



**HAL**  
open science

# Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur- Etude de cas à Blagnac -

Aicha Boussoualim

## ► To cite this version:

Aicha Boussoualim. Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur- Etude de cas à Blagnac -. Architecture, aménagement de l'espace. UNIVERSITE DE NANTES - Ecole polytechnique de Nantes; Ecole D Architecture de Toulouse, 2002. Français. NNT : ED : 0367-033 . tel-01083203

**HAL Id: tel-01083203**

**<https://theses.hal.science/tel-01083203v1>**

Submitted on 16 Nov 2014

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

UNIVERSITE DE NANTES Ecole polytechnique de  
l'Université de Nantes

ECOLE DOCTORALE  
Mécanique, Thermique et Génie Civil  
DE NANTES

Année 2002

Thèse de **DOCTORAT**  
Discipline : Mécanique, Thermique et Génie Civil  
Spécialité : Sciences pour l'Ingénieur (Option : Architecture)

Présentée et soutenue publiquement par :

**BOUSSOUALIM Aïcha**

Le 10 Janvier 2002  
à L'Ecole d'Architecture de Toulouse

TITRE

**Contribution à la caractérisation de l'impact et de l'incidence du microclimat sur  
l'usage et les activités en espace public extérieur  
- Etude de cas à Blagnac -**

Jury :

M. Pierre Yves NIZOU, Professeur, Ecole polytechnique de Nantes.  
M. François TOMAS, Professeur, Université de Saint Etienne, (Rapporteur).  
M<sup>me</sup> Catherine SEMIDOR, Professeur, Ecole d'Architecture de Bordeaux, (Rapporteur).  
M. Alain LEGENDRE, Chercheur CNRS, Université Paris V (LPEnv).  
M. Alain CHATELET, Maître assistant, Ecole d'architecture de Toulouse.

Directeur de thèse :

M. Luc ADOLPHE, professeur des Universités, Paris VIII (IFU).

Laboratoire : GRECO, Groupe de Recherche Environnement et Conception  
Adresse : 83, Rue Aristide Maillol. (31106) Toulouse Cedex

N° ED 0367-033

*A tous les êtres qui me sont les plus chères : ma mère, mon père, mes frères et mes sœurs.*

---

## Remerciements

---

A tous mes proches qui m'ont encouragé et qui ont cru en moi.

A tous ceux qui m'ont soutenu, qui m'ont supporté dans les bons et les moins bons moments durant ces quatre années.

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin à réaliser ce travail, à avancer dans mes recherches, à tous ceux qui ont pu contribuer à l'élaboration de ce travail :

- Luc Adolphe pour avoir accepté de diriger ce travail, pour sa confiance, son positivisme, sa franchise et ses encouragements.
- Alain Legendre, pour sa gentillesse, sa disponibilité et pour l'intérêt qu'il a montré pour ce travail.
- Catherine Sémidor et François Tomas pour avoir accepté de rapporter et de juger ce travail de thèse, ainsi qu'à Pierre Yves Nizou et Alain Chatelet qui ont accepté de participer à mon jury.
- Les membres de l'équipe du GRECO de Toulouse dont la sympathie et la gentillesse m'ont permis de mener à bien ce travail. En particulier : Martine Rimbert, pour son amitié et son efficacité. Karima Aït-Ameur, pour son amitié et pour sa simple présence lorsque j'avais besoin d'être écoutée. Mauricio Pereira et Juan Carlos pour leurs bonnes humeurs et leurs perpétuels encouragements.
- Le Ministère de l'enseignement supérieur en Algérie et toute la délégation du Consulat Algérien à Toulouse, pour avoir soutenu financièrement cette recherche.
- A tout le personnel de l'Ecole d'Architecture de Toulouse, en particulier à Christian Cros, le responsable du laboratoire photo, pour son aide à réaliser la « pénible tâche » de codage des enregistrements vidéo.

## Résumé

Nombreuses sont les études qui ont tenté de mesurer les effets des aspects du cadre bâti sur les comportements et l'impression de bien-être (aménagement, éclairage, chauffage, ventilation, ambiances sonores et olfactives...). Cependant, l'incidence des caractéristiques microclimatiques a rarement été étudiée.

A une échelle locale et au niveau de l'espace public, nous avons tenté de mettre en œuvre une méthodologie permettant de vérifier l'impact des caractéristiques microclimatiques sur les modalités et les fréquences d'utilisation des lieux et les types d'activités qui s'y déroulent. Ce travail vise à fournir des informations qui devront permettre à terme d'inscrire dans la pratique de conception architecturale et d'aménagement urbain une meilleure prise en compte des facteurs environnementaux qui influent sur le comportement et les perceptions des usagers.

Notre objectif fondamental est d'examiner et de comprendre l'influence des éléments climatiques sur les comportements et les activités en espace public. Pour cela, nous avons pris comme terrain d'étude trois places dans la ville de Blagnac (31). Notre méthode revient à croiser des données morphologiques et climatiques urbaines avec les résultats d'enquêtes et de suivis (enregistrements vidéo) du comportement des usagers sur site. C'est un travail qui se situe au carrefour entre sciences de l'homme et de la société, et sciences pour l'ingénieur. Il s'agit d'un travail exploratoire visant à mettre en place une méthode permettant de coordonner les approches liées aux analyses des caractéristiques microclimatiques à celles liées aux analyses des perceptions et des comportements des usagers. Ceci a impliqué la définition d'une méthodologie basée sur la discrétisation spatiale ainsi que sur un codage comportemental en collaboration avec le Laboratoire de Psychologie Environnementale (LPEnv, Paris V).

L'analyse des résultats a permis de repérer les emplacements de l'espace public qui sont le plus souvent occupés et ceux dont la durée d'occupation au cours de la période d'observation est la plus importante. Elle a permis également de vérifier les modes et la stabilité d'occupation des espaces en fonction des différentes conditions climatiques (été, hiver).

**Mots-Clés :** espace public, microclimat urbain, mesures microclimatiques, observation vidéo, modes d'occupation, perception du climat, enquêtes, morphologie urbaine.

## **Abstract**

At the scale of the public space, we have tried to examine and to understand the influence of the microclimatic variations on user's behaviors and activities in public spaces. Our fundamental goal is a definition of a methodology that allow to verify the impact of the microclimatic characteristics on user's activities. This methodology was elaborated in collaboration with the Laboratory of Environnemental Psychology (LPEnv : Paris V). It is based on a spatial partition and a behaviors mapping.

We examine whether microclimatic attributes affect the use in three squares in the town of Blagnac (31). We relate some urban morphological and microclimatic data with results the user's behavior. We have performed microclimatic measurement (dry temperature, humidity, air velocity, globe temperature). We have used behaviour mapping, which allowed the elaboration of behavioural indicators that might help to qualify and quantify the use of public space. We have elaborated and collected questionnaires about user's perception and evaluation of the space. The analysis permitted to verify the space occupation modes and their stability according to the different climatic conditions (summer, winter).

**Key-words :** outdoor public space, behaviours mapping, viedo observation, urban microclimate, microclimate mesures, urban morphology, microclimate perception.

# Table des matières

<b>Introduction générale .....</b>	<b>1</b>
<b>Première partie : Principes et éléments théoriques ; de l'appréhension de l'environnement climatique à son effet sur le comportement et les pratiques sociales. ....</b>	<b>5</b>
<i><b>1 Introduction.....</b></i>	<i><b>6</b></i>
<i><b>2 Climat et milieu construit : interactions et facteurs d'influences.....</b></i>	<i><b>7</b></i>
<b>2.1 Introduction .....</b>	<b>8</b>
<b>2.2 Interactions entre climat et milieu construit.....</b>	<b>8</b>
2.2.1 Bilan énergétique.....	12
2.2.1.1 Le rayonnement solaire incident .....	13
2.2.1.2 Le rayonnement thermique.....	18
2.2.2 Les écoulements des vents .....	22
2.2.2.1 Comportement du vent autour des constructions .....	22
2.2.2.2 Changement de vitesse et de direction .....	23
2.2.3 L'humidité de l'air .....	25
2.2.4 Synthèse .....	26
<b>2.3 Microclimat : paramètres significatifs .....</b>	<b>27</b>
2.3.1 Les paramètres climatiques .....	27
2.3.1.1 Rayonnement solaire et température .....	27
2.3.1.2 Humidité de l'air .....	28
2.3.1.3 Nébulosité du ciel.....	30
2.3.1.4 Direction et vitesse du vent .....	30
2.3.2 Les paramètres de la configuration de l'espace .....	34
2.3.2.1 Volumétrie du bâti et proportions de l'espace .....	34
2.3.2.2 Eléments d'aménagement urbain .....	36
2.3.2.3 Orientations cardinales de l'espace .....	39
2.3.2.4 Types des matériaux.....	39
2.3.3 Synthèse .....	40
<b>2.4 Conclusion.....</b>	<b>43</b>

<b>3</b>	<b><i>Pratiques de l'espace et comportement : l'analyse des relations entre la personne et son environnement</i></b> .....	<b>44</b>
3.1	<b>Introduction</b> .....	<b>45</b>
3.2	<b>Modèles d'analyse de la relation « personne - environnement »</b> .....	<b>45</b>
3.2.1	Perception de l'environnement.....	47
3.2.2	Evaluation de l'environnement .....	49
3.2.3	Comportement et pratiques spatiales.....	51
3.2.4	Synthèse .....	53
3.3	<b>Les différentes conceptions d'analyse de la relation à l'espace bâti</b> .....	<b>55</b>
3.3.1	L'espace comme cadre fonctionnel .....	57
3.3.2	L'espace comme espace vécu .....	57
3.3.3	L'espace et sa relation avec le temps .....	58
3.3.4	Synthèse .....	59
3.4	<b>Comportements, perceptions et conditions climatiques</b> .....	<b>60</b>
3.4.1	La température.....	62
3.4.1.1	La perception de la température ambiante .....	62
3.4.1.2	Température et performances individuelles .....	63
3.4.1.3	Température et pratiques des individus.....	64
3.4.2	Le vent.....	67
3.4.2.1	La perception du vent.....	67
3.4.2.2	Le vent et son effet sur les pratiques .....	68
3.5	<b>Conclusion</b> .....	<b>69</b>
<b>4</b>	<b><i>Synthèse et objectifs</i></b> .....	<b>71</b>
<b>Deuxième partie : vers une nouvelle méthode d'évaluation de l'impact du microclimat sur l'usage en espace public extérieur .... 73</b>		
<b>5</b>	<b><i>Introduction</i></b> .....	<b>74</b>
<b>6</b>	<b><i>De la méthode à son application</i></b> .....	<b>76</b>
6.1	<b>Introduction</b> .....	<b>77</b>
6.2	<b>Sites d'étude : choix et présentations</b> .....	<b>77</b>
6.2.1	Place de l'Eglise .....	80
6.2.2	Place de la Mairie .....	81
6.2.3	Place des Marronniers .....	82
6.3	<b>Coordination entre les différents types de données</b> .....	<b>83</b>
6.3.1	Coordination spatiale « usage d'une trame spatiale » .....	84
6.3.1.1	D'un point de vue comportemental .....	84
6.3.1.2	D'un point de vue morphologique .....	86
6.3.1.3	D'un point de vue microclimatique .....	86
6.3.2	Coordination temporelle.....	88
6.4	<b>Gestion et traitement des données</b> .....	<b>89</b>
6.5	<b>Techniques utilisées : objectifs et apports</b> .....	<b>90</b>
6.5.1	Caractérisation microclimatique : mesures des paramètres climatiques.....	90
6.5.1.1	Conditions d'usage et limites des sondes utilisées .....	90
6.5.1.2	Paramètres climatiques mesurés.....	91
6.5.1.3	Caractérisation de la configuration spatiale .....	94

6.5.2	Perception du microclimat : questionnaire auprès des individus .....	96
6.5.2.1	Présentation du questionnaire.....	96
6.5.2.2	Construction de la grille d'analyse .....	99
6.5.3	Occupation de l'espace : l'observation vidéo.....	101
6.5.3.1	Recueil des données comportementales .....	102
6.5.3.2	Informations à recueillir .....	104
<b>6.6</b>	<b>Conclusion.....</b>	<b>109</b>
<b>7</b>	<b><i>Application sur la ville de Blagnac : déroulement et exploitation des investigations .....</i></b>	<b><i>111</i></b>
<b>7.1</b>	<b>Introduction .....</b>	<b>112</b>
<b>7.2</b>	<b>Caractérisation microclimatiques « Mesures » .....</b>	<b>112</b>
7.2.1	Place des Marronniers .....	116
7.2.1.1	Période chaude .....	116
7.2.1.2	Période froide .....	118
7.2.2	Place de la Mairie .....	120
7.2.2.1	Période chaude .....	120
7.2.2.2	Période froide .....	122
7.2.3	Place de l'Eglise .....	124
7.2.3.1	Période chaude .....	124
7.2.3.2	Période froide .....	124
7.2.4	Synthèse et discussion .....	126
<b>7.3</b>	<b>Analyse des discours des usagers « Questionnaire » .....</b>	<b>128</b>
7.3.1	Perception du microclimat et caractéristiques personnelles des usagers .....	128
7.3.2	Caractéristiques microclimatiques dans les discours des usagers .....	130
7.3.2.1	Eléments de découpage spatial de l'espace.....	130
7.3.2.2	Eléments importants intervenant dans la fréquentation des lieux .....	131
7.3.2.3	Eléments participant aux appréciations et aux choix des lieux .....	132
7.3.2.4	Eléments « gênant » limitant l'usage de l'espace .....	132
7.3.3	Synthèse et discussion .....	133
<b>7.4</b>	<b>Analyse des observations : modes d'utilisation de l'espace .....</b>	<b>135</b>
7.4.1	Présence de courte durée .....	139
7.4.1.1	Passage rapide sans station.....	139
7.4.1.2	Passage rapide avec station de courte durée.....	140
7.4.2	Présence entre une et deux minutes.....	141
7.4.2.1	Déplacement long sans station .....	141
7.4.2.2	Déplacement long avec une station de courte durée .....	142
7.4.3	Présence de plus de deux minutes .....	143
7.4.3.1	Station de moyenne durée .....	144
7.4.3.2	Station de longue durée .....	145
7.4.4	Synthèse et discussion .....	146
<b>7.5</b>	<b>Caractéristiques microclimatiques et usage de l'espace .....</b>	<b>147</b>
7.5.1	Stations .....	147
7.5.1.1	Place de la Mairie .....	148
7.5.1.2	Place des Marronniers .....	154
7.5.1.3	Place de l'Eglise .....	160
7.5.2	Chemins et trajectoires .....	163
7.5.2.1	Place de la Mairie .....	163

7.5.2.2 Place des Marronniers .....	167
7.5.3 Synthèse et discussion .....	171
7.6 Conclusion.....	175
<b>8 Conclusion.....</b>	<b>177</b>
<b>Conclusion générale et perspectives .....</b>	<b>178</b>
<b>9 Références bibliographiques.....</b>	<b>183</b>
9.1 Microclimat urbain et confort.....	184
9.2 Confort et psychologie environnementale.....	188
9.3 Autres références .....	192
9.4 Contributions personnelles.....	193
<b>10 Annexes .....</b>	<b>195</b>
10.1 Annexe 1 : Babuc/M « Appareil de mesure utilisé » .....	196
10.2 Annexe 2 : Présentation de la Ville de Blagnac .....	202
10.3 Annexe 3 : Le questionnaire .....	207
10.4 Annexe 4 : Graphes détaillés des mesures microclimatiques .....	209
10.5 Annexe 5 : Cartes récapitulatives des observations .....	218
10.6 Annexe 6 : Programmes développés sous « VisualDbase » .....	236

## Table des illustrations

Figure 1.	<i>Echanges radiatifs entre sol, espace et atmosphère (Guyot G., 1997) .....</i>	13
Figure 2.	<i>Rayonnement global et éclairements direct et diffus (une période de 24 h à Avignon-Montfavet) (Guyot G., 1997). .....</i>	14
Figure 3.	<i>Composantes du bilan radiatif d'une surface « i ». (Guyot G., 1997).....</i>	15
Figure 4.	<i>Condition d'ensoleillement dans la cour, le 18.10.1979 (Noilhan, 1980). .....</i>	17
Figure 5.	<i>Variation de facteur de ciel pour des surfaces élémentaires d'une cour d'immeuble en U. (CSTB, 1996). .....</i>	17
Figure 6.	<i>Pourcentage du rayonnement solaire reçu en différents points d'un espace extérieur, par rapport au rayonnement global mesuré sur le toit de l'immeuble. (Miller-Chagas P. &amp; P. Paul, 1980). .....</i>	18
Figure 7.	<i>Variations de la température au sol dans la ville de Vancouver par vent faible et sans nuages (septembre 1973 - CSTB, 1996, d'après Oke, 1971).....</i>	20
Figure 8.	<i>Exemple de champs de vitesses au pied d'un immeuble.....</i>	22
Figure 9.	<i>Profils de vitesse de vents au-dessus de trois terrains de rugosité différente. (Gandemer &amp; al., 1981) .....</i>	24
Figure 10.	<i>Effets de dièdre (ABC, 1997).....</i>	35
Figure 11.	<i>Quelques effets du bâti sur l'écoulement du vent (Gandemer &amp; al., 1976).....</i>	35
Figure 12.	<i>Schématisme de l'effet de «piégeage» de la lumière d'un couvert végétal. (Guyot G., 1997)...</i>	37
Figure 13.	<i>Profils verticaux de la température d'air : comparaison entre une rue avec arbres d'alignement (Bd Saint Michel)et deux rues sans arbre (Bd Raspail et rue de Rivoli) (Escourrou G., 1996)....</i>	37
Figure 14.	<i>Effets de canopée urbaine ; profils thermiques comparés des feuillages de grands arbres et des autres points de mesures à Nîmes à 13h (ABC, 1997). .....</i>	38
Figure 15.	<i>Interaction entre la température, le vent et la nébulosité sur la fréquentation des espaces extérieurs (Culliat B. &amp; Erskine R.,1992). .....</i>	66
Figure 16.	<i>Trois places publiques choisies (BDU : Base de Données Urbaines, Direction d'Urbanisme de la Mairie de Blagnac) .....</i>	79
Figure 17.	<i>Place de l'Eglise, plan et vues.....</i>	80
Figure 18.	<i>Place de la Mairie, plan et vues. ....</i>	81
Figure 19.	<i>Place des Marronniers, plan et vues. ....</i>	82
Figure 20.	<i>Application de la trame de cases carrées aux trois places publiques choisies. ....</i>	85
Figure 21.	<i>Constitution des blocs et des points de mesures dans trois places choisies. ....</i>	87
Figure 22.	<i>Présentation des emplacements des caméscopes et leurs champs de visions dans les trois places. . .....</i>	103
Figure 23.	<i>Présentation des deux « bandes » vidéo. Exemple : Place de la Mairie, période chaude.....</i>	103
Figure 24.	<i>.....</i>	103
Figure 25.	<i>Matériel utilisé pour la réalisation du codage comportementale.....</i>	103
Figure 26.	<i>Exemple de codage des activités (Place de la Mairie, période chaude, première session).....</i>	108
Figure 27.	<i>Exemple de codage des caractéristiques des usagers (Place de la Mairie, période chaude, première session).....</i>	108
Figure 28.	<i>Evolution journalière des paramètres climatiques(Place des Marronniers -période chaude)....</i>	116
Figure 29.	<i>Evolution journalière des paramètres climatiques (Place des Marronniers - période froide)....</i>	118
Figure 30.	<i>Evolution journalière des paramètres climatiques (place de la Mairie - période chaude).....</i>	120
Figure 31.	<i>Evolution journalière des paramètres climatiques (Place de la Mairie -période froide) .....</i>	122
Figure 32.	<i>Evolution journalière des paramètres climatiques (Place de l'Eglise-période froide).....</i>	124
Figure 33.	<i>Durées de stations et mesures microclimatiques (Place de la Mairie - période chaude). .....</i>	148
Figure 34.	<i>Durées de stations et paramètres climatiques (place de la Mairie - période froide) .....</i>	151

