6h00 du matin, puis progresse durant les heures matinales jusqu'à arriver à sa valeur maximale à 14h00, après la température se décroît

dans les heures de l'après midi pour arriver par la suite à sa minimal du soir à 20h00. Néanmoins la température de l'air se présente différente et des variations sont d'autant importantes entre les différents récepteurs (zones de mesures) allant jusqu'à 1.2C° d'écart spécialement à midi.

2.2.1.1 Comparaison R4 - R6 :

- Effet de la galerie :

Comparer la zone de R4 ouest, trottoir découvert et R6 même orientation mais sous galerie nous donne les résultats suivants :

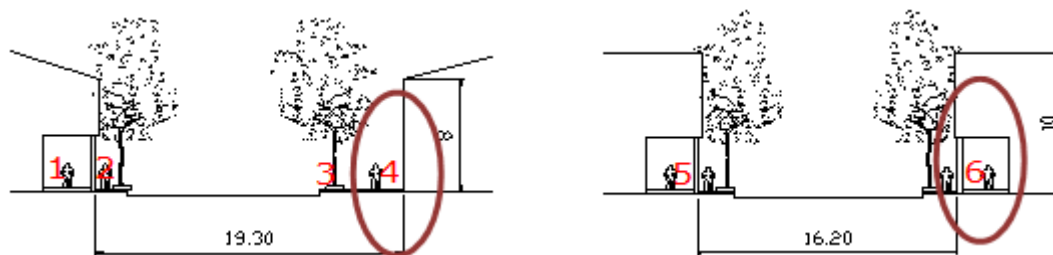


Figure 5.6: Comparaison R4 – R6 (N/S - H/L=0.5- 0.6) . Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R4	21,7	22,1	22,8	23,7	24,5	25,2	25,9	26,7	27,1	27,2	27,3	26,8	25,9	24,9	24,2
R6	21,7	22,1	22,9	23,8	24,6	25,2	25,8	26,3	26,7	26,9	27,1	26,8	25,9	24,9	24,2
Ecart	0,1	0,0	0,0	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,3	0,4	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0	0,0

Tableau 5.7: Écart de température entre R4 – R6 (N/S - H/L=0.5- 0.6) . Source : auteur

Les résultats révèlent que : la température de l'air des deux zones R4, R6, respectivement en plein soleil et sous galerie est presque similaire pendant les heures matinales jusqu'à 12h00 avec une faible différence de 0.1C°, expliqué par l'orientation ouest qui fait que le rayonnement direct est nul pendant le matin, des écarts plus importants des valeurs de 0.3C° à 0.4C° sont à noter à partir de 13h00 jusqu'à 15h00 où la température sous galerie se présente plus fraîche. Pour le reste des heures de la journée, la température redevient similaire.

Ce fait peut être expliqué par l'orientation ouest qui reçoit le soleil incident dans l'après midi, la galerie reçoit moins de rayons directs (les rayons n'atteignent pas toute la surface sous galerie) et plus de rayons diffus du sol et des murs, ainsi une partie de cette galerie se trouve dans l'ombre, ce qui garde la zone de R6 plus fraîche que la zone en plein soleil pendant les heures les plus critiques de l'après midi (13h00 – 16h00).

Cela dit la protection du trottoir le seul espaces piéton dans cette rue réussit à réduire la température de l'air, et c'est la zone R6 qui se présente la plus confortable dans cette rue avec plus d'heures fraîches.

2.2.1.2 Comparaison R5 – R6 :

- Effet de l'orientation :

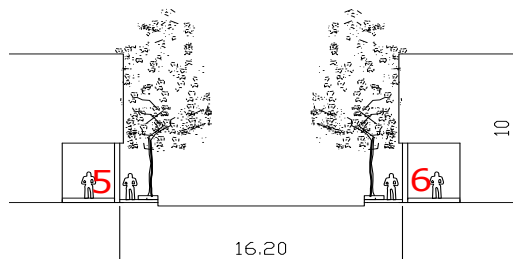


Figure 5.7: Comparaison R5 – R6 (N/S - H/L=0.6). Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R5	21,7	22,1	22,9	24,0	25,1	25,7	26,0	26,4	26,6	26,6	26,5	26,2	25,6	24,8	24,2
R6	21,7	22,1	22,9	23,8	24,6	25,2	25,8	26,3	26,7	26,9	27,1	26,8	25,9	24,9	24,2
Ecart	0,0	0,0	0,0	-0,3	-0,5	-0,5	-0,2	0,0	0,1	0,3	0,5	0,6	0,2	0,1	0,0

Tableau 5.8: Ecart de température R5 – R6 (N/S - H/L=0.6). Source : auteur

Les valeurs obtenues montrent des écarts presque opposés entre le matin et l'après midi de 0.5C° à 10h00 au profit de R6 et 0.6C° à 17h00 au profit de R5, avec des écarts nuls en mi- journée (13h00).

La galerie Est est irradiée pendant les heures matinales, recevant les rayons directs, elle présente des valeurs plus chaudes le matin de 9h00 jusqu'à midi. Le soleil à midi est au zénith ce qui nous donne des écarts presque nuls à 13h00, et vite la température démarre plus importante à partir de 15h00.

Le rayonnement direct quitte la galerie Est à 13h00 et depuis, cette dernière ne reçoit que le rayonnement diffus, ce qui lui offre le potentiel de l'ombre et de refroidissement dans l'après midi 0.6C° de différence à 17h00 comparé à la galerie ouest.

2.2.1.3 Comparaison R1 - R5 :

- Effet d'un léger élargissement de la rue, du à l'absence de la galerie (H/L =0.6 au lieu de 0.5)

comparer la température entre le R1 et R5, même conditions (sous la galerie, façade est), sauf que la géométrie de la rue est différente ratio 0.5, 0.6 respectif, le R1 reçoit en face de lui un bâtiment, un large trottoir découvert orné d'une série d'arbres séparés et

espacés, or que le R5 fait face à un bâtiment avec une galerie couvrant le large trottoir et des arbres séparés derrière cette galerie.

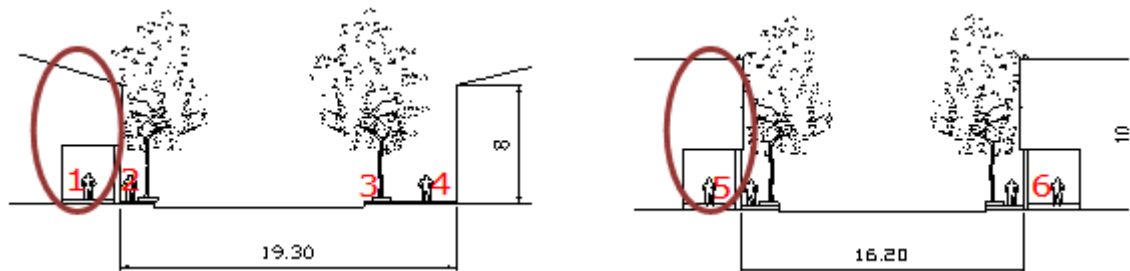


Figure 5.8: comparaison R1-R5 (N/S - H/L=0.5 – 0.6). Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	21,6	22,0	23,3	24,8	25,9	26,3	26,7	27,0	27,1	27,0	26,8	26,4	25,8	24,9	24,2
R5	21,7	22,1	22,9	24,0	25,1	25,7	26,0	26,4	26,6	26,6	26,5	26,2	25,6	24,8	24,2
Ecart	-0,1	-0,1	0,5	0,8	0,8	0,7	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3	0,2	0,2	0,1	0,0

Tableau 5.9 : Ecart de température (C°) entre R1 – R5 (N/S - H/L=0.5 – 0.6). Source : auteur

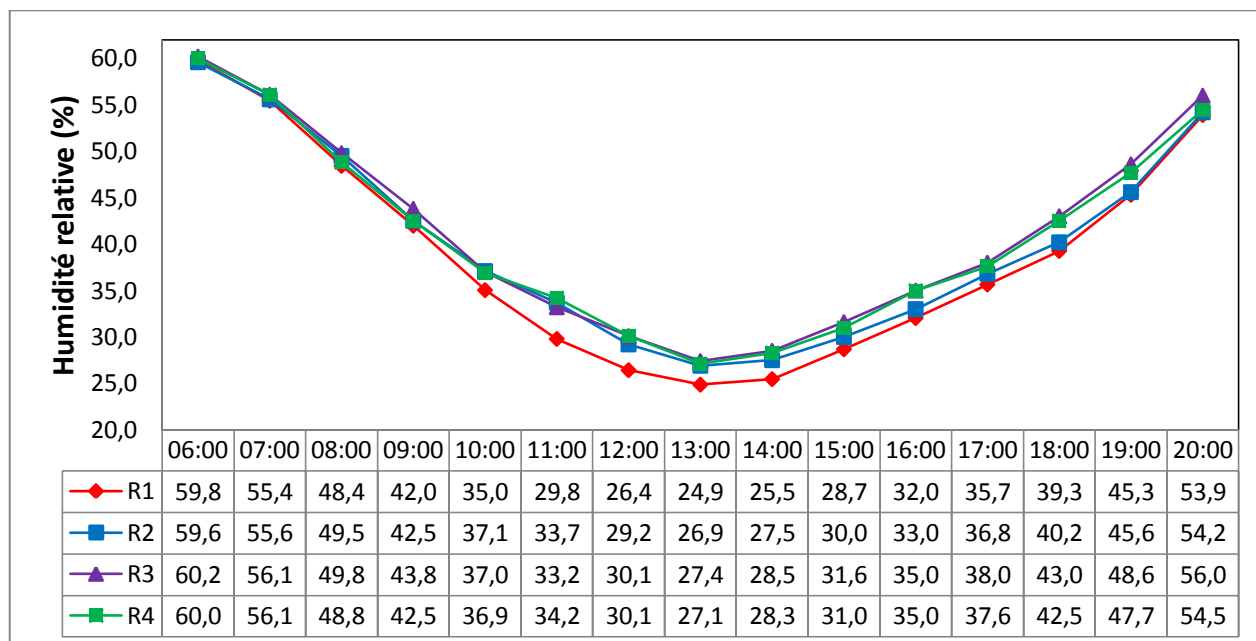
L'écart de température entre les deux récepteurs, nous révèle que la zone R5 est plus fraîche depuis 8h00 jusqu'à la fin de la journée allant jusqu'à son maximum 0.8C° à 10h00 et 0.7C° à 12h00. Ce fait peut être expliqué par la géométrie de la rue, le ratio H/L=0.5 et 0.61, le facteur d'ouverture au ciel SVF à cette hauteur de mesure (1.40m) est de 0.80 pour la zone de R1 et de 0.73 pour celle du récepteur R5 (plus de fraction de ciel vue, plus de rayonnement solaire incident).

L'augmentation du potentiel des rayons solaires notamment la chaleur rayonnante du ciel (Ali-Toudert et Mayer. 2006) a donné des écarts plus importants sur le coté Est le matin de 0.8C°, 0.7C° de 9h00 jusqu'à 13h00, le soleil est plus accessible à la zone R1 (SVF= 0.80) qu'à la zone R5 (SVF=0.71) qui reçoit plus de chaleur par rayonnement provenant des surfaces et moins de chaleur par rayonnement provenant du ciel, donnant des températures plus chaudes. Ce réchauffement continu dans l'après midi jusqu'à 16h00 avec des écarts de 0.5C° à 0.3C°, et après la température redevient pratiquement la même pour les deux zones.

Toutefois la zone R1 avec sa grande ouverture au ciel a tendance d'être plus chaude pendant presque toutes les heures du matin et dans l'après midi et ce en dépit de l'orientation Est, présentant des écarts considérables. Comparée à la zone R5, le soir les résultats nous révèlent un refroidissement plus ou moins rapide.

Cette situation est attribuable principalement à l'agrandissement du SVF dû à l'absence de la galerie.

2.2.2 Humidité relative de l'air :

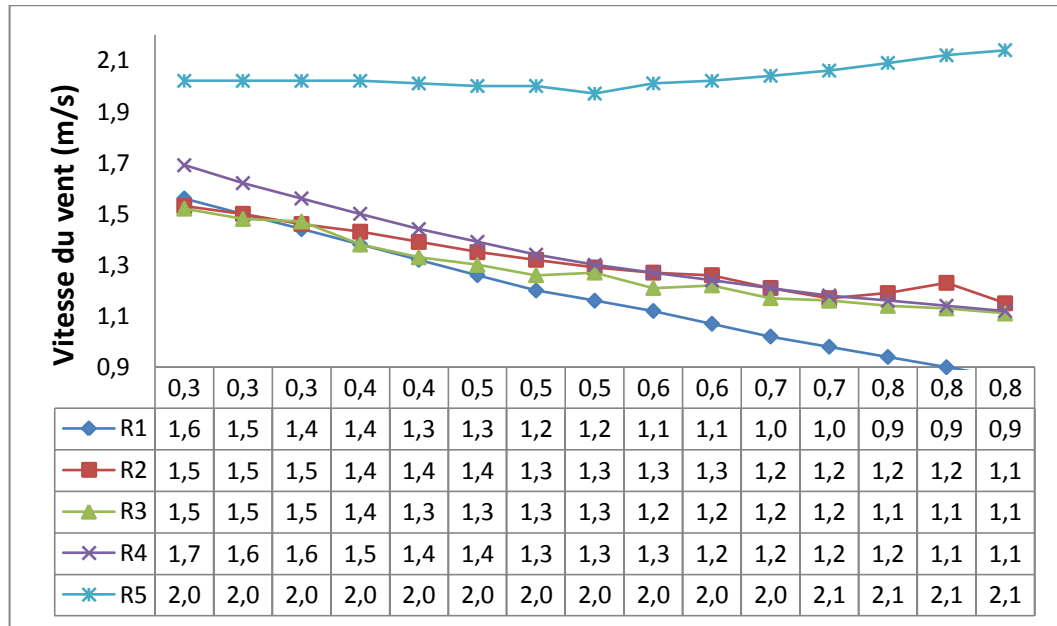


Graphique 5.11: Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6. Source : auteur

Les résultats du taux d'humidité relative de l'air enregistrés à 1.40m de hauteur, révèlent des différences minimales, même là où les arbres sont présents, la teneur de l'air en humidité est légèrement plus haute dans la zone R4.

Ceci peut être expliqué par le rapport H/L élevé qui fait que le SVF soit important, une grande partie des polluants et gaz à effet de serre (des véhicules, et des bâtiments...) sont dégagés. Ainsi en présence du vent la vapeur d'eau motorisée ne trouve refuge au niveau de la canopée urbaine et est dissipée vers l'atmosphère.

2.2.3 Vitesse du vent :



Graphique 5.12 : Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L=0.5 – 0.6. Source : auteur

Les courbes de la vitesse du vent sur la rues N/S c'est-à -dire au sens des vents d'été manifestent un comportement presque identique dans les différents récepteurs de mesure et ce pendant toute la journée. Des courbes très rapprochées et d'autre très éloignées enregistrant des écarts constants de l'ordre de 0.1m/s entre les différents récepteurs et pratiquement durant toutes les heures de la journée.

Lisiblement ces valeurs, aussi régulières qu'elles soient arrivent à répondre très clairement au graphique thermique (Graph4.9), et confirment les conditions thermiques enregistrées dans la zone de R1, c'est la zone où il vente le moins ce qui explique les températures élevées. Ainsi pour le R5 la zone la plus fraiche dans cette alternative, confirmé par la vitesse du vent, c'est la zone la plus ventée de toute la rue avec la valeur de 2.1m/s.

2.2.4 Comparaison scénarios H/L=0.5, N-S:

Le choix des scénarios a été fait selon une combinaison entre les deux variantes en question (minéral – végétal), ce qui nous a amené à jouer sur le degré de protection des espaces piétons de la rue en surface bâtie (galerie, surplombs de façades...) et surface végétale (arbre). Il est à noter que le logiciel est limité sur le plan conceptuel (éléments

en saillis, pergolas, ...), ainsi en matière d'aménagement paysager, (végétalisation verticale, plante en toitures... et d'autres).

Scénario 01 : dans cette alternative, on a augmenté le nombre d'arbres isolés qui existent, un arbre chaque 1.5m au lieu de 3m, des arbres de la même hauteur 15m et ce pour les deux cotés de la rue (est-ouest), Plus on a protégé une grande partie du trottoir avec une galerie de 4m de largeur sur le coté ouest qui présentait un large trottoir de 5.80 m non protégé.

Scénario 02 : dans ce scénario le même nombre d'arbre (augmenté) que le premier scénario, mais sans la galerie ouest (trottoir découvert).

Scénario 03 : ce scénario présente un aménagement complet des trottoirs (est-ouest) par une rangée d'arbre continue constituant une canopée végétale de 15m de hauteur, plus une galerie protégeant tout le trottoir ouest (les deux coté, Est et ouest présente le même aménagement en végétal et minéral).

Scénario 04 : correspond à l'état réel avec l'augmentation de l'albédo, surface blanche albédo = 0.9 au lieu de surface beige 0.5.

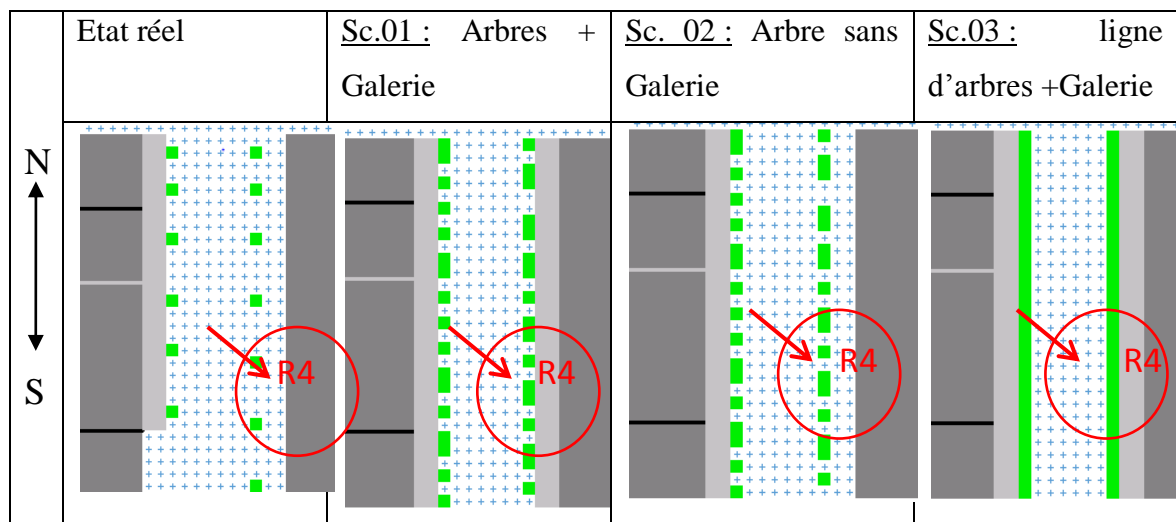
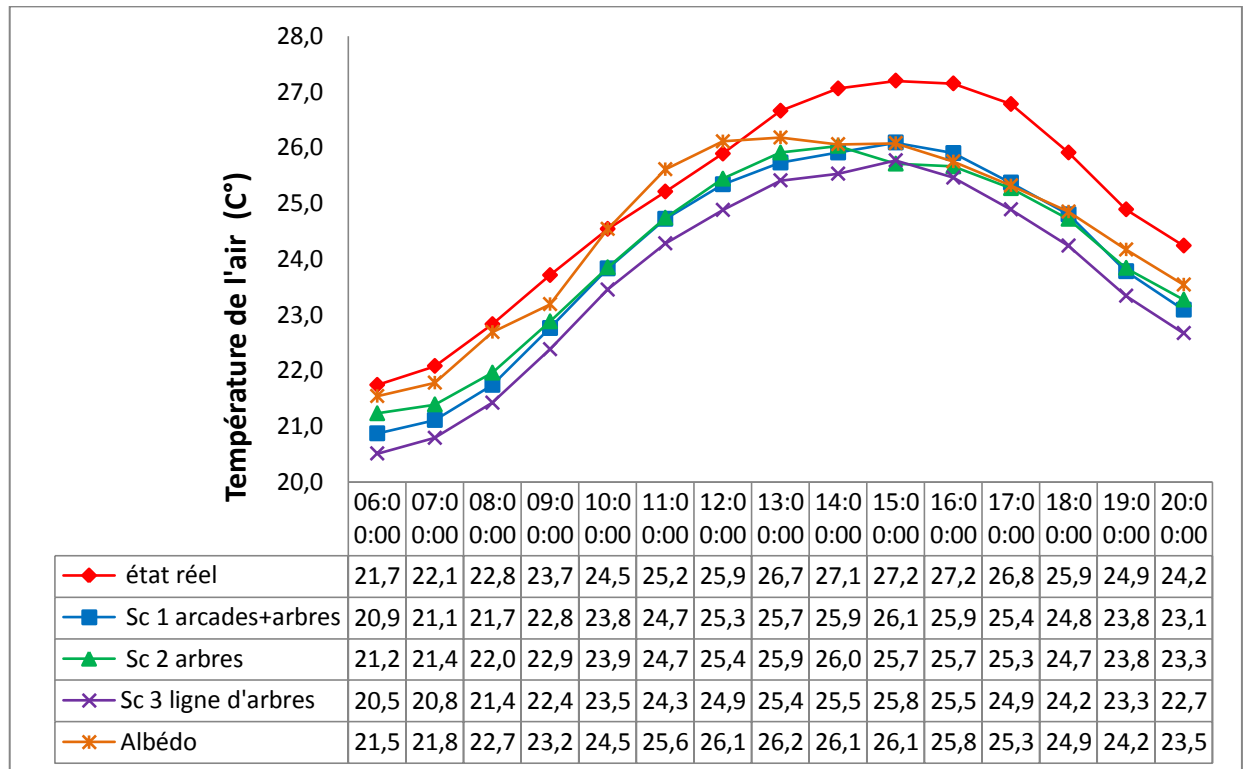


Figure 5.9: Présentation des scénarios - Rue large N-S , H/L=0.6. Source : auteur

La zone du récepteur R4 est là où les changements s'effectuent le plus, et les résultats de la température de l'air à 1.40m du sol sont donnés dans le tableau suivant :



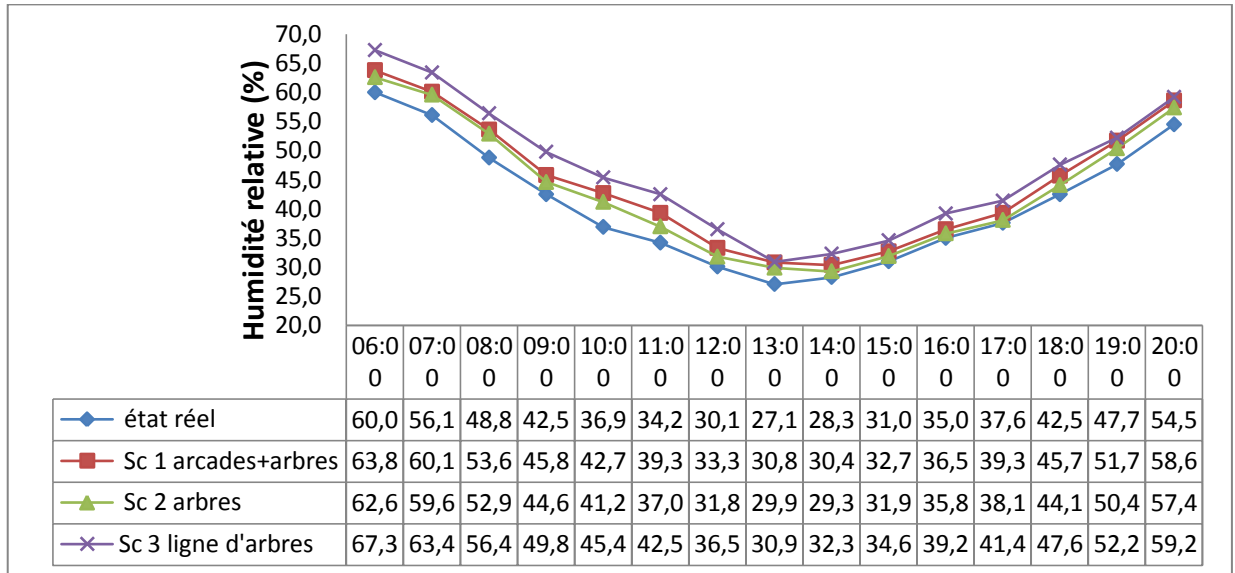
Graphique 5.13: Comparaison des scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large N-S, H/L=0.6.