Figure 35.	<i>Durée de station et paramètres microclimatiques mesurés (place des Marronniers - période chaude).</i> .....	154
Figure 36.	<i>Durée de station et paramètres climatiques mesurés (Place des Marronniers - période froide).</i>	157
Figure 37.	<i>Durée de station et mesures des paramètres climatiques (Place de l’Eglise - période froide)...</i>	160
Figure 38.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude - première session).....</i>	163
Figure 39.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – deuxième session) .....</i>	164
Figure 40.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – troisième session) .....</i>	164
Figure 41.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – quatrième session) .....</i>	165
Figure 42.	<i>Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – première session) .....</i>	165
Figure 43.	<i>Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – deuxième session).....</i>	166
Figure 44.	<i>Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – troisième session).....</i>	166
Figure 45.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – première session)...</i>	167
Figure 46.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – deuxième session) ..</i>	167
Figure 47.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – troisième session)...</i>	168
Figure 48.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – quatrième session) .</i>	168
Figure 49.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – première session).....</i>	169
Figure 50.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – deuxième session).....</i>	169
Figure 51.	<i>Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – troisième session).....</i>	170
Figure 52.	<i>Le Babuc/M et les différentes sondes utilisées .....</i>	197
Figure 53.	<i>Temps de stabilisation des sondes utilisées.....</i>	199
Figure 54.	<i>Comparaison entre des mesures effectuées à la station Météo et des mesures effectuées avec le Babuc/M .....</i>	201
Figure 55.	<i>Éléments du climat à Toulouse.....</i>	204
Figure 56.	<i>Rose des vents (Station Météo-Blagnac, 1961 - 1990).....</i>	204
Figure 57.	<i>Place de l’église, période froide, première session.....</i>	209
Figure 58.	<i>Place de l’église, période froide, deuxième session.....</i>	209
Figure 59.	<i>Place de l’église, période froide, troisième session .....</i>	210
Figure 60.	<i>Place de la Mairie, période froide, première session.....</i>	210
Figure 61.	<i>Place de la Mairie, période froide, deuxième session .....</i>	211
Figure 62.	<i>Place de la Mairie, période froide, troisième session .....</i>	211
Figure 63.	<i>Place des Marronniers, période froide, première session.....</i>	212
Figure 64.	<i>Place des Marronniers, période froide, deuxième session .....</i>	212
Figure 65.	<i>Place des Marronniers, période froide, troisième session .....</i>	213
Figure 66.	<i>Place de la Mairie, Période chaude, première session .....</i>	213
Figure 67.	<i>Place de la Mairie, période chaude, deuxième session .....</i>	214
Figure 68.	<i>Place de la Mairie, période chaude, troisième session .....</i>	214
Figure 69.	<i>Place de la Mairie, période chaude, quatrième session.....</i>	215
Figure 70.	<i>Place des Marronniers, période chaude, première session.....</i>	215
Figure 71.	<i>Place des Marronniers, période chaude, deuxième session .....</i>	216
Figure 72.	<i>Place des Marronniers, période chaude, troisième session .....</i>	216
Figure 73.	<i>Place des Marronniers, période chaude, quatrième session.....</i>	217
Figure 74.	<i>Place de l’église, période froide, première session.....</i>	219
Figure 75.	<i>Place de l’église, période froide, deuxième session .....</i>	220
Figure 76.	<i>Place de l’église, période froide, troisième session .....</i>	221
Figure 77.	<i>Place de la Mairie, période froide, Première session .....</i>	222
Figure 78.	<i>Place de la Mairie, période froide, deuxième session.....</i>	223
Figure 79.	<i>Place de la Mairie, période froide, troisième session .....</i>	224

Figure 80.	<i>Place de la Mairie, période chaude, première session.....</i>	225
Figure 81.	<i>Place de la Mairie, période chaude, deuxième session.....</i>	226
Figure 82.	<i>Place de la Mairie, période chaude, troisième session.....</i>	227
Figure 83.	<i>Place de la Mairie, période chaude, quatrième session.....</i>	228
Figure 84.	<i>Place des Marronniers, période chaude, première session.....</i>	229
Figure 85.	<i>Place des Marronniers, période chaude, deuxième session.....</i>	230
Figure 86.	<i>Place des Marronniers, période chaude, troisième session.....</i>	231
Figure 87.	<i>Place des Marronniers, période chaude, quatrième session.....</i>	232
Figure 88.	<i>Place des Marronniers, période froide, première session.....</i>	233
Figure 89.	<i>Place des Marronniers, période froide, deuxième session.....</i>	234
Figure 90.	<i>Place des Marronniers, période froide, troisième session.....</i>	235

## Tableaux

Tableau 1.	<i>Rayonnement infrarouge sur une surface horizontale. [<math>L_{atmosphère}</math> (point 2) - <math>L_{atmosphère}</math> (Point 1) en % de <math>L_{atmosphère}</math> point 1].</i> .....	20
Tableau 2.	<i>Rayonnement solaire global sur une surface horizontale. [GH point 2- GH point 1 en % de GH point 1].</i> .....	21
Tableau 3.	<i>Température de l'air [T (point 2) – T (point 1) en °C].</i> .....	21
Tableau 4.	<i>Index humidex : Température perçue en fonction du taux d'humidité dans l'air.</i> .....	29
Tableau 5.	<i>Indice humidex et degré d'inconfort perçu.</i> .....	30
Tableau 6.	<i>Inconfort pour certaines activités en milieu extérieur en fonction des fréquences des vents.</i> .....	32
Tableau 7.	<i>L'échelle Beaufort.</i> .....	32
Tableau 8.	<i>Effets des arbres urbains dans une ville dépassant le million d'habitants (d'après E. Linacre, cité par Adolphe &amp; al., 2000.a).</i> .....	38
Tableau 9.	<i>Propriétés radiométriques de quelques surfaces naturelles (Guyot G., adapté de Ayra, 1988).</i> ..	40
Tableau 10.	<i>Températures réelles et températures perçues en fonction de l'humidité de l'air (Bell &amp; al., 1996).</i> .....	63
Tableau 11.	<i>Températures perçues en fonction des vitesses de vent (Bell &amp; al., 1996).</i> .....	67
Tableau 12.	<i>Tableau récapitulatif des paramètres retenus.</i> .....	83
Tableau 13.	<i>L'organisation des mesures des paramètres climatiques dans « VisualDbase ».</i> .....	93
Tableau 14.	<i>Caractéristiques de la configuration spatiale.</i> .....	94
Tableau 15.	<i>Thèmes et objectifs des questions posées aux usagers.</i> .....	98
Tableau 16.	<i>Tableau récapitulatif schématisant la grille d'analyse du questionnaire.</i> .....	99
Tableau 17.	<i>Grille de codage de la « Population » : caractéristiques des usagers.</i> .....	106
Tableau 18.	<i>Grille de codage des positions et des activités.</i> .....	107
Tableau 19.	<i>Tableau récapitulatif des mesures climatiques ( les trois places - période froide).</i> .....	113
Tableau 20.	<i>Tableau récapitulatif des mesures climatiques ( les trois places - période chaude).</i> .....	114
Tableau 21.	<i>Tableau récapitulatif des caractéristiques personnelles des usagers interrogés sur les trois places.</i> .....	128
Tableau 22.	<i>Durée moyenne de déplacement sur les trois places ( pré-observations).</i> .....	136
Tableau 23.	<i>Trois classes de durée de présence sur les trois places - deux périodes.</i> .....	136
Tableau 24.	<i>Population observée dans les trois places, durant les deux périodes.</i> .....	138
Tableau 25.	<i>Durée de présence de moins d'une minute.</i> .....	139
Tableau 26.	<i>Déplacement de longue durée.</i> .....	141
Tableau 27.	<i>Présence plus de deux minutes sur les trois places.</i> .....	143
Tableau 28.	<i>Blocs utilisés pour des stations (Place de la Mairie - période chaude).</i> .....	148
Tableau 29.	<i>Blocs utilisés pour des stations (place de la Mairie – période froide).</i> .....	151
Tableau 30.	<i>Les blocs utilisés pour des stations (Place des Marronniers - période chaude).</i> .....	154
Tableau 31.	<i>Durée moyenne de station par bloc (Place des Marronniers – période froide).</i> .....	157
Tableau 32.	<i>Blocs utilisés pour des stations (place de l'Eglise – période froide).</i> .....	160

# Introduction générale

Ce travail s'inscrit dans une problématique générale qui traite de la prise en compte de certains facteurs environnementaux dans les pratiques de conception architecturale et d'aménagement urbain. Nous traitons plus spécifiquement de l'influence de certains facteurs climatiques sur la perception et l'usage de l'espace public.

Dans le domaine concernant le milieu construit et les ambiances climatiques, plusieurs études et recherches ont été menées depuis une trentaine d'années. En France, les effets des aspects physiques du cadre bâti sur le confort et le bien-être ont été étudiés. Nous pouvons citer par exemple : Sacré C. & Gandemer J. 1994, Penicau H. 1978, Sacré C. 1986, Miller-chagas P. & Patrice Paul 1980, Loisillier P. 1992 ... etc. La microclimatologie est une science relativement récente et qui est en plein essor, à en juger par le nombre croissant d'articles dans les derniers congrès. Des éléments étaient ainsi étudiés selon un modèle psychologique ou physiologique du confort humain, comme la lumière, le système de ventilation, d'air conditionné et de chauffage ainsi que leurs relations avec le bien-être, le confort et la santé (Candas V. & Muzet A. 1995, Cluzel D. & Creuzevault D. 1992, Denoëud B. 1992). D'un autre côté, d'autres travaux ont été orientés vers la perception de l'environnement urbain (Augoyard J.-F. 1995, Chelkoff G. & Balay O. 1989).

La question que nous nous posons dans ce travail s'inscrit dans cette problématique générale et spécialement dans les contextes thématiques suivants :

## ***1 - Microclimat et forme urbaine***

Notre premier champ thématique concerne les incidences réciproques entre forme urbaine et climat. L'incidence de la configuration des espaces architecturaux et urbains sur le climat a été largement étudiée. Cette incidence se traduit en particulier par des modifications d'une part des échanges thermiques au sol et d'autre part de l'écoulement des vents.

Il a été confirmé que des paramètres comme la température, l'ensoleillement, le vent et l'humidité connaissent des variations plus ou moins importantes, d'un espace à un autre et au sein du même espace selon l'aménagement urbain et la typologie architecturale du bâti environnant. Nous pouvons citer les travaux du Groupe ABC<sup>1</sup> (1997), du GRECO<sup>2</sup> : Adolphe L. (1996), Chatelet A. & al. (1998) et du CERMA<sup>3</sup> : Groleau D. & Marenne C. (1995), Peneau J.-P. (1995).

## ***2. Microclimat et comportement des usagers***

Notre deuxième champ thématique concerne la relation qui peut exister entre les comportements des individus et leur environnement immédiat.

---

<sup>1</sup> ABC : Laboratoire de recherche architecturale, Ambiances Bioclimatiques et Parasismiques, Ecole d'Architecture de Marseille.

<sup>2</sup> GRECO: Groupe de Recherche Environnement et Conception, Ecole d'Architecture de Toulouse.

<sup>3</sup> CERMA: Centre d'Etude et de Recherche en Méthodologie Architecturale, Ecole d'Architecture de Nantes.

Dans le domaine de l'étude de la relation entre l'individu et son environnement, l'ensemble des travaux ont montré que l'homme s'adapte à son milieu physique ou le refuse par des conduites actives ou passives (Monnier E. [n.d], Chemillier P. 1993) et il s'investit dans l'espace par l'expression de sentiments ou de perception. (Augoyard J.-F. 1990, Chelkoff G. & Thibaud J.-P.1997).

Dans ce domaine, une double préoccupation a été dégagée. D'abord, les conditions d'ambiances (éclairage, bruit, odeur... etc) ont été étudiées afin de maîtriser leurs impacts sur les comportements, le bien-être, la santé et les performances de l'homme. Ces facteurs ont été pris comme des éléments participant soit à la sensation de bien-être, soit au sentiment d'insécurité (Augoyard J.-F. 1990), de « stress » (Moch A. & Maramoti I. 1995) et « d'inconfort » (Candas V. & Muzet A. 1995, Gandemer & al. 1976). Progressivement, les chercheurs ont détourné leur attention de ces facteurs pour s'intéresser aux sensations et aux attitudes des individus à l'égard de leurs environnements urbains. (Moch A & Moser G. 1997, Faure A. 1995-1997).

A travers notre recherche bibliographique, nous avons constaté que les caractéristiques physiques de l'environnement qui ont été traitées et étudiées sont nombreuses. Nous pouvons citer à titre d'exemple : le niveau d'éclairage public (Aubrée A. 1990, Augoyard J.-F. 1990), les odeurs (Moch A. & Bonnefoy B. 1997), le niveau sonore (Chelkoff G. & Thibaud J.-P. 1997, Chelkoff G. & Balay O. 1989), le type d'habitat (Bordas F. 1999, Bahi-fleury G. 1997, Blanchet M. 1997). Cependant, les facteurs climatiques et leurs relations directes avec l'usage des espaces, les comportements et les attitudes surtout en milieu extérieur sont restés peu ou rarement étudiés. C'est la raison pour laquelle nous nous sommes fixés comme objectif de dépasser le stade de l'analyse des phénomènes microclimatiques exclusivement physiques et nous étendre à « *l'étude de l'incidence de l'environnement microclimatique sur les comportements des usagers en espace public extérieur* ».

Le long de notre manuscrit, nous allons aborder un certain nombre de champs, comme la microclimatologie, la relation entre l'individu et son environnement (perception, évaluation et comportement). Les connaissances recueillies dans ces différents domaines de recherche apportent des éléments d'information sur la manière dont le climat et le milieu bâti interagissent et la façon dont l'environnement agit sur l'individu.

Dans le cadre de ce travail « exploratoire », nous voulons vérifier s'il existe une relation tangible entre les variations microclimatiques et les comportements des individus en espace public extérieur. Nous pensons qu'un travail de compréhension, de démonstration et d'information concernant l'usage et les activités en espace public et sa relation avec les conditions microclimatiques est nécessaire. L'argument microclimatique au niveau du projet urbain n'est intéressant que dans la mesure où la quantification de son impact sur l'usage est significative où des améliorations du cadre de vie et des conditions de confort peuvent être attendues. Dans ce travail, nous n'allons pas jusqu'à ce niveau d'analyse, mais nous essayons de donner des pistes permettant à terme de l'atteindre. Nous introduisons de nouvelles dimensions : les modalités et la stabilité d'usage des espaces. Nous essayons d'évaluer la qualité des espaces publics extérieurs à travers la corrélation entre le degré et la nature de leurs utilisations et les ambiances climatiques qui les caractérisent. Il s'agit de mettre en

œuvre une méthodologie permettant d'examiner, d'analyser et de comprendre l'influence des éléments climatiques sur les comportements et les activités de l'homme dans un milieu urbain.

Le résultat envisagé est non seulement la caractérisation du microclimat et des usages, mais également la recherche d'une méthode « quantitative » permettant d'analyser l'impact du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur. Ainsi, l'application de cette méthode peut intéresser les aménageurs urbains surtout lors d'aménagement ou de réaménagement d'espaces existants. Nous avons orienté notre travail vers l'étude des fréquences, des modalités et de la stabilité d'utilisation des espaces publics et des activités qui s'y déroulent en fonction des variations climatiques. Nos objectifs pour cette recherche peuvent donc se formuler ainsi :

- le développement de connaissances relatives à la microclimatologie urbaine notamment aux paramètres (climatiques et morphologiques) les plus significatifs dans la caractérisation microclimatique d'un espace public, et des connaissances relatives aux techniques les plus significatifs dans la caractérisation de la relation la personne avec le climat notamment sa perception et son comportement.
- la définition d'une méthodologie de couplage et de mise en liaison des données microclimatiques issues des mesures et des données comportementales issues de l'observation et des questionnaire ainsi que la vérification de sa pertinence et la valider.

Notre idée de base consiste à dire qu'une meilleure compréhension des différentes interactions entre les données physiques du climat et les modes et la stabilité d'utilisation de l'espace public peut contribuer à une meilleure décision concernant les projets d'aménagement urbain. Nous espérons faire émerger des connaissances permettant d'intégrer, dans un modèle de confort ou d'aide à la décision des paramètres concernant l'usage en espace public extérieur

Des conditions microclimatiques variées sont le résultat de l'interaction entre les paramètres du climat avec la configuration et l'aménagement urbain de l'espace. Une interaction que nous ne néglignons pas, mais qui est notre point de départ pour poser la question de l'influence du microclimat sur l'usage de l'espace. Nous considérons que le microclimat est une variable qui peut être traduite et exprimé par des paramètres climatiques mesurés « in situ » (températures, humidité, vitesse de l'air ...etc.). Nous supposons que la perception de l'espace ainsi que son usage sont des variables dépendantes du microclimat, de l'aménagement et de la configuration de l'espace.

Nous avons pris comme terrain d'étude trois places situées dans la ville de Blagnac, une ville moyenne située au Nord-ouest de la ville de Toulouse. Notre méthodologie est basée sur une discrétisation spatiale ainsi que sur un codage comportemental. Nous examinons les relations entre les résultats d'enquêtes auprès des usagers et d'observations de leurs activités avec une évaluation physique des ambiances microclimatiques. Une caractérisation microclimatique des lieux qui comprend des mesures physiques d'un ensemble de paramètres : la température, l'ensoleillement, la ventilation et l'humidité. L'enquête et les observations conduites dans ces trois places publiques permettent d'identifier les emplacements les plus souvent occupés et les activités qui s'y développent. Ceci permet de contrôler si ces lieux occupés d'une façon permanente présentent des caractéristiques microclimatiques spécifiques. Ainsi, nous pouvons vérifier si la distribution dans l'espace des usagers et si leurs activités changent en fonction des variations microclimatiques des lieux.

Nous organisons le manuscrit en deux parties de manière à bien séparer la synthèse des connaissances issues de l'analyse bibliographique de notre propre contribution.

*La première partie* propose un état de l'art non exhaustif des connaissances concernant les acquis actuels dans le domaine de la climatologie urbaine, ainsi que celui concernant l'influence de l'environnement urbain sur les comportements des individus. Cette partie permet de mieux cerner et construire notre problématique et de définir un ensemble de variables quantitatives permettant la caractérisation du microclimat d'un côté et de l'usage en espace public extérieur d'un autre côté. Elle permet de faire émerger la complexité de la question posée et de montrer les limites de notre travail.

Dans cette partie, nous présentons une synthèse des différentes formes de l'interaction entre climat et aménagement urbain en espace public. L'objectif recherché est la mise en évidence d'un ensemble de paramètres permettant une caractérisation spatiale et temporelle du microclimat. En d'autres termes, les éléments physiques climatiques ou morphologiques qui sont significatifs et essentiels dans la création de variations microclimatiques d'un lieu à un autre.

Nous présentons également les différentes tentatives effectuées pour étudier la relation entre l'homme et son environnement urbain. Nous essayons de voir les facteurs essentiels de l'environnement construit qui influencent les attitudes, les comportements et les pratiques de l'individu en milieu urbain extérieur. Nous vérifions également comment la question de l'effet des paramètres climatiques sur les comportements des individus a été abordée.

*La deuxième partie* présente notre propre proposition et notre démarche empirique. Dans cette partie, nous introduisons comment nous analysons la relation entre l'individu et les paramètres climatiques en espace public extérieur. Nous définissons notre approche méthodologique. Nous faisons apparaître quelques paramètres ou descripteurs permettant la mise en liaison entre l'usage et le microclimat en espace public extérieur.

Nous rendons également compte de l'application de cette méthode sur trois places publiques à Blagnac et nous exposerons les résultats.

*Une troisième et dernière partie* discute et expose les conclusions tirées de ce travail, les difficultés de validation de notre méthode et ses perspectives.

**Première partie : Principes et éléments théoriques ; de l'appréhension de l'environnement climatique à son effet sur le comportement et les pratiques sociales.**

# 1 Introduction

L'objectif de notre recherche est la mise au point de techniques basées sur les mesures des paramètres climatiques et des observations vidéo des usagers en espace public permettant l'analyse de l'impact du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur. Cette proposition nécessite en amont une investigation de type bibliographique. Ainsi, dans cette première partie du manuscrit, nous associons les éléments théoriques concernant le transfert de chaleur en milieu urbain et les résultats expérimentaux relatifs à la microclimatologie urbaine issues de mesures (in situ, thermographie, soufflerie, simulation numérique).

Cette première partie du manuscrit est composée de deux chapitres :

- Le premier chapitre traite de la microclimatologie. Nous cherchons à faire extraire de la complexité de l'interaction climat / milieu urbain des éléments simples (climatiques et morphologiques) permettant d'expliquer les différences microclimatiques entre sites ou les variations d'une période climatique à une autre.
- Dans le deuxième chapitre, nous insistons sur la relation qu'entretient l'individu avec son environnement. Nous essayons, tout au long de ce chapitre, de ne retenir que les notions pertinentes et suffisamment explicites à la bonne compréhension de la relation entre la personne et son environnement.

Les éléments nécessaires à la mise au point de notre méthode d'analyse sont présentés en conclusion.

## **2 Climat et milieu construit : interactions et facteurs d'influences**

## 2.1 Introduction

Le sentiment de bien-être, les activités et les pratiques en espace public sont un tout aux multiples aspects. Ils font intervenir des paramètres physiques des ambiances, mais aussi des paramètres subjectifs. Si les microclimats nous intéressent ce n'est pas seulement en raison de leurs actions et interactions avec le milieu bâti, mais aussi et surtout en raison de leur incidence sur les comportements et les activités en espace public extérieur. Avant d'aborder la question de l'usage en fonction des caractéristiques climatiques, il nous a paru important de comprendre les interactions réciproques entre les paramètres microclimatiques et morphologiques et de mettre en évidence les plus déterminants dans la création de situations microclimatiques variées à un niveau local celui de l'espace public.

Nous présentons, dans ce chapitre, l'état de l'art concernant l'appréhension des microclimats et spécialement les modifications des paramètres climatiques qui sont la température de l'air, l'ensoleillement, le vent et l'humidité sous l'effet du milieu bâti.

L'objectif de ce chapitre consiste à faire un rappel sur les processus physiques qui interviennent dans la constitution des microclimats urbains. Nous cherchons à mettre en évidence quelques éléments théoriques essentiels pour fonder notre travail expérimental, notre méthodologie et l'analyse des résultats.

Nous faisons apparaître, dans ce chapitre, les principaux paramètres climatiques et les caractéristiques des configurations spatiales induisant des situations microclimatiques différentes. Nous montrons leurs effets sur la sensibilité « physiologique » des individus et leurs sentiments de bien-être.

Nous faisons un rappel sur les trois échelles climatiques « macro, méso et micro » ainsi que les éléments et les facteurs essentiels (bilan énergétique, écoulement des vents et l'humidité de l'air) qui traduisent la variation du climat à une échelle microclimatique, notre échelle d'étude. L'exploration de ces différentes échelles et facteurs climatiques nous aide à mieux comprendre la question des constitutions des microclimats urbains à l'échelle de l'espace public. Ceci nous permet d'établir la liste des facteurs les plus pertinents et les plus importants dans cette interaction entre climat et aménagement et configuration de l'espace.

## 2.2 Interactions entre climat et milieu construit

En milieu urbain, la diversité des échelles spatiales s'accompagne d'une diversité des échelles climatiques. Les phénomènes qui s'y produisent ne sont pas forcément les mêmes ou n'ont pas les mêmes répercussions. Chaque échelle spatiale implique des interactions atmosphériques et climatiques propres. Selon Guyot G. (1997), l'atmosphère est l'ensemble des pellicules gazeuses recouvrant le globe terrestre est d'épaisseur comprise entre 100 et 1000 kilomètres. D'une façon très schématique, la troposphère peut être divisée en trois couches parallèles :

- la sous couche limite de rugosité qui correspond à l'échelle microclimatique.
- la couche limite urbaine qui correspond à l'échelle méso-climatique.

- la couche externe correspondant à la macro-échelle.

### 1. **Micro-échelle :**

Très près de la surface du sol se trouve *la sous couche limite de rugosité* dont l'écoulement est directement dépendant de variables locales, comme l'état de la surface si elle est lisse ou rugueuse, la présence d'un couvert végétal et sa densité. La sous-couche limite urbaine inclut les constructions et les aménagements urbains. C'est une couche de mélange très turbulente. L'étude du climat dans cette sous-couche limite urbaine renvoie aux études microclimatiques. On peut parler dans ce cas de **micro-échelle**.

A ce niveau, chaque mur, chaque toit, chaque chaussée, chaque cour, chaque rue, chaque parc peut créer une zone microclimatique avec laquelle il interagit. Des variations des paramètres climatiques comme les températures et l'humidité de l'air peuvent être relevées. Cette échelle est celle de l'urbanisme opérationnel et du choix des sites. A l'échelle de l'espace public et autour des bâtiments, des variations du rayonnement solaire, des températures, d'humidité peuvent être constatées entre différents points au sein du même espace. Ces variations sont dues à l'action de la texture et les propriétés optiques et thermiques des matériaux, la position de ces points, la proportion et le type du végétal autour, l'orientation des surfaces environnantes. (Noilhan J. 1980, Delaunay D. 1986, Groleau D. & Marenne C. 1995, Millerchagas P. & Patrice Paul 1980, Okeil A. 1993)

Parmi les microclimats, nous distinguons les microclimats de l'intérieur des bâtiments de ceux de l'extérieur. Dans ce travail, nous nous intéressons aux microclimats extérieurs, où il n'y a pas de rupture de la continuité avec l'atmosphère générale. Cependant, ces interactions microclimatiques doivent être situées dans le cadre d'une échelle plus globale, celle du mésoclimat urbain.

### 2. **Méso-échelle**

Entre la sous-couche limite et la couche externe se trouve *la couche limite*. Elle est suffisamment éloignée du sol pour que les mouvements de l'air ne soient pas affectés par les caractéristiques locales de la surface du sol. Elle est suffisamment près du sol pour que l'effet de la rotation terrestre puisse être négligé. Dans cette couche, tous les flux verticaux sont considérés pratiquement comme constants. La couche limite urbaine est d'environ 400 mètres de hauteur, sa base est limitée à la hauteur moyenne des toits. Cette couche est généralement assez stable car elle se situe au-dessus des constructions et évite les obstacles urbains. Dans cette couche, les manifestations climatiques sont à l'échelle mésoclimatique.

Cette échelle est généralement à la base des études de comparaison entre un site urbain et un site rural. A cette échelle, il est possible de déduire des données du macro-climat un certain nombre de renseignements en prenant compte l'effet sur le climat local des caractéristiques du site. Pour un milieu urbain, cette échelle est relative à une partie ou à la totalité d'une ville. Son support est l'étude de la couche de mélange atmosphérique au-dessus des toits. Les variations et les transformations locales des paramètres climatiques tels que : la vitesse et la direction des vents, les précipitations, le bilan thermique s'expliquent par le changement du type d'urbanisation notamment la densité urbaine, le taux d'espaces verts et de surfaces d'eau... etc.

Un des buts de la climatologie urbaine est justement d'évaluer les modifications de l'atmosphère dans, au-dessus et au voisinage de la ville. Elle sert à prendre les grandes décisions concernant des aménagements urbains locaux comme l'élaboration d'une zone industrielle ou d'un secteur rural. A l'échelle de la ville, des paramètres climatiques comme le rayonnement solaire, la température et l'humidité de l'air, les précipitations et les vents subissent des transformations et des modifications. Cela est dû à l'action convergente ou parfois opposée des divers éléments d'une ville : sa rugosité, la proportion d'espaces verts, la pollution atmosphérique et la variété des constructions, leurs formes, leurs couleurs et leurs dispositions les unes par rapport aux autres. (Duchene-Marullaz P. 1980, Escourrou G. 1996, Gandemer J. & Guyot A. 1981, Peneau J.-P. 1995).

### **3. Macro-échelle**

Au-dessus de la sous-couche limite de rugosité, dans l'atmosphère à une altitude comprise approximativement entre quelques dizaines de mètres et 1 000 ou 1 500 mètres, se trouve *la couche externe*. Dans cette couche, l'écoulement de l'air est affecté à la fois par l'état de la surface du sol et par la rotation terrestre. Au-delà de cette couche, se trouve l'atmosphère libre dont les mouvements ne dépendent plus que des gradients horizontaux de pression et de température et de la rotation terrestre. A ce niveau, il s'agit d'une macroéchelle, celle du climat global. A cette échelle, les prévisions météorologiques ne diffèrent pas d'un quartier à un autre ou d'une partie de la ville à une autre. C'est à un niveau plus global, celui de la région géographique que des variations apparaissent. A cette échelle, les mesures météorologiques sont utilisées en particulier pour la réglementation de la construction. Elles servent également à prendre les grandes décisions concernant l'aménagement régional.

Les grandes caractéristiques climatiques d'une région quelconque dépendent avant tout de sa latitude qui détermine l'évolution saisonnière et quotidienne des conditions climatiques surtout la quantité du rayonnement solaire reçu. Cependant, les différences climatiques ne proviennent pas seulement des différences dans la quantité de rayonnement solaire reçu. Ce qui fait varier le climat, c'est également la façon dont la terre et son atmosphère réagissent à ce rayonnement et comment ils l'utilisent.

La distinction entre la couche limite urbaine et la sous couche limite urbaine permet de rendre compte des modifications microclimatiques. Cependant, en raison de leur proximité et de leur dépendance, leur influence réciproque peut être importante. Nous ne pouvons pas nous occuper des phénomènes microclimatiques sans nous situer par rapport aux échelles méso et macroclimatiques. Nous ne pouvons parler du microclimat engendré par un groupe de constructions que par rapport à un système plus vaste dans lequel il est situé. Pour comprendre ou étudier le microclimat d'un espace ou d'un ensemble bâti, il est indispensable de le situer dans son contexte climatique général et local.

Dans son étude sur la région parisienne, G. Escourrou (1990-1996) a confirmé qu'en milieu urbain chaque configuration spatiale a des caractéristiques climatiques spécifiques. Elle a montré qu'à des variables de site comme le relief, l'altitude du site et sa situation sur le globe terrestre, s'ajoutent d'autres variables propres au milieu bâti telles que : la densité, la rugosité, la nature et les proportions des surfaces végétales, les propriétés thermiques des surfaces (inertie, albédo, etc.), la diversité des constructions dans leurs formes et leurs dispositions les unes par rapports aux autres. Ces variations dans l'environnement bâti impliquent des

modifications et des variations dans le taux de radiation solaire reçue, les températures, le taux d'humidité, la vitesse et la direction de l'écoulement de l'air. Cela induit par la suite des phénomènes de brises, de piégeage thermique, d'îlot de chaleur urbain, d'inversion thermique, de masque et d'ombre portée, etc.

Des paramètres climatiques comme la température et l'humidité de l'air, les vents, les rayonnements solaires, atmosphériques et terrestres, dans la couche qui nous intéresse, celle des deux premiers mètres au-dessus du sol, sont influencés en particulier par les échanges entre l'atmosphère et le sol ou les autres corps solides environnants. Dans la présente section, nous revoyons les principaux aspects caractérisant les variations des différents paramètres climatiques à une échelle intermédiaire entre la ville et les ambiances internes des édifices, c'est-à-dire celle des espaces extérieurs, engendrée par les bâtiments, celle de l'espace public. Nous verrons successivement plusieurs niveaux d'analyse concernant *le bilan énergétique, l'humidité et les écoulements de l'air*.

Afin d'expliquer les modifications de ces différents paramètres survenues suite à l'interaction avec le milieu bâti, nous nous référons à des travaux ayant porté depuis maintenant une trentaine d'années sur la question des microclimats urbains, émanant notamment du CSTB de Nantes, du CERMA E.A. Nantes, du Groupe ABC E.A. Marseille et du GRECO E. A. Toulouse.

Nous nous intéressons précisément aux interactions des paramètres climatiques avec les éléments de la configuration spatiale à une microéchelle (celle de l'espace public). Sachant qu'il y a une interaction et une continuité entre les différentes échelles, nous présentons les concepts de bases et les principaux éléments théoriques dans un ordre décroissant allant d'une échelle globale, celle d'une région, à une échelle locale, celle d'une ville et d'un quartier, pour aboutir à la microéchelle, celle de l'espace public.

### 2.2.1 Bilan énergétique

En ville, le bilan énergétique à la surface du sol s'écrit ainsi (CSTB, 1996) :

$$Q = R_N = Q_C + Q_S + Q_E + Q_P \text{ avec :}$$

- $Q$  : le bilan énergétique qui est égal au bilan radiatif net  $R_N$ .
- $Q_C$  : le flux de chaleur par conduction dans le sol.
- $Q_S$  : le flux de chaleur entre le sol et l'atmosphère par convection, positif ou négatif suivant le sens de la différence de température entre l'air et la surface.
- $Q_E$  : le flux de chaleur latente entre le sol et l'atmosphère.
- $Q_P$  : production d'énergie d'origine humaine stockée dans le sol et les bâtiments.

Selon Penicaud H. (1987), les calculs thermiques de parois de bâtiments se font généralement en négligeant l'évaporation. Par contre, les calculs du régime thermique de la surface du sol tiennent toujours compte de cette dernière, étant plutôt réalisés pour étudier les phénomènes de gel ou pour des besoins agricoles. Il en résulte que, si nous nous soucions d'évaluer l'utilisation de l'énergie radiante selon les trois modes (le stockage dans le sol ou les parois, le transfert de chaleur à l'air et l'évaporation de l'eau) et que nous avons affaire à toutes sortes de surfaces, nous ne pourrions, a priori, négliger aucun terme.

Le régime thermique de la paroi ou du sol peut être déterminé de façon assez précise (Noilhan J, 1980). Il faut en particulier tenir compte des variations de la conductivité et de la capacité calorifique avec la température et surtout la teneur en eau. C'est à travers le flux de chaleur par conduction  $Q_C$  qu'apparaît l'influence de l'inertie des structures et des déperditions des locaux. Cette dernière caractérise le régime thermique de la ville, espace urbanisé par rapport à celui de la campagne, non urbanisé et est à l'origine des phénomènes d'échauffement des zones urbaines et de disparition de l'inversion nocturne.

L'évaluation de la chaleur sensible  $Q_S$  et de la chaleur latente  $Q_E$  et la répartition entre ces deux modes d'échange d'énergie entre la surface et l'air au contact n'est pas facile à établir. Pour des parois de bâtiments,  $Q_E$  est généralement négligée devant  $Q_S$ , mais ce n'est pas toujours justifié car certains matériaux de construction absorbent des quantités appréciables d'eau. Cela n'est pas justifié pour le sol, surtout s'il y a des zones de végétation.

Penicaud H. (1978) cite le rapport ( $Q_S/Q_E$ ) appelé rapport de Bowen qui varie d'un lieu à un autre, suivant la possibilité d'absorption et de restitution d'eau et en particulier le pourcentage de surface végétale. Il indique que pour une zone totalement sans végétation, le rapport de Bowen est de l'ordre de 8. Dès 10% de surface évapotranspirante, ce rapport passe à 2 environ. A 20% de surface végétale, la chaleur est fournie à l'air essentiellement par évaporation. Ce rapport varie également avec les conditions climatiques.

En espace urbain, si on considère le cas d'une surface horizontale « i » d'un espace extérieur (rue, cour,...). Le bilan radiatif n'est lui-même qu'une composante du bilan énergétique de la surface, comme nous l'avons déjà vu.

Pour une surface « i », il s'exprime ainsi :  $Q_i = R_{Ni} = Q_{Ci} + Q_{Ei} + O_{Si}$

Nous rappelons que :

- $Q_{ci}$  est le flux de chaleur transmis par conduction,
- $Q_{Ei}$  est le flux de chaleur latente par évaporation ou condensation sur la surface,
- $Q_{Si}$  est le flux de chaleur sensible transmis par convection,

C'est l'importance relative de ces différents flux à travers les surfaces délimitant le volume de l'espace extérieur qui détermine et explique les particularités microclimatiques de l'espace :

- les températures des surfaces peuvent être déduites du bilan thermique de chaque élément.
- la température de l'air est influencée par ces températures de surface en raison des échanges convectifs turbulents. Elle dépend également de la vitesse moyenne du vent ainsi que du niveau de sa turbulence.

Les radiations solaires n'atteignent pas toutes le sol, une partie est réfléchiée par la haute atmosphère en direction de l'espace, les nuages, selon leurs types et leurs épaisseurs et la quantité de vapeur d'eau contenue dans l'air.

La figure suivante explique, d'une façon schématique, comment se répartit la totalité du rayonnement parvenant aux limites basses de l'atmosphère.