Source : auteur

Les écarts entre les différents scénarios et l'état réel donnent les résultats suivants :

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
SC 1	0,8	0,9	0,9	0,9	0,7	0,6	0,7	0,9	1,0	1,0	1,0	1,1	1,0	1,0	1,0
SC 2	0,5	0,6	0,7	0,7	0,6	0,5	0,5	0,7	0,8	1,0	1,0	1,0	0,9	0,8	0,8
SC 3	1,2	1,2	1,3	1,2	1,1	1,0	1,1	1,2	1,3	1,3	1,4	1,5	1,4	1,3	1,3
SC4	0,1	0,2	0,1	0,3	0,0	-0,2	-0,1	0,2	0,5	0,6	0,7	0,7	0,5	0,4	0,3

Tableau 5.10: Ecart de température entre l'état réel et différents scénarios (N/S - H/L=0.6). Source : auteur



Graphique 5.14: Comparaison des scénarios, Humidité relative (%) - Rue large N-S, H/L=0.6. Source :

auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	0,4	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
SC 1	3,8	4,0	4,8	3,3	5,9	5,1	3,2	3,7	2,1	1,7	1,5	1,7	3,2	4,0	4,1
SC 2	2,6	3,5	4,1	2,1	4,3	2,8	1,7	2,8	1,0	0,9	0,8	0,5	1,6	2,7	2,9
SC 3	7,3	7,3	7,6	7,3	8,5	8,3	6,4	3,8	4,0	3,6	4,2	3,8	5,1	4,5	4,7

Tableau 5.11: Ecart de l'Humidité relative entre l'état réel et les différents scénarios (N/S - H/L=0.6) .

Source : auteur

- Effet de la végétation dense + galerie:

Les courbes du graphique sont bien distinctes et les différences sont bien révélatrices, Le graphique révèle que la courbe du scénario SC3 (une canopée végétale, rangée d'arbre et galerie continues le long de la rue) est celle la plus basse, en d'autre termes cette alternative est celle qui donne le plus de fraîcheur et ce durant toutes les heures de la journée.

Les écarts sont allés jusqu'à leur maximum de 1.5C° à 17h00, le refroidissement continue même le soir à 20h00 avec une différence de 1.3C° par rapport à l'état initial. Cette situation s'explique par l'ombre portée sur cette zone de R4 orientée ouest le récepteur étant sous la canopée végétale et à proximité de la galerie se trouve sous l'ombre provenant de la canopée de 20m de hauteur d'arbre très dense, ce qui empêche une grande partie des rayons solaires d'y pénétrer depuis le levé jusqu'au couché du soleil.

Ainsi les résultats de l'humidité relative viennent confirmer ceux de la température de l'air, avec des écarts d'autant importants de 8.5% comme maximum le matin à 10h00, et de 5.1% le soir à 18h00. L'effet de l'évapotranspiration du couvert végétal est plus

prononcé pour ce scénario SC3 que pour le SC1 et SC 2 (un groupe de 02 à 03 arbres séparés) ceci est dû à l'effet de la vapeur d'eau dans l'atmosphère, qui, sous une canopée végétal reste emprisonnée dans l'air contrairement aux groupes d'arbres séparés où la vapeur est plus libre qu'elle trouve issue et est aussitôt dissipée vers la couche limite atmosphérique.

Comparé à l'état initial (arbres isolés) même les scénarios SC2 et SC3 s'avèrent plus signifiant au profit de l'humidité de l'air et au refroidissement provenant de l'évapotranspiration. (Voir Fig 4.10).

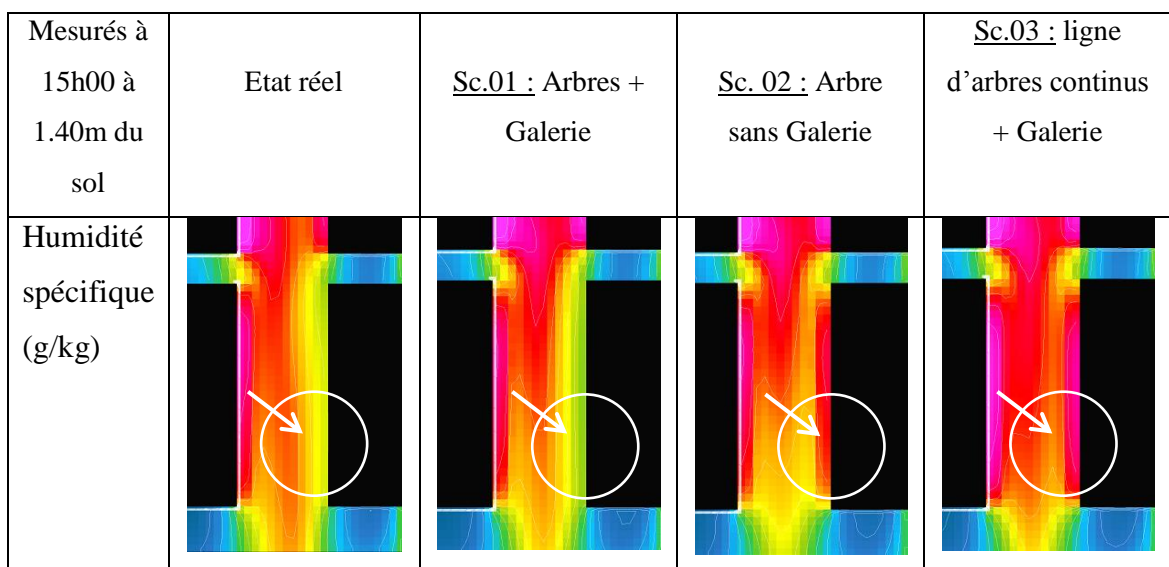


Figure 5.10: comparaison entre les scénarios, Humidité absolue (g/kg) - Rue large N-S , H/L=0.6.

Source : auteur

- Effet de la combinaison arbres – galerie comparé à l'effet de l'arbre seul:

L'aménagement du SC 1 semble être la stratégie la plus efficace pour avoir des températures plus fraîches à cette zone. Cette alternative arrive à diminuer jusqu'à de 0.8C° à 1C° de la température, cette stratégie de refroidissement est particulièrement plus efficace dans l'après midi et ce malgré l'orientation ouest.

Comparé à l'aménagement des arbres du SC2 (rajout d'arbre), qui également réduit la température de l'air jusqu'à 0.8, ceci dit si l'arbre a réussi avec son ombre à rafraichir cette zone, combiné à la galerie l'ombre nous donne un résultat plus significatif notamment aux heures du début et en fin de journée, car l'arbre laisse pénétrer a travers ses feuilles une quantité des rayons solaires, qui restent inaccessibles à la galerie.

La différence en humidité relative a tendance d'être moins forte entre une zone présentant un trottoir couvert d'une galerie avec 02 arbres alignés et séparées et la même situation mais sans la galerie, ceci dit, l'apport en humidité n'a pas une grande relation avec l'aménagement de la galerie au contraire les résultats enregistrent une petite baisse en humidité pour cet aménagement.

On en conclut que l'humidité relative est forte liée à la densité du couvert végétal, vu qu'elle augmente proportionnellement à l'augmentation de nombre d'arbres, or que l'aménagement bâti n'affecte pas la quantité d'humidité de l'air, mais plutôt la température de l'air.

- Effet de l'albédo :

Avec le blanchissement des surfaces, la température de l'air a connu une baisse relativement importante surtout dans l'après midi plus qu'en heures matinales, notamment à partir de 14h00 avec un maximum de 0.7C°. Cela est du au fait que les parois blanches n'absorbent pas les rayons solaires et les réfléchis vers l'atmosphère et le matériau (brique- pierre) malgré ses propriétés de l'inertie thermique importante n'arrive pas à restituer la chaleur pour la dissiper vers l'atmosphère le soir en l'absence du soleil.

En ce qui est humidité, l'effet de blanchissement des parois externes est négligeable.

Il en est sorti que par ordre d'efficacité en matière de confort hygrothermique le scénario qui contient plus d'aménagement bâti et paysagé est le plus fort pour une bonne ambiance hygrothermique Fraiche et confortable pendant toute la journée.

Cependant le SC3 (ligne d'arbres continus) peut nous paraître utopique comme stratégie de confort sur le plan réalisation dans une zone urbaine, ceci dit, elle parvient à atténuer considérablement le stress thermique notamment dans les heures les plus critiques de la saison chaude, (voir Fig 4.11).

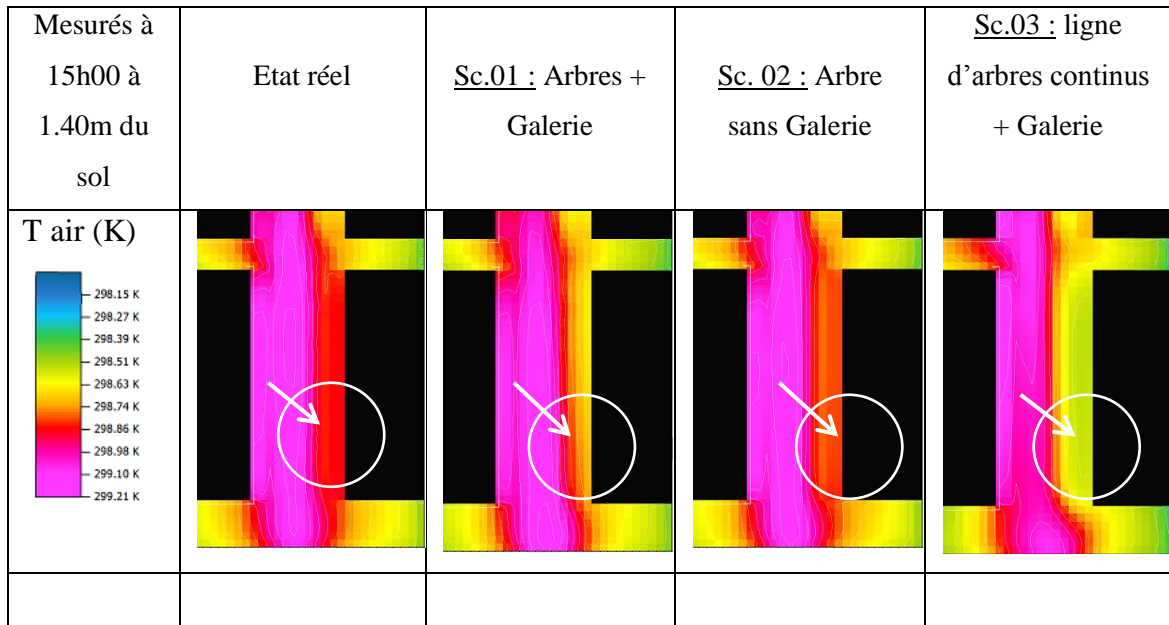
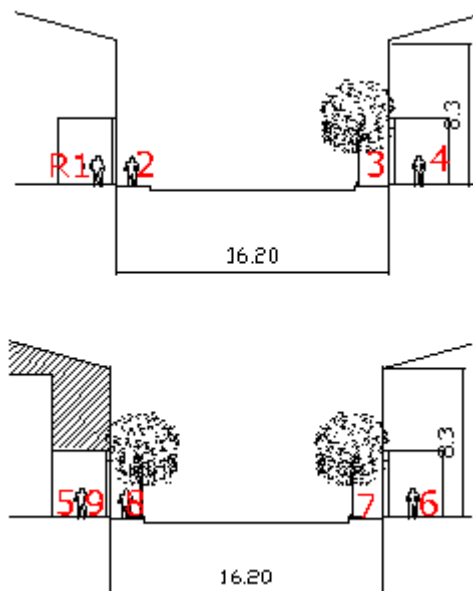


Figure 5.11: comparaison entre les scénarios, Température de l'air (K) - Rue large N-S , H/L= 0.6

Source : auteur

2.3 Rue large : H/L=0.5- Axe E-OU:

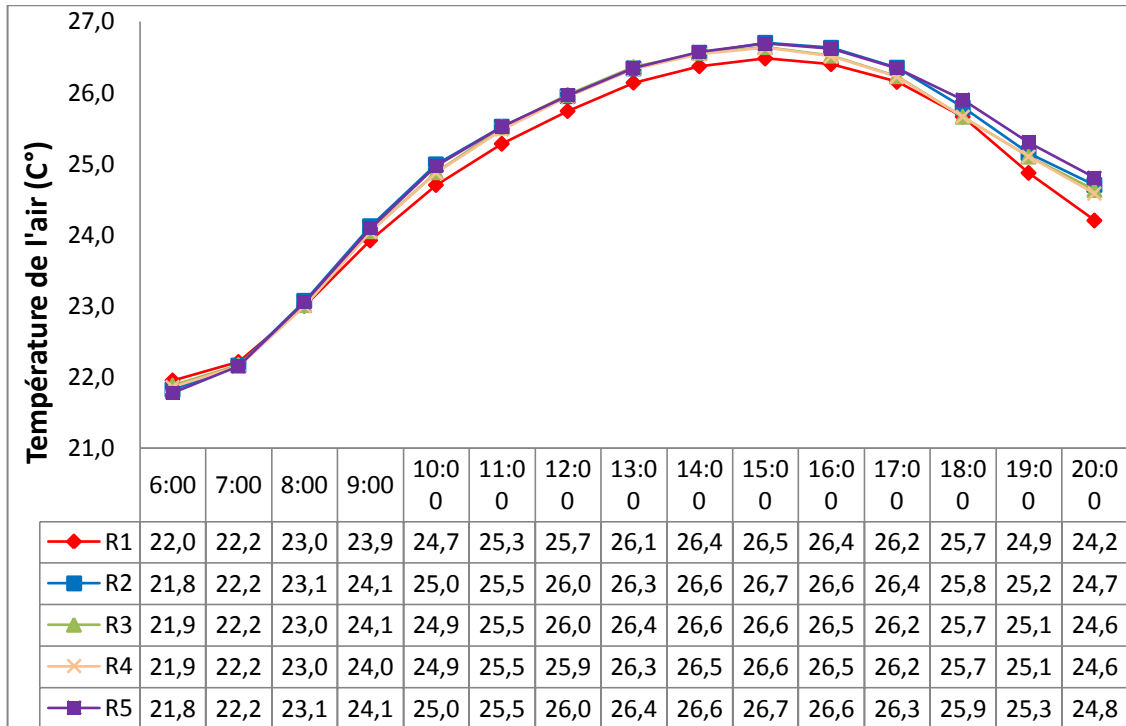


Présentation des récepteurs :

- R1 : Nord- sous galerie
- R2 : Nord - sous arbre
- R3 : Sud - sous arbre
- R4 : Sud – sous galerie
- R5 : Nord - sans galerie
- R6 : Sud - avec galerie

Figure 5.12: présentation des récepteurs Rue E-OU , H/L=0.5. Source : auteur

2.3.1 Température de l'air :



Graphique 5.15 : Température de l'air (C°) - Rue large N-S , E/OU=0.5. Source : auteur

On remarque que les courbes sont très rapprochées dans plusieurs points, la différence est minime, de l'ordre de 0.6C° maximum.

2.3.1.1 Comparaison R1 - R5

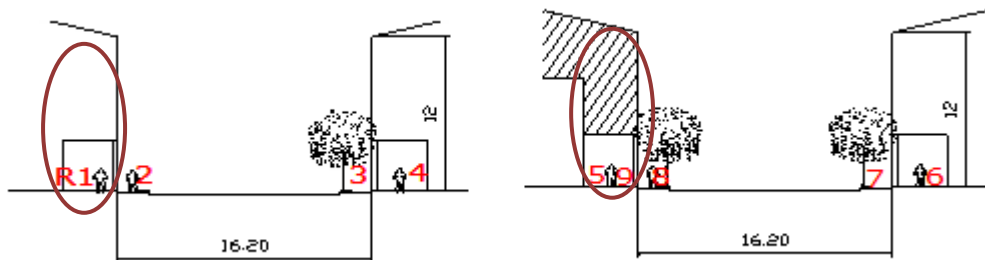


Figure 5.13: Comparaison R1 – R5 (E/OU - H/L=0.5) . Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	22,0	22,2	23,0	23,9	24,7	25,3	25,7	26,1	26,4	26,5	26,4	26,2	25,7	24,9	24,2
R5	21,8	22,2	23,1	24,1	25,0	25,5	26,0	26,4	26,6	26,7	26,6	26,3	25,9	25,3	24,8
Ecart	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4	0,6

Tableau 5.12: Ecart de température entre R1 – R5 (E/OU - H/L=0.5) . Source : auteur

- Effet de la galerie :

Comparer entre la zone de R1 sous galerie et R5 trottoir en plein soleil orientées toutes les deux nord, nous a donné une différence minime pendant toute les heures de la journée, jusqu'à 19h00 et 20h00 où la température enregistre une baisse relativement considérable de $0.4C^{\circ}$ - $0.6C^{\circ}$ respectif.

Cela renvoie à l'orientation des deux zones nord ce qui fait qu'elles ne reçoivent que le rayonnement diffus pendant toute la journée. Mais les surfaces de la galerie reçoivent moins de chaleur rayonnante que celles en plein air, dans le soir la zone R5 avec son recul en plein air dégage la chaleur et se refroidit plus rapidement. Ce refroidissement est attribuable au facteur de vue de ciel SVF qui est de l'ordre de 0.90 plus important que la zone R1 avec 0.83.

2.3.1.2 Comparaison R1 –R4

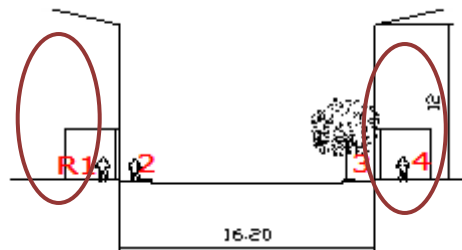


Figure 5.14: Comparaison R1 – R4 (E/OU - H/L=0.5) . Source : auteur

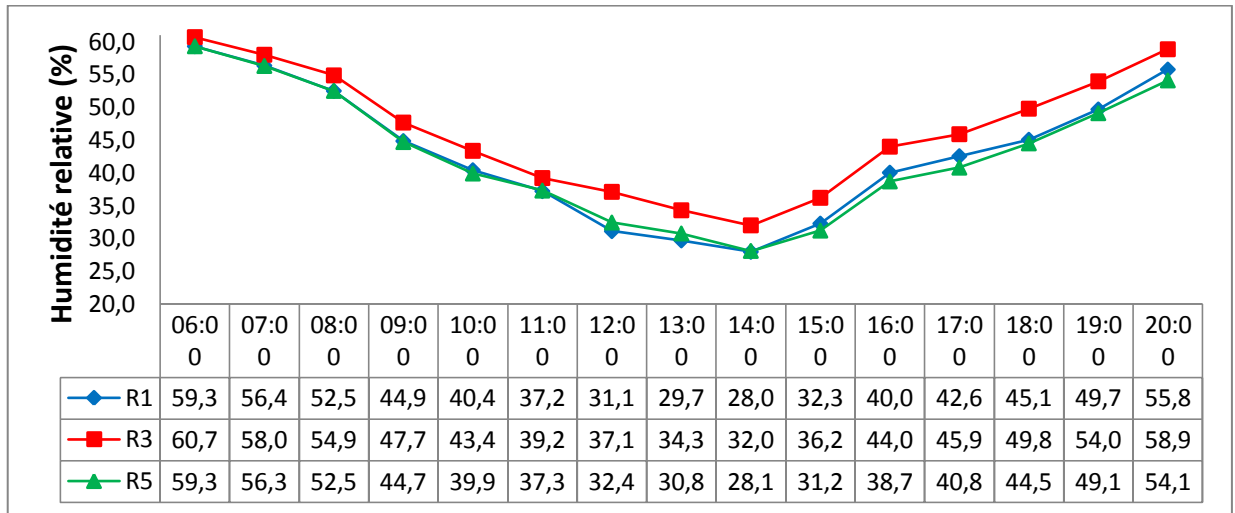
Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	21,8	22,2	23,1	24,1	25,0	25,5	26,0	26,4	26,6	26,7	26,6	26,3	25,8	24,9	24,2
R4	21,9	22,2	23,0	24,0	24,9	25,5	25,9	26,3	26,5	26,6	26,5	26,2	25,7	25,1	24,6
Ecart	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1	0,1	0,1	0,1	-0,2	-0,4

Tableau 5.13 : Ecart de température entre R1 – R4 (E/OU - H/L=0.5). Source : auteur

- Effet de l'orientation des bâtiments :

Les conditions sous la galerie nord sont similaires à la galerie sud avec des écarts de $0.1C^{\circ}$, cela est dû à l'ombre de la galerie sud qui a réussi à réduire l'effet des rayons solaires directs pendant toute les heures de la journée. La température de l'air est presque la même que celle de la galerie nord, sauf en fin de journée où la galerie nord se refroidit plus vite. Cela est dû à l'orientation, la galerie nord n'a pas reçu de rayonnement direct.

2.3.2 Humidité relative de l'air :



Graphique 5.16 : Humidité de l'air - Rue large N-S , E/OU=0.5. Source : auteur

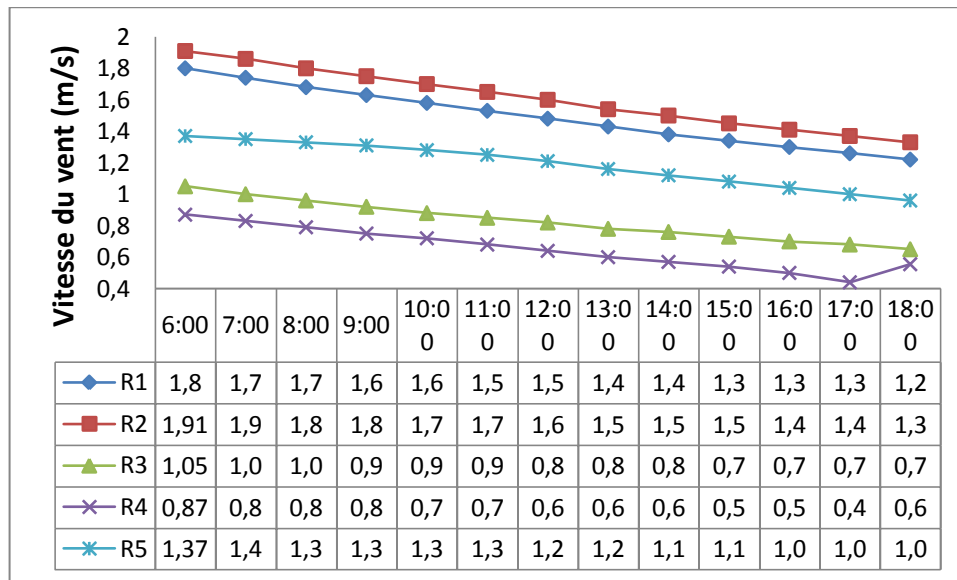
Les courbes du taux d'humidité dans la rue H/L=0.5 axe E-OU, la zone à proximité de l'arbre R3 comparées à la zone R1 et R5 (avec un recul) trottoirs dépourvus d'arbres nous révèlent ce qui suit :

L'humidité relative s'avère non affectée par le petit recul de la zone R5 (recul de 2.5m) créée par l'absence de galerie Néanmoins une petite hausse se manifeste sous la galerie ceci peut être expliqué par la température qui est plus basse que la zone R1, et qu'elle arrive à restituer une partie de la vapeur d'eau que la zone du recul découvert la dissipe.

En outre le taux d'humidité à proximité de l'arbre R3 enregistre des écarts importants que dans les deux autres cas (R1, R5) la courbe est distinctement haute, et c'est dû à la source d'évapotranspiration l'apport de l'arbre.

Manifestement la zone R3 est celle où les conditions hygrométrique sont les plus favorables pendant toutes les heures de la journée de 6h00 jusqu'à 20h00 avec un écart maximal de 6%.

2.3.3 Vitesse du vent :



Graphique 5.17: Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S, E/OU=0.5. Source : auteur

le graphique (Graph :4.17), manifeste des courbes presque parallèles enregistrant des écarts presque égaux entre les heures de la journée de l'ordre de 0.1m/s. Des fluctuations plus ou moins régulières dues aux contraintes du logiciel limité. Toutefois il nous donne une idée plus claire de la zone la plus ventée à la zone moins ventée.

La zone de R2 enregistre la vitesse du vent la plus élevée pendant toutes les heures de la journée. Ce qui semble ne pas être le cas pour la température de l'air où les écarts entre les récepteurs est très minimes contrairement aux écarts du vent entre les récepteurs qui se montrent relativement importantes.

2.3.4 Comparaison scénarios :

Pareil que dans l'axe N-S, le choix des scénarios dans l'axe E-OU a été fait selon une combinaison entre minéral (galerie) – végétal (arbre), pour comprendre le degré d'influence de chacun de ces deux éléments et même leur influence combinée dans la modification et même la correction de l'ambiance hygrothermique de la rue.

Scénario 01 : le côté sud de la rue qui est dans son état réel se présente avec un nombre réduit d'arbres feuillus de 10m de hauteur et une partie découverte (sans galerie), dans ce scénario, on a procédé à protéger cette zone en continuant la galerie y –présente ainsi en augmentant le nombre d'arbres à la limite de cette galerie.

Scénario 02 : le scénario 02 travaille la zone du récepteur R5 déjà travaillée dans le scénario 01 mais seulement avec l'élément végétal en augmentant encore le nombre d'arbres en mettant une autre rangée à l'intérieur du recule découvert.

Scénario 03 : correspond à l'état réel avec le blanchissement des surfaces extérieures, changement d'albédo, surface blanche avec un albédo de 0.9 au lieu de surface beige albédo 0.5

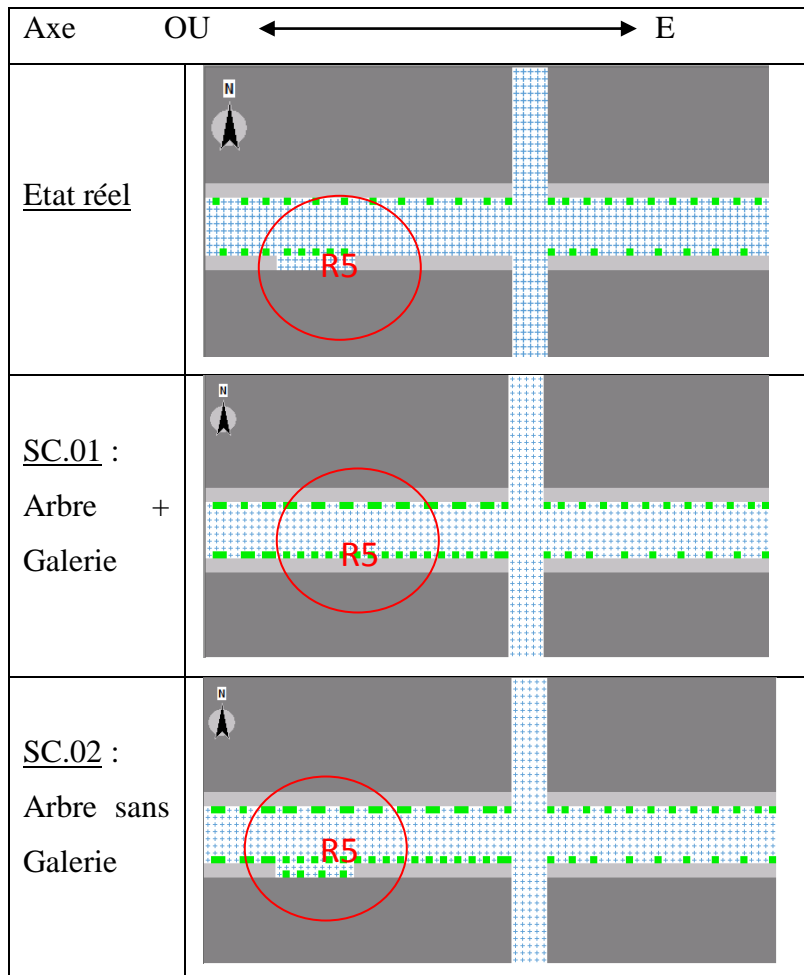
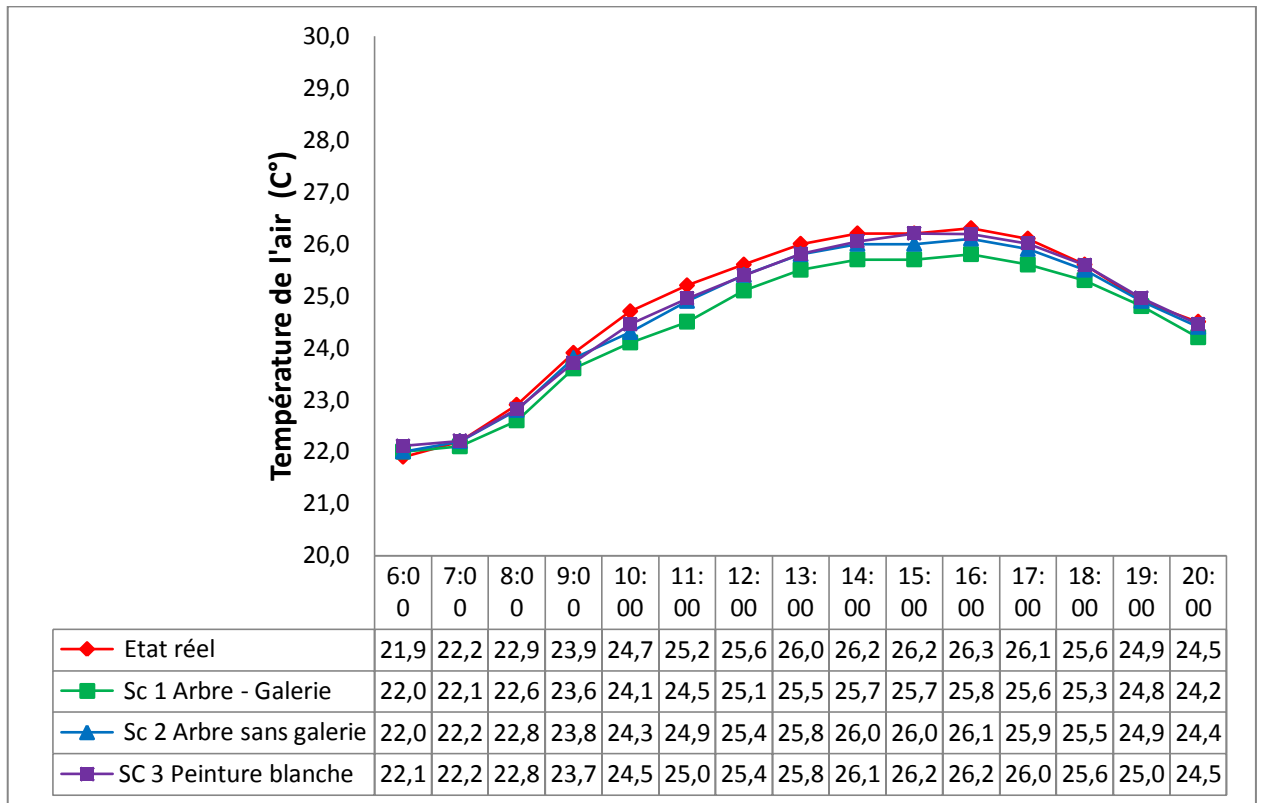


Figure 5.15: comparaison entre les scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L=0.5.

Source : auteur

Dans cette alternative de rue la zone prise en compte est celle du récepteur R5 (recul créée par absence de galerie) car c'est elle où les fluctuations sont grandes et c'est elle là où il y a les potentialités pour une réhabilitation en végétal et en minéral.



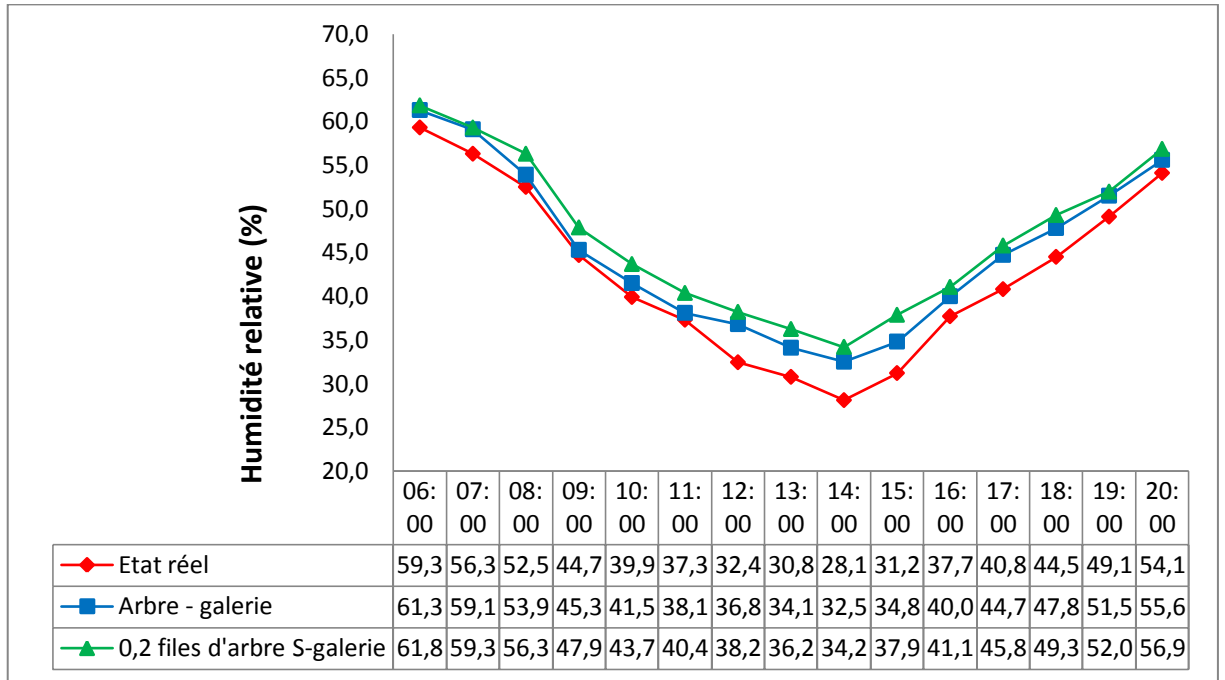
Graphique 5.18: Comparaison des scénarios, Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L=0.5.

Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
SC 1	-0,1	0,1	0,3	0,3	0,6	0,7	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,5	0,3	0,1	0,3
SC 2	-0,1	0	0,1	0,1	0,4	0,3	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0,1
SC 3	-0,2	0	0,1	0,2	0,3	0,2	0,2	0,2	0,1	0	0,1	0,1	0	-0,1	0

Tableau 5.14: Ecart de température entre l'état réel et différents scénarios (E-OU - H/L=0.5) . Source :

auteur



Graphique 5.19 : Comparaison des scénarios, Humidité de l'air (%) - Rue large E-OU , H/L=0.5. Source : auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
SC 1	2,0	2,8	1,4	0,6	1,6	0,8	4,4	3,3	4,4	3,6	2,3	3,9	3,3	2,4	1,5
SC 2	2,5	3,0	3,8	3,2	3,8	3,1	5,8	5,5	6,1	6,7	3,4	5,0	4,8	2,9	2,8

Tableau 5.15: Ecart de l'humidité relative entre l'état réel et différents scénarios (E-OU - H/L=0.5) .

Source : auteur.

- Effet de l'arbre-galerie-matériau :

Les différentes alternatives proposées sur la zone R5 travaillent le bâti avec un aménagement d'une galerie et blanchissement des parois et le végétal avec la densification des arbres.

Le comportement de cette zone vis-à-vis ces modifications se traduit par une différence notable dans la température de l'air et le taux d'humidité. Néanmoins Le scénario SC2 (deux files d'arbres sans galerie) arrive a diminuer la température de l'air mais c'est réduit comme effet par rapport aux résultats obtenus en combinant l'arbre avec la galerie.

Ceci dit, le SC1 (une seule file d'arbres + galerie) se révèle la solution la mieux adaptée à cette rue pour le refroidissement pendant toute la journée avec un abaissement de température allant jusqu'à 0.9C° à 11h00 dû à l'ombre, cette abaissement est plus

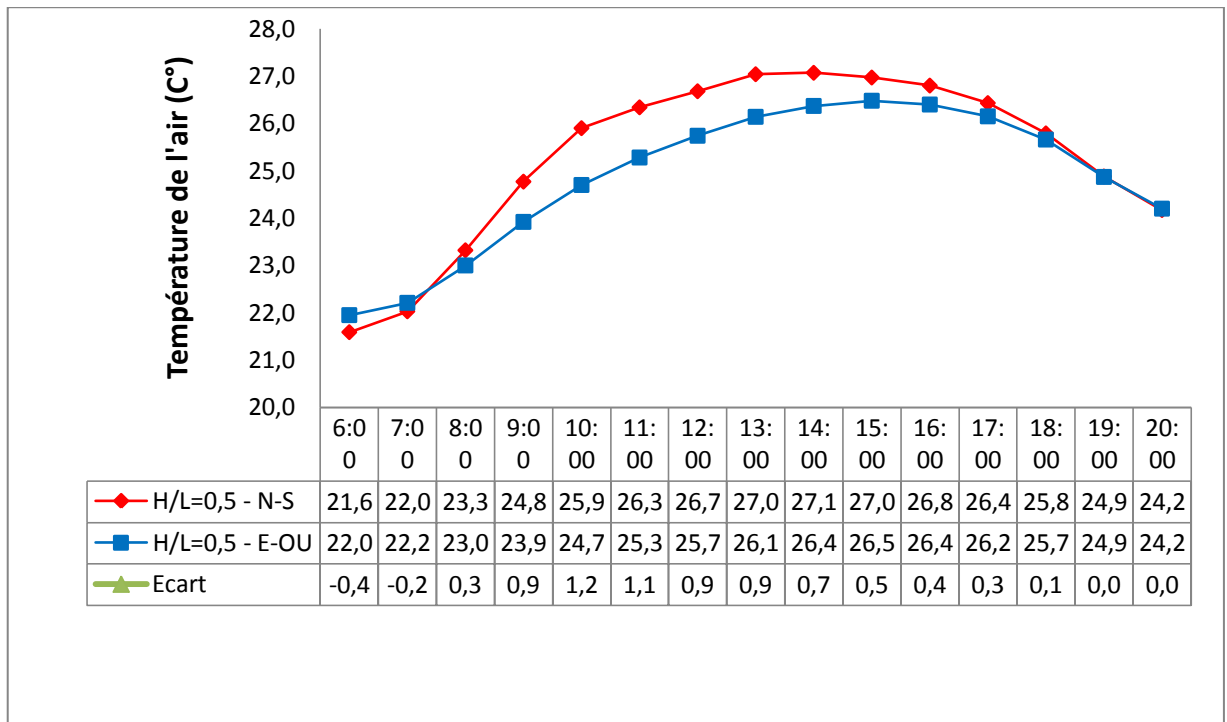
important dans l'après midi, en raison de l'orientation nord. Les surfaces de la zone R5 reçoivent le rayonnement diffus que le refroidissement est plus vite.

Quand à l'humidité relative, les résultats des deux scénarios donnent un effet inversé que celles de la température de l'air et c'est le deuxième scénario SC2 reculé avec deux files d'arbres qui se voit le plus adapté pour une humidification plus prononcée de 6.7% d'écart maximal par rapport à l'état réel de la rue.

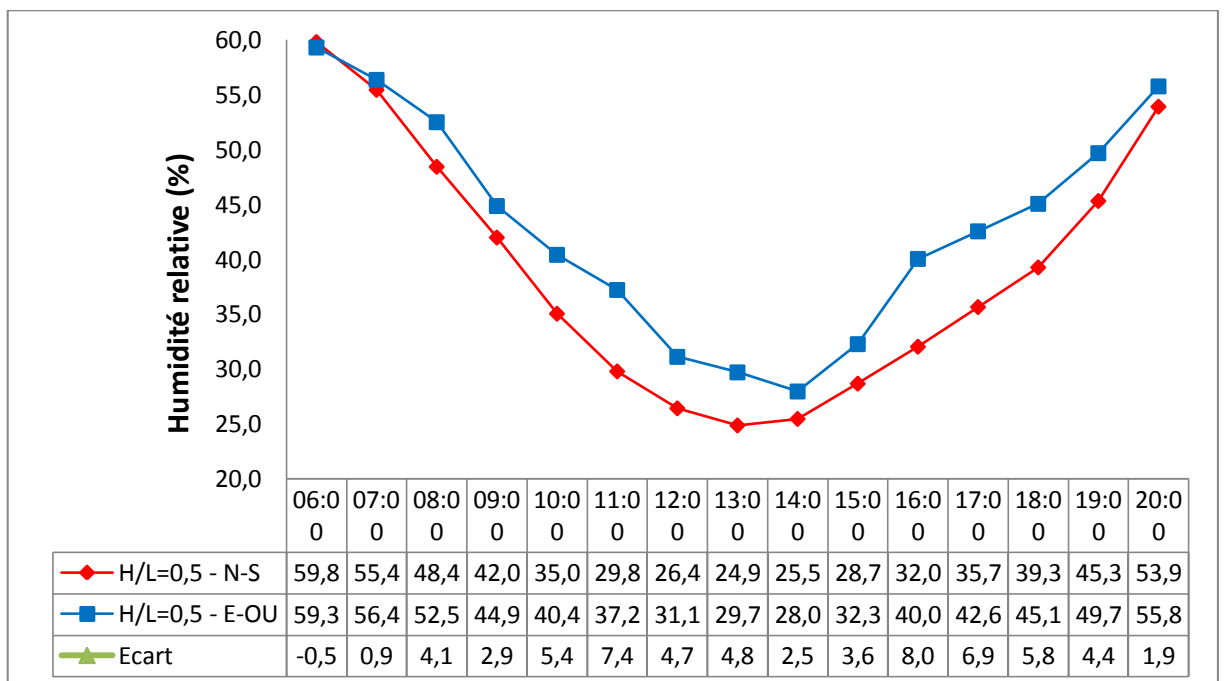
On peut dire que l'effet des deux files d'arbre a réussi à humidifier plus que la galerie avec une seule file d'arbre, autrement dit, le taux d'humidité de l'air se trouve non sensible à l'aménagement bâti (galeries). Mais plutôt sensible à la taille du couvert végétal (nombre d'arbres).

L'effet de blanchissement des parois beiges des bâtiments (albédo 0.9 au lieu de 0.5) contribue à la réduction de la température de l'air, cette réduction reste relativement faible, des écarts de 0.1C° et 0.2C°, et son maximum est de 0.3C°. Contrairement à l'orientation N-S, l'augmentation de l'albédo dans une orientation E-OU ne donne pas le même effet de refroidissement dans le soir plus que toute la journée, à partir de 15h00 les écarts sont presque nuls. La simulation n'enregistre pas de changement en apport en humidité dans l'air, cette dernière n'est pas influençable par le blanchissement des surfaces et aux forts albédos.

2.3.5 Comparaison entre Rue large H/L= 0.5 Axe N/S et E/Ou :



Graphique 5.20: Comparaison Humidité relative (%) - Rue large H/L= 0.5. E-OU et N-S. Source : auteur



Graphique 5.21 : Comparaison Humidité relative (%) - Rue large H/L= 0.5. E-OU et N-S. Source : auteur

- Effet de l'orientation de l'axe de la rue :

Le graphique (Graph 4.20), résume le comportement thermique des deux rues, Axe N-S et Axe E-OU pour le canyon $H/L=0.5$, et nous révèle qu'elle orientation susceptible de nous procurer plus d'heures de fraîcheur, et le confort d'été en conséquence, et il semble être celle de l'axe E-OU. Cette alternative de rue présente une plage horaire de refroidissement de 8h00 du matin jusqu'à 18h00 allant jusqu'à une différence de $1.2C^{\circ}$ et $1.1C^{\circ}$ à 10h00 et 11h00. Après les températures sont similaires pour le reste de la soirée.

Étant donné que la zone simulée est celle du récepteur R1, dans l'axe N-S orienté Est et dans l'axe E-OU orienté Nord, Le récepteur R1 Est reçoit le rayonnement direct pendant le matin,

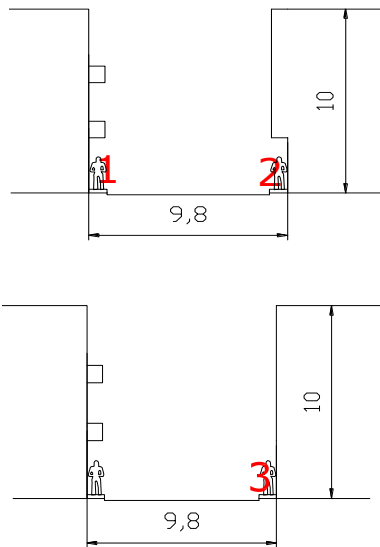
Ceci explique les écarts importants durant le matin $1.2C^{\circ}$ qui sont réduits à la moitié à partir du début d'après midi $0.5C^{\circ}$ à 15h00 quand le soleil est à l'ouest. Et le récepteur R1 nord reçoit le rayonnement diffus ainsi il est orienté au sens des vents de l'été (nord) ce qui explique le bénéfice en refroidissement durant presque toute la journée.

Les graphes de l'humidité de l'air apparaissent très séparées avec des écarts très importants également, la rue E-OU est plus humide pendant toute la journée que la rue N-S, à partir de 07H00, l'humidité trouve son maximum à 16h00 avec 8%.

L'allure que prennent les courbes de température et d'humidité décrit la forte corrélation qui existe entre le confort hygrothermique et l'orientation de l'axe de la rue. Ainsi nous confirme que l'axe de rue E-OU est l'alternative la mieux adaptée à la ville de Sétif, pour une rue $H/L=0.5$, heures plus fraîche et humidification pendant toute la journée ce qui contribue également dans le refroidissement diurne et nocturne.