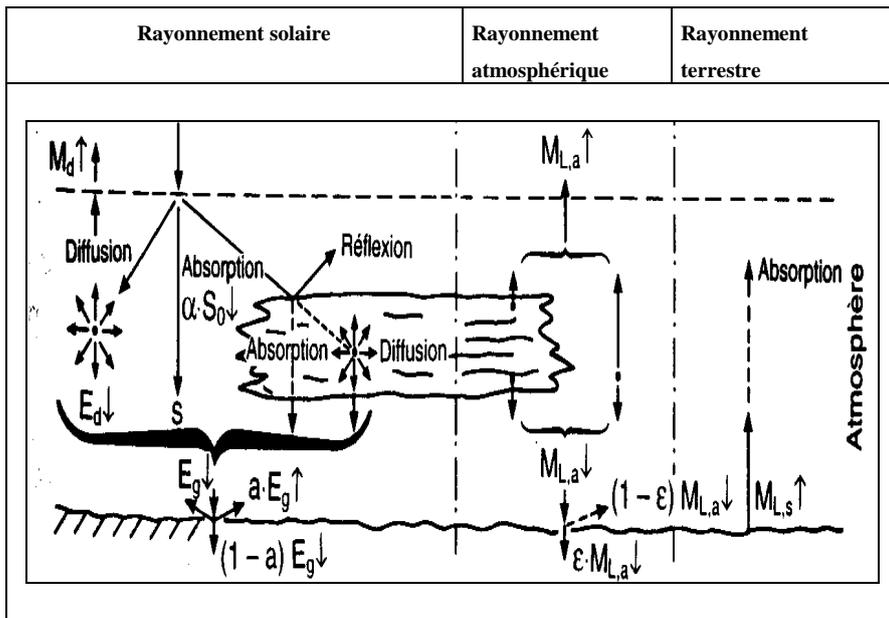


Figure 1. Echanges radiatifs entre sol, espace et atmosphère (Guyot G., 1997)

### 2.2.1.1 Le rayonnement solaire incident

L'intensité du rayonnement du soleil est fonction de la rotation du globe autour de son axe, de sa révolution autour du soleil et de l'inclinaison de l'axe par rapport au plan de révolution. Elle est liée à l'épaisseur des couches de l'atmosphère que les rayons ont à traverser. Elle diminue et sa distribution spectrale se modifie par absorption, réflexion et diffusion à mesure que le rayonnement traverse les couches atmosphériques.

Le rayonnement global présente de très larges variations en fonction de l'heure, de la saison, de la latitude du lieu et de l'état de l'atmosphère. La figure 2 montre à titre d'exemple la variation du rayonnement global et des éclaircissements diffus et direct au cours d'une belle journée d'été et d'une journée avec des passages nuageux à Avignon-Montfavet (Guyot G., 1997).

Nous pouvons remarquer sur cette figure que lorsque le ciel est parfaitement pur, l'éclaircissement diffus représente environ 15% du rayonnement global.

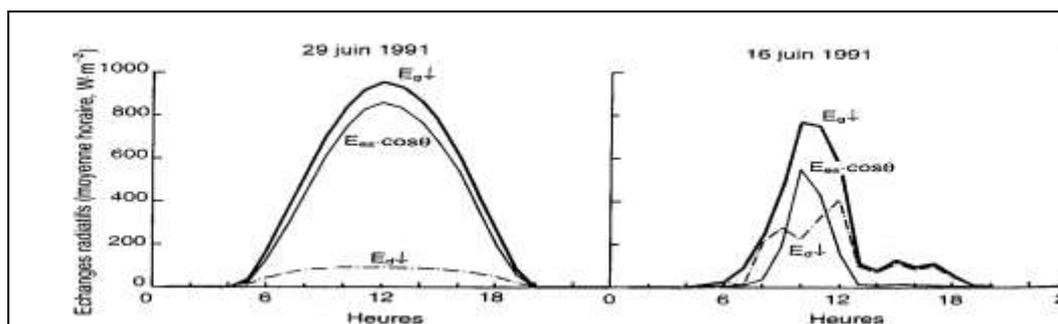


Figure 2. Rayonnement global et éclaircissements direct et diffus (une période de 24 h à Avignon-Montfavet) (Guyot G., 1997).

Sur une surface inclinée, le rayonnement solaire peut être décomposé en trois termes qui sont le rayonnement direct, lorsqu'il existe, le rayonnement diffus et le rayonnement réfléchi en provenance du sol.

Le rayonnement diffus (D) peut être décomposé en un terme « isotrope » correspondant aux périodes de ciel couvert et un terme « anisotrope » lié aux périodes de ciel clair. Le rayonnement solaire diffus par ciel complètement couvert est du même ordre que par ciel clair mais il est beaucoup plus fort lorsque le ciel est partiellement nuageux (CSTB, 1996) <sup>4</sup> :

- ciel clair et pur :  $D = 115 \text{ W / m}^2$ .
- ciel couvert à moitié par cumulus :  $D = 420 \text{ W / m}^2$ .
- ciel couvert entièrement par altostratus :  $D = 140 \text{ W / m}^2$ .

L'apport du rayonnement diffus sur la surface inclinée en est également modifié. Une méthode, mise au point pour l'Atlas Européen du Rayonnement Solaire, permet d'estimer les moyennes mensuelles du rayonnement diffus horaire sur un plan quelconque, à partir des seules valeurs moyennes de durées d'insolation et d'irradiation sur un plan horizontal<sup>5</sup>. Pour le rayonnement réfléchi au sol et suivant des considérations géométriques, cette composante est donnée par :  $R(\theta, s) = 0.5 \alpha (1 - \cos\theta) G_H$  où  $\alpha$  est l'albédo du sol environnant.

A la surface du sol, le rayonnement solaire global est la somme du rayonnement solaire direct et du rayonnement solaire diffus. Chaque élément de surface reçoit une certaine énergie radiative dont les différentes composantes sont (CSTB, 1996) :

<sup>4</sup> Ces estimations de l'irradiation horaire diffuse reçue sur une surface horizontale au sol en fonction de l'irradiation horaire globale reçue sur une surface horizontale sont faites par le modèle de Erbs et Ali, validé par Lebru (1983), à l'aide des observations des stations françaises de Trappes et Carpentras.

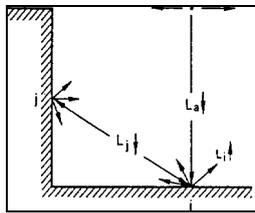
<sup>5</sup> D'après Solar Radiation Data, série F, 1986 : Cité par Penicaud H., 1978.

- le rayonnement solaire direct  $I_i$ ,
- une partie  $D_i$  du rayonnement solaire diffus  $D$ ,
- une partie du rayonnement atmosphérique  $L_a$ ,
- une partie  $R_i$  du rayonnement solaire réfléchi  $R$  par les différentes surfaces environnantes,
- une partie  $L_i$  du rayonnement thermique émis par les différentes surfaces environnantes.

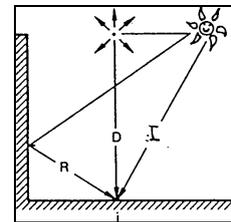
En terme de quantité reçue par unité de temps (éclairage) sur un plan horizontal :

$G_H = I_H + D_H$  où :

- $I_H$  Éclairement solaire (incident) direct reçu par une surface horizontale unitaire.
- $D_H$  Irradiation solaire diffuse reçue par une surface horizontale unitaire.
- $G_H$  Irradiation solaire globale reçue par une surface horizontale unitaire.



1. Composante du rayonnement solaire (visible).



2. Composante du rayonnement terrestre (infrarouge).

Figure 3. Composantes du bilan radiatif d'une surface « i ». (Guyot G., 1997).

Au sol, le bilan radiatif s'écrit ainsi (CSTB, 1996) :  $R_N = R_S + (L_a - L_s)$ .

- $R_N$  : est le bilan radiatif net du sol compté positivement s'il s'agit d'un gain d'énergie.
- $R_S$  : est le rayonnement solaire incident et réfléchi (visible).
- $L_S$  : est le rayonnement thermique terrestre : le rayonnement de grande longueur d'onde du sol vers l'atmosphère.
- $L_a$  : est le rayonnement thermique atmosphérique : le rayonnement atmosphérique de grande longueur d'onde émis vers le sol.

Le rayonnement solaire est diffusé, absorbé et réfléchi, lors de sa traversée de l'atmosphère. Il se manifeste alors sous la forme d'un rayonnement direct atténué provenant directement du soleil et d'un rayonnement diffus provenant de toute la voûte céleste. La répartition entre rayonnement direct et rayonnement diffus dépend principalement de la hauteur du soleil, de la teneur en vapeur d'eau et en aérosols de l'atmosphère et de la couverture nuageuse (Perrin de Brichambaut Ch., 1978). L'absorption est fonction de la longueur du trajet optique dans l'atmosphère et de la concentration des molécules absorbantes.

Le rayonnement solaire incident peut être évalué à partir de données macroclimatiques d'ensoleillement global, direct et diffus. Il peut être obtenu à partir de formules de calcul nécessitant la connaissance de la latitude  $\theta$ , de la déclinaison  $S$ , de l'heure en temps solaire vrai (T.S.V.), des informations sur la fraction d'ensoleillement, la nébulosité et le trouble atmosphérique (Guyot G., 1997). Ces données nécessitent évidemment une adaptation au mésoclimat. En tenant compte des problèmes d'ombres portées et d'angles solides, les données géométriques du lieu permettent de déterminer les zones recevant le rayonnement direct ainsi

que le pourcentage du diffus reçu sur chaque élément de surface à toute heure de la journée (CSTB, 1996).

La surface du sol réfléchit une partie du rayonnement visible reçu. La fraction réfléchie ( $\alpha$   $G_H$ ) varie suivant la nature de la surface du sol et la hauteur du soleil. Le coefficient  $\alpha$  représente l'albédo de la surface. La part du rayonnement solaire absorbé par le sol est donc :  $R_s = (1 - \alpha) G_H$ . La morphologie urbaine, l'aspect de la ville, la couleur des bâtiments jouent un rôle non négligeable et déterminant dans la distribution des rayonnements solaires. La présence d'une surface bâtie ou de tout autre aménagement urbain modifie la quantité ainsi que la distribution du rayonnement solaire reçu direct ou diffus. La pollution atmosphérique est également l'une des principales causes des différences observées entre le rayonnement solaire reçu, sur un site rural et en milieu urbain. La pollution se manifeste par une augmentation des aérosols et des noyaux de condensation, ces derniers favorisent la création de nuages (Escourrou G., 1991).

L'albédo est aussi variable. Il dépend de la proportion d'espaces verts, de la couleur des murs et des toits, de la différence des tissus urbains. Généralement, en ville, l'albédo est plus faible dans la partie urbaine la plus dense. Dans une rue étroite, le soleil ne pénètre pas. L'absorption est alors faible. Selon Escourrou G. (1996), dans une avenue plus large, la réflexion par les murs est négligeable mais le revêtement de la chaussée peut jouer un rôle déterminant.

Selon Noilhan J. (1980), l'énergie rayonnante reçue d'une surface « j » par une surface « i » est proportionnelle à un facteur de forme qui est défini comme l'angle solide sous lequel la surface « j » voit la surface « i ». En microclimatologie urbaine, le rayonnement solaire est supposé diffus, le rayonnement atmosphérique isotrope et le ciel est assimilé à une surface « j ». Dans un environnement où il y a « n » surfaces « j », le rayonnement reçu sur une surface « i » est par unité de surface :  $Q_i = I_i + D_i + R_i + L_i$ .

A un niveau plus localisé, celui de l'espace urbain, Noilhan J. (1980) a considéré le cas d'une cour entourée sur trois côtés par une façade d'immeuble<sup>6</sup>. Les facteurs de forme  $F_i$  du ciel pour l'ensemble des surfaces élémentaires de 10m x 10m formant la cour (voir figures 4 et 5).

---

<sup>6</sup> Les dimensions de la cour : 30 x 40 m, la hauteur des bâtiments est de 14m.

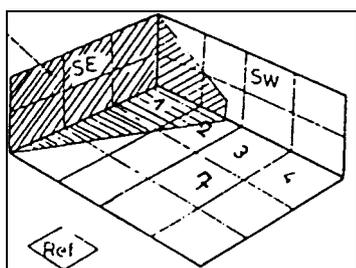


Figure 4. Condition d'ensoleillement dans la cour, le 18.10.1979 (Noilhan, 1980).

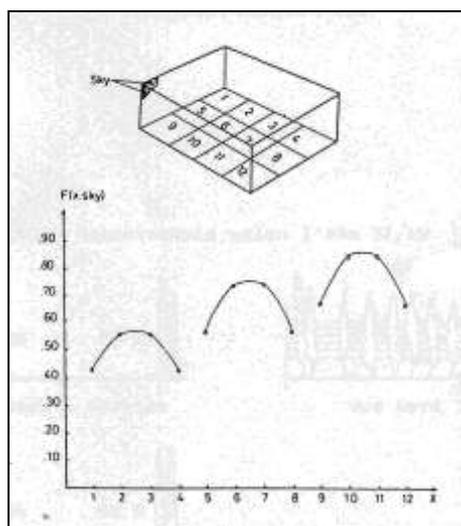


Figure 5. Variation de facteur de ciel pour des surfaces élémentaires d'une cour d'immeuble en U. (CSTB, 1996).

Cette étude a montré qu'il existe une décroissance très rapide des échanges radiatifs lorsque les surfaces concernées s'éloignent. L'étude expérimentale effectuée par C. Sacré (1986) confirme ce dernier point.

Les valeurs du rayonnement solaire reçu par les surfaces 3 et 7 de la cour de l'immeuble en U et au point de référence (voir figure 4) sont respectivement égales à 283, 238 et 227 W/m<sup>2</sup>. Les apports par réflexion sur le mur sud-ouest sont limités en grande partie à la surface adjacente (+26% par rapport à la référence) car sur la surface suivante (7) située à 15 mètres du mur, l'apport n'est plus que de 5% sans compter que le facteur de vue du ciel est passé de 0.55 en (3) à 0.74 en (7) ce qui entraîne une augmentation du rayonnement diffus reçu.

Un résultat analogue a été observé pour le rayonnement thermique, qui au milieu de la surface (3) à 5m du mur est supérieur de 15 % à la valeur observée en référence (325 W/m<sup>2</sup>) et n'excède par cette valeur de plus de 4% sur la surface (7).

Selon cette étude, la comparaison du rayonnement solaire global ( $I_h + D_i + R_i$ ) reçu par les surfaces (1) et (4) situées la première dans l'angle à l'ombre et la seconde dans l'angle au soleil, met en évidence l'importance du rayonnement solaire direct et du rayonnement réfléchi par les surfaces environnantes. La surface (1) reçoit 64 W/m<sup>2</sup> et la surface (4) 278 W/m<sup>2</sup>. La valeur de référence étant de 227 W/m<sup>2</sup>, soit un écart de 95% par rapport à la valeur de référence dû essentiellement à l'effet de masque, (-72%) mais aussi aux apports par réflexion pour la surface (1) (+23%).

Ces résultats sont à rapprocher de ceux observés dans différents ensembles urbains de Strasbourg (Miller-Chagas P. & Paul P., 1980) à la cité Rotterdam. Par ciel couvert, seul le rayonnement solaire diffus apporte de l'énergie de courte longueur d'onde dans l'espace situé entre le bâtiment et la haie d'arbres. Les variations observées de cette énergie en fonction de l'éloignement des obstacles illustrent l'influence des facteurs de vue du ciel ( $F_i$  ciel) dont il est possible d'estimer directement les valeurs (0.45 - 0.79 - 0.85 - 0.65) en supposant négligeables les apports énergétiques par réflexion du rayonnement diffus sur les parois.

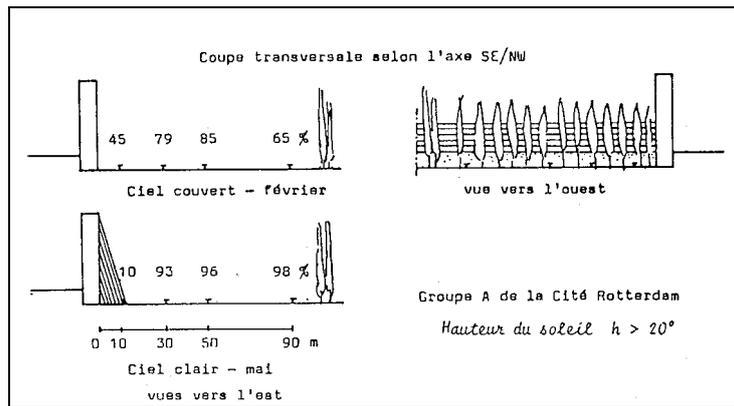


Figure 6. Pourcentage du rayonnement solaire reçu en différents points d'un espace extérieur, par rapport au rayonnement global mesuré sur le toit de l'immeuble. (Miller-Chagas P. & P. Paul, 1980).

Comme on peut le voir sur la figure 6, par ciel clair, l'apport du rayonnement solaire direct est essentiel. Le point à l'ombre ne recueille que 10% de l'énergie solaire globale incidente tandis que les points au soleil reçoivent tous, quelle que soit leur position, plus de 90%. L'influence des facteurs de vue du ciel (et donc du rayonnement diffus) apparaît ici comme très faible (=5% du rayonnement global). Par ciel clair, lorsqu'un point est à proximité d'une façade ensoleillée ( $\leq 5\text{m}$ ), l'apport du rayonnement réfléchi par le mur, compense la perte de rayonnement diffus par diminution du facteur de vue du ciel.

Cette étude a montré également que, dans certains cas, grâce à la réflexion par les parois, l'éclairage reçu en milieu construit peut dépasser celui reçu en site dégagé. Cela a été attribué aux propriétés réfléchives des surfaces.

L'orientation et les caractéristiques géométriques de l'espace ont été également abordées, essentiellement pour le direct, par les abaques solaires, les simulations sur maquette (héliodon) ou sur ordinateur. La répartition du diffus sur la voûte céleste a été étudiée pour divers types de nébulosité suivant la hauteur du soleil (Peneau J.-P. 1989, Siret D. 1997). Dans ces modèles, la prise en compte des réflexions est possible si les caractéristiques des surfaces sont connues.

### 2.2.1.2 Le rayonnement thermique

Avant d'expliquer les modifications thermiques du rayonnement solaire, il est important de rappeler la loi de Stéfán et celle de Kirchoff :

- la loi de Stefan exprime que tout corps émet un rayonnement électromagnétique dont l'intensité par unité de surface est proportionnelle à la puissance quatrième de sa température absolue<sup>7</sup> :  $E = \epsilon \sigma T^4$ .

<sup>7</sup> Avec  $\sigma = 5,6710^{-10} \text{ W.m}^{-2} \text{ K}^{-4}$  constante de Stéfán,  $\epsilon$  est l'émissivité du corps, T est la température du corps en K.

- la loi de Kirchoff traduit l'équilibre thermique de deux corps ayant la même température et implique qu'un corps ne peut absorber que les rayonnements qu'il est capable d'émettre. En conséquence le coefficient d'absorption d'un corps est égal à son émissivité.

Nous rappelons également qu'au sol, le bilan radiatif s'écrit ainsi :  $R_N = R_S + (L_a - L_s)$

- $R_N$  : le bilan radiatif net du sol.
- $R_S$  : le rayonnement solaire incident (direct et réfléchi).
- $L_s$  : le rayonnement thermique du sol vers l'atmosphère.
- $L_a$  : rayonnement thermique atmosphérique émis vers le sol.

La partie qui nous intéresse maintenant est le rayonnement solaire qui est absorbée par le sol et par l'atmosphère et émise de façon thermique dans l'infrarouge. Le rayonnement thermique est de type diffus. A toute émission ou absorption d'un rayonnement thermique correspond une perte ou un gain d'énergie donc un refroidissement ou un réchauffement.

La détermination précise du rayonnement atmosphérique  $L_a$  nécessite une connaissance approfondie de l'état de l'atmosphère, de sa nébulosité, de la hauteur de la couverture nuageuse, de la répartition verticale de la concentration en  $CO_2$ , des températures et des humidités.

Des formules statistiques (Guyot G., 1997) peuvent néanmoins être utilisées pour des moyennes climatologiques à partir de la température, de la tension de vapeur d'eau au sol et de la couverture nuageuse. Des considérations géométriques d'angle solide et de hauteurs angulaires permettent de se faire une idée sur ( $L_a$ ) pour une surface d'un système de géométrie quelconque.