2.4. Rue Moyenne H/L=1- Axe N-S:

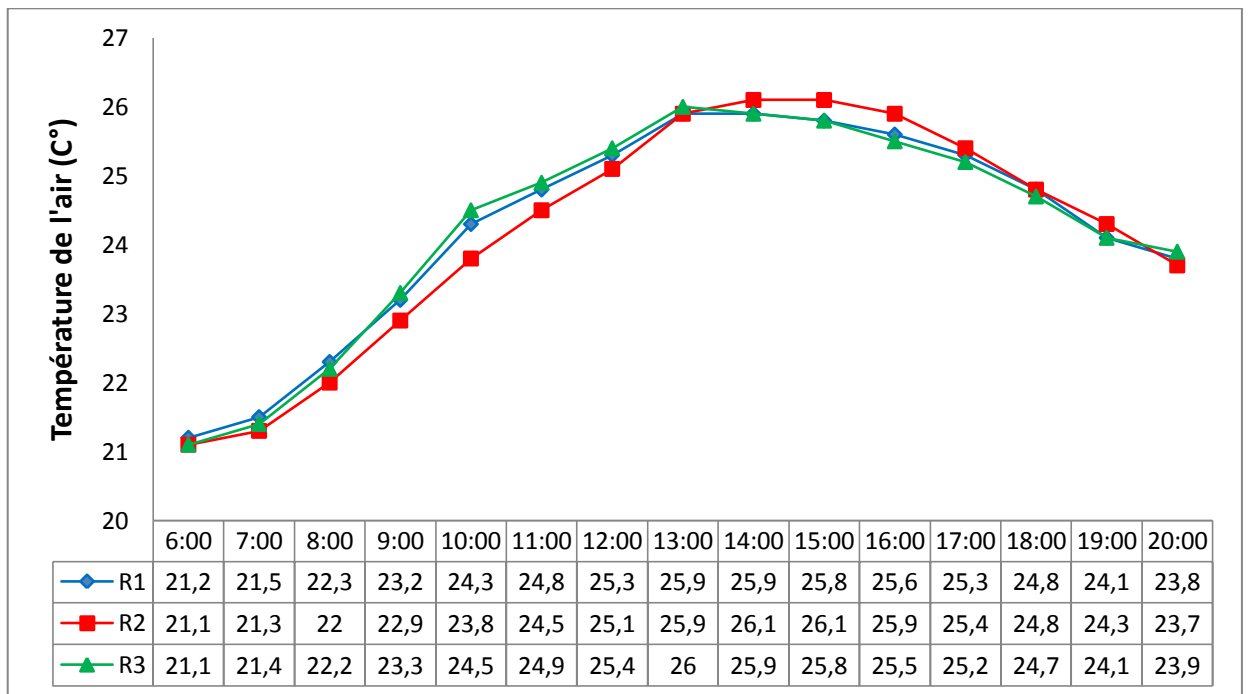
2.4.1. Température de l'air :



Liste des Récepteurs

- R1 : Est- Sous balcon
- R2 : Ouest - Sous balcon
- R3 : Ouest – Sans protection

Figure 5.16: présentation des récepteurs Rue N-S , H/L= 1. Source : auteur



Graphique 5.22: Température de l'air (C°) - Rue large N-S , H/L= 1. Source : auteur

Deux phases sont bien lisibles sur les courbes de la température de l'air, la température de R2 (ouest) est moins importante que la température de la zone de R1 et R3 (est) de 6h00 jusqu'à 12h00 pour qu'à partir de 13h00 les conditions deviennent opposées et la zone ouest R2 redevient plus fraîche.

2.4.1.1. Comparaison R1 – R2 :

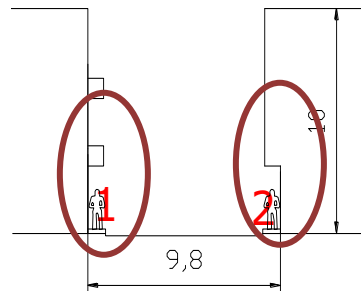


Figure 5.17 : comparaison R1-R2. N/S , H/L = 1. Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	21,2	21,5	22,3	23,2	24,3	24,8	25,3	25,9	25,9	25,8	25,6	25,3	24,8	24,1	23,8
R2	21,1	21,3	22,0	22,9	23,8	24,5	25,1	25,9	26,1	26,1	25,9	25,4	24,8	24,3	23,7
Ecart	0,1	0,2	0,3	0,3	0,5	0,3	0,2	0,0	-0,2	-0,3	-0,3	-0,1	0,0	-0,2	0,1

Tableau 5.16: Ecart de température (C°) entre R1 – R2 , N/S - H/L=1. Source : auteur

- **Effet de l'orientation :**

Examiner les résultats de comparaison entre les deux zones des récepteur R1 sous balcon Est et R2 sous balcon ouest nous amène à connaître l'effet de l'orientation et comprendre le comportement de la température de l'air dans les deux zones.

Ceci explique que la température de l'air au sein du même axe de rue N-S est affectée par l'orientation des bâtiments (est – ouest). l'air dans le coté Est est plus chaud le matin (rayonnement direct) et le soir est plutôt plus chaud dans le coté ouest pour la même raison.

A midi il est presque pareil pour les deux cotés au fait que le soleil est au zenith et que les deux cotés reçoivent le rayonnement diffus, que le vent étant dans le sens nord, les deux coté bénéficient de la même brise.

Ainsi, le rôle de l'ombre réciproque matin – soir des bâtiments est ici très significatif donnant une rue auto-ombragée et des conditions de confort pendant les heures les plus critiques de la journée. Cette alternative de rue pour un ratio H/L=1 semble faire durer les heures de fraîcheur et le confort dans les espaces piétons (trottoir) mais donne naissance à une occupation épisodique de ses espaces (le coté est pendant le soir et le coté ouest pendant le matin).

2.4.1.2 . Comparaison R2 – R3 :

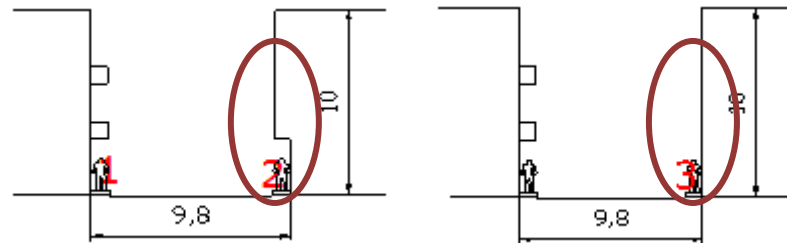


Figure 5.18: comparaison R2 - R3. N/S , H/L = 1. Source : auteur

Heure	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R2	21,1	21,3	22,0	22,9	23,8	24,5	25,1	25,9	26,1	26,1	25,9	25,4	24,8	24,3	23,7
R3	21,1	21,4	22,2	23,3	24,5	24,9	25,4	26,0	25,9	25,8	25,5	25,2	24,7	24,1	23,9
Ecart	0,0	0,1	0,2	0,4	0,7	0,4	0,3	0,1	-0,2	-0,3	-0,4	-0,2	-0,1	-0,2	0,2

Tableau 5.17: Écart de température (C°) entre R2 – R3, N/S - H/L=1. Source : auteur

- Effet de surplomb de façade (balcon) :

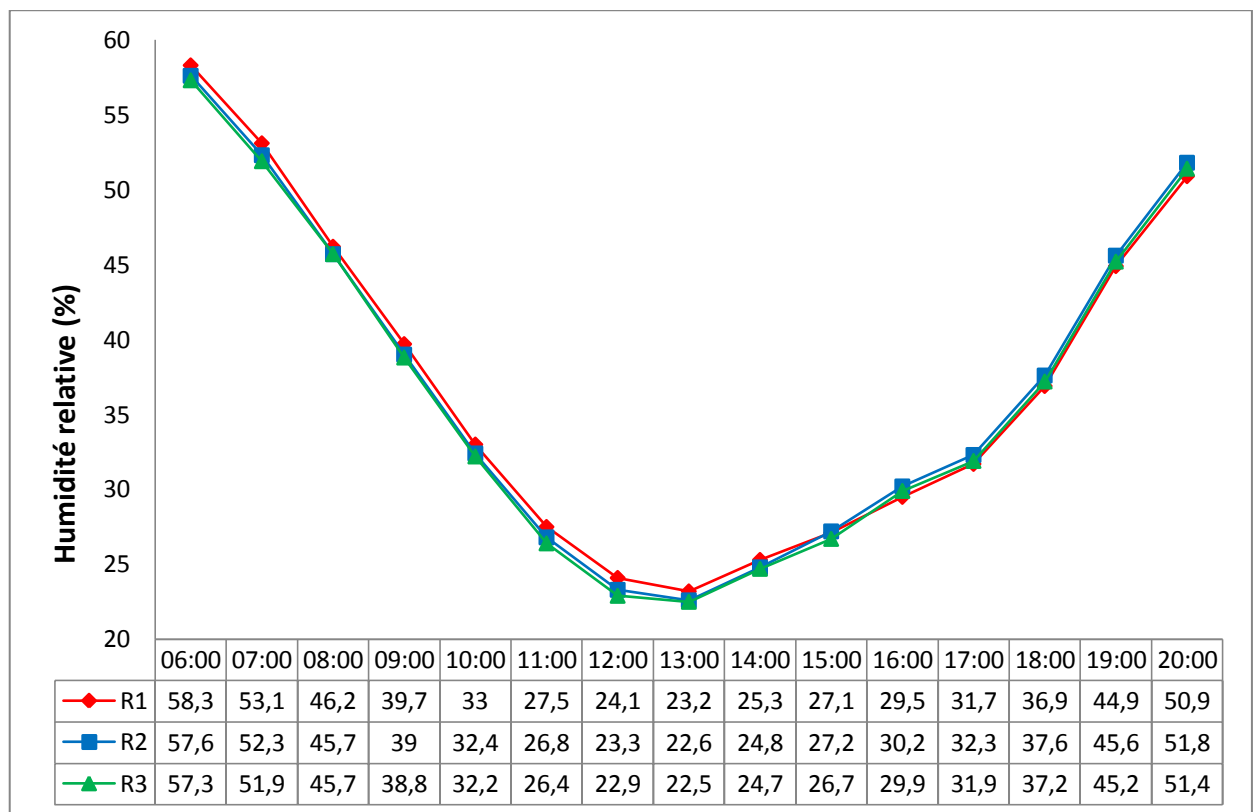
Les écarts entre les températures de l'air obtenues dans les zones des récepteurs orientés Ouest, R2 sous balcon et R3 découverte ont tendance à être plus significatifs pendant la matinée et plus précisément à 10h00 avec 0.7C°, les conditions sous le balcon semblent être plus confortable que celle sans le balcon et ce malgré la proximité des deux zones.

Ainsi le balcon s'avère bénéfique malgré sa modeste largeur de 0.90m. Dans l'après midi, la zone sans balcon présente une baisse maximale de 0.4C°, ceci nous amène à déduire que le balcon ouest est plus bénéfique le matin plus qu'il l'est le soir.

- Effet de l'orientation rattrapé par le surplomb en façade :

Si on remarque bien les valeurs de la température sur les courbes on peut bien lire que le comportement de la courbe R2 (ouest sans balcon) suit exactement la courbe de R1 (est avec balcon) depuis 6h00 jusqu'à 13h00. Ce qui veut dire une hausse de température et ce malgré qu'il ne reçoit que le rayonnement diffus, au lieu qu'il suit les fluctuations de R3 (ouest sans galerie), bien sûr avec de légers écarts.

Ce fait a donné des heures d'inconfort pendant toute la matinée, et c'est ce qui gâche le potentiel de fraîcheur dont bénéficie le coté ouest le matin, on en déduit que le surplomb en façade a rattrapé le point faible de cette orientation (est) pendant le matin et a donné les mêmes résultats que le coté ouest sans surplombs.

2.4.2. Humidité relative :

Graphique 5.23 : Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L= 1. Source : auteur

Il est à noter que la rue H/L=1 – N-S, prise ici comme sujet d'étude est dépourvue de tout aménagement paysager, (source d'évapotranspiration),

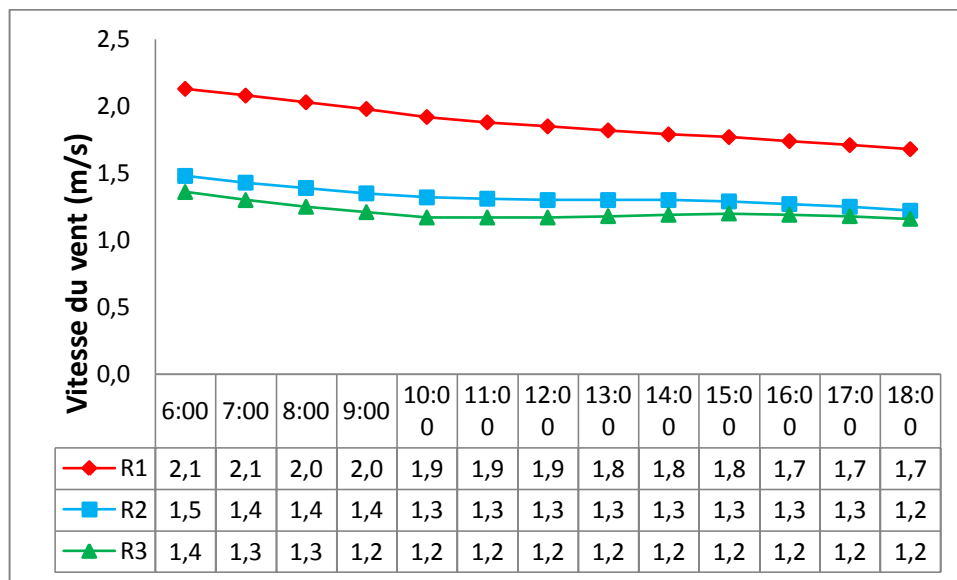
Les résultats enregistrés en ce qui est de l'apport en humidité dans l'air semblent n'avoir pas de grands écarts entre les différentes dispositions des récepteurs de mesures. Les écarts entre la zone R1 Est sous balcon et R2 Ouest sous balcon sont très minimes.

La courbe R1 est relativement plus haute pendant les heures matinales avec un maximum d'écart de 0.8% à 7h00 et plus basse que R2 pendant l'après midi avec une différence maximale de 0.9% à 20h00. Ceci est dû au fait que le matin R1 reçoit le rayonnement direct de l'est l'air est plus chaud que l'ouest R2, qui reçoit le rayonnement diffus, et systématiquement avec l'absence de végétal la vapeur d'eau est moins présente dans cette zone.

Ainsi les courbes manifestent une très petite différence durant toutes les heures de la journée, entre la zone de R2 Est avec balcon et R3 sans balcon, de l'ordre de 0.4% valeur maximale, ceci explique la faible influence que jouent les éléments en façades

sur l'humidité de l'air. Ces écarts sont minimes par rapport à ceux de la rue H/L=0.5 et 0.30. Et ceci renvoie à l'absence totale du végétal, humidificateur d'air, ainsi au fait que l'humidité n'est pas très sensible à l'orientation solaire (sauf là où la température est haute, le taux d'humidité est bas).

2.4.3. Vitesse du vent :



Graphique 5.24 : Vitesse du vent (m/s) - Rue large N-S , H/L= 1. Source : auteur

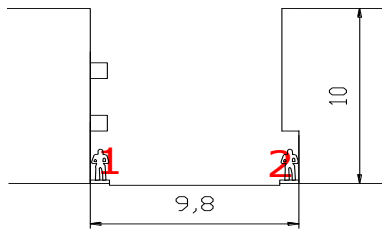
Les résultats de la vitesse du vent enregistrés pour cette alternative et pour les trois récepteurs R1 Est et R2, R3 ouest présentent des changements selon des phases, où durant chaque phase la vitesse du vent reste constante, puis une autre où elle change (augmente).

Ces phases sont de 03 heures pour le récepteur Est R1 (trois heures de 1.9m/s, trois heures de 1.8m/s...) et pour les récepteurs sud la vitesse du vent change pendant les deux premières heures de la journée puis elle est constante jusqu'à 20h00. Ce comportement ne correspond aucunement à un comportement de vent avec ses vacillations irrégulières qui ont tendance à durer toute la journée.

Un autre point doit être mis au clair, et que le comportement du vent dans cette rue n'est pas en cohérence avec celles de la température de l'air, pour les zones ouest sous balcon R2 et la zone ouest sans balcon R3 les courbes de la vitesse du vent montrent que c'est la zone sous balcon qui est la plus ventée, avec des écarts de 0.1m/s, ce qui n'est pas le cas sur les courbes de température.

2.5. Rue moyenne H/L=1- Axe E-OU:

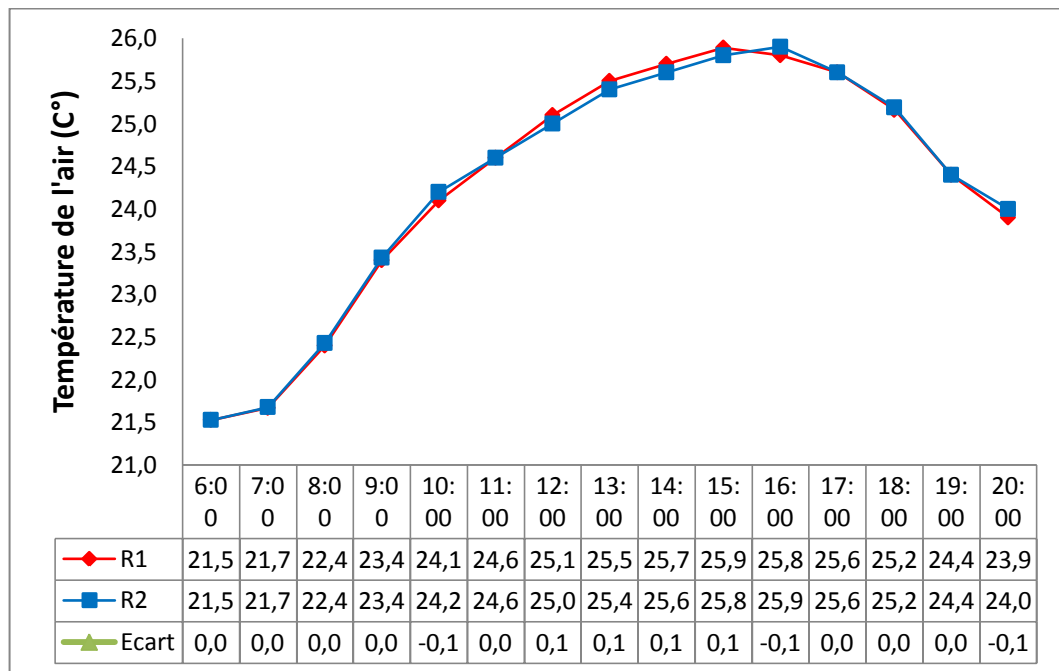
2.5.1. Température de l'air :



Liste des Récepteurs

- R1 : Sud- Sous balcon
- R2 : Nord - Sous arbre

Figure 5.19 : présentation des récepteurs Rue E - OU , H/L= 1 Source : auteur



Graphique 5.25: Température de l'air (C°) - Rue large E-OU , H/L= 1. Source : auteur

2.5.1.1. Comparaison R1 – R2 :

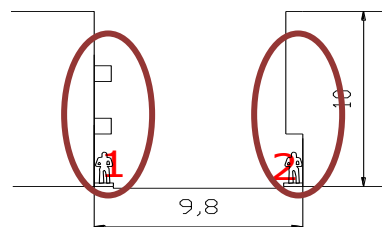


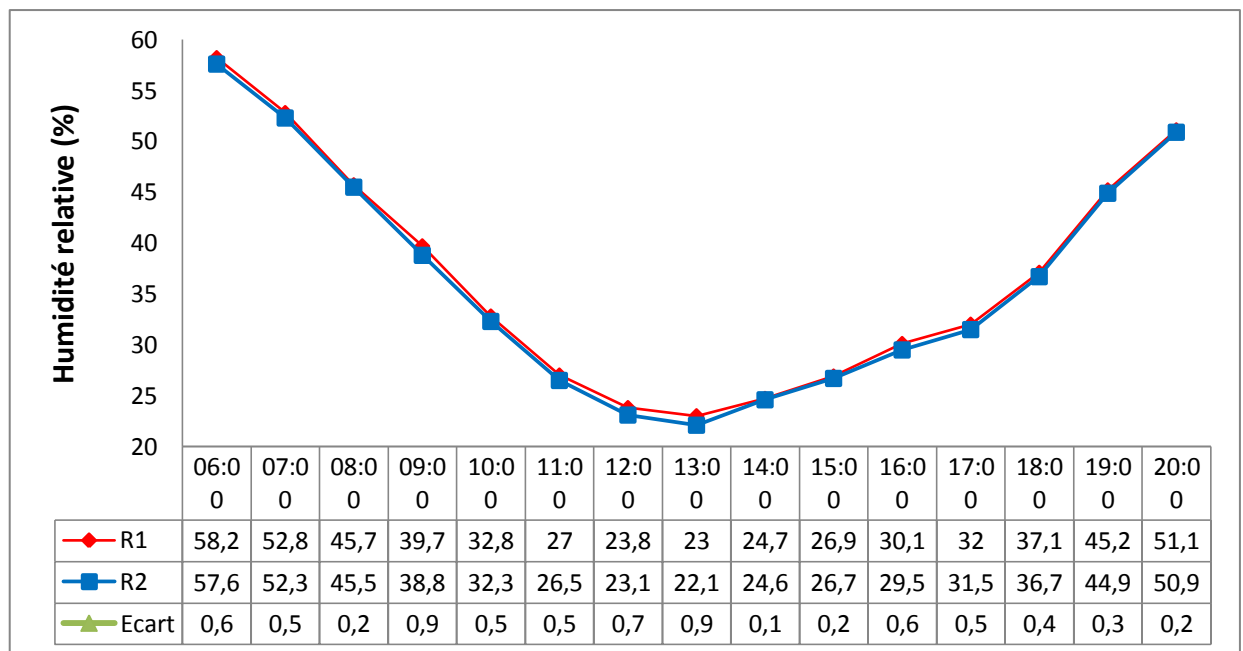
Figure 5.20: comparaison R1 – R2. E/OU, H/L = 1. Source : auteur

• Effet de l'orientation :

La lecture du graphique (Graph. 4.25) nous explique la légère différence de température de l'air enregistrée entre les deux récepteurs sous balcon R1 sud et R2 nord de l'ordre de 0.1C° comme maximum.

Ceci dit, l'effet de l'orientation a tendance d'être très minime sur le microclimat thermique au sein d'une rue moyenne H/L = 1 orientée E-OU.

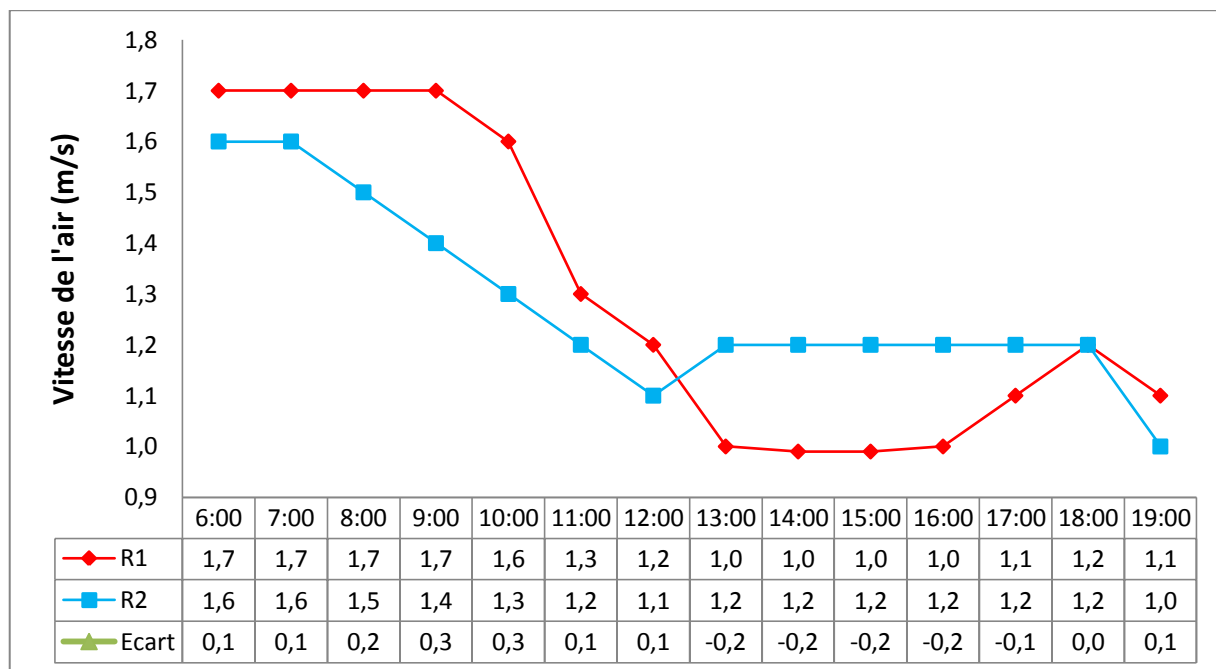
2.5.2 Humidité relative :



Graphique 5.26: Humidité relative (%) - Rue large E-OU , H/L= 1. Source : auteur

Les courbes sont presque superposées et les différences sont très petites n'atteignant même pas le 1% avec la valeur maximale de 0.9% à 9h00 et 13h00. En d'autres termes ces résultats veulent révéler la non dépendance du comportement de l'humidité de l'air à l'orientation dans la rue moyenne H/L=1.

2.5.2. Vitesse du vent :

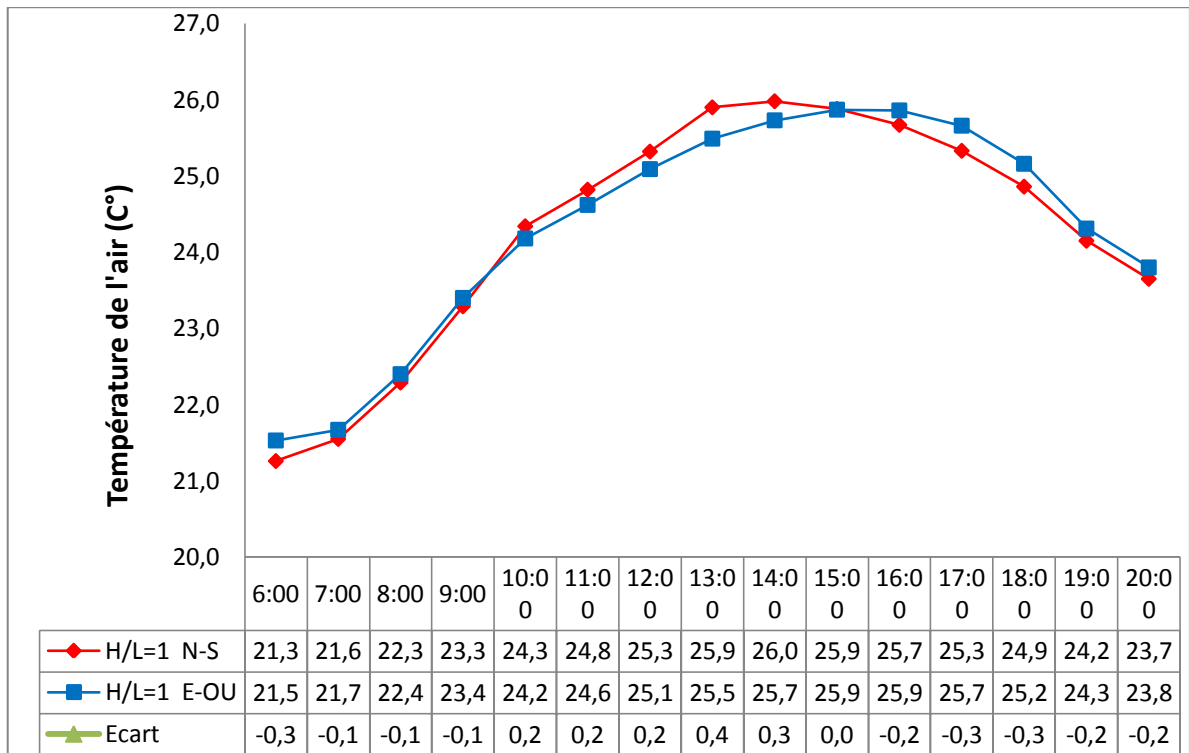


Graphique 5.27: Vitesse du vent (m/s) - Rue large E-OU , H/L= 1. Source : auteur

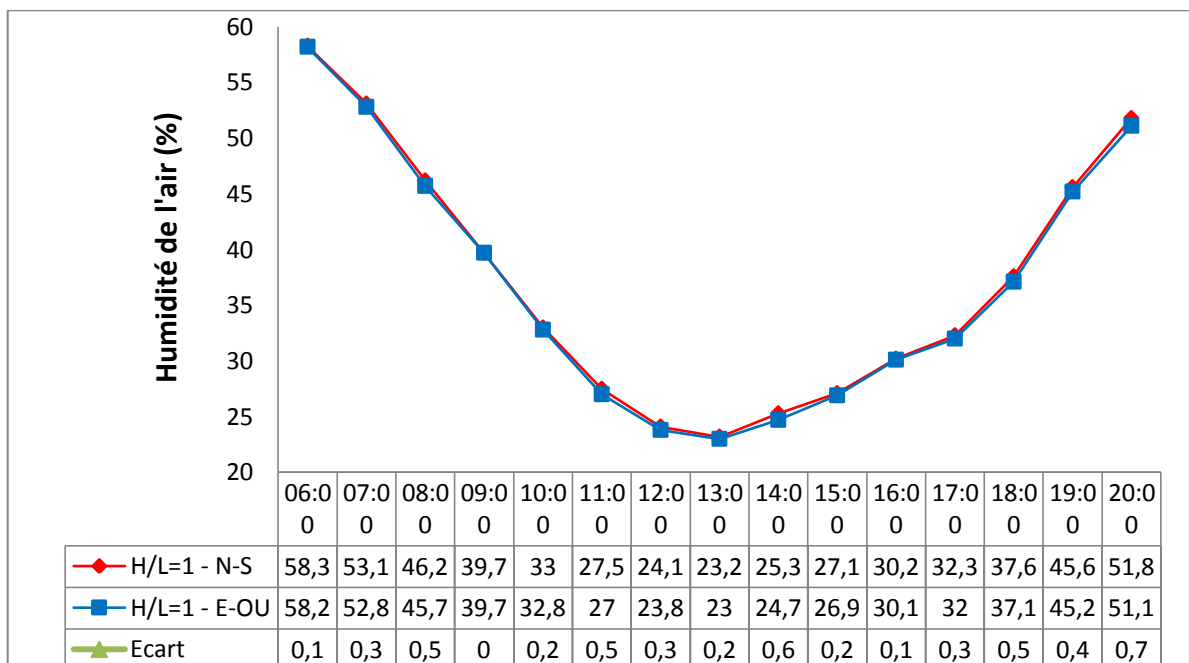
Les courbes manifestent une phase avec une vitesse du vent constante puis une phase de chute pendant la matinée et le même comportement se reproduit en après midi et ce pour les deux récepteurs de mesures.

Ce comportement révèle une certaine turbulence dû au fait que l'orientation E-OU de cette rue n'est pas au sens des vents de l'été. Ainsi ce comportement ne trouve une explication bien détaillée et renvoie aux limites du logiciel Envi-met. Des écarts de 0.3m/s au profit de la zone du récepteur R2 nord pendant le matin et de 0.2m/s pendant l'après midi mais au profit de la zone R1 sud, et ça correspond aux résultats de la température.

2.5.3. Comparaison rue H/L=1 Axe N - S et E – OU :



Graphique 5.28 : Comparaison de la température de l'air (C°) - H/L= 1, N-S et E-OU. Source : auteur



Graphique 5.29: Comparaison de l'humidité relative - H/L= 1, N-S et E-OU. Source : auteur

Les courbes des deux axes N-S, E-OU se croisent à deux reprises donnant naissance à 03 phases avec des conditions thermiques différentes, la rue N-S se présente plus fraîche que la E-OU pendant deux phases de la journée de 6h00 à 10h00 et de 16h00

jusqu'à 20h00 avec un écart de $0.3C^{\circ}$ et $0.2C^{\circ}$, pendant que la rue N-S rebondit de 10h00 à 15h00 avec un écart maximal de $0.4C^{\circ}$.

La rue E-OU gagne pendant toute la journée en rayonnement solaire direct ce qui augmente le potentiel de chaleur sensible transférée dans l'air et ce qui fait qu'elle soit légèrement plus chaude en termes d'heures que la rue N-S avec l'exposition des rayonnements directs réciproque du matin – soir.

Pour la rue N-S, étant donné que le récepteur pris en compte dans cette comparaison soit orienté Est ceci explique la température importante pendant le matin de 10h00 à 14h00, et grâce à l'ombre réciproque également cette partie de rue est dans l'ombre dans l'après midi expliquant le refroidissement enregistré à partir de 16h00.

On en conclut que pour la rue $H/L=1$, N-S, elle gagne en nombre d'heures fraîche surtout le refroidissement le soir. Pendant que la rue E-OU couvre les heures les plus critiques de la journée 10h00 à 14h00. Ceci dit l'orientation de la rue affecte fortement le comportement de la température pour une rue moyenne $H/L=1$.

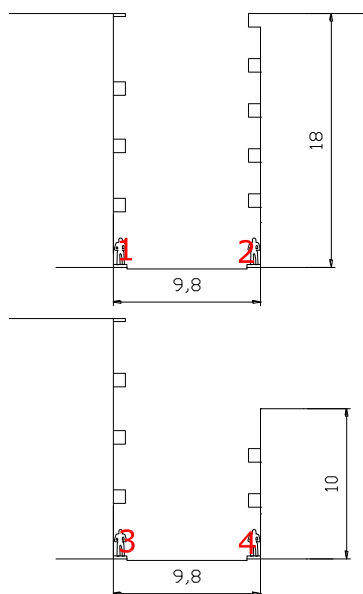
Pour ce qui est Humidité de l'air, les courbes du graphique semblent être presque superposées avec des écarts très timides de l'ordre de 0.2 à 0.4% comme maximum. Ceci renvoie à l'absence presque totale de source d'humidification (végétal, arbre) notamment le végétal. Ceci dit, ni l'orientation de la rue moyenne $H/L=1$, ni ses dispositifs minéraux, change la quantité de vapeur d'eau dans l'air.

Pour faire durer les heures de confort, il est impératif d'aménager des surplombs de façades le long des rues N-S pour minimiser l'effet du rayonnement solaire du matin et du soir sur les deux côtés respectifs Est et ouest de la rue.

Quand à la rue E-OU le point faible semble être dans les premières heures de la matinée et les dernières heures de l'après midi. Il est essentiel voir nécessaire de protéger le côté Sud de la rue qui reçoit pendant toute la journée le rayonnement direct par des éléments architecturaux qui n'occupent pas l'espace piétons aussi réduit qu'il soit, tels que éléments horizontaux en saillis, des pergolas suspendues et des mailles de plantes grimpantes...

2.6. Rue étroite H/L=1.83 - Axe N-S:

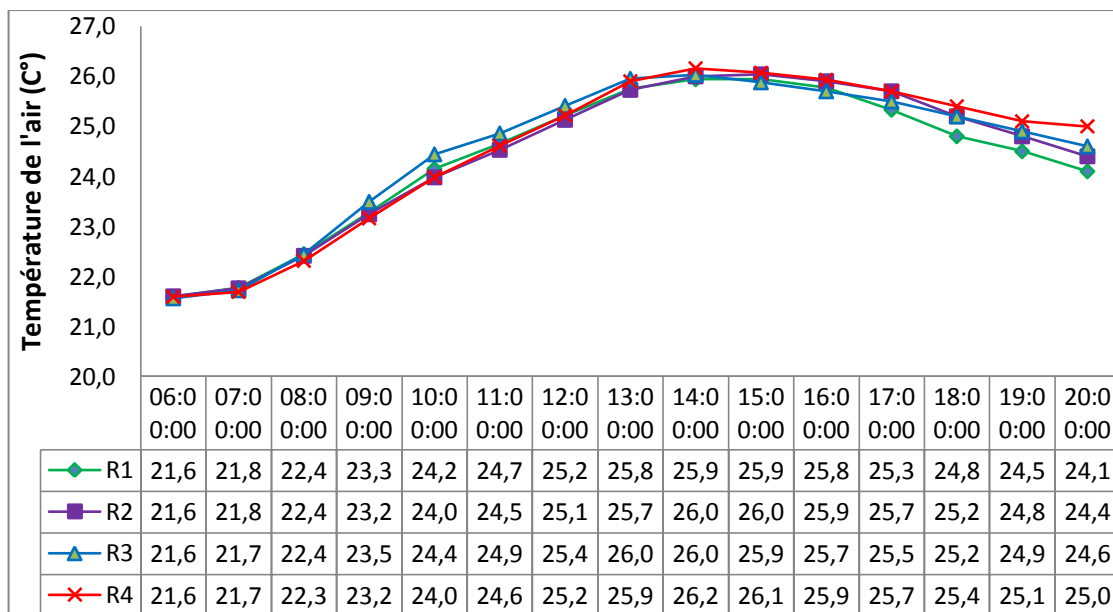
2.6.1 Température de l'air :



Liste des Récepteurs

- R1 : Est- Sous balcon
- R2 : Ouest - Sous balcon
- R3 : Est- Sous balcon
- R4 : Ouest- Sous balcon

Figure 5.21: présentation des récepteurs Rue N-S , H/L=1.83 Source : auteur



Graphique 5.30 : Température de l'air (C°) - Rue étroite N-S , H/L=1.83. Source : auteur

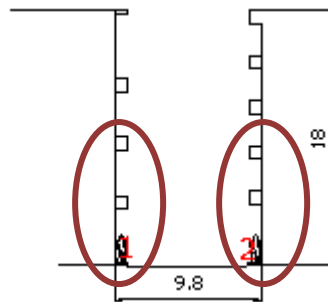
2.6.1.1. Comparaison R1 – R2 :

Figure 5.22: Profil 1, comparaison R1 - R2, N-S - H/L=1.8. Source : auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R1	21,6	21,8	22,4	23,3	24,2	24,7	25,2	25,8	25,9	25,9	25,8	25,3	24,8	24,5	24,1
R2	21,6	21,8	22,4	23,2	24,0	24,5	25,1	25,7	26,0	26,0	25,9	25,7	25,2	24,8	24,4
Ecart	0,0	0,0	0,0	0,0	-0,2	-0,1	-0,1	0,0	0,1	0,1	0,1	0,4	0,4	0,3	0,3

Tableau 5.18: Ecart de température (C°) entre R1 – R2, N-S - H/L=1.8 . Source : auteur

Les résultats nous révèlent que l'effet de l'orientation des bâtiments sur le comportement thermique dans une rue étroite $H/L = 1.80$ est notable, notamment dans le soir. Des différences plus réduites le matin de l'ordre de $0.2C^{\circ}$ max à 10h00, la zone R1 Est présente des heures plus chaudes que celles de la zone R2 ouest, cette dernière a tendance à réchauffer dans le soir à partir de 17h00.

À cause du soleil de l'ouest dans l'après midi que la zone R1 refroidit plus vite avec des écarts de $0.4C^{\circ}$ et $0.3C^{\circ}$ à 18h00, 19h00, 20h00. Cela dit même pour une rue étroite l'effet de l'ombre réciproque (rue auto-ombragée par les bâtiments hauts) se manifeste en créant un épisode de confort et d'inconfort simultanément pour les deux cotés de rue (coté est plus confortable le matin et ouest le soir).

Les importantes différences de température en fin de journée à partir de 17h00 peuvent être expliquées par la difficulté de refroidissement passif en relation avec la géométrie de la rue étroite et le facteur de vue de ciel réduit $SVF=0.58$ que l'air chaud reste emprisonné au sein de la canopée qu'elle trouve de difficulté à se refroidir et malgré l'orientation au sens des vents d'été (nord), la ventilation passive reste insuffisante.

2.6.1.2. Comparaison R3 – R4 :

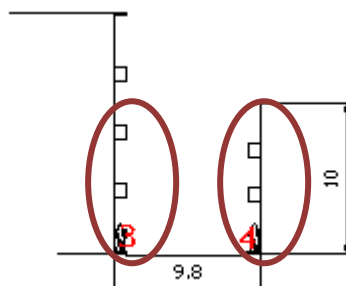


Figure 5.23: Profil 2, comparaison R3 – R4, N-S - H/L=1.83. Source : auteur

Heures	6:00	7:00	8:00	9:00	10:00	11:00	12:00	13:00	14:00	15:00	16:00	17:00	18:00	19:00	20:00
R3	21,6	21,7	22,4	23,5	24,4	24,9	25,4	26,0	26,0	25,9	25,7	25,5	25,2	24,9	24,6
R4	21,6	21,7	22,3	23,2	24,0	24,6	25,2	25,9	26,2	26,1	25,9	25,7	25,4	25,1	25,0
Ecart	0,0	0,0	-0,1	-0,3	-0,5	-0,3	-0,2	-0,1	0,1	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,4

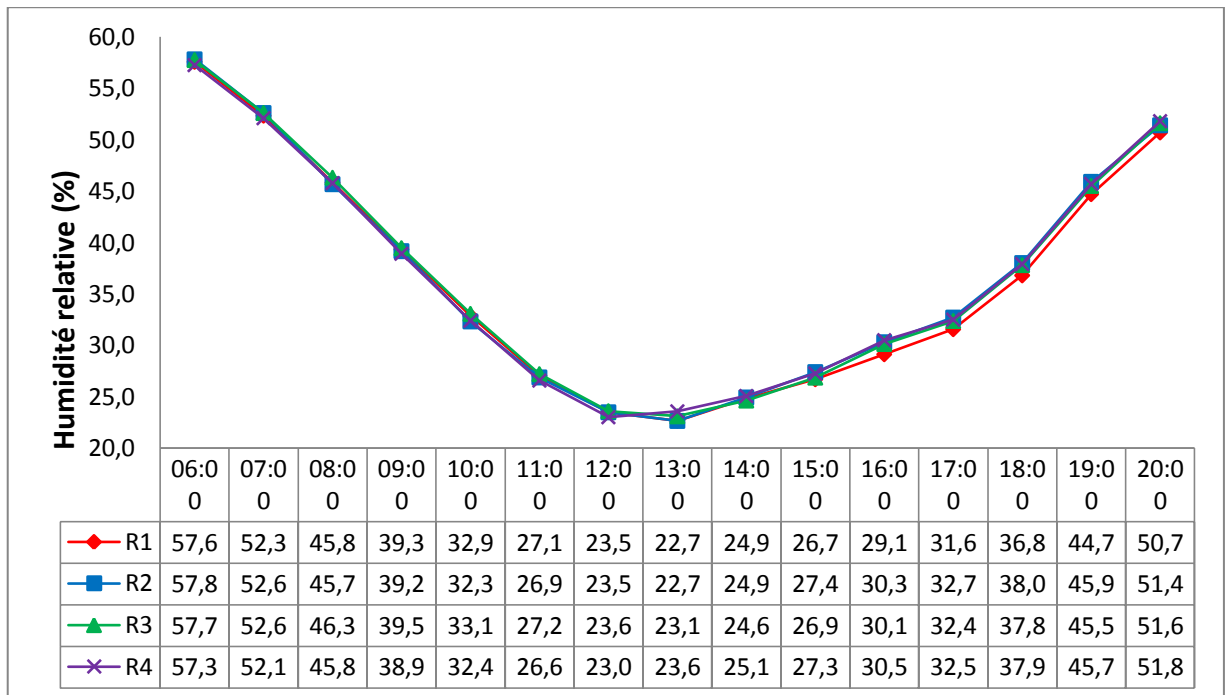
Tableau 5.19: Ecart de température (C°) entre R3 – R4, N-S - H/L=1.83 . Source : auteur

- Effet de l’asymétrie :

Pour ce profil asymétrique, les différences sont beaucoup plus importantes que le profil 01 symétrique, et ce pendant le matin et le soir, avec des écarts plus significatifs de 0.5C° max sur R3 au lieu de 0.2C° à la même heure (10h00) sur R1.

La même situation est enregistrée pendant le soir le profil 02 asymétrique a tendance à présenter des températures plus importantes sur la zone ouest que celle du profil 01. Ceci est dû au degré d’ouverture au ciel plus important causé par l’asymétrie, SVF= 0.58 pour la zone R3 qui est plus important que dans le profil SVF =0.54. Cette géométrie conduit à une plus grande exposition de la rue au soleil du matin (est) et soir (ouest).

2.6.2. Humidité de l'air :



Graphique 5.31 : Humidité relative (%) - Rue large N-S , H/L=1.83. Source : auteur

- Effet de l'absence de la matière végétale (source d'évapotranspiration) :

Le comportement de l'humidité relative de l'air dans les différents récepteurs est identique. Les différences étant infimes que les courbes sont quasi- superposées enregistrant comme écart maximale 1.2%.

Le degré de minéralité très élevé de la rue et l'imperméabilité du sol avec l'absence total de source d'évaporation ou transpiration (arbre, herbe, plantes...) fait que le taux d'humidité dans l'air ne connaît pas de grandes différences entre les différentes zones et récepteurs de mesures.

- Comparer entre le récepteur Est R1 et ouest R2 du profil symétrique et sous un surplomb façade, donne des différences qui ne suivent pas une logique bien déterminée.

Des écarts pendant toute la journée minimes tantôt au profit de la zone Est tantôt au profit de la zone ouest. Ceci donne a comprendre que l'orientation ne joue pas un grand rôle dans la transformation de l'ambiance hygrométrique d'une rue présentant un ratio

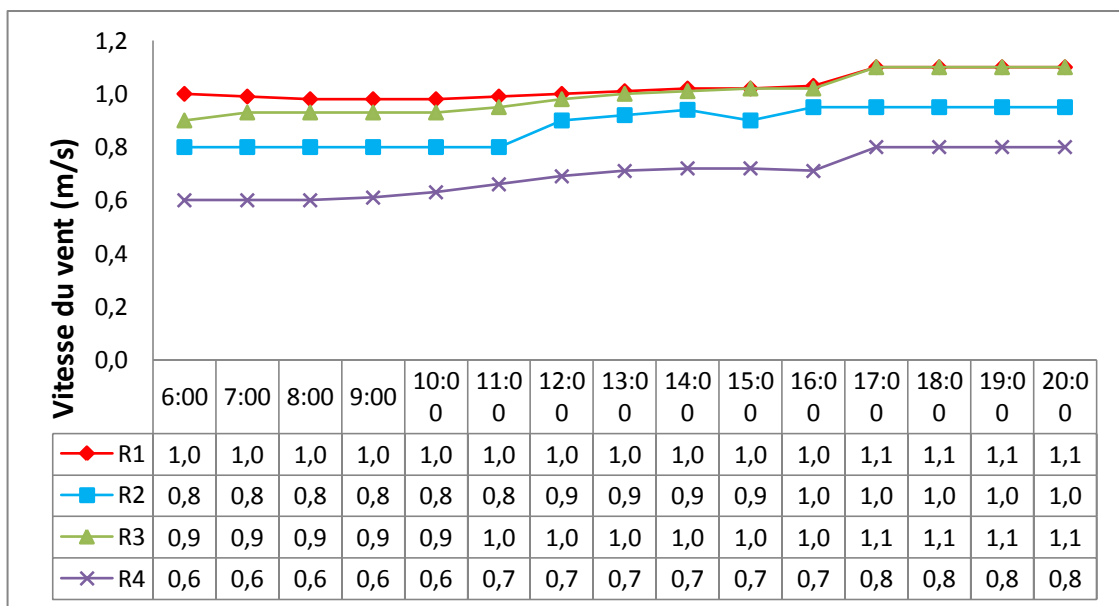
H/L élevé 1.80, notamment quand cette rue est très pauvre en matière végétale évaporative.