En ville, l'énergie reçue dépend de l'énergie émise par tous les corps. Elle dépend donc de leurs températures et de leurs émissivités<sup>8</sup> pondérées par l'angle solide sous lequel ces corps sont vus. En effet, en milieu urbain, les apports varient selon l'inclinaison des surfaces réceptrices. En général, avec la même orientation, une surface inclinée s'échauffe plus qu'une surface horizontale voisine. La nature du sol joue également un rôle de réception d'énergie le jour et d'émission la nuit par sa capacité de stockage. L'émission terrestre peut également varier en fonction de la présence ou pas du couvert végétal et de sa densité (Guyot G. 1997). La modification du rayonnement terrestre est souvent difficile à définir à cause de l'hétérogénéité de la surface.

L'un des phénomènes largement évoqué dans les études de climatologie urbaine et qui traduit bien l'augmentation du bilan thermique sous l'influence du milieu bâti est la constitution d'un îlot de chaleur dans les villes fortement urbanisées (Escourrou G., 1996-1991). Comme son nom l'indique, ce phénomène d'îlot de chaleur correspond à la constitution par accumulation, en strate horizontale circonscrite au-dessus de la zone urbaine, d'une couche d'air à forte température comparée à la température d'un site rural périphérique. Selon Escourrou G. (1991-1996), son intensité diminue du centre vers la périphérie. L'augmentation de la chaleur qu'il traduit a des conséquences importantes sur les autres paramètres climatiques comme l'humidité de l'air, les brouillards et les précipitations.

---

<sup>8</sup> Rappelons que  $L_s = \varepsilon \sigma T_s^4$  où  $\varepsilon$  est l'émissivité du sol et  $T_s$  est sa température.

La figure suivante montre cette variation de température au sol entre une campagne, le centre d'une ville, une forêt et la banlieue :

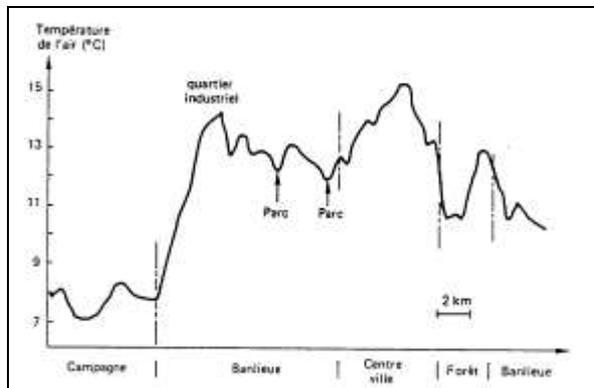


Figure 7. Variations de la température au sol dans la ville de Vancouver par vent faible et sans nuages (septembre 1973 - CSTB, 1996, d'après Oke, 1971).

La température de surface varie en fonction :

- de l'intensité du rayonnement incident et des caractéristiques d'absorption de la surface,
- de la conductivité et de l'inertie de la masse solide derrière la surface et de la production de chaleur interne,
- de l'évaporation qui s'y produit et donc de l'eau qui y séjourne ainsi que de l'évaporation potentielle de l'air,
- des échanges convectifs avec l'air et donc de la vitesse, de la température et du degré de turbulence de ce dernier,
- de la forme, de la rugosité de la surface et de son émissivité.

Des tables (Perrin de Brichambaut Ch., 1978) permettent d'évaluer la fraction du rayonnement atmosphérique reçue par chaque surface suivant son orientation et la géométrie du lieu (en tenant compte de la non-isotropie du rayonnement). La partie du rayonnement de grande longueur d'onde, qui vient de la terre et des corps solides trouvés à sa surface, peut être évaluée aisément quand les caractéristiques géométriques et les caractéristiques d'émission de ces corps sont connues. Les températures de surfaces et leurs caractéristiques de réflexion dans les grandes longueurs d'onde sont à prendre en compte.

A l'échelle de l'espace public et afin de mettre en évidence l'hétérogénéité des paramètres « rayonnements et température de l'air » d'un même espace, une série de mesures a été effectuée, dans différents espaces à Nantes par l'équipe du CSTB (1996).

Nous reprenons l'ensemble des résultats obtenus dans les tableaux suivants :

Point 1	Point 2	Eté	Hiver
Ensoleillé Dégagé	Ensoleillé proche façade ensoleillée	+5 / +9	+6 / +6,5
Ombre d'une façade	Ombre d'un arbre	+5 / +9	-

Tableau 1. Rayonnement infrarouge sur une surface horizontale. [ $L_{atmosphère} (point 2) - L_{atmosphère} (Point 1)$  en % de  $L_{atmosphère} point 1$ ].

Point 1	Point 2	Eté	Hiver
Ensoleillé dégagé	Ensoleillé proche façade ensoleillée	+3,4 / +12,4	+3,1 / +18,5
Ensoleillé dégagé	A l'ombre d'un arbre	-80 / -97	-
Ensoleillé dégagé	A l'ombre d'une façade	-84 / -89	-84 / -89

Tableau 2. Rayonnement solaire global sur une surface horizontale. [GH point 2- GH point 1 en % de GH point 1].

Point 1	Point 2	Eté	Hiver
A l'ombre d'une façade	Ensoleillé dégagé	+0,5 / +2,2	-0,4 / +0,7
A l'ombre d'une façade	A l'ombre d'un arbre	+0,2 / +1,7	
Pelouse au soleil	A l'ombre d'un arbre	-0,5 / 2,9	
Ensoleillé dégagé	Ensoleillé proche de la façade ensoleillée	0,3 / +1,9	0,4 / +0,8

Tableau 3. Température de l'air [ $T(\text{point 2}) - T(\text{point 1})$  en °C].\*

Ce que nous pouvons retenir est que la température de l'air suit principalement la distribution du rayonnement solaire. Les points où sont observées les plus fortes températures sont souvent les mêmes que ceux où le rayonnement solaire est important.

Selon l'équipe du CSTB (1996), en été, l'écart moyen entre températures (au soleil et à l'ombre) est de 1°C et en hiver de 0,5° C. La température de l'air sous un arbre est plus forte qu'à l'ombre d'une façade en période estivale + 1° C. Le groupe ABC (1997) a confirmé également que, dans le cas d'un parc d'une certaine importance, la température de l'air sous les arbres est même supérieure à la température de l'air sur la pelouse au soleil + 3 °C.

Nous retenons également que la distribution du rayonnement solaire dans un espace est liée principalement au rayonnement solaire diffus et direct, parvenant dans cet espace ainsi qu'aux caractéristiques géométriques et aux propriétés réfléchives des surfaces de ce dernier.

Nous verrons à présent dans la partie qui va suivre comment se manifeste l'interaction du milieu bâti avec les écoulements de l'air.

---

\* Les trois tableaux sont extraits du cours de DEA : Ambiances Architecturales et urbaines, Climatologie urbaine, 1996-1997.

## 2.2.2 Les écoulements des vents

Plus le vent est fort, plus les couches inférieures de l'atmosphère sont brassées et une égalisation des températures entre les espaces apparaît. Par temps calme, l'amplitude thermique croît.

Un vent se définit comme étant un déplacement d'une masse d'air de zones à haute pression vers des zones à basse pression. C'est un écoulement qui tend à équilibrer les zones de pressions différentes dans l'atmosphère. Les changements de vitesse des vents sont très variables d'une ville à une autre. Ils dépendent de la taille de la ville, du relief qui l'entoure, des effets de canalisation ou non. L'urbanisation influence d'une façon considérable l'écoulement des vents. Elle agit sur les vents dominants mais aussi sur les vents locaux. Dans la couche limite urbaine, au-dessus des toits, le vent est moins turbulent et sa vitesse est plus forte. Il contourne l'agglomération et passe au-dessus en raison des effets de l'urbanisation.

La vitesse d'air diminue en fonction de la rugosité des zones urbanisées. Sa décroissance peut atteindre jusqu'à 30% (Escourou G., 1996) par rapport à ce qu'elle était en rase campagne et son écoulement devient laminaire. Dans les sites urbains, plus ouverts du type banlieue ou terrain dégagé sur lesquels on trouve des tours de grande hauteur, le vent pénètre dans la basse couche urbaine, devient turbulent et sa vitesse augmente. La différence des températures peut également créer des mouvements d'air horizontaux ou verticaux. Horizontalement, il est possible de mentionner les vents thermiques qui se déplacent des zones froides vers des zones chaudes telles les brises. Verticalement, nous pouvons parler des changements de vitesse et de turbulence liées à la rugosité de la surface.

L'influence de l'urbanisation sur le vent se manifeste principalement par les changements de leur vitesse et leur direction ainsi que par la formation de vents thermiques de type « brises ». Mais avant de voir cette influence, nous verrons brièvement le comportement des vents autour des constructions.

### 2.2.2.1 Comportement du vent autour des constructions

En espace extérieur, tout obstacle perturbe, par sa présence, l'écoulement du vent en l'obligeant à le contourner.

Ainsi sur la face au vent apparaît une surpression avec échappement de l'écoulement vers le haut et rouleau tourbillonnaire suite à l'interaction avec le sol.

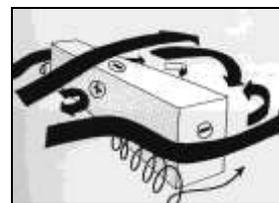


Figure 8. Exemple de champs de vitesses au pied d'un immeuble

Latéralement, les filets fluides décollent au niveau des arêtes en induisant le long des parois des zones dépressionnaires. L'équipe du CSTB (Gandemer & al., 1976-1981) a montré que plus les obstacles ou l'association de plusieurs d'entre eux ont des dimensions importantes, plus les pressions aérodynamiques sont différentes et plus les écoulements induits sont rapides et plus les effets de guidage des bâtiments sur les écoulements pourront être marquants.

Les dimensions, les formes et la position relative des masses bâties conditionnent les distributions et les niveaux de pression sur ces obstacles. De là, dans les espaces extérieurs, l'apparition d'écoulements en survitesses ou de secteurs fortement tourbillonnaires qui peuvent être source de nuisance pour le piéton.

Plusieurs effets du bâti sur l'écoulement de l'air ont été répertoriés lors d'études menées en laboratoire et sur le terrain : effet venturi, effet de canalisation, effet wase, effet de maille (Gandemer J. & al. 1976). Ces effets types ne constituent qu'une partie schématique du savoir concernant les principales formes et dispositions d'édifices. Ces dispositifs et phénomènes sont communs à divers types de climat. Dans la démarche entreprise par l'équipe du CSTB, seule la gêne mécanique a été prise en compte pour définir un critère de confort. Ainsi, selon l'ensemble de ces études, il est possible de connaître approximativement à partir de la vitesse conventionnelle de la météo à 10 m, le vent que nous pouvons avoir au maximum avant la construction pour que le confort soit respecté pour les piétons une fois la construction réalisée.

#### 2.2.2.2 *Changement de vitesse et de direction*

L'implantation de constructions dans un site modifie donc sa topographie propre et les caractéristiques des vents incidents, et localement les écoulements résultent de l'interaction complexe entre le vent et les masses bâties. Ils conditionnent le confort et la sécurité du piéton résultant en partie de la nature plus ou moins rapide et agitée des flux autour des bâtiments. Selon Gandemer J. (1976), le vent présente une vitesse instantanée très variable, avec des variations de vitesses dues à la turbulence, autour d'une vitesse moyenne. Cette dernière évolue en fonction de l'altitude, de la nature et de la taille du terrain qui constituent des rugosités variables. Pour quantifier sa force, une vitesse moyenne de référence ( $V_{ref}$ ) est généralement utilisée. Elle est prise à 10 mètres au-dessus du sol, en site plat et à faible rugosité, par exemple en rase campagne. Selon Gandemer & al. (1981) la variation de la vitesse moyenne ( $V_z$ ) avec la hauteur et la rugosité peut être décrite par le modèle logarithmique suivant :

$$V_z = k V_{ref} \text{Log } Z/Z_0 = C_z V_{ref}$$

Où :

- $Z_0$  est le paramètre de rugosité. Il varie de quelques millimètres pour un vent venant de la mer à quelques mètres pour un vent de zone urbaine.
- Le coefficient  $k$  est fonction de la rugosité.
- La correspondance de la vitesse moyenne de référence avec la turbulence s'exprime ainsi :  
 $\sigma = k V_{ref}$

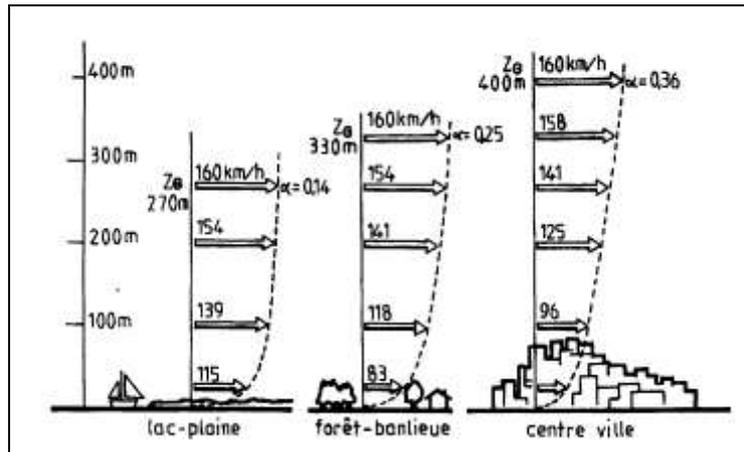


Figure 9. Profils de vitesse de vents au-dessus de trois terrains de rugosité différente. (Gandemer & al., 1981)

Selon G. Escourrou (1996) et d'après son étude sur l'agglomération parisienne, les brises apparaissent lorsque les vents sont faibles et les écarts de température importants. Dans ce cas, tous les vents dans un périmètre d'une vingtaine de kilomètres convergent vers la partie la plus chaude de l'agglomération. En hiver, c'est le plus souvent le quart nord-ouest de Paris. Aux autres saisons, la convergence se fait vers un lieu quelconque de la ville. Celui-ci est en partie lié au vent synoptique du jour. Ces brises sont peu épaisses, elles correspondent à des masses d'air stables et accroissent pour cette raison l'intensité des pointes de pollution. Elles sont plus fréquentes en fin de nuit et le matin. Elles sont plus rares en fin de matinée et au début de l'après-midi.

A l'échelle microclimatique, les mouvements de l'air dépendent du vent mésoclimatique, en particulier du profil des vitesses moyennes et de la turbulence. Les particularités géométriques des alentours et la répartition des températures déterminent, à partir de ce vent mésoclimatique, le champ des vitesses et de la turbulence en tout point de l'espace.

Dans les deux premiers mètres de l'atmosphère, le profil des vents moyens dépend assez peu de l'état de stabilité thermique verticale. Par contre, les différences horizontales de pression, causées par des différences de températures, peuvent causer des vents considérables, même dans la couche qui nous intéresse. Même si ces vents « thermiques » ne sont pas très importants par rapport aux vents « dynamiques », le fait qu'ils joignent des zones de températures contrastées les rend importants pour la distribution des températures. Les contrastes de la ville créent ainsi une multitude de micro circulations. Donc, lorsque les vents sont faibles, les différences de température sont accusées et des brises naissent, soufflant des parties froides vers les parties chaudes. Ces phénomènes ont été appelés « les brises de campagne ».

Concernant l'interaction entre vent et forme urbaine, nous avons pu mettre en évidence à travers les précédents paragraphes que l'amplitude thermique croît quand l'air est calme. Nous avons vu que cela peut être expliqué par la variabilité des coefficients de convection qui

sont fonction de l'inclinaison des masses bâties, de leurs orientations au vent, de la rugosité des surfaces et de la force du vent.

Après avoir vu, l'ensoleillement, les températures et le vent, nous présentons dans la prochaine partie, l'humidité de l'air et sa modification par le milieu bâti.

### **2.2.3 L'humidité de l'air**

Dans les villes, l'apport d'eau provient en grande partie des précipitations et de l'eau importée et utilisée pour les activités anthropiques. Il est supérieur à celui des campagnes. Les précipitations sont dans l'ensemble plus abondantes en ville et l'eau est importée en plus grande quantité, sauf dans les régions irriguées. L'évacuation et le stockage dépendent essentiellement des propriétés des matériaux et de leur humidité.

L'évaporation de l'eau comprend également la condensation traduite par la température de rosée. La condensation dépend de deux conditions, la présence d'une source de chaleur tel que le rayonnement solaire convectif ou venant du sol et la présence d'un gradient de concentration de vapeur d'eau de la surface vers l'air ambiant. Deux cas d'évaporation peuvent être distingués :

- au-dessus d'une surface d'eau ou d'une paroi saturée, l'évaporation dépend essentiellement du déficit de saturation de l'air de l'évaporation potentielle, qui est mesurée dans des stations météorologiques,
- au-dessus d'une paroi moins humide, l'évaporation n'est plus limitée seulement par la capacité d'évaporation de l'air, mais aussi par la disponibilité d'eau à évaporer dans la paroi.

Dans la ville, l'évaporation est très réduite. La plus grande partie de l'énergie, non dépensée par l'évaporation, sert à réchauffer les basses couches atmosphériques et donc à élever la température de l'air. L'évaporation entraîne une consommation énergétique importante de l'ordre de 597 Kcal/g d'eau évaporée à 0 °C et 575 Kcal/g à 40 °C (Penicaud H. 1978).

La réduction de la chaleur latente dépend en grande partie de la morphologie urbaine et essentiellement de l'importance des espaces verts. Selon Penicaud H. (1978) l'évaporation est d'autant plus faible que la surface imperméabilisée est importante. Elle est réduite de 19 % quand 25 % de la surface est imperméabilisée, de 50 % quand il s'agit de 38 % de la surface et de 75 % pour 59 % de la surface.

Selon Noilhan J. (1980), l'énergie solaire absorbée, stockée dans les bâtiments, est restituée à l'atmosphère progressivement au cours de la nuit. Cela est fonction de l'importance de surface de stockage des murs verticaux et de l'absence relative de végétation. Cette dernière tend à diminuer le stockage, en raison des pertes de chaleur engendrées par l'évaporation.

Nous avons déjà vu (cf. § 2.2.2) que l'humidité n'agit guère sur les vents que par l'intermédiaire d'autres phénomènes tel que l'échauffement de l'air dû à l'absorption de rayonnement par la vapeur d'eau. L'influence de ses variations dans l'espace peut être négligée. L'humidité influence surtout la température de l'air et elle est influencée par celle-ci. L'étude faite par le groupe ABC (1997) a montré que les jardins, les parcs et les espaces

arborés restent plus frais en été. Ces espaces affichent - 0,6 °C en moyenne par rapport aux températures relevées à la station météo. Cette étude a relevé également une différence de -1 °C pour les espaces humidifiés. Pour les autres espaces minéraux, les températures sont plus élevées : + 0,3 °C en espace urbain végétalisé (mails ou boulevard) et + 0,8 °C en espace minéral large<sup>9</sup>.

#### 2.2.4 Synthèse

Dans la première partie de ce chapitre, nous avons mis en évidence, l'interaction entre les facteurs climatiques et le milieu bâti. Nous avons constaté que le rayonnement solaire, l'écoulement de l'air et son humidité varient en fonction de la nature et de la structure du milieu bâti.

De cette partie, nous retenons que la température de l'air suit principalement la distribution du rayonnement solaire. L'effet du rayonnement solaire est d'autant plus grand que la vitesse du vent est faible et qu'en l'absence de rayonnement solaire, ce sont les interactions entre le vent et la température qui deviennent essentielles. La variation de l'humidité reste, par contre, une conséquence des variations des autres paramètres climatiques. Les échanges avec les surfaces aussi diversifiées que celles rencontrées en ville, tendent à créer des contrastes importants de températures et d'humidité entre différentes zones. Les mouvements d'air tendent au contraire à atténuer ces contrastes.

---

<sup>9</sup> L'exemple qui a été pris est une place publique sans verdure, entièrement minérale.

## 2.3 Microclimat : paramètres significatifs

Nous abordons, maintenant, dans cette deuxième partie de ce premier chapitre, l'ensemble des paramètres microclimatiques et les caractéristiques de la configuration de l'espace (morphologiques) essentiels et significatifs dans cette variation ou/et différence microclimatique. Une interaction qui est parfois traduite par des effets microclimatiques. Nous cherchons à ressortir les descripteurs physiques de chacun de ces paramètres et de voir le rapport de chacun au sentiment de confort ou de bien être des individus.

### 2.3.1 Les paramètres climatiques

#### 2.3.1.1 Rayonnement solaire et température

La température constitue un très important élément de confort thermique de l'utilisateur de l'espace. Elle conditionne en partie nos attitudes comportementales et vestimentaires. Elle participe également au rythme des quatre saisons de l'année. C'est un facteur important dans la façon dont nous vivons l'expérience de la foule. Une sorte de réaction en chaîne s'installe dès qu'il n'y a pas assez d'espace pour dissiper la chaleur d'une foule et qu'on sent cette chaleur monter. Pour obtenir le même niveau de confort et le même sentiment d'absence de promiscuité, une masse d'individus aura besoin de plus d'espace si elle a chaud. L'homme est extrêmement sensible aux faibles écarts de température. L'individu semble avoir des réactions négatives quand il se trouve dans des conditions thermiques non familières (cf. § 3.4.1).

La projection des rayonnements solaires sur les supports physiques de l'espace urbain définit une partition visuelle et sensible de l'espace. L'ensevelissement intervient auprès de deux modalités sensorielles :

- le sens visuel qui peut être évoqué comme un paramètre climatique spécifique (intensité de la lumière émise, du niveau de l'éclairage ou de la lumière réfléchi, du niveau de la luminance).
- la sensibilité thermique, traduit par la température « opérative » et l'effet de rayonnement perçu indépendamment de la température de l'air.

Nous présentons ici quelques définitions, sachant que la température a plusieurs origines : la température de l'air, la température d'une paroi liée à la nature de la texture des matériaux, la température de rayonnement (globe), la température opérative ou équivalente, etc.

#### *Température sèche / température humide de l'air*

La température de l'air mesurée avec un thermomètre normal est nommée couramment la température sèche. Cependant, si on mesure la température de l'air avec un thermomètre dont le bulbe est enrobé d'un coton imbibé d'eau, après stabilisation, on obtient la température humide. Cette température est toujours inférieure à la température sèche, sauf lorsque l'air est à saturation, les deux températures étant alors égales. Les deux paramètres température sèche

et humide de l'air suffisent, pour définir l'état de l'air, sans qu'il soit nécessaire de passer par la mesure de l'humidité.

### ***Température de rayonnement « Température globe »***

Elle est caractéristique des échanges par rayonnement. Très importante dans le confort surtout en conditions froides et de chaleur sèche (Wild M. Bruel et Kjaer, 1988). Elle est fonction de l'émissivité et des températures des parois et de l'angle solide sous lequel celles-ci sont vues. Cependant, en première approximation, on considère la température radiante moyenne ( $T_r$ ) comme la moyenne pondérée des températures de surface des parois ( $T_{si}$ ) :  $T_r = \frac{\sum T_{si} s_i}{\sum s_i}$  (°C) [ $s_i$  est la surface des parois] (CSTB, 1996).

Elle se mesure par un thermomètre globe. C'est un thermomètre sec inséré dans une sphère en cuivre peinte en noir supposée représenter la capacité thermique d'un individu moyen.

### ***Température opérative ( $T_o$ ) ou Température équivalente***

C'est une température « indicative » d'une enceinte équivalente qui déterminent la même somme des flux de chaleur par convection et par rayonnement que l'ambiance réelle. (Miller-Chagas P. & Vogt J.J., 1970).

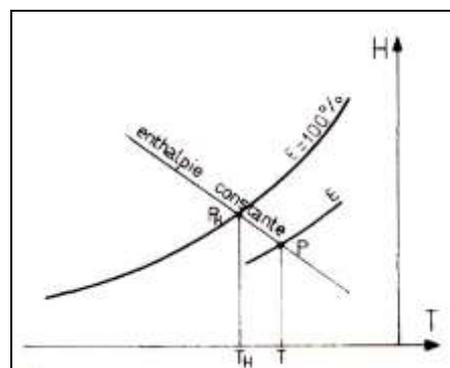
#### ***2.3.1.2 Humidité de l'air***

Nous avons vu dans les précédentes parties que la mesure de l'humidité de l'air permet d'expliquer les phénomènes de condensation sur les surfaces froides ou les apports de vapeur d'eau par les points d'eau, fontaine, jet d'eau, plan d'eau. Il est certain que le taux d'humidité de l'air est influencé par les fortes températures qui favorisent l'évapotranspiration.

L'humidité de l'air intervient peu dans la perception microclimatique, elle est largement associée à la pluie. Le diagramme de l'air humide, représenté schématiquement dans la figure suivante, (Lavigne P., 1994) permet d'obtenir des valeurs quantitatives : le pouvoir desséchant, la température de rosée, la température sèche ou humide, l'humidité absolue et relative de l'air.

Les études du confort en espace interne ont fait apparaître que, pour les hautes températures, l'humidité est un paramètre très important. L'humidité relative ne doit pas être inférieure à 20 %. 30 % serait une limite en dessous de laquelle on augmente sensiblement la fréquence des allergies dues à la mise en circulation des poussières sèches, c'est également une valeur limite pour un orateur. Elle ne doit pas être supérieure à 80 %. Ceci peut causer un problème de condensation sur les parois avec une possibilité de gêne respiratoire, en condition chaude à l'intérieure et froide à l'extérieur.

D'autre part, lorsqu'un orage est sur le point d'éclater, nous nous sentons mal à l'aise, même si la température n'est pas spécialement élevée : ceci est dû à l'humidité



élevée de l'air. En effet, quand le temps est chaud mais sec, notre corps transpire et l'excédent d'eau peut être absorbé par l'air. Par contre, lorsque l'air est humide, la transpiration ne peut pas s'évaporer aussi facilement. Nous avons l'impression d'avoir chaud et d'être collant.

Pour indiquer de quelle manière la moyenne des personnes réagissent au temps chaud et humide, les météorologues canadiens ont inventé l'indice « humidex » ou degré de confort<sup>10</sup>. Cet indice donne la température ressentie, en tenant compte de la température et de l'humidité de l'air.

Température de l'air (°C)	Humidité relative (%)																
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100
21					21	22	22	23	24	24	25	26	26	27	28	28	29
22				22	22	23	24	25	25	26	27	27	28	29	29	30	31
23				23	24	24	25	26	27	28	28	29	30	31	31	32	33
24				24	25	26	27	28	28	29	30	31	32	33	33	34	35
25				25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37
26			26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	36	37	38	39
27			27	28	29	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	41
28			28	30	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40	42	43	44
29		29	30	31	32	33	35	36	37	38	39	40	41	43	44	45	46
30		30	31	32	34	35	36	37	39	40	41	42	43	45	46	47	48
31		31	33	34	35	37	38	39	40	42	43	44	46	47	48	49	50
32		33	34	35	37	38	40	41	42	44	45	46	48	49	50	51	53
33	33	34	36	37	38	40	41	43	44	46	47	48	50	51	52	54	55
34	34	35	37	39	40	42	43	45	46	47	49	50	52	53	55	56	58
35	35	37	39	40	42	43	45	46	48	49	51	53	54	56	57	58	
36	37	38	40	42	43	45	47	48	50	51	53	55	56	58	59		
37	38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	55	57	58				
38	40	42	43	45	47	49	50	52	54	56	57	59					
39	41	43	45	47	49	51	52	54	56	58	59						
40	43	45	47	49	51	52	54	56	58								
41	45	47	48	50	52	54	56	58									
42	46	48	50	52	54	56	58										
43	48	50	52	54	56	58											
Température de l'air (°C)	Humidité relative (%)																
	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85	90	95	100

Tableau 4. *Index humidex : Température perçue en fonction du taux d'humidité dans l'air.*

<sup>10</sup> Indice humidex : c'est la température (°C) perçue par la moyenne des gens, en fonction de la température ambiante et de l'humidité relative de l'air. : <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/humidex.htm>

Température apparente (Indice humidex, °C)	Degré d'inconfort
Au-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 5. *Indice humidex et degré d'inconfort perçu.*

#### 2.3.1.3 *Nébulosité du ciel*

Comme nous l'avons vu dans la première partie de ce chapitre, la nébulosité est un paramètre climatique qui conditionne largement la qualité de l'éclairement naturel.

En climatologie, la nébulosité est définie comme étant la proportion de la surface de la couverture nuageuse par rapport à la surface d'une portion de ciel. Autrement dit, elle exprime le degré de couverture du ciel (0 = ciel clair, 8 = ciel couvert). Cette information à caractère objectif, disponible à la station météo, est d'ordre quantitatif plus que qualitatif.

Nous avons vu, dans la première partie de ce chapitre, que la nébulosité, la brume, le brouillard, les poussières diminuent l'insolation. Par ciel clair, le rayonnement solaire prédomine et la distribution des températures suit la distribution de ce dernier. Par ciel couvert, l'éclairement énergétique est déterminé par les multi-réflexions des surfaces. Dans l'étude du rayonnement, pour différentes configurations spatiales à Strasbourg, Miller-Chagas P. (1980) a montré qu'il y a correspondance entre le pourcentage de l'éclairement énergétique reçu en un point et l'angle solide sous lequel le ciel est vu, pour une période froide et par ciel couvert. Par contre, par ciel clair, l'éclairement énergétique dépend essentiellement de son exposition au soleil.

#### 2.3.1.4 *Direction et vitesse du vent*

Nous avons pu constater dans les parties précédentes à quel point le vent est une composante essentielle du climat. C'est une grandeur vectorielle tridimensionnelle qui peut être caractérisée en coordonnées polaires par deux grandeurs représentant son orientation et sa vitesse. Chacune d'elle présente des variations aléatoires autour d'une valeur moyenne. Le vent est généralement réduit à un écoulement bidimensionnel horizontal.

Il est fréquemment associé aux autres paramètres, tels que : la pluie et la température de l'air, qu'il fait fluctuer par son caractère instable et turbulent. Généralement, il est mesuré à la station météo et sur le site d'investigation. Il a été observé dans son incidence sur l'attitude physique des piétons ou sur les mouvements des parasols (CSTB, 1996). Il est perçu tactilement et exprimé dans son incidence physique sur le sujet. Il fait partie des paramètres de confort au sens physio-psychosensoriel. L'importance d'un vent d'une vitesse et d'une direction données dépend de la proportion du temps pendant laquelle il a eu lieu, autrement dit sa fréquence (Gandemer & al., 1980).

Lorsque le vent souffle, il crée une force proportionnelle au carré de la vitesse qui s'exerce sur le piéton et que ce dernier doit vaincre ou compenser dans son déplacement. Plus la vitesse est élevée, plus il lui faudra lutter et plus la gêne sera grande. L'inconfort est alors caractérisé par la vitesse moyenne  $V$ .

Le vent est une valeur variable. Il varie d'un point à autre. Il suffit de se déplacer au sein d'un ensemble de grande hauteur pour se rendre compte combien des zones très calmes et à écoulement rapide ou encore fortement tourbillonnaires, peuvent être adjacentes. Le vent varie également avec le temps. À l'arrêt, le piéton peut être soumis à un écoulement variable en intensité et direction d'un moment à un autre. Ce caractère instable oblige constamment le piéton à s'adapter à un nouvel état et cause la principale gêne pour la marche et le maintien de l'équilibre, sans oublier le dérangement des cheveux et l'agitation des vêtements. Le niveau de turbulence d'un écoulement caractérise la notion de variabilité du vent dans le temps.

Au confort dynamique de l'homme, vient se greffer le confort thermique. Les échanges thermiques et physiologiques entre le corps et le milieu extérieur sont perturbés par le vent, sans même évoquer l'état subjectif de la personne qui vient pondérer ces notions.

L'équipe du CSTB (Gandemer & al., 1976-1981) a établi des seuils de confort et des fréquences de gêne au-delà desquels il est possible de définir des situations d'inconfort « mécanique ». En introduisant comme seuil de l'inconfort les valeurs ( $V < 5$  m/s), début des manifestations déplaisantes et l'écart type associé correspondant à la turbulence au niveau du sol en rase campagne pour cette même vitesse,  $\sigma = 1$  m/s, la condition de confort à respecter s'écrit alors ( $V_m + \sigma < 6$  m/s). Cette caractérisation quantitative de la nuisance vent ou plutôt son existence a amené d'autres recherches concernant la fréquence d'apparition de cette nuisance. La gêne, due au vent, est inévitable dans les espaces extérieurs, elle sera acceptée ou tolérée par l'utilisateur si sa fréquence d'apparition reste modérée. En outre, la notion d'acceptabilité ou non-acceptabilité d'un niveau de fréquence de nuisance donné sera dépendante notamment de l'activité dans l'espace extérieur considéré.

La fréquence « F » s'exprime en pourcentage du temps ou directement en nombre d'heures (durée moyenne de nuisance annuelle qui peut être pondérée par la saison ou le cycle jour/nuit). Le tableau suivant donne les grandeurs des fréquences généralement admises. Elle dépend du climat de la région considérée, du site d'implantation, du positionnement du point dans le plan de masse et des interventions prises pour réduire la nuisance notamment les brises-vent (Gandemer & al., 1976) :

Activités	Limite supérieure de la gêne (en pourcentage du temps annuel)
Station immobile : Terrasse de café, théâtre en plein air, piscine, etc.	Quelques pour cents
Station immobile de courte durée : Jardin public, aire de jeux, rue commerçante, galerie, etc.	5 %
Marche normale : Promenade pédestre, passage piétonnier, entrée d'immeuble, etc.	10 %
Marche rapide : Parc auto, trottoir des avenues, belvédère, etc.	20 %

Tableau 6. *Inconfort pour certaines activités en milieu extérieur en fonction des fréquences des vents.*

L'influence du vent sur les pratiques sociales en espace extérieur a été spécialement étudiée selon l'angle de la gêne surtout mécanique. Le tableau 7 présente certainement l'un des plus anciens indices, « l'échelle de Beaufort », développée pour évaluer les effets de la vitesse du vent sur les activités et les pratiques des individus et ceci en fonction de la turbulence du vent :

Vitesse du vent (m/s)		Caractéristiques du vent
Force	Hauteur Z = 2 m	
2	1,5 à 3	Les visages ressentent la sensation du vent. Les feuilles bruissent.
3	3 à 4.5	Les feuilles et les petits rameaux sont en mouvement permanent. Le vent déploie pleinement les drapeaux. Les cheveux sont dérangés. Les vêtements amples battent au vent.
4	4,5 à 7	La poussière et les papiers se soulèvent. Les branches s'agitent. Les cheveux sont décoiffés.
5	7 à 9	Les petits arbres avec les feuilles oscillent. La marche est légèrement perturbée.
6	9 à 11	Les grosses branches se mettent en mouvement. Le vent siffle dans les fils téléphoniques. Les parapluies sont utilisés avec peine. La marche devient instable.
7	11 à 14	Les arbres sont totalement en mouvement On éprouve de grosses difficultés à marcher contre le vent.
8	14 à 17	Les branches d'arbres se cassent. D'une façon générale, progression pédestre très difficile et dangereuse.
9	17 à 20	Risque d'être violemment projeté à terre sous l'effet des bourrasques.

Tableau 7. *L'échelle Beaufort*

Si l'échelle Beaufort donne quelques manifestations en fonction de la vitesse du vent et des sensations ressenties, il a été difficile de définir un critère de nuisance et impossible d'introduire un critère unique englobant tous les paramètres.

### 2.3.2 Les paramètres de la configuration de l'espace

Dans les parties précédentes, nous avons pu constater rôle import de plusieurs caractéristiques morphologiques dans la création de conditions microclimatiques, soit à l'échelle de l'espace public soit à l'échelle de la ville.

A l'échelle locale, celle de l'espace public, nous citons par exemple le rapport de la largeur de l'espace à la hauteur du bâti qui commande à la fois la capacité de refroidissement nocturne par rayonnement vers le ciel et les apports solaires diurnes qui l'échauffent ou le surchauffent. Nous avons pu constater l'influence de ce paramètre sur les écoulements d'air et l'effet de protection ou de nuisance qui peut en résulter. Nous avons vu, précédemment, que des éléments d'aménagement urbain tels qu'une pelouse, des arbres d'alignement, une fontaine peuvent avoir un effet de protection ou le contraire vis-à-vis de la chaleur et du vent à l'échelle de l'espace urbain.

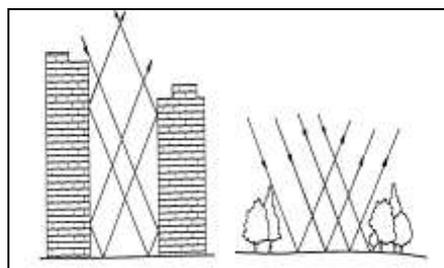
Dans cette partie, nous mettons en relief les paramètres de la morphologie spatiale les plus pertinents pour nous, c'est-à-dire ceux qui sont impliqués dans l'interrelation climat-environnement construit à une microéchelle, celle de l'espace public extérieur.

#### 2.3.2.1 Volumétrie du bâti et proportions de l'espace

Les distances entre surfaces en espace public interviennent dans la détermination des facteurs de forme et l'angle solide sous lequel le ciel est vu à partir d'un point dans l'espace. Il en résulte que les espaces larges connaissent des écarts de températures diurnes nettement plus importants que les espaces étroits. L'orientation, la disposition verticale, horizontale ou inclinée des surfaces, le rapport hauteur largeur et profondeur du bâti ont des influences certaines sur les effets thermiques et lumineux et les effets dynamiques d'écoulements de l'air.

L'effet lumineux le plus connu est l'effet de masque et d'ombre portée. (Groleau D. & Marenne C., 1996, Siret D., 1997).

L'effet thermique le plus connu qui a été étudié surtout pour les cas de rues canyons est *l'effet de piégeage thermique* (CSTB, 1996). Nous le présentons schématiquement par la figure suivante.



D'autres effets thermiques ont été mis en évidence par le groupe ABC (1997) : l'effet de dièdre intérieur, caractérisé par l'échauffement des parois au niveau des angles de par un renforcement des échanges par multi-réflexion et re-émission thermique et extérieur, caractérisant les éléments en saillie (corniche, angle de mur).

C'est à proximité de l'arête séparant deux plans, l'un vertical et l'autre horizontal, que les températures de surface sont les plus élevées. Nous le présentons par les figures suivantes.