Mais les différences aussi minimes qu'elles soient, sont là de l'ordre de 1.2% au maximum, et c'est la partie ouest R2 qui présente la plus grande durée d'humidification et ce qui est d'ailleurs confirmé par les courbes de la température de l'air. C'est le récepteur R2 qui enregistre les températures les plus basses et évidemment les plus fraîches.

- Comparer entre le récepteur R3 Est et R4 ouest du profil asymétrique sous un surplomb façade révèle la différence minimale qui existe entre les deux comportements de l'humidité au sein de la rue asymétrique.

Visiblement cette différence est moins importante que celle enregistrée dans le profil symétrique, ceci renvoi probablement à l'ouverture du ciel qui est plus importante ce qui laisse l'air plus libre et son mouvement vers le haut plus rapide qu'une grande quantité de l'humidité présente dans l'air est vite.

2.6.3. Vitesse de l'air :



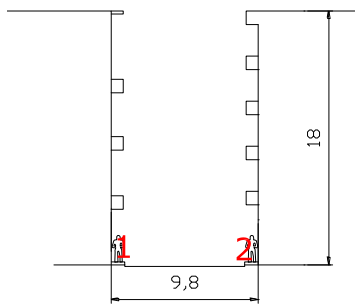
Graphique 5.32 : Vitesse du vent (m/s) - Rue étroite N-S , H/L=1.83. Source : auteur

Pour ce qui est de la vitesse du vent, le même comportement que pour les alternatives de rues ainsi étudiées (H/L=0.30, 0.5, 1) . Le vent connaît des phases dans son comportement, il est presque constant pour chaque zone de mesure avec des écarts

presque constantes aussi. Le vent est très calme et enregistrent des écarts de 0.1m/s entre les différents récepteurs, néanmoins c'est à partir de 16h00 qu'il commence à connaître du mouvement mais ça reste relativement minime de l'ordre de 0.2m/s de différence.

2.7. H/L=1.8- Axe E-OU:

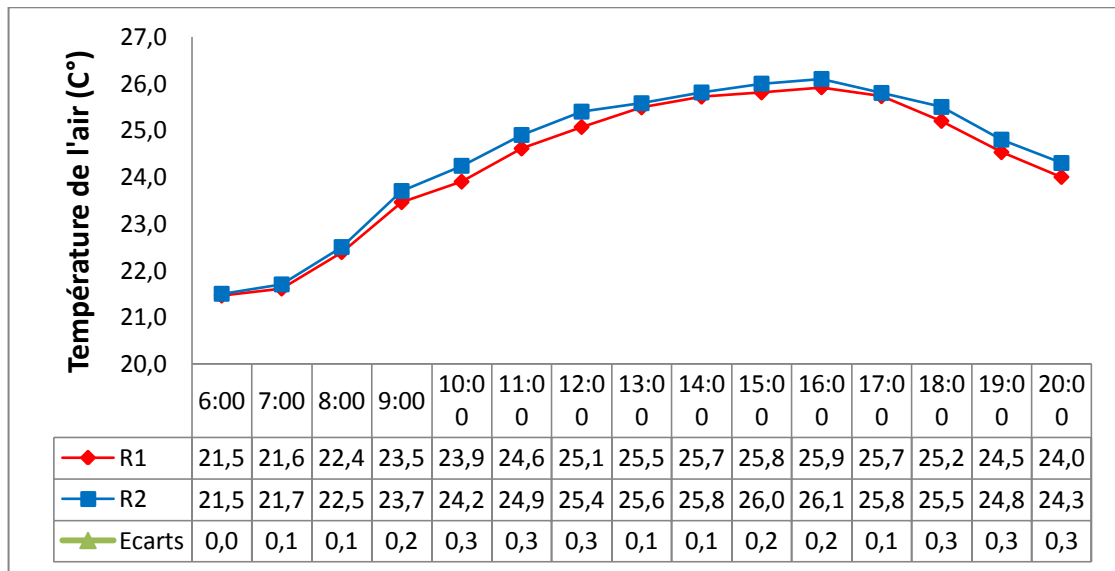
2.7.1 Température de l'air :



Liste des Récepteurs :

- R1 : Nord- Sous balcon
- R2 : Sud - Sous balcon

Figure 5.24: présentation des récepteurs Rue E-OU , H/L=1.8 Source : auteur



Graphique 5.33: Température de l'air (C°) - Rue étroite E-OU , H/L=1.8. Source : auteur

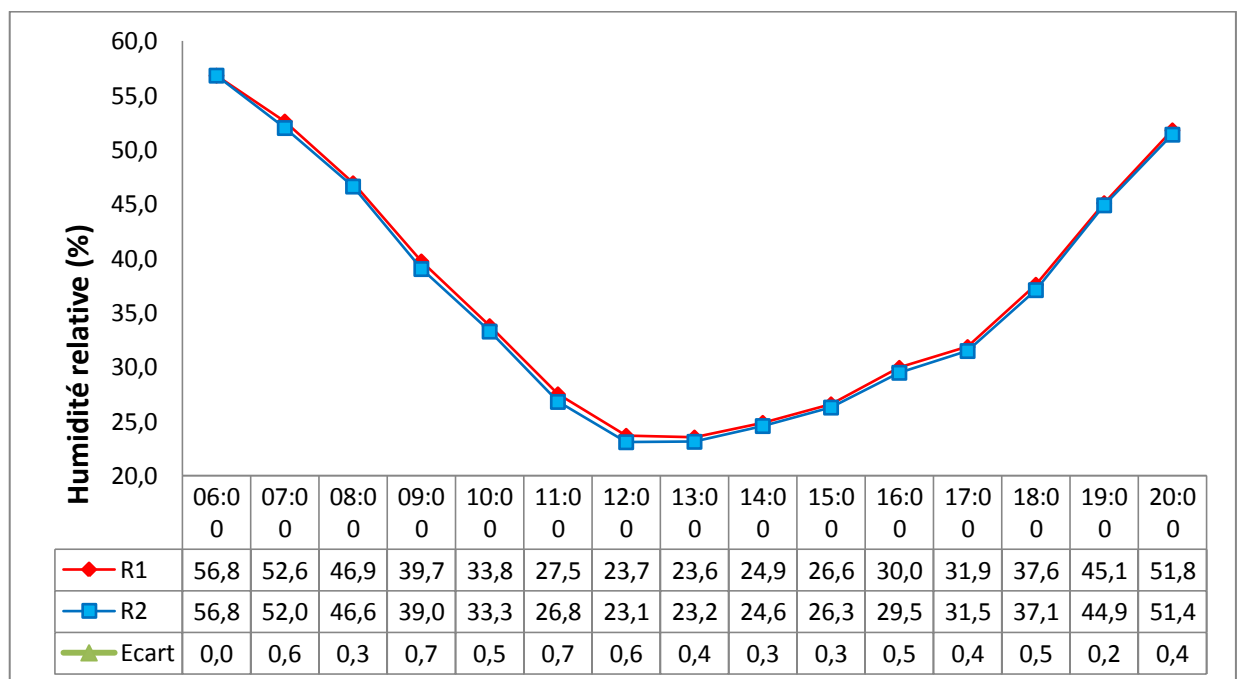
Les valeurs de la température de l'air mesurées sur les deux zones Nord, R1 et Sud, R2 sont très rapprochées durant toute la journée les températures sud sont relativement plus élevées que celles du nord.

Les différences sont minimales en début de journée atteignant le max à 10h00, 11h00, et 12h00 de 0.3C°, c'est la phase la plus forte en rayonnement solaire directe, elle continue avec 0.1C° et 0.2 C° dans l'après midi, jusqu'en fin de journée avec 0.3C° de 18h00 à 20h00.

Ceci renvoie au coefficient d'ouverture au ciel réduit de l'ordre de 0.54 que le refroidissement de la parties sud (air et surfaces) prend son temps.

A travers les résultats enregistrés le comportement de la température de l'air dans les deux cotés de rue au sein de cette alternative E-OU, H/L=1.80 s'avère en faible relation avec l'orientation des bâtiment.

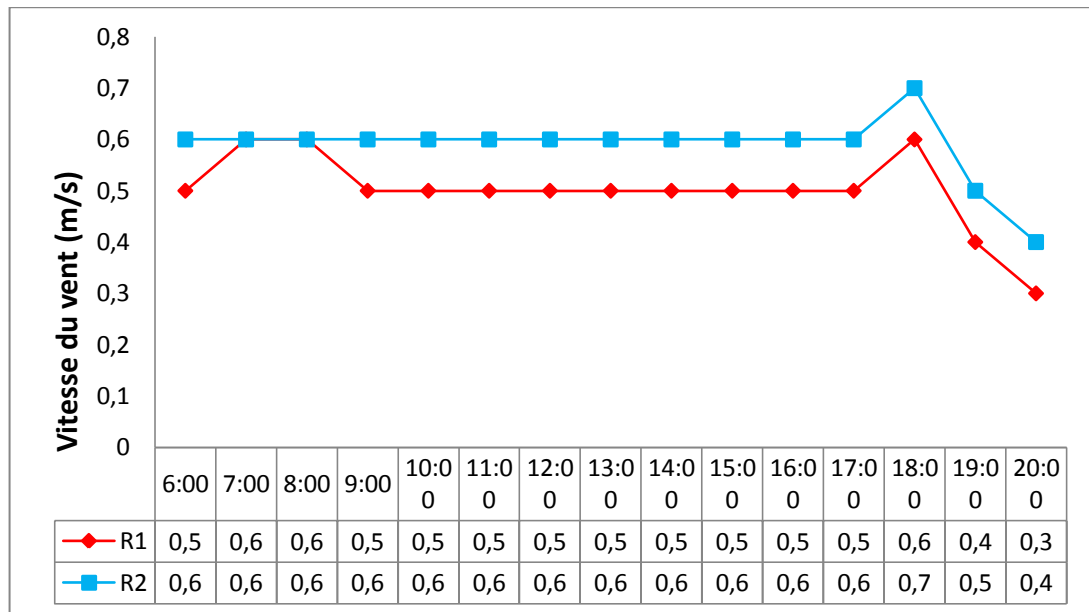
2.7.2 Humidité relative :



Graphique 5.34: Humidité relative (%) - Rue large E-OU , H/L=1.8. Source : auteur

Vient confirmer les valeurs de la température de l'air, l'humidité relative enregistrée des deux récepteurs R1 Nord et R2 Sud sont très rapprochées, ceci est dû à l'absence totale de la végétation. Néanmoins la zone du récepteur sud en connaissant des heures plus chaudes que celles du nord elle a connu ainsi des taux d'humidité relativement plus bas que ceux du nord avec 0.7% de différence.

2.7.3 Vitesse du vent :



Graphique 5.35: Vitesse du vent (m/s) - Rue étroite E-OU , H/L=1.8. Source : auteur

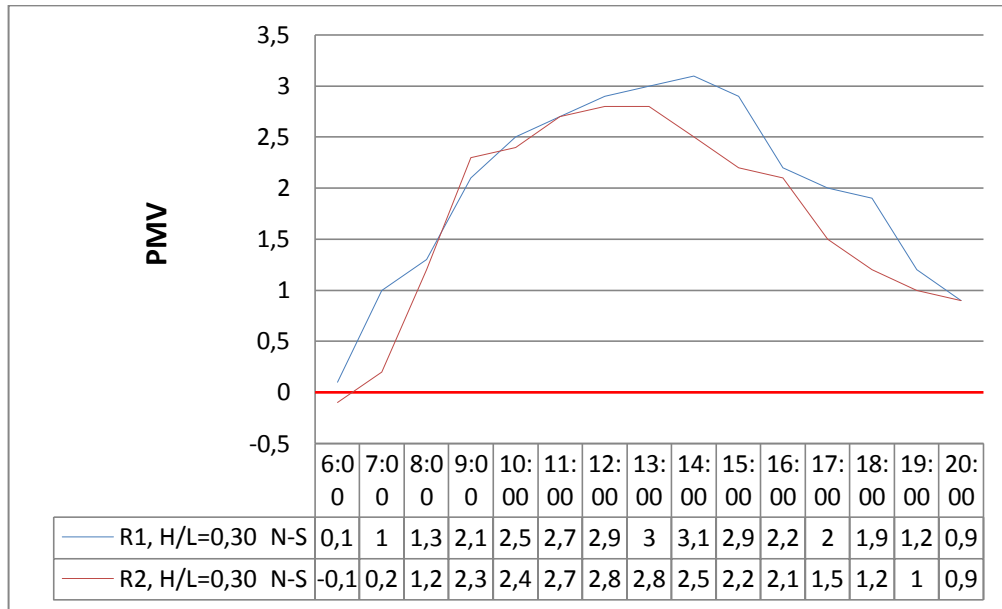
Pour le R1, il connaît trois phases, le matin et le soir une hausse puis une baisse avec des différences de 0.1m/s et dans la journée de 9h00 à 17h00 il reste calme avec 0.5m/s.

Or que pour le R2, le vent est constant de 6h00 avec 0.6m/s jusqu'à 17h00 où il commence à avoir une hausse jusqu'à 0.7m/s et simultanément une chute de 0.3m/s. ce comportement rejoint en quelque sorte le comportement de la température de l'air, que le R2 la zone la plus fraîche et ainsi la zone la plus ventée, et cette fraîcheur est attribuable aussi à l'effet du vent.

3. Discussion de l'indice PMV et PPD :

Dans cette partie de l'étude, l'indice PMV (vote moyen prévisible) fera l'objet d'un outil d'évaluation du confort thermique. Ainsi l'indice PPD afin de nous donner une idée sur le taux des satisfaits au sein des différentes alternatives de rues choisies.

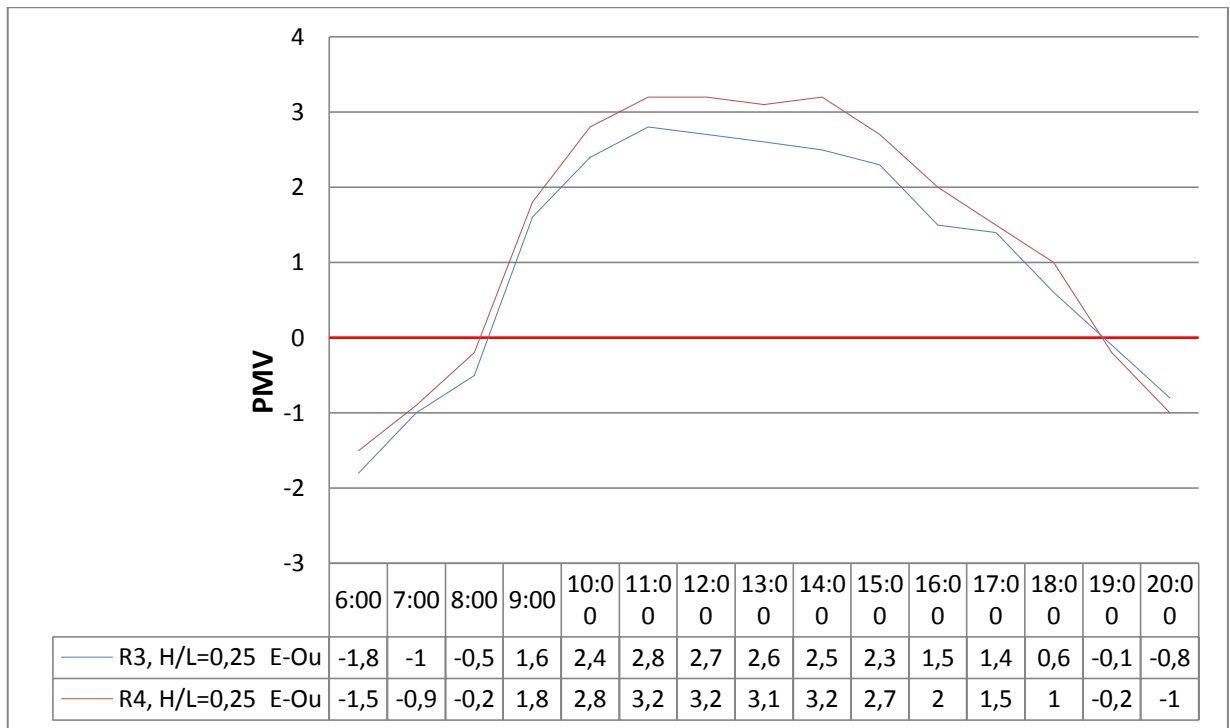
3.1. PMV, Rue très large H/L= 0.3, Axe E-OU:



Graphique 5.36 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L= 0.3 Axe N-S Source :
auteur

Les valeurs de l'indice PMV calculées sur la rue N-S révèlent que la sensation oscille entre la sensation de confort dans les premières heures de la journée 6h00 et 7h00 pour le R2 (Est sous arbre) avec 0.87% d'insatisfaits, la sensation du « légèrement chaud » de 8h00 et les dernières heures de la journée de 19h00 à 20h00. Du « chaud » à 9h00 et 16h00 avec 21.84% d'insatisfaits, et la plus large plage est celle de la sensation du « très chaud » qui dure 06 heures de 10h00 à 15h00 avec un taux maximal d'insatisfaits de 99.77%. Pour le R1 (ouest sans arbre) les conditions sont relativement différentes pendant les premières et dernières heures de la journée qui se présentent plutôt moins fraîches mais pour la plage du « très chaud » elle s'étend sur 04 heures seulement (de 11h00 à 14h00) avec un taux d'insatisfaits maximal de 97.69%.

Le rôle de l'orientation est ici notable qu'il parvient à diminuer la plage d'inconfort de 06 heures à 04heures.

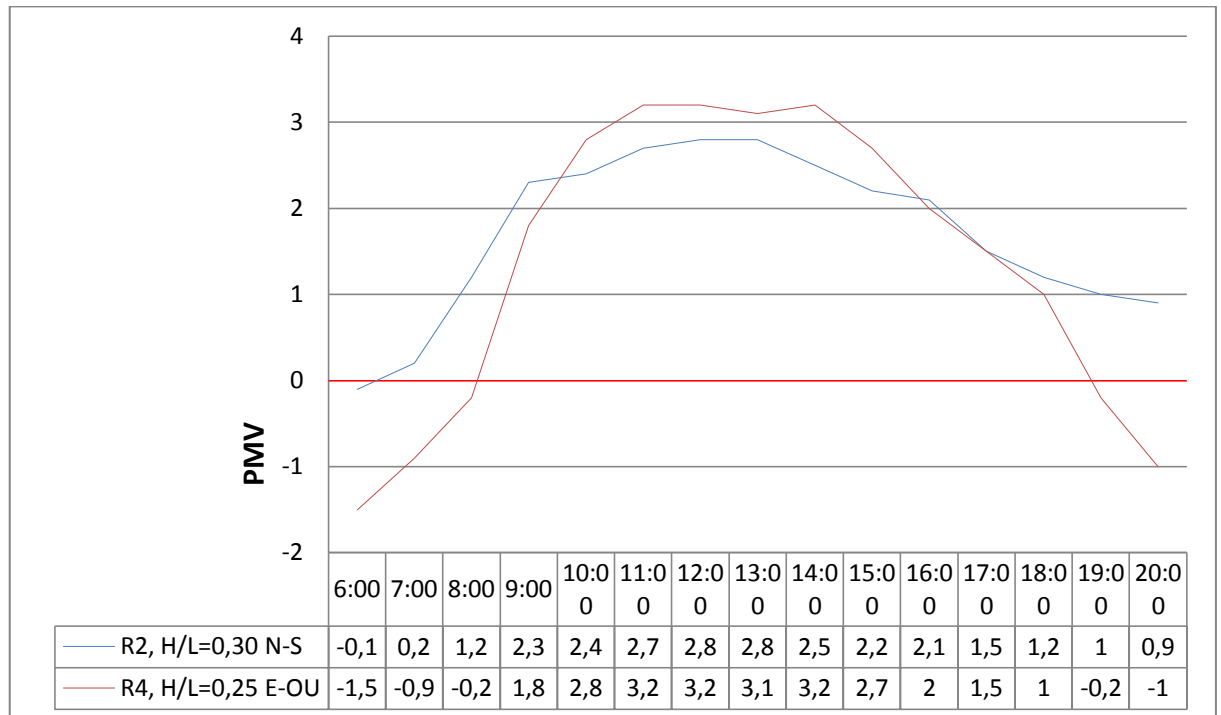


Graphique 5.37 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L= 0.25 Axe E-Ou Source :
auteur

Dans le canyon E-Ou les valeurs enregistrées manifestent des heures de refroidissement relativement importantes de « légèrement froid » et « froid » avec un taux d'insatisfaits de 65.21% le matin (6h00 et 7h00) et de 14.20% le soir (20h00).

Pour le coté sud de la rue, (zone de R3) la rue est dans la plage du « confortable » à 8h00 puis 18h00, 19h00 et 20h00 avec un taux de 7.95% d'insatisfaits qui connaît son maximum à 11h00 avec 97.69%. Pour le coté nord de la rue (R4) il ne bénéficie que de seulement 02 heures de confort avec un taux d'insatisfaits de 0.87%, celui-ci est à son maximum à 11h00, 12h00 et 14h00 avec 99.68%.

On peut en conclure que le R4 orienté nord est sensé être la zone la plus fraîche, or que c'est la zone sud de R3 qui connaît le plus d'heures de refroidissement ceci est à l'origine de l'évapotranspiration importante provenant de la langue durée d'exposition du grand couvert végétal aux rayons solaires directes du sud.



Graphique 5.38 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue très large, H/L=0.30 N-S et H/L= 0.25

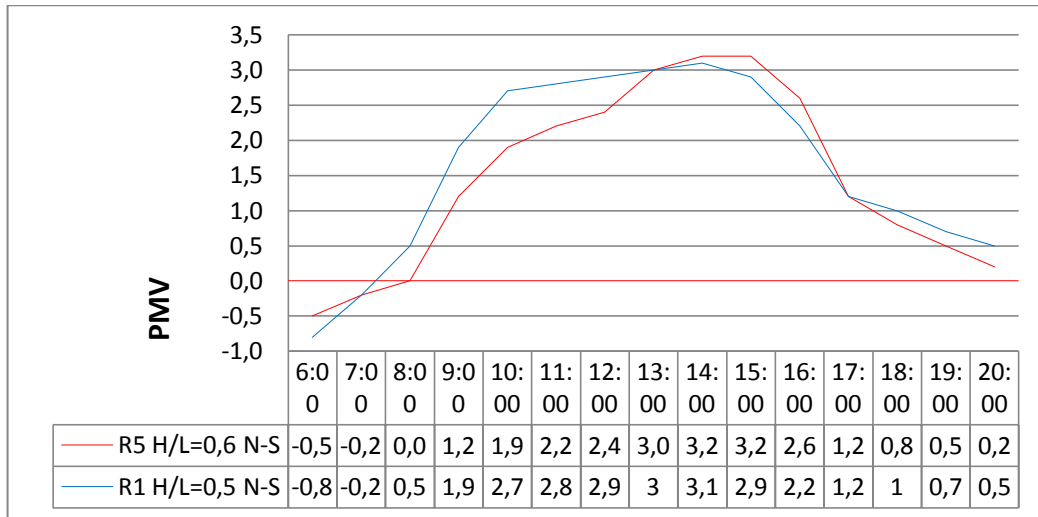
Axe E-Ou. Source : auteur

- Effet du couvert végétal :

Comparer entre les deux profils N-S et E-OU nous donne une idée sur l'orientation qui se rapproche le plus à la plage du confort et qui enregistre le taux le plus réduit d'insatisfaits, ce qui confirme la conclusion des résultats déjà obtenus dans la discussion de la température de l'air et l'humidité relative.