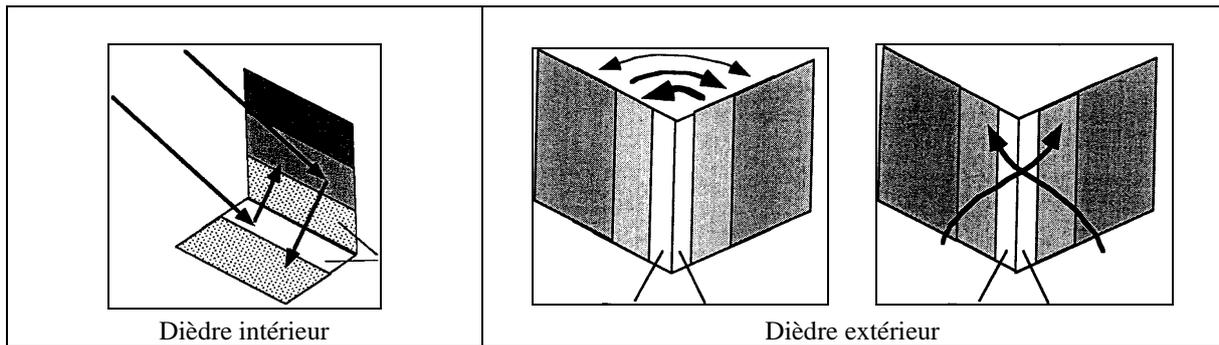


Figure 10. Effets de dièdre (ABC, 1997)

Concernant le vent, plusieurs effets du bâti sur l'écoulement de l'air ont été répertoriés lors d'études menées en laboratoire et sur le terrain : l'effet venturi, l'effet de canalisation, l'effet de pilotis, l'effet de coin, l'effet de maille, etc. (Gandemer & al., 1976-1981). L'écoulement de l'air se modifie constamment en fonction de la forme des constructions, leurs hauteurs, leurs dispositions les unes par rapport aux autres.

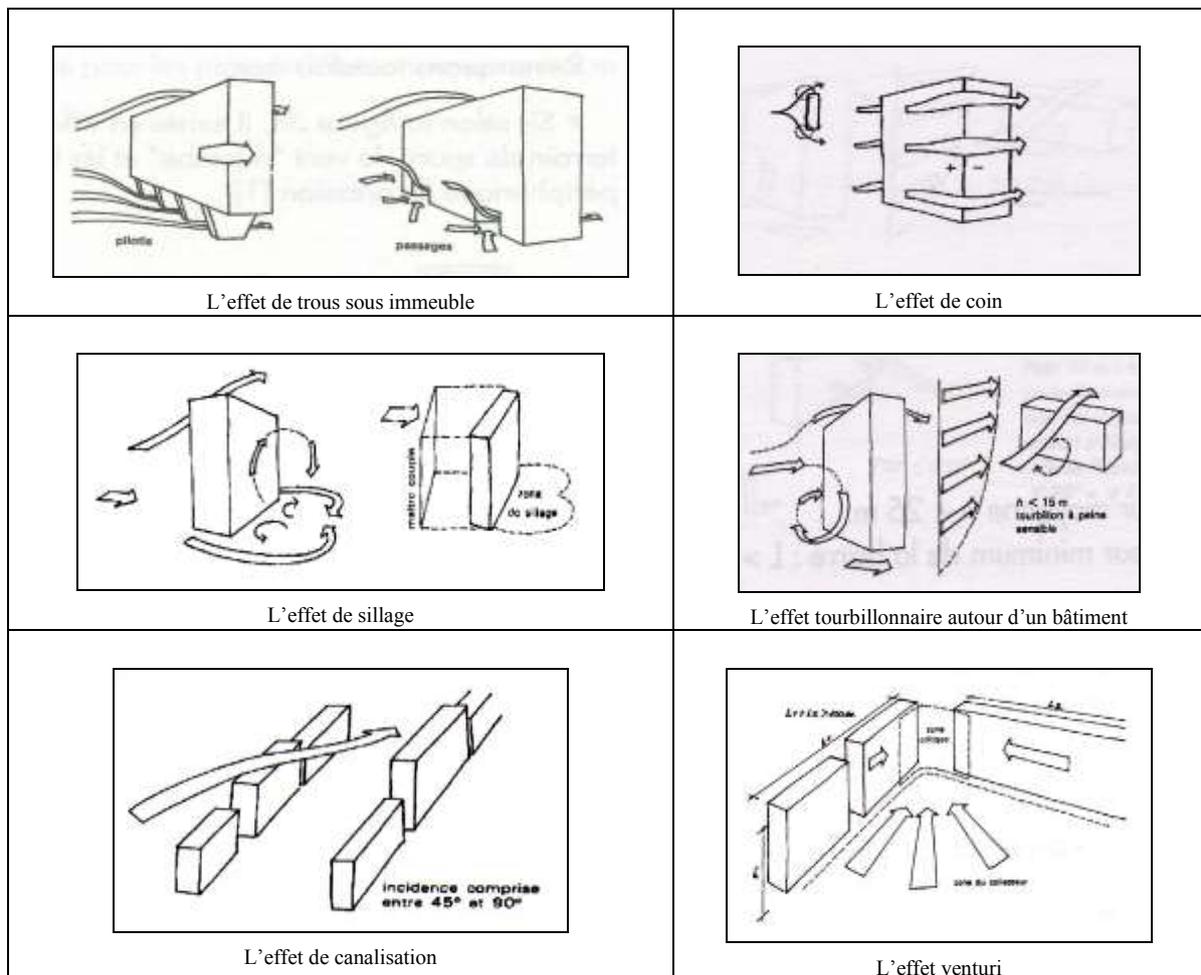


Figure 11. Quelques effets du bâti sur l'écoulement du vent (Gandemer & al., 1976)

### 2.3.2.2 *Eléments d'aménagement urbain*

Nous retenons ici deux types de dispositifs : les plans d'eau et le végétal urbain.

#### ***Surfaces d'eau (bassin, fontaine, jet d'eau)***

Le comportement de l'eau est différent de celui de l'air. L'eau présente plusieurs particularités. Son inertie thermique est plus grande que celle de l'air et que celle de la terre donc elle se réchauffe et se refroidit plus lentement. Elle est par définition plus « humide » et sa rugosité nulle ou très faible.

Le groupe ABC (1997) a fait apparaître, en utilisant les images thermo-graphiques, des effets de reflets des plans d'eau (à Nîmes, l'esplanade du Jardin de la Fontaine et le canal du même nom). Lors de cette étude, il a été conclu que la température d'un plan d'eau est en partie masquée par celle des surfaces qui se reflètent sur le plan d'eau.

Le groupe ABC a montré également que les effets de fontaines sont très localisés. L'échange entre une fontaine et l'air environnant est faible et donc ne participe que très peu au refroidissement de l'espace urbain ouvert. Seuls des effets psychologiques peuvent être avancés.

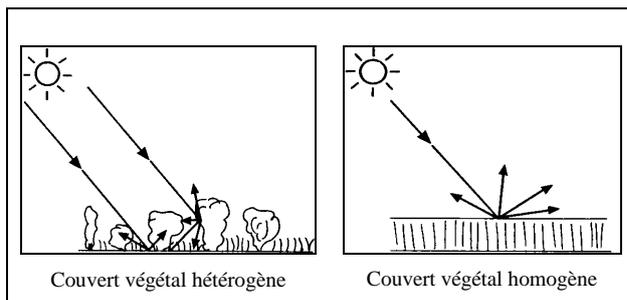
Par contre, les jets d'eau ont un effet d'humidification et de refroidissement à proximité. Dans ce cas, il ne s'agit plus de plan d'eau, mais d'eau projetée vers le haut et retombant en jets. Les effets de réflexion ne se produisent plus et l'émissivité de l'eau joue pleinement.

#### ***Surfaces végétales***

Lorsque la couverture végétale est discontinue ou présente des différences de hauteur (ou de rugosité) ou lorsque l'évapotranspiration réelle varie dans l'espace, le bilan d'énergie peut être modifié localement, ce qui entraîne un changement de tous les facteurs climatiques.

Une couverture végétale exerce une action considérable sur le climat par le fait de :

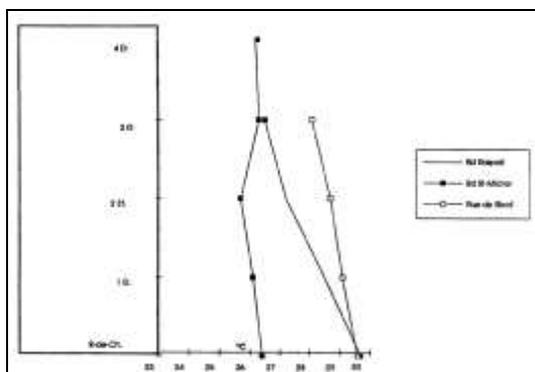
- *sa rugosité* qui dépend surtout de la hauteur du végétal considéré ;
- *sa capacité à stocker ou à restituer l'eau* : elle est moindre si l'eau y est abondante, par exemple dans le cas d'une pelouse arrosée. La végétation modifie la température dans la mesure où le flux de chaleur sensible (par conduction dans le sol) est plus ou moins important ;
- *son pouvoir d'absorption ou de réflexion de la radiation solaire* : le rayonnement incident réfléchi par la partie supérieure du couvert végétal est, en partie, capté par les irrégularités de la surface comme l'indique schématiquement la figure ci-dessous.



*Figure 12. Schématisation de l'effet de «piégeage» de la lumière d'un couvert végétal. (Guyot G., 1997)*

En milieu urbain, le végétal est composé essentiellement d'arbres en parc ou en jardin, d'arbres d'alignement, de végétaux grimpants, de pelouses et de végétaux couvrants. Pour illustrer les effets thermiques du végétal en milieu urbain, nous reprenons ici (figure 13) les profils verticaux de la température de l'air effectués par Escourrou et Roussel (1996). Ces derniers ont mesuré à Paris le profil vertical dans un espace urbain avec platanes (Bd Saint Michel) et sans arbre d'alignement (Bd Raspail et rue de Rivoli).

Ils ont constaté que la température sous les arbres est en diminution de 3 °C. Par contre, ils ont signalé que l'ombre des arbres et des végétaux n'a pas un effet très marqué sur la température d'air. Cependant, elle réduit considérablement les flux solaires en limitant les échauffements des surfaces qui normalement devraient être ensoleillées. Cette ombre réduit aussi les flux radiatifs thermiques.



*Figure 13. Profils verticaux de la température d'air : comparaison entre une rue avec arbres d'alignement (Bd Saint Michel) et deux rues sans arbre (Bd Raspail et rue de Rivoli) (Escourrou G., 1996).*

Le tableau suivant récapitule quelques effets microclimatiques (thermiques et aérauliques) du végétal urbain qui peuvent être très marqués et peuvent jouer sur tout un volume urbain :

Unité/ Échelle	Forme construite	Situation arbre	Phénomène climatique concerné	Haut. (m)	Larg. (m)	Long. (m)
<b>Bâtiment</b>	Jardin	Arbre isolé	Sillage aéraulique, ombre	10	10	10
<b>Canyon</b>	Rue	Arbre d'alignement sur avenue, mail.	Tourbillon, ombre, température	10	30	300
<b>Quartier</b>	Ilot urbain, usine	Parc urbain, bois	Brise locale		500	5000
<b>Zone urbaine</b>	Centre-ville résidentiel, industriel	Ceinture verte, forêt suburbaine.	Qualité de l'air.		5000	5000
<b>Ville</b>	Totalité de l'aire construite	Forêt urbaine	Modification : chaleur, humidité, brise urbaine, dôme pollution, précipitations		25km	25km

Tableau 8. Effets des arbres urbains dans une ville dépassant le million d'habitants (d'après E. Linacre, cité par Adolphe & al., 2000.a).

La présence d'arbres d'alignement et d'un couvert végétal épais de manière générale joue non seulement le rôle mécanique de protection solaire, mais aussi celui de réfrigérant annulant les effets radiatifs du rayonnement solaire pour les usagers de la ville (ABC, 1997).

L'effet de *canopée urbaine*, mis en œuvre par ce groupe, s'explique par le fait que les parties du feuillage soumises à l'ensoleillement ont tendance à être plus chaudes. Lorsque les feuillages sont en épaisseur suffisante, ils se comportent comme des « plafonds » dont les niveaux thermiques sont inférieurs à celui de la température ambiante. Pour l'usager de la ville, cet effet de plafond frais compense les effets de réflexion des parois ensoleillées ou les effets de parois chaudes.

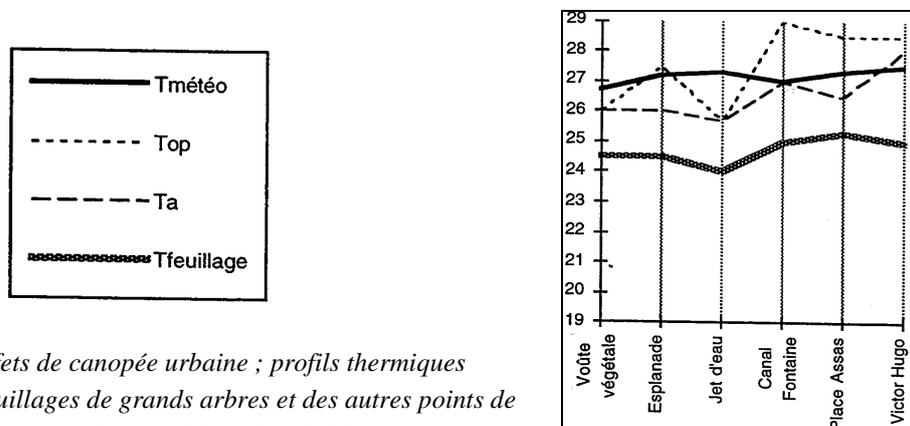
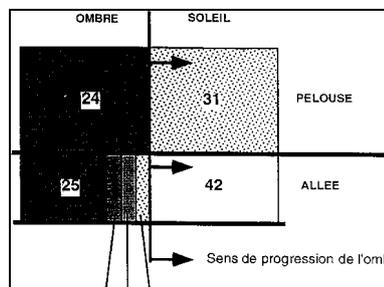


Figure 14. Effets de canopée urbaine ; profils thermiques comparés des feuillages de grands arbres et des autres points de mesures à Nîmes à 13h (ABC, 1997).

L'effet de la pelouse est un autre effet thermique de la végétation (ABC, 1997) lisible surtout lorsque celle-ci est exposée au rayonnement solaire. Elle s'échauffe, bien moins qu'une surface minérale. L'effet d'inertie est inexistant sur la pelouse. Ce schéma montre les effets suivants :

- A l'ombre stabilisée, la pelouse et l'allée minérale ont presque la même température, à 1°C près. La pelouse reste un peu plus fraîche à cause notamment de son humidité due à l'arrosage et à la rosée matinale.
- Au soleil « stabilisé », l'allée s'échauffe beaucoup plus que la pelouse ; 11°C de plus.



### 2.3.2.3 Orientations cardinales de l'espace

L'orientation du bâti par rapport à l'ensoleillement et aux vents détermine en grande partie les variations microclimatiques d'un lieu à un autre. Ceci s'explique par des effets thermiques tels que *les effets de masques et d'ombres portées*. La détermination graphique d'ombre portée et de profil de masque en un point donné ou pour une date ou une période précise a été traité en utilisant des diagrammes solaires et plusieurs autres techniques telles que l'héliodon, le gnomon, le girasol ou encore à partir de simulations numériques du phénomène (CERMA, 1996).

Par rapport aux vents, nous faisons référence aux travaux du CSTB concernant les effets aéraulique du bâti sur l'écoulement du vent déjà cités et expliqués plus haut. (cf. § 2.2.2).

### 2.3.2.4 Types des matériaux

Au cours du développement des paragraphes précédents, il a été clairement expliqué que chaque matériau présente des caractéristiques qui lui sont propres : un albédo, une conduction, une absorption et notamment une inertie thermique. Ces caractéristiques influencent fortement les échanges thermiques et énergétiques entre les surfaces et donc la nature des surfaces joue un rôle considérable dans la modification des facteurs climatiques.

Le tableau suivant (Guyot G., 1997) montre que les propriétés optiques des surfaces naturelles peuvent être différentes selon le domaine spectral considéré. Ainsi, l'albédo des sols varie dans d'assez larges proportions en fonction de leur humidité de surface, alors que leur émissivité est peu affectée. L'albédo de la végétation est relativement faible mais peut pratiquement varier du simple au double, ce qui peut avoir des conséquences importantes sur son bilan d'énergie.

Type de surface	Autres caractéristiques	Albédo	Emissivité
<b>Eau</b>	Faible angle zénithal	0.03 – 0.01	0.92 – 0.97
	Fort angle zénithal	0.10 – 0.50	0.92 – 0.97
<b>Sable nu</b>	Sec	0.35 – 0.45	0.84 – 0.90
	Humide	0.20 – 0.30	0.91 – 0.95
<b>Sol nu</b>	Argileux sec	0.20 – 0.35	0.95
	Argileux humide	0.10 – 0.20	0.97
<b>Surfaces artificielles</b>	Béton	1.17 – 0.27	0.71 – 0.88
	Route goudronnée	0.05 – 0.10	0.55 – 0.95
<b>Surfaces agricoles</b>	Prairies	0.16 – 0.26	0.90 – 0.95
	Cultures : blé, riz, ...etc.	0.10 – 0.25	0.90 – 0.99
	Vergers	0.15 – 0.20	0.90 – 0.95
<b>Forêts</b>	A feuilles caduques	0.10 – 0.20	0.97 – 0.98
	Conifères	0.05 – 0.15	0.97 – 0.99

Tableau 9. *Propriétés radiométriques de quelques surfaces naturelles (Guyot G., adapté de Ayra, 1988).*

*L'effet de vitrage* est un des effets qui a été répertorié par le groupe ABC. Le verre se caractérise par une forte émissivité, la surface du verre réfléchit le rayonnement qui n'est pas absorbé, de manière spéculaire, et contribue donc au réchauffement de l'espace en plus de son émission infrarouge.

La rugosité des surfaces joue également un rôle important dans la modification des températures en milieu urbain.

### 2.3.3 Synthèse

Nous avons vu les interactions entre les deux entités : climat et milieu urbain qui font intervenir une somme importante de paramètres très différents l'un de l'autre. Concernant les conditions climatiques, le fait d'être à l'ombre ou au soleil, sous un ciel clair ou dégagé, dans un lieu sec ou humide, venté ou abrité influence directement la sensation de confort et de bien-être de l'individu en espace extérieur. Nous avons cherché à extraire l'ensemble des paramètres climatiques qui risquent d'influencer le bilan énergétique et la sensation de confort (thermique, mécanique...) chez l'individu en milieu extérieur.

Pour notre étude, nous n'avons retenu que quelques paramètres que nous avons jugés les plus significatifs, d'une part dans la création de variations microclimatiques entre différents espaces urbains d'une même ville, et d'autre part dans les différentes zones d'un même espace urbain, comme une place publique :

- *L'ensoleillement* qui intervient auprès de deux sens de la perception, le sens visuel et le sens tactile. Au niveau de la vision, l'ensoleillement se traduit par l'intensité de la lumière émise, le niveau de l'éclairage ou de la lumière réfléchi, le niveau de la luminance. Au niveau des sensations thermiques, l'ensoleillement se traduit sur par la température opérative. Le rayonnement est perçu indépendamment de la température de l'air.

- *La température* constitue un élément de confort thermique de l'utilisateur de l'espace et conditionne en partie ses attitudes comportementales et vestimentaires. Elle participe au rythme des quatre saisons de l'année. La température a plusieurs expressions. La température de l'air (sèche ou humide), la température d'une paroi ou température tactile est fonction de la nature de la texture des matériaux, la température globe, la température de rayonnement.
- *L'humidité de l'air* est un paramètre intervient d'une façon directe dans la perception de la température ambiante.
- *Le vent* est une composante essentielle du climat. Il est fréquemment associé aux autres paramètres, tels que la pluie et la température de l'air, qu'il fait fluctuer par son caractère instable et turbulent. Son incidence sur l'attitude physique des piétons est également à mentionner.
- *La nébulosité* : la qualité de l'éclairement naturel est largement conditionnée par cette dernière. La lumière est dépendante de la qualité nuageuse du ciel, entre ciel dégagé et ciel couvert. Cette information à caractère objectif est disponible à la station météo. Par ciel clair, le rayonnement solaire prédomine et la distribution des températures suit la distribution de ce dernier. Par ciel couvert, l'éclairement énergétique est déterminé par les multi-reflexions des surfaces.

Le deuxième type de paramètres, que nous avons également retenu, sont ceux qui se rapportent à la morphologie urbaine plus précisément à la configuration de l'espace urbain.

Nous avons vu dans ce chapitre que le fait d'être à proximité d'une façade, d'un jet d'eau, au coin d'un immeuble ou sur l'axe d'une rue, dans une rue canyon ou sur un boulevard, dans un lieu avec ou sans végétal, mais aussi la hauteur et la position des bâtiments les uns par rapport aux autres, la nature et l'inclinaison des surfaces entraînent des modifications du bilan énergétique, de la température et de l'humidité de l'air. Ces paramètres entraînent des écarts dans les apports énergétiques et des différences thermiques et aérodynamiques non négligeables du point de vue du confort et de la sensation de bien-être.

Nous avons constaté que les caractéristiques architecturales et urbaines de l'environnement construit sont déterminantes dans la création de variations microclimatiques d'un espace à un autre ou au sein du même espace d'un moment à un autre. Ce travail de thèse a été effectué au sein du GRECO où on traite de la mise en œuvre d'un ensemble d'indicateurs (Adolphe L. & al., 2000.a) dans l'optique de mettre en liaison la forme urbaine avec les paramètres climatiques, d'analyser, de comprendre et de prédire le comportement climatique du tissu urbain. Ainsi, des indicateurs tels que la rugosité absolue qui représente la hauteur moyenne de la canopée urbaine, la porosité qui caractérise le rapport des volumes utiles ouverts à l'ensemble des volumes du tissu urbain considéré, la distance moyenne entre les bâtiments et la voirie, l'épaisseur moyenne des bâtiments, le facteur de végétalisation, le facteur de minéralisation ainsi que d'autres ont été définis. Cependant, la majorité de ces indicateurs ont été définis et étudiés à un niveau plus large que notre niveau d'intervention qui est l'espace public. C'est au niveau du quartier, d'un tissu urbain que ces derniers ont été étudiés, analysés et appliqués.

Pour ce travail, nous avons retenu quelques paramètres qui sont simples mais, à notre avis, pertinents au niveau de la variation climatique au niveau de l'espace public. Nous les récapitulons ici brièvement :

- les proportions de l'espace que nous pouvons résumer dans des indicateurs tels que le rapport hauteur / largeur ou profondeur du bâti. Les distances entre surfaces en espace public interviennent dans la détermination des facteurs de forme et l'angle solide sous lequel le ciel est vu à partir d'un point dans l'espace.
- les orientations cardinales de l'espace : l'orientation, la disposition verticale, horizontale ou inclinée des surfaces, ont des influences certaines sur les effets thermiques et lumineux et les effets dynamiques d'écoulements de l'air.
- la disposition et le type de la végétation dans l'espace. Une couverture végétale exerce une action considérable sur le climat par le fait de sa rugosité, sa capacité à stocker ou à restituer l'eau et par son pouvoir d'absorption ou de réflexion de la radiation solaire.
- la nature des matériaux aux façades et au sol : chaque matériau présente des caractéristiques qui lui sont propres : un albédo, une conduction, une absorption et notamment une inertie thermique. Ces caractéristiques influencent fortement les échanges thermiques et énergétiques entre les surfaces et donc la nature des surfaces joue un rôle considérable dans la modification des facteurs climatiques.

## 2.4 Conclusion

Nous avons présenté dans ce premier chapitre un état de l'art sur le microclimat. Sans que l'on puisse prétendre à l'exhaustivité, ce panorama donne l'essentiel des connaissances en la matière.

Nous avons vu que les différents éléments, qui contribuent au bilan énergétique, interviennent de manière complexe au niveau des surfaces, ce qui peut créer des phénomènes microclimatiques qui peuvent être extrêmement localisés. Les bilans doivent prendre en compte de nombreux paramètres qui sont eux même en étroite relation les uns avec les autres. La connaissance des transferts de chaleurs sous les différentes formes possibles apporte la base nécessaire à la compréhension des phénomènes et des effets climatiques résultants en milieu urbain tels que les effets thermiques et les effets aérauliques, ainsi qu'à la simple explication des différences microclimatiques enregistrées d'un lieu à un autre ou des variations au cours de la journée.

Les nombreux travaux analysés dans cette première partie font appel à différentes techniques pour la caractérisation du microclimat urbain (des campagnes de mesures, des études en soufflerie, la modélisation numérique des phénomènes physiques). L'analyse des microclimats via les mesures est l'une des préoccupations du GRECO. C'est également la technique la mieux adaptée pour un travail, comme le nôtre, concernant l'usage en espace public extérieur.

Nous nous sommes intéressés aux interactions réciproques entre *le milieu construit et les paramètres physiques du climat* en espace extérieur et nous avons vu l'importance de deux types de paramètres ou de variables dans la création de situations microclimatiques variées. Il s'agit de paramètres qui se rapportent soit aux conditions microclimatiques, soit à la configuration de l'espace. Nous avons pu identifier deux approches. L'approche physique de la climatologie urbaine qui rend compte de l'interaction entre les facteurs climatiques et les caractéristiques architecturales et urbaines de l'espace. L'approche physiologique qui rend compte de l'interaction des caractéristiques psychologiques et sensorielles de l'être humain avec les facteurs physiques du climat. La question de l'influence des conditions microclimatiques sur les usages et les activités en espace public extérieur reste un domaine peu exploré. C'est à cette question que nous nous intéressons plus précisément dans le prochain chapitre.

Nous développons dans le deuxième chapitre les différentes méthodes utilisées pour étudier la relation entre l'homme et son environnement physique ; plus précisément l'environnement climatique.

### **3 Pratiques de l'espace et comportement : l'analyse des relations entre la personne et son environnement**

### **3.1 Introduction**

Les recherches sur la ville et sur l'espace urbain en tant qu'environnement sensible ont suivi deux voies complémentaires, d'un côté, les méthodes d'observation directe « in-situ » qui exigent une analyse modale et une interdisciplinarité et de l'autre côté, les travaux sur la perception et la maîtrise des formes sensibles.

A travers ce chapitre, nous montrons la complexité et les interdépendances des différentes variables composant un environnement. Ce qui rend les études environnementales difficiles à aborder et impose une simplification des paramètres ou variables.

Nous organisons ce chapitre en deux parties :

- dans la première partie, nous présentons la problématique de la relation de l'homme à son environnement d'une façon globale. Nous abordons quelques concepts fondamentaux concernant la perception, l'évaluation et le comportement. Nous faisons également apparaître les différentes conceptions d'analyse de l'espace bâti ainsi que l'influence des facteurs environnementaux sur les perceptions et les comportements des individus.
- dans la deuxième partie, nous abordons plus précisément la question de l'impact du climat sur les comportements et le sentiment de bien-être. Comment la question a été abordée et quels sont les paramètres les plus évoqués ?

### **3.2 Modèles d'analyse de la relation « personne - environnement »**

Au cours des années soixante-dix, dans les pays anglo-saxons, la psychologie environnementale a été constituée en tant que discipline autonome. Cette discipline se distingue par des recherches centrées sur l'interaction de la personne avec son environnement. Les investigations menées avaient pour objectif principal de saisir comment les caractéristiques de l'environnement interagissent avec les caractéristiques psychologiques des sujets dans la détermination de leurs comportements et de leurs représentations.

Dans les études menées en psychologie environnementale, l'environnement en général et le milieu construit en particulier est conçu comme un lieu socialement produit ; les espaces et leurs aménagements sont considérés comme un aspect de la forme sociale d'existence. C'est donc, en prenant en compte cette perspective sociale que sont analysées les activités humaines en rapport au milieu bâti. Pour autant, l'intérêt pour l'influence du cadre physique et de ses caractéristiques reste une préoccupation centrale en psychologie environnementale.

Dans la perspective des sciences psychosociales, Fisher G.-N. (1997) met en lumière deux aspects : l'environnement agit sur l'être humain qui, à son tour, agit sur les facteurs spatiaux qui le déterminent. C'est donc la nature de la relation en œuvre qui permet d'expliquer la valeur de l'espace et l'orientation de la conduite. L'idée de relation a été utilisée dans un certain nombre d'études portant sur l'influence du cadre bâti en utilisant soit un modèle causal, soit un modèle d'interdépendance :

*Pour le modèle causal* de la relation homme-environnement, il est question de chercher les facteurs permettant de dégager des correspondances simples et univoques entre certaines variables physiques de l'espace et tel aspect du comportement. Dans ce modèle, nous pouvons distinguer deux grands courants suivant que l'individu ou l'environnement apparaît comme facteur dominant :

1. *L'individu comme facteur dominant* : la place de l'individu est prépondérante pour ce courant dont les théories inspirées du déterminisme biologique selon lequel le comportement humain est réduit à une explication biologique, en rapport avec l'instinct pur tel le concept de territorialité par exemple. (Bell P.A. & al., 1996). La façon d'utiliser l'espace, de l'aménager, de le percevoir, de l'évaluer sont influencées par les traits de personnalité, les attentes et l'investissement affectif.
2. *L'environnement comme facteur dominant* : il s'agit ici de théories liées au courant « behavioriste » suivant le modèle « Stimulus / Réponse ». Dans ce courant, il y a deux théories. Celle de la surcharge d'attention selon laquelle le processus de traitement de l'information peut-être réduit par l'apparition de stimuli nouveaux ou indésirables. L'homme possède des capacités d'attention limitées dont le dépassement va entraîner une surcharge, obligeant le sujet à focaliser son attention sur ce qui lui paraît le plus important. Selon cette théorie, la ville est un cadre particulièrement propice à la surcharge d'attention. À l'inverse, la théorie de la sous-stimulation s'intéresse aux effets des privations sensorielles. Selon cette dernière, dans la ville, la monotonie des formes et des couleurs empêche les habitants de développer un sentiment d'appartenance et d'attachement et les pousse vers des environnements plus naturels, apparaissant comme plus stimulants. En somme, le taux de stimulation engendré par l'environnement semble influencer l'appréciation du cadre de vie (Levy-Leboyer C., 1977).

*Un modèle d'interdépendance* qui met en question l'idée que l'environnement induirait un comportement à la manière d'un stimulus mécanique. Cette approche considère, au contraire, la relation à l'espace comme un système d'interdépendances complexes. Il ne s'agit pas d'inventorier une correspondance stricte entre telle caractéristique de l'espace et son effet sur le comportement. Il s'agit de préciser les processus par lesquels les données de la situation spatiale, qui sont aussi économiques, culturelles et sociales, déterminent les attitudes.

Il s'agit dans ce modèle d'un *équilibre entre l'individu et l'environnement*. Dans cette catégorie, nous trouvons la théorie de l'espace personnel (E.T. Hall, 1971) par exemple. Ainsi, des échanges ininterrompus s'opèrent entre l'individu et l'environnement, avec soit une action du sujet sur l'objet, soit une action de l'objet sur le sujet. Ces deux modes d'action interdépendants se combinent sans cesse pour maintenir l'état d'équilibre stable qui définit l'adaptation.

Nous pouvons récapituler que notre connaissance de notre environnement se fait à travers les images que nous en faisons. Celles-ci ne sont pas des données abstraites ou intellectuelles, mais servent en permanence à orienter nos comportements, à évaluer les lieux dans lesquels nous nous trouvons et à nous adapter à eux. L'espace n'est pas seulement perçu comme un élément extérieur à soi, mais comme une dimension de notre interaction avec lui. Nous ne percevons pas l'environnement en pur observateur, mais en organisant ses différentes composantes dans une structure d'ensemble qui nous permet de l'appréhender en termes

d'évaluations, d'impressions et de significations que nous lui attribuons. La relation entre la personne et son environnement est donc matérialisée par la perception qu'il a, l'évaluation qu'il fait de cet environnement et les manifestations de ses comportements et ses attitudes.

Nous allons voir, à présent, avec plus en détail ces concepts fondamentaux à savoir : la perception et l'évaluation de l'environnement et les comportements et les pratiques qui en résultent.

### **3.2.1 Perception de l'environnement**

Dans le processus de connaissance perceptive de l'environnement, des études menées en milieu urbain, telles que celle de K. Lynch (1971) ont signalé qu'il est évident que nous ne pouvons pas tout noter. Il y a des limitations sensorielles, des limitations d'attentionnalité. La démarche et les éléments définis par Lynch expliquent bien ces limitations « cognitives » humaines et donc l'utilité de simplifier les cadres qui permettent à des humains de faire face à de vastes quantités d'informations. Les stimulus de l'environnement que nous gardons sont les stimulus qui sont importants ou ceux qui sont familiers (l'adaptation et l'habitude). Notre attention ayant tendance à se focaliser sur un aspect de l'environnement considéré comme central pour nous, le processus perceptif est un mécanisme de sélection qui fonctionne sur la base de différenciations telles que proche / lointain, important / banal, etc.

Dans ce processus de connaissance perceptive de l'environnement, une autre approche dite transactionnelle<sup>11</sup> en psychologie de l'environnement déclare que les individus sont en interaction avec leur environnement afin d'atteindre des buts spécifiques. Par conséquent, la perception différera selon nos buts. Selon cette approche, l'individu et l'environnement doivent être considérés comme une seule totalité et les buts de l'action de l'individu peuvent être divisés donc en :

- utilitaires comme le transport, l'agriculture, la sûreté, etc.
- esthétiques c'est-à-dire tout ce qui est lié au plaisir et la beauté de l'environnement.

Nous ne pouvons, également, pas ignorer que dans le processus de perception, l'individu intervient autant biologiquement que psychologiquement (Bailly S.-A. 1977). Comme c'est un être pensant et mémorisant, un sens, une valeur sont donnés à cette information en rapport avec la personnalité profonde et le milieu culturel, social et économique. Dans les recherches perceptives, on pose comme hypothèse de base que tous les hommes ont la même capacité de réception de l'information.

Ce que nous pouvons retenir, c'est qu'il ne faut pas considérer un grand nombre de stimulus qui agissent sur nos sens à un moment donné. Les stimulus dispersés doivent être focalisés dans une perception simple de l'environnement. Ceci aide à réduire la complexité de l'environnement. Nous devons décider à quels stimulus ou caractère (indicateur) il faut s'intéresser. Il est évident que certains caractères (indicateurs) seront utiles alors que d'autres ne le seront pas. La vue du brouillard enfumé, par exemple, peut être moins valide pour la détection de la pollution atmosphérique que la densité des automobiles. Pourtant les individus

---

<sup>11</sup> Citée par Fisher G.-N. (1997)

comptent plus fortement sur l'aspect moins valide du brouillard enfumé. Il n'est pas possible non plus d'évaluer le vrai danger en utilisant seulement un indicateur issu de la perception complexe construite par le perceuteur. Il peut être objectivement évalué par des indicateurs tels que des statistiques de crime (nombre de personnes en prison, présence de barres et de barrières, trafiquants de drogue,... etc.). La corrélation des indicateurs perçus avec le « vrai » danger (indicateurs objectifs) permet de connaître les indicateurs qui sont très utiles pour la prévision du danger, et ceux qui le sont moins ou entièrement inutiles. Il serait intéressant donc de décrire les correspondances univoques entre variables physiques (objectives) de l'espace et la perception qu'ont les individus. Si l'état réel de l'environnement et de la perception résultante se superposent, la perception est plus précise et s'ils sont distants ou lointains, la perception est moins précise.

Ceci nous amène à dire que toute perception de l'espace est également une façon de l'évaluer en fonction de codes ou de critères plus ou moins normatifs. Par exemple, si un espace « doit » être propre, nous allons le percevoir suivant son degré d'adéquation à cette qualité. La perception est un jugement. Nous pesons la pertinence des éléments environnementaux par rapport à notre système de référence. C'est au concept d'évaluation de l'environnement que nous allons consacrer la prochaine section.

### 3.2.2 Evaluation de l'environnement

Dans les démarches d'évaluation environnementale, la relation homme-environnement est étudiée à travers les processus cognitifs et affectifs (Moser G. & Moch A., 1997) :

- *les composantes cognitives* se répertorient parmi les processus de perception donnant lieu à la carte cognitive (l'image) d'un espace. L'objectif est de mesurer la qualité des éléments de l'environnement en faisant appel soit à un expert en la matière, soit à un non-professionnel. Dans cette méthode, le cadre référentiel d'évaluation est écarté de l'analyse environnementale.
- *les composantes affectives* sont étudiées à partir des réponses émotionnelles des individus en tant qu'expression du degré de plaisir, de contrôle ou d'insatisfaction par rapport à un espace. Cette composante affective de l'évaluation peut être interprétée en terme de « qualité » attribuée à un environnement. Cette méthode est axée sur l'étude du degré de satisfaction de l'individu par rapport à un environnement donné. Elle est centrée sur l'individu et essaye d'analyser l'expression subjective de celui-ci, ses valeurs et ses préférences concernant un environnement donné.

Les méthodes et les approches d'évaluation se différencient donc en fonction de l'accent qui est mis soit sur l'étude des qualités environnementales d'un lieu précis, soit sur l'individu et son appréciation subjective des attributs environnementaux. L'évaluation environnementale se réalise généralement à l'aide d'outils divers qui visent soit les attitudes soient les comportements, en étant soit plutôt « descriptives » soit plutôt « évaluatives ».

Devant la multiplicité des attributs et pour différencier les phénomènes structurés des phénomènes aléatoires, plusieurs types d'outils de recueil de données sont utilisés dans ce domaine : les photographies, les descriptions verbales (grilles sémantiques), les échelles d'évaluation ou bien les visites sur le site. L'analyse des données a pour objectif d'obtenir des résultats généralisables à toute une population et de distinguer et d'expliquer les différences interindividuelles relatives aux rapports des individus aux différents environnements. Il est clair également que mesurer, quantifier ou systématiser une perception ou une évaluation subjective d'une image d'une ville ou d'un quartier sont liés non seulement aux caractères du paysage mais aussi aux sens et à l'expérience individuelle. C'est la raison pour laquelle, la définition de l'échantillonnage de population à prendre en compte (réduit ou vaste) ainsi que les techniques de collecte de données sont déterminantes.

La complexité de l'environnement urbain a nécessité la définition de deux types d'indicateurs afin d'évaluer sa qualité