Le profil E-Ou Avec sa masse végétale importante et sa grande ouverture au ciel favorise le processus d'évapotranspiration qui enregistre un refroidissement significatif dans les premières dernière heures de la journée mettant la zone R3 et R4 dans la plage du froid à (6h00) et légèrement froid (7h00, et 20h00). On en conclue que l'effet combiné de l'évapotranspiration et de l'ombre met les espaces piétons (R3, R4) dans une ambiance fraiche au début et en fin de journée (perte de chaleur grâce à l'importante ouverture au ciel).

3.2. PMV, Rue large, comparaison H/L=0.50 et H/L=0.60- Axe N-S:



Graphique 5.39 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue large, H/L=0.60 et H/L=0.50, Axe N-S.

Source : auteur

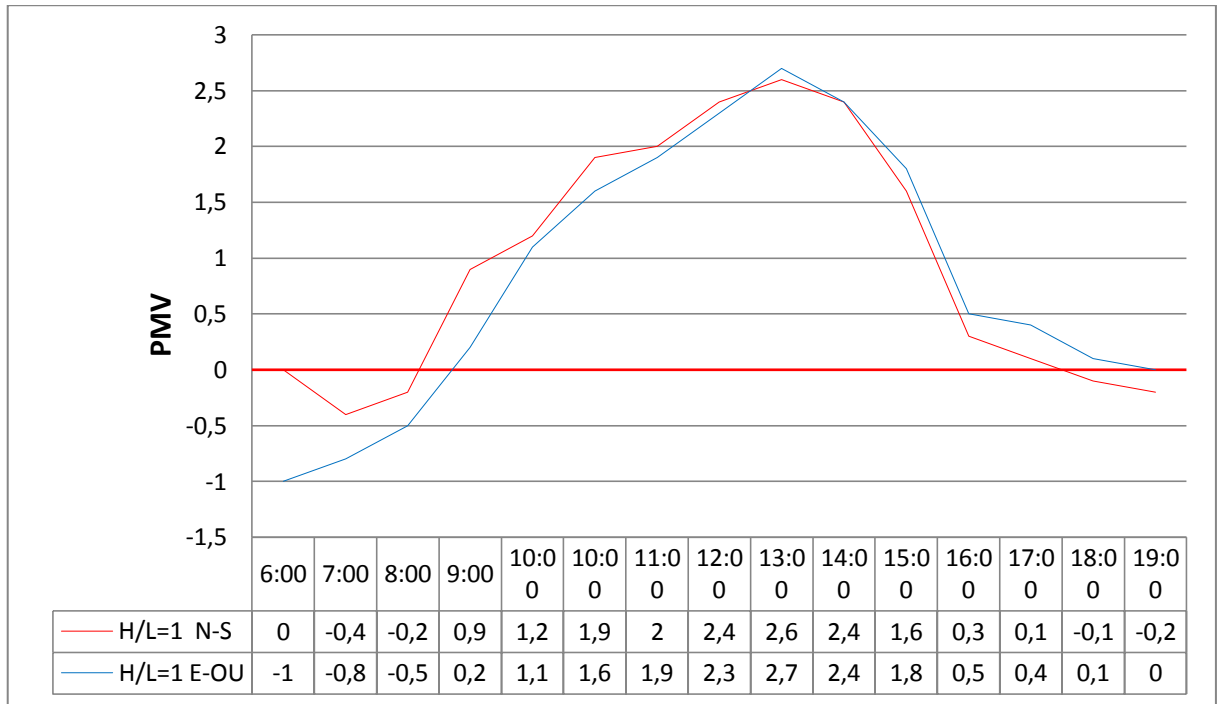
• Effet du ratio :

les valeurs de l'indice de PMV enregistrées dans le même canyon et même conditions (sous galerie, façade est), respectivement R1 et R5 avec différents ratios 0.5, 0.6, révèlent que la zone de R5 est celle qui enregistre le plus d'heures de confort 03 heures le matin de 6h00 à 8h00 et le soir également de 18h00 à 20h00.

C'est pratiquement elle qui regroupe le taux le moins important d'insatisfait dans les heures les plus critiques de la journée avec 90.63 % à midi contre 98.51% pour le R1.

Ceci revient à la grande ouverture au ciel, le soleil pénètre de bon matin dans la rue à ratio réduit ce qui la réchauffe vite donnant une sensation de chaud à partir de 9h00 et de très chaud de 10h00 à 15h00. Cette plage d'inconfort est plus grande que celle du ratio 0.6 qui enregistre seulement 03 heures dans cette plage.

3.3. PMV, Rue moyenne H/L=1, Comparaison profil N-S et profil E-Ou



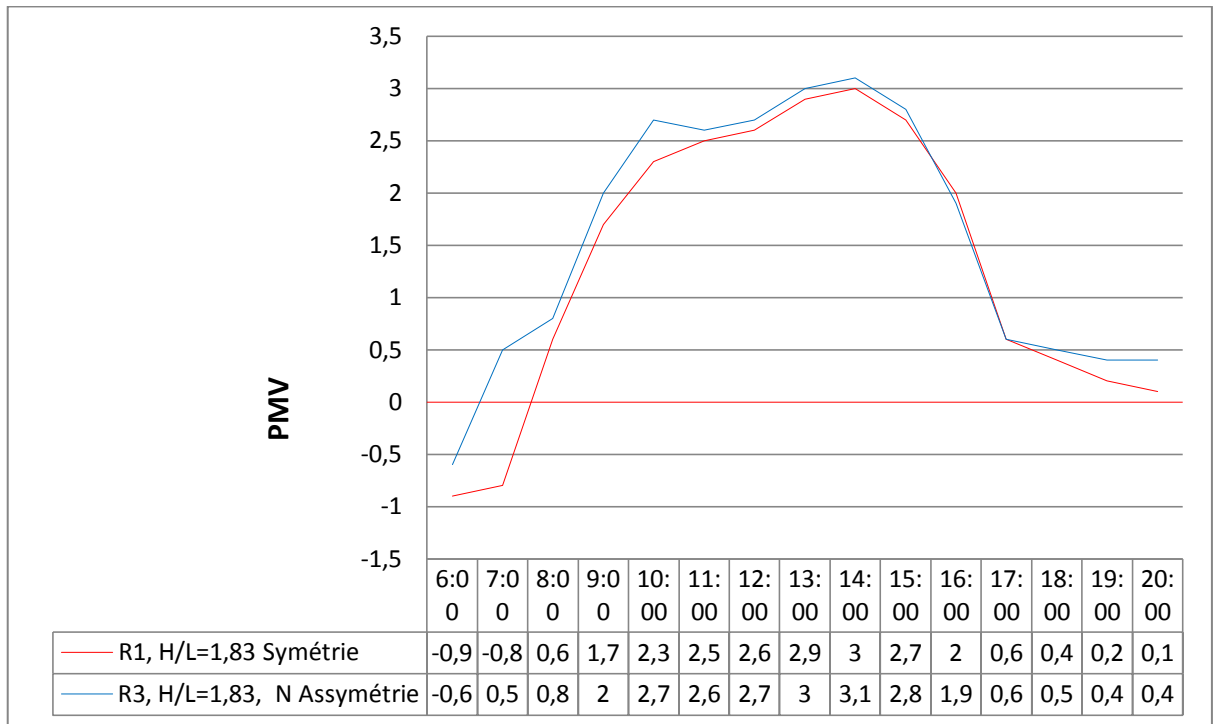
Graphique 5.40 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue moyenne, H/L=1, Axe N-S et E-Ou.

Source : auteur

• Effet de l'orientation de la rue :

Le profil N-S manifeste un rapprochement relativement important à la zone neutre de 6h00 à 9h00 puis de 16h00 à 19h00 comparé au profil E-Ou, qui est plutôt dans la zone de « légèrement froid » de 6h00 à 8h00 et dans la plage de neutre de 16h00 à 20h00. On peut dire que cette alternative de rue H/L=1, offre plus d'heures fraîches que les autres alternatives étudiées, étant dans le sens des vent dominant d'été , elle est dans la plage de « très chaud » juste à 12h00, 13h00, 14h00.

3.4. PMV, Rue étroite H/L=1.83 - Axe N-S, comparaison profil symétrique et profil asymétrique :



Graphique 5.41 : Valeur de l'indice PMV (%) - Rue étroite, H/L=1.83, profil symétrique et profil asymétrique, Axe N-S. Source : auteur

- Effet de l'asymétrie :

Les valeurs de PMV enregistrées sur les deux canyons montrent que le profil symétrique est légèrement froid pendant les premières heures matinales (6h00 et 7h00) puis à 8h00 dans la plage du neutre, avec un taux de 59.74% d'insatisfait à 9h00 comparé à 75.74% à la même heure dans le profil asymétrique. Ceci renvoie à la grande ouverture au ciel SVF=0.58 contre 0.54 pour le profil symétrique ce qui augmente significativement la quantité de chaleur entrant dans le canyon, l'indice PMV en est tout relatif, et c'est ce qui explique la large zone d'inconfort (chaud et très chaud) à partir de 9h00 jusqu'à 16h00.

Il ressort clairement que c'est la rue symétrique qui présente plus d'heures de fraîcheur que la rue asymétrique.

Comme conclusion on peut dire que les données de l'indice PMV et PPD calculées à l'aide du logiciel RAYMAN ©, rejoignent les résultats des mesures (la température de l'air, humidité de l'air) enregistrés par le logiciel ENVI met ©. Il est à noter que l'indice

PMV est un outil d'aide à la décision et un outil de conception architecturale et urbaine durable.

4. Résumé des résultats obtenus :

4.1. Qu'elle est la relation entre l'ambiance hygrothermique et l'orientation de la rue ?

Pour ce qui est orientation de la rue, les résultats des différentes simulations ont révélé son degré d'influence sur le comportement de l'ambiance hygrothermique et plus précisément sur la température de l'air et du taux d'humidité.

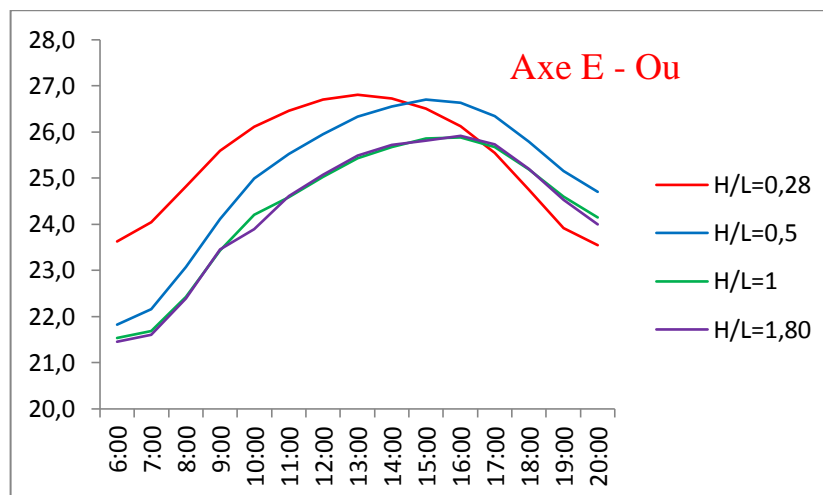
Les différences entre les résultats en température de l'air et les écarts enregistrés pour les deux orientations extrêmes N-S et E-OU au sein des différentes géométries de rue (large, moyenne, étroite) peuvent être résumées comme suite :

- Pour la rue $H/L=0.5$, E-OU gagne grandement en fraîcheur avec $1.2C^{\circ}$ et ce durant toutes les heures de la journée.
- La rue $H/L=1$, l'orientation E-OU se manifeste également plus fraîche pendant les heures les plus défavorables de la journée de 10h00 à 15h00, avec 09 heures de fraîcheur que la rue N-S enregistrant des écarts moins importants que ceux de la rue $H/L=0.5$ de l'ordre de $0.4C^{\circ}$.
- Pour un ratio $H/L=1.8$ la rue E-OU est plus fraîche au début et en fin de journée, faisant durer cette fraîcheur 11h dans la journée avec des écarts de $0.3C^{\circ}$

Ces résultats nous poussent à soutenir l'orientation E-OU.

4.2. Que peut-on dire du rôle du minéral dans la régulation de l'ambiance hygrothermique dans les alternatives de rues simulées ?

4.2.1. Relation entre « ambiance hygrothermique - Rapport d'aspect H/L de la rue :



Graphique 5.42 : Comparaison de la température de l'air (C°), rue E/Ou, H/L= 0.28, 0.5, 1, 1.80.

Source : auteur.

Le rôle de la géométrie de la rue était très notable dans la réduction de la température de l'air. Plus le ratio H/L est élevé plus la température de l'air baisse, les différences enregistrées entre la rue H/L=1.80 et H/L=0.28 est de 2.4C°, elle est de 1.1C° pour la rue H/L=0.5 et de 0.3C° pour la rue H/L=1.

Le ratio H/L élevé contribue grandement dans l'atténuation du stress thermique, réduit l'accès aux rayons solaires directs, réduit notamment la chaleur rayonnante du ciel, il augmente également le potentiel de l'ombre et en particulier l'ombre réciproque du matin-soir pour une orientation N-S.

4.2.2. Relation entre « ambiance hygrothermique - SVF - Asymétrie »:

La température de l'air s'est avérée sensible au degré d'ouverture au ciel SVF

Pour une rue, E-OU, H/L=0.5, une différence de 0.3C° entre un récepteur de mesure avec un SVF =0.90 et un SVF= 0.83. Pour une rue N-S, H/L=1.83, une réduction à profil asymétrique, la réduction du SVF de 0.58 à 0.54 à conduit a une réduction de la température de l'air de 0.5C° le matin et 0.4C° le soir (20h00).

4.2.3. Relation entre « ambiance hygrothermique et dispositifs architecturaux » notamment des galeries et des surplombs façades :

L'effet de l'aménagement de Galerie pour une rue H/L=0.5, arrive à réduire la température de l'air de 0.4C° dans l'après midi pour la partie ouest de la rue.

4.2.4. Relation entre «ambiance hygrothermique – Albédo » :

Pour une rue N-S, H/L=0.5, Le blanchissement des surfaces de bâtiment à ressuis à réduire la température de 0.7C° et de 0.3C° pour une rue E-OU.

4.3. Qu'en est-il de la dimension végétale ?

Les rues dépourvues de végétation se sont avérées les plus chaudes. La température de l'air dans une rue H/L=0.5, la valeur de température maximale (13h00) enregistrée sur un trottoir aménagé avec des arbres isolés est de 26.7C°, elle est de 25.9C° avec la densification du nombre d'arbre en deux fois le nombre initial, avec une rangée d'arbres continus elle descend jusqu'à 25.4C°. Pour ce qui est de l'humidité relative elle est de 27.1%, 29.9%, 30.8% respectif. Ceci dit, l'ambiance hygrothermique dépend fortement de la dimension végétale, de sa densité et sa disposition. Et là ou elle se trouve en force, le confort hygrothermique y-sera assuré.

Conclusion :

Dans ce chapitre, la simulation des deux dimensions minérale et végétale au sein de plusieurs alternatives de rue et pour les deux orientations principales N-S, E-OU, nous a aidé a faire ressortir les paramètres les plus impliqués dans la modification du microclimat hygrothermique extérieur au sein de ces rues, ainsi le rôle de chaque dimension, nous a également fait comprendre où se termine le rôle du minéral et où commence celui du végétal.

Le minéral en combinaison avec le végétal, la rue H/L=0.5 N-S, aménagée avec une galerie de 4m de large avec une série d'arbres espacés de 2m arrive à diminuer la température de l'air de 0.9C° de son état réel (arbres espacé de 3m sans galerie), on a gardé le nombre d'arbres et on a enlevé la galerie, la température a enregistré un écart de 0.7C°. Le même travail a été mené sur une rue H/L=0.5, E-OU, la température de l'air réelle max enregistrée à 13h00, mais on a mis à la place de la galerie une autre rangée d'arbre et l'effet était moins fort 25.8C° qu'avec la galerie 25.5C°. On en conclut que le végétal à coté du minéral avec une bonne conception prévus chacun dans sa place avec la taille, la densité et la nature appropriées assurera absolument le confort hygrothermique pour le piéton et une ambiance agréable et conviviale.

Conclusion générale

« Une renaissance s'impose donc, moyennant de nouveaux actes fondateurs, capables de produire à nouveau du territoire, ou plutôt de nouvelles relations fertiles entre les établissements humains et le milieu naturel. C'est dans ces actes recréateurs de territoire que réside le germe d'un développement réellement soutenable ». Magnaghi.A.2003. P7.

Le monde aujourd'hui, vit une panique continuelle, annonce la fin des ressources, se jette les responsabilités, on ne sait plus par quoi procéder.

Lors des dernières communications à l'occasion de la journée internationale de l'arbre, le 25 octobre 2011, la DGF Algérie (direction générale des forêts) a déclaré que le patrimoine forestier est de 13550 arbres, et qu'il baisse considérablement chaque année. Et avec le grand chantier qu'a connu notre pays de un million de logement, les cahiers de charges mises en place stipulent une surface minimale de végétation par rapport à la surface totale de la cité et n'exigent aucun dispositif minéral de protection ou d'amélioration du microclimat, contre les excès en soleil et vent.

Ceci dit, il est illusoire de penser arriver à protéger notre urbain dont dépendrait le bonheur des citoyens actuels et futurs par des décisions abandonnées à mis chemin et des recherches très prometteuses non mises en pratique. Il est cependant essentiel d'engager une pensée pour générer une dynamique d'échange et de partage humain au sein d'une ambiance urbaine idéale. C'est aux aménageurs, architectes, urbanistes et législateurs d'œuvrer pour que cette ambiance soit proche de son usager, et l'héberge même dans les conditions les plus défavorables (hiver froid, été chaud).

C'est dans l'objectif de maîtriser les impacts du climat sur l'environnement extérieur et d'évaluer les effets de la couverture minérale et végétale sur l'ambiance hygrothermique extérieure que la présente étude a été engagée. La problématique qui y-a été développée s'articule autour du rôle de l'élément minéral (bâti) et l'élément végétal (arbre) dans la régulation de l'ambiance hygrothermique extérieure. Ainsi s'il faudrait penser à un seul élément régulateur des ambiances extérieures de nos rues, ou plutôt combiner entre les deux l'élément minéral et végétal.

L'hypothèse principale stipule une relation de prédiction entre confort hygrothermique urbain et la présence simultanée des composantes minérales et végétales dans l'espace public urbain.

Afin de tester cette hypothèse, une recherche théorique s'est effectuée sur les notions du confort et ambiance hygrothermiques extérieurs, ainsi sur les avantages des deux éléments végétal et minéral et comment ces deux notions interagissent ensemble afin de faire durer le confort du piéton dans l'urbain notamment la rue. Et en vue d'attester les conclusions de la recherche théorique, on a poursuivi la recherche par une étude de cas à l'aide d'un logiciel tridimensionnel de simulation et de calcul de la dynamique hygrothermique dans une zone urbaine bien définie. Pour ce, l'étude est structurée en deux grande parties :

La première partie constitue un état de l'art des paramètres climat, ambiance extérieure notamment hygrothermique, avec une élucidation de ces notions, où chaque notion fait sujet d'un chapitre a part.

Le premier chapitre concerne le concept climat et sa relation avec le design urbain et la création du microclimat, ainsi il traite les espaces extérieurs urbains, leur genèse, et comment sont-ils approchés par l'homme. Avec des questions réponses on a réussi à répondre a un large éventail de questions qu'on se pose souvent spécialistes et usagers, sur la rue en tant qu'ambiance extérieure, sa relation avec le climat-urbanisation et l'homme et on a pu élucider les différentes sources d'inconfort dont souffre l'utilisateur dans l'urbain.

Le 2ème chapitre évoque la notion du confort et ambiance extérieurs et explique la raison pour laquelle le choix été porté sur l'ambiance hygrothermique extérieure, en

procédant à chaque notion (thermique, hygrométrie) par des questions réponses sur le rapport chaleur – humidité, et le rapport chaleur et vent. Puis clarifiant les différents outils de contrôle et méthodes d'évaluation du confort thermique et hygrométrique dans les espaces extérieurs.

Le 3ème chapitre explique le rôle des deux couvertures minérale et végétale dans la régulation microclimatique à l'échelle de la rue. Ce chapitre est structuré en trois grands titres, les deux premiers parlent des deux couvertures et leurs apports chacun de son côté. Dans le premier titre on parle de l'apport du minéral avec la géométrie de la rue, le rôle du prospect, degré d'ouverture au ciel, de l'asymétrie, des profils horizontaux, puis par les différents dispositifs minéraux tels que l'apport de la galerie et des différents surplombs en façades, matériaux. Dans ce titre on a tenté de faire un recueil de plusieurs travaux visant une conception urbaine optimale et la maîtrise des conditions extérieures (chaleur, humidité, vent) par des mesures techniques (à l'aide des logiciels) en phase conception.

Le deuxième titre traite la végétation et ses avantages dans l'amélioration des conditions microclimatiques (fraicheur, refroidissement, ombre...), avec un état de l'art sur les différentes recherches faites dans le monde pour le contrôle des ambiances hygrothermiques par le végétal.

Le 3ème titre élucide la combinaison des deux éléments et l'apport du couple minéral-végétal. Ce qui nous a aidés à dresser une liste de recommandations pour le bon contrôle des sources d'inconfort.

La seconde partie de cette recherche est la modélisation de la dynamique hygrothermique à l'aide des outils informatiques logiciels ENVI met et Leonardo.

Pour mieux comprendre le rôle du bâti (la géométrie de la rue, et ses paramètres relatifs orientation, prospect H/L, SVF, asymétrie ...) et du végétal (arbre, herbe...), des études comparatives ont été menées pour chaque alternative et des scénarios ont été entrepris, chacun d'eux concerne un ou plusieurs détails de conception ou d'aménagement paysager. Pour en premier quantifier la contribution de chacun de ces paramètres dans l'atténuation du stress thermique et en second arriver à hiérarchiser la responsabilité et la

sensibilité de chaque paramètre dans l'amélioration du confort hygrothermique extérieur en vertu des conditions extrêmes été chaud et hiver froid.

Le logiciel ENVI-met s'est avéré très utile dans la partie modélisation de cette étude, avec sa capacité d'analyse, il a donné des résultats concluants et très intéressants en ce qui concerne les paramètres température et humidité. Néanmoins il est à noter que ses limitations n'offrent pas une grande liberté sur le plan conception et sur le plan calcul plus particulièrement le calcul du paramètre vitesse de l'air, car les résultats et graphiques ne correspondent pas au comportement du vent en milieu urbain.

Les conclusions tirées de la partie théorique basée sur des recherches faites sur des sujets similaires à celui-ci par des chercheurs algériens et étrangers, traitant l'ambiance hygrothermique extérieure, et les facteurs influents (bâti et végétal), Ainsi les résultats de la modélisation s'unifient autour d'une conclusion unique. C'est la réponse à la question de la recherche qui était bien évidemment : *Quel est le rôle de l'élément minéral et l'élément végétal sur l'ambiance hygrothermique extérieure ?*

Au terme de cette investigation, la réponse soutient l'hypothèse proposée et la confirme avec des résultats formels. Bien entendu, le rôle des éléments minéral et végétal est très important pour une démarche normative et régulatrice des ambiances hygrothermiques extérieures, mais chacun intervient dans son champ qui lui est bien particulier.

Et la réponse à la question de la recherche est : **Le recours à des solutions et techniques intermédiaires tels que l'emploi judicieux d'éléments minéraux et végétaux, selon la situation qui se présente, peut contribuer avec force à la régulation des ambiances hygrothermiques des espaces extérieurs.**

En effet, on ne peut penser à un seul élément régulateur, Mais une bonne combinaison des deux éléments comme un couple complémentaire, là où le minéral atteint ses limites le végétal intervient pour des conditions extérieures modérées et une ambiance hygrothermique optimale, colorée et gaie.

L'objectif tracé dans cette recherche est essentiellement faire ressortir le rôle du bâti et du végétal sous leur angle régulateur des ambiances hygrothermiques extérieures (contrôle des flux ambiants). Plus particulièrement cette étude été concentrée sur les

phénomènes physiques et ce pour les deux parties théorique et simulation. Mais l'espace n'étant rien sans l'homme et l'ambiance étant une interaction des phénomènes physiques avec l'homme dans un espace donné et un temps donné,

Pour des perspectives futures il serait un appui de poursuivre la recherche et inclure l'homme. En se basant cette fois sur la dimension comportementale de l'homme quant à ces phénomènes dans l'urbain. Une analyse qualitative, qui s'appuie sur le côté subjectif de l'ambiance avec la technique du questionnaire (sur l'appréciation ou la non appréciation de la situation). Ainsi un approfondissement dans la richesse du logiciel ENVImet avec sa version actuelle qui n'a pas été complètement explorée et dans les futures versions qu'ils promettent avec moins de limites et plus de paramètres à considérer.

Bibliographie :

Livres

Amartya, S., *L'avenir de l'environnement mondial 3. GEO 3*, Volume 3, Programme des Nations Unies pour l'environnement, P309.

Brody. J (2005), *La rue-* chapitre Rue espace formel.

Dolle. (2005) et Thibaud, J. P.(2007) : La fabrique de la rue en marche : essai sur l'altération des ambiances urbaines, Revue « *La rue, entre réseaux et territoires* » lux numéro 66/67

Génot, J. C. (2008), *La nature malade de la gestion - La gestion de la biodiversité ou la domination de la nature*. Paris, Le Sang de la Terre

Recherches et Publication:

Ali-Toudert, F. (2005). *Dependence of Outdoor Thermal Comfort on Street Design in Hot and Dry Climate*, Freiburg, November 2005.

Ali-Toudert, F. et Mayer, H. (2007), Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation, *Solar Energy*, Elsevier, Oxford, Volume 81, Issue 6.

Augoyard, J. -F. (2008) : *Ambiances Architecturales et Urbaines*, CRESSON.

- Balaÿ, O. Desèvedavy, G. Madec, P. (2009)**, habiter le campus : l'atmosphère de la multitude, équipe ENSAL, école Nationale Supérieure d'Architecture de Lyon
- Baudouin, Y.** Région métropolitaine : les îlots de chaleur se multiplient, *UQÀM*.
- Belmaaziz, M. (2010)**, Thématique règles expertes, Unité de recherche : dossier unique *Laboratoire ABC/ENSA Marseille PROJET (Partie I : Projet scientifique) 2010*.
- Bessemoulin, P. et Oliviéri, J. (2000)**, *Le rayonnement solaire et sa composante ultraviolette*, La météorologie 8e 42 série - n° 31 - septembre 2000.
- Bidal, Catalan, M. Cromback, P. Jovignot, C, PUCA. (2008)** , *Annuaire des recherches et expérimentations 2007*, Publication.
- Bourbia, F. et Awbi, H. (2004)** , Building "cluster and shading in urban canyon for hot dry climate. Part 1: Air and surface temperature measurements, PERGAMON Constantine, Algérie.
- Brown et Gillespie (1995)** , *Microclimatic Landscape Design—Creating, Thermal Comfort and Energy Efficiency*, Wiley, New York.
- Cahour, B.** *Prise en compte du confort psychologique pour la conception et l'évaluation*, publication, bcahour@irit.fr
- Cauter. (2002) cité par Thibaud, J. P. (2007)** La fabrique de la rue en marche : essai sur l'altération des ambiances urbaines. Flux, n°66/67, 2007. 111-119 p.
- Chelkoff, G. (2004)**, Ecologie sensible des formes architecturales, In *EURAU2004 European Research in Architecture and Urbanisme (la question doctorale)* 12 14 mai 2004, Marseille, France
- Chen, J. M et Black, T. A. (1992)** , *Defining leaf area index for non-flat leaves, Plant, Cell and Environment*, 15, 421-429, 1992. Comfort and energy efficiency. Department of Landscape Architecture, University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal, (e-mail: tpanago@ualg.pt).
- Colombert, M., Diab, Y., Salagnac, J-L., (2006)**, *Climat urbain : de l'évolution des villes au changement climatique*, Texte de la communication prononcée au XIXe colloque de l'Association Internationale de Climatologie, Epernay, 8-9 septembre 2006, *CSTB le futur en construction*

Epstein, Y. et Moran, D. S. (2006), *Thermal Comfort and the Heat Stress Indices*. April 13, 2006. Heller Institute of Medical Research, Sheba Medical Center, Tel Aviv University, Israel

Germain. (2002), Choay., (1972) et Toussaint. (2009) : *Marcher dans les villes contemporaines : le cas du campus de la Doua à Villeurbanne*. Enseignants-chercheurs. INSA, EDU 2010.

Höppe, R. P. (2007), Article publié dans (Cellular and Molecular Life Sciences Volume 49, Heat balance modelling).

Kalaora b. (1998), *Au-delà de la nature l'environnement : L'observation sociale de l'environnement*, Paris, Ed. L'Harmattan, 199 p.

Kargon, J, Architectural Technology III, ARCH 523 | Environmental Controls

Khandaker, S. A. (2003), Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments” *Energy and Buildings* 35 (2003). University of Engineering and Technology, Bangladesh.

Lang et Schöpfer., (2005), cité par Max Welch Guerra. Marcia Peinado Alucci *NATURE IN MEGACITIES São Paulo/ Brazil - A Case Study* 2009).

Malgouyres, C. L. (2004), *Aménagement et sécurité, Enjeux et éléments de méthode, à l'usage des acteurs de l'aménagement*. Institut d'Aménagement et d'Urbanisme de la Région Île-de-France

Marie, K. Svensson. (2004), Sky view factor analysis – implications for urban air temperature differences, *Meteorological Applications*, Meteorological Applications (2004), Published.

Mayer . (1999), The physiological equivalent temperature - a universal index for the biometeorological assessment of the thermal environment. *Int. J. Biometeorol.* 43:71-75.

M'Sellem, H et Alkama, A. (2009), Le confort thermique entre perception et évaluation par les techniques d'analyse bioclimatique, - Cas des lieux de travail dans les milieux arides à climat chaud et sec- *Revue des Energies Renouvelables Vol. 12 N°3 (2009) 471 – 488*

Oke., (1988), Street design and urban canopy layer climate. *Energy and Building*, 11, 103–113

Panagopoulos, T. (2008) : Using microclimatic landscape design to create thermal Comfort and energy efficiency., University of Algarve, 8005-139 Faro, Portugal, (e-mail: tpanago@ualg.pt).

Ramos. Musy, Groleau-C, *Thermique urbaine, positionnement du problème*, École d'architecture de Grenoble, M1CV2, <http://www.grenoble.archi.fr>.

Renauld, V. Toussaint, J. –Y. Vareilles, S. Vincent, P. (2010), *Marcher dans les villes contemporaines* : le cas du campus de la Doua à Villeurbanne. Enseignants-chercheurs. INSA, EDU 2010.

Richard, Y , La ville : climat, pollutions et végétal, Centre de Recherches de Climatologie, CRC, (Centre de Recherches de Climatologie) Université de Bourgogne.

Sacré, C. et Gandemer, J. (1994), Caractérisation microclimatique des espaces extérieurs, du point de vue du vent et de la température. Revue : *Les Annales de la Recherche Urbaine*.

Santamouris, M. Papanikolaou, N. koronahis, I. Livada, I. et Asimakopoulos, D. (1999), *Thermal and air flow characteristics in a deep pedestrian canyon under hot weather conditions*". Atmospheric environment, 1999;33:4503-21.

Scudo, G. (2002) : Thermal comfort, Text of paper to the COST C 11 "Green structures and urban planning" Milan Oct 2002, Built Environment Sciences & Technology (BEST).

Shabbir, A. (2003), *Comfort in urban spaces: defining the boundaries of outdoor thermal comfort for the tropical urban environments*", Energy and Buildings 35 (2003) 103-110.

Stathopoulos et al. (1994), Cité par (Ali-Toudert, F. et Mayer, H., 2007), Effects of asymmetry, galleries, overhanging facades and vegetation, Solar Energy, Elsevier, Oxford, Volume 81.

Steadman. (1994), Steadman, 1994. Norms of apparent temperature in Australia, Aust. Met. Mag., 1994, Vol 43, 1-16, Australia government , Bureau of meteorology, Thermal Comfort observations. http://www.bom.gov.au/info/thermal_stress/

Tan Hock Beng (2000), defined that 'climate responsive design is based on Ryser. et Halseth. (2008): *Institutional barriers to incorporating climate responsive design in commercial redevelopment*, Environmental Planning and Design January 2008, 34- 55.

Tchekemian, A. (2007) : Le citoyen et la nature : entre représentations et pratiques sociales de la nature sauvage et domestique à Grenoble, Manuscrit publié dans *"Imaginaire, Territoires, Sociétés. Contribution à un déploiement transdisciplinaire de la géographie sociale, Montpellier : France (2007)"*

Une approche bioclimatique *CAME CRES*, Fifth Framework Programme 1998-2002.

VDI. (1998), (Verein Deutscher Ingenieure) : Environmental Meteorology. Methods for the human biometeorological evaluation of climate and air quality for urban and regional planning at regional level, 1988

Zhu, L, Wu, B. -F. Zhouyue, M. Meng, T. -H, Zhang, N. (2008), *A study on fast estimation of vegetation fraction in three gorges emigration area by using spot5 imagery* , Institute of Remote Sensing Applications, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100101, P. R. China zhuliang04@sohu.com

Conférences et débats:

Beng, T. H. (2000), Urban Form and Sustainability of a Hot Humid City of Kuala Lumpur Dasimah Bt Omar, Faculty of Architecture, Planning and Surveying Universiti Teknologi Mara Malaysia European Journal of Social Sciences – Volume 8, Number 2 (2009)

Boulay, B. (2009), Climatologie de l'art. Dialogue entre les arts visuels, la philosophie, la littérature, l'histoire de l'art, l'architecture et le climat, IDEARTE , Université de Montréal Colloque international : 5, 6 et 7 mai 2010.

Cantin.R. Moujalled, B. Guarracino, G., (2005), Complexité du confort thermique dans les bâtiments . 6ème congrès Européen de Science des Systèmes Paris 19-22 sept 2005

Jourda, F. -H. (2011), Urbanisme vert pour des villes plus respectueuses de l'environnement, Conférence débat 2 Février 2011, Agro –Paris-Tech.

http://www.agroparistech.fr/etudiants/debats/article.php3?id_article=211

Kitous, S. et Djenane, M. Daoudi, N. Boussoualim, A. Bensalem, R. (2004), Thermal behaviour of compact urban fabric in hot and dry climate: case study of M'zab Valley. Experimental results. 21^{ème} Conférence Plea 19-22 Sep 2004.

Léa, C. L. Souza,1. Daniel, S. Rodrigues2. José, F. G. (2003), sky view factors estimation using a 3d-GIS- extension. Eighth International IBPSA Conference Eindhoven, Netherlands, Aug ,2003.

Miguet, F. (2007), A Further Step in Environment and Bioclimatic Analysis: The Software Tool SOLENE: Building Simulation'07, 10th International Building Performance Simulation Association Conference and Exhibition, Beijing.

Ouameur, F. A. Arch, B. Potvin, A. Arch, M. Ph.D. (2007), Microclimates and thermal comfort in outdoor pedestrian spaces. A dynamic approach assessing thermal transients and adaptability of users. University Laval, Quebec-Canada. Conference proceeding of the American Energy Society. (ASES) SOLAR July 2007.

Shashua-Bar, L. Pearlmutter, D. Erell, E. (2009), Microscale vegetation effects on outdoor thermal comfort in a hot-arid environment, The seventh international conference on urban climate Climate, 29 June - 3 July 2009, Yokohama, Japan.

Shaviv, E. Yezioro, A. Isaac, G. Capeluto. (2001), Sun and winds in a new business district in tel aviv. seventh international IBPSA conference rio de janeiro, brazil.
UMR 1563 CNRS/MCC, Projet de colloque international « Faire une ambiance ».

Hégron, G. et Torgue, H. (2007), Ambiances architecturales et urbaines. De l'environnement urbain à la ville sensible.

Hien, W. N. (2007), The use of Urban Greenery to mitigate Urban Heat Island in Singapore” School of Design and Environment Department of Building, National University of Singapore.

Gaitani, N. Santamouris, M. Mihalakakou, G. (2005), Thermal comfort conditions in outdoor spaces” International Conference “Passive and Low Energy Cooling for the Built Environment”, May 2005, Santorini, Greece.

Giguère, M. (2005), Cité par Payeur, S. (2005), Contrer les îlots de chaleur urbains, Liaison (journal de la communauté universitaire).

Guyot, M. A. L'Arbre urbain, Extrait d'intervention de cours.

Kellerman, N. (2003), Heat index manual. Pocket Weather Meters in the World

Nunez, M. Oke, T. R.(1977), The energy balance of an urban canyon”, Journal of applied meteorology, 1977.

Pénicaud, H, (1978), Cité par (Boutabba, S. -Dj., 2007), Confort thermique urbain entre mesure et perception, étude de cas Sidi-Okba, Université Mohamed Kheidar, Biskra, Algérie, mémoire de Magistère non publié

Penwarden., (1974), Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain

Remy, N., UE n°18, *Thermique urbaine, positionnement du problème*, Ecole d'architecture de Grenoble nicolas.remy@grenoble.archi.fr

Saffidine, R. Dj. (2007), Éléments de cours, Module: Caractérisation et Qualité des Ambiances, Université Mohamed Kheidar, Biskra, Algérie.

Shaw, G. B., Dramaturge et critique irlandais (1856-1950) prix Nobel de littérature en 1925.

Thornes, J.E. Muller, J. -P. McMuldloch, S , Potential Applications of Thermal Fisheye Imagery in Urban Environments,IEEEExplore, Digital library

Tixier, N , De la notion de confort à la notion d'ambiance, séminaire complémentaire Espace, matières et société.

Vanderstraeten, P : L'espace public durable, fédérateur de bâtiments durables.

Zahoor. (1997), Effect of Trees in Ameliorating Air Temperature in Urban Setting in Pakistan, Dissertation unpublished, University of Idaho

Mémoires de Magistère et thèses de Doctorat :

Ballout, A. (2010), *le rôle de la végétation et l'eau dans La creation d'un microclimat urbain* mémoire de Magistère non publié, Université Mentouri Constantine- Algérie.

Benhalilou, K. (2008), *Impact de la vegetation grimpante sur le confort hygrothermique estival du bâtiment*, mémoire de Magistère publié, Université Mentouri Constantine- Algérie.

Bouakkaz, A. N. (2006), *La Relation entre l'ilot de chaleur urbain, phénomène du changement climatique et la densité du plan bati : cas de la ville d'Alger*, mémoire de Magistère publié

Boucheriba, F. (2006), *Impact de la géométrie des canyons urbains Sur le confort thermique extérieur - cas du Coudiat de Constantine*, mémoire de Magistère publié. Université Mentouri Constantine- Algérie.

Boutabba, S. -DJ. (2007), *Confort thermique urbain entre mesure et perception, étude de cas Sidi-Okba*, Université Mohamed Kheidar, Biskra, Algérie, mémoire de Magistère non publié

Bruant, M. (1997), *Développement et paramétrage de contrôleurs flous multicritères du confort d'ambiance*, thèse de Doctorat publiée : INSA de Lyon.

Mansouri, O. (2008), *L'influence de la réflectivité des matériaux (albédo) sur la modification du microclimat et le Confort thermique extérieur dans un canyon Urbain* – mémoire de Magistère publié, université de Constantine, Algérie.

Mahfouz.S (2007) , *Utopie socialiste du parc de villette -espace public et politique*, université Marne la vallée., thèse de Doctorat publiée

Tixier, N. (2003). *Conception thermique d'un habitat : rappels, stratégies*, DEA Ambiances architecturales et urbaines Publié, Université de Grenoble, Nicolas.Tixier@grenoble.archi.fr > Éd. du 27/10/03

Vinet, J. (2000), *Contribution à la modélisation thermo-aéraulique du microclimat urbain. Caractérisation de l'impact de l'eau et de la végétation sur les conditions de confort en espaces extérieurs*, thèse de Doctorat publiée

Sites internet :

- Auteurs spécifiés :

De-Sutter, L. (2006), Qu'est ce qu'une ambiance urbaine ? *Airs de Paris, Centre Pompidou*.
<http://www.airsdeparis.centrepompidou.fr>

Ferrandez, L. (2009) : <http://www.lucferrandez.com>
vanderstraeten.via@tiscali.be

Wright, F. L. Dico-citation. <http://www.dico-citations.com/-wright-frank-lloyd/>

Aurélien, P. J. Site universitaire des activités de recherches d'Aurélien P. JEAN
Australia, PTY LTD. <http://www.kestrelmeters.com.2003>

Bidou, D., (2008), Bidou.D. 2008. 11 recettes pour le développement durable. <http://www.db-dd.org>

Merlin, P. et Choay, F. (2005) : Dictionnaire de l'urbanisme et de l'aménagement. De pierre presses universitaire de France 1988.

Cergeau, P et Marzluff, la modalité de construction des biodiversités urbaines et sur l'évaluation écologique des corridors écologiques et des espaces verts en milieu urbanisé.

Charle, K. E. (2003), Fanger's Thermal Comfort and Draught Models, October 10, 2003-IRC-RR-162 , conseil national de recherche Canada.

Corcelle, D. LA Forêt, lien entre ciel et terre...L'arbre et le cycle de l'eau, CRESSON - Ecole d'Architecture de Grenoble 2. Ambiances du lexique.....à l'Epistémè, de Magistère publié

Einstein, A. *Bordeaux.philo.free.fr*, espace citations, <http://bordeaux.philo.free.fr>

Fange. Hanzawa et Ring. (1988) cité par Charles, K. E. (2003), Fanger's Thermal Comfort and Draught Models , IRC-RR-162

Génot, J. C. (2008). ANTHROPOPOTAME. Perplexités d'un anthropologue. Mardi 28 juillet 2009

Izard.J.L. (2000), <http://www.marseille.archi.fr>

Mahieu, D. (2009), Néo-planète, le média de l'environnement, Analyses des propositions pour le Grand Paris par WWF , 4 mai 2009

Millanvoy, M. (2002), l'ambiance thermique, Ergonomie, cours B1-CNAM ed. Paris, www.cnam.fr

Saint -Exupéry, A : Rotary international District 9010, <http://www.rotary9010.org/>

Saxena. (2001), *Microclimate Modification: Calculating the Effect of Trees on Air Temperature*, www.sbse.org/awards/docs

Shaw, G. B. Dicocitations, le Dico des citation, Citations de George Bernard Shaw - Dicocitations , Citations de George Bernard Shaw - Dicocitations TM

Touareg. (2002) : Algérie : Journée internationale de l'arbre revue *tamanrasset.net*. posté le 24/10/2010. <http://www.tamanrasset.net>

Tregouët, R. (2005) : Concevoir des villes vertes une nécessité pour l'avenir, Le site de référence en environnement et sciences de la terre *notre planète.info*, 26/11/2010, www.notre-planete.info

VS1 : système social, espace public, jean-marc.huygen@grenoble.archi.fr

Walter, M. (2008) : La disparition des ressources énergétiques et métalliques, SOS planète, Réflexion Faites sur Terre Sacrée, lundi 8 septembre 2008.

- Auteurs non spécifiés :

Web 1 : Designing streets : the design Process

- Web 2** : Ville et nature. plan local d'urbanisme de Strasbourg.
- Web 3** : Grand Lyon, Observatoire du développement durable, volet environnement 2011, <http://www.grandlyon.com>.
- Web 4** : Intelligent éergy-Europe, Promotion sustainable mobility at home http://www.iee-promotion.eu/docs/1901/Guide_Nouveaux_quartiers_et_mobilit_.pdf
- Web 5** : Concevoir des espaces extérieurs en environnement urbain: une approche bioclimatique ; Projet RUROS publication <http://alpha.cres.gr/ruros/> 1998 – 2002)
- Web 6** : TAREB. Energie dans l'environnement urbain, Architecture basse energie, Renewable new-learn.info/learn/packages/tareb/docs/lea/lea_ch4_fr.pdf
- Web 7** : Environnement canada Du refroidissement éolien et du facteur humidex,...
- Web 8** : La température et l'humidité relative , <http://www.meteolafleche.com/temperature.html#humidite>
- Web 9** : Sources : Environnement Canada, La météo au quotidien et Intellicast. <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/humidex.htm>
- Web 10** : <http://meteo.grafics.fr/station63/>
- Web 11** : Actes du Congrès de 1997 ISES Solar World, Taejon, Corée, 1997, p. 148) et Fluent 5.0.2 (Fluent User's Guide, Fluent Inc, NH, USA, 1999)
- Web 12** : Krapo arboricole, Les arbres dans le Coran, 6 mai 2010. <http://krapo-arboricole.wordpress.com/2010/05/06/les-arbres-dans-le-coran/>
- Web 13** : Service du développement culturel, la Ville de Montréal
- Web 14**, La desserte en espaces verts, un outil de suivi de la trame verte d'agglomération, IAU, juin 2009, www.iau-idf.fr/.../La_desserte_en_espaces_verts_avec_signets_01.pdf...
- Web 15** Michigan State University, Urban Forestry
- Web 16** Le site de référence en environnement et sciences de la Terre depuis 2001n -Concevoir des villes vertes : une nécessité pour l'avenir, 26/11/2010, www.notre-planete.info.
- Web 17**: Le remplacement des arbres en milieu urbain, PARIS, Mairie de Paris, <http://www.paris.fr/06/06/2011> ;

Web 18, Politique de l'arbre de Montréal, La Politique de l'arbre répond à un engagement pris au Sommet de Montréal, www.ville.montreal.qc.ca/PolitiqueArbre

Web 19, Green wall, award 2010, <http://www.greenwall.fr/actualites-mur-vegetal/detail/greenwall-laureate-du-green-business-award-2010-de-la-creation-dentreprise.html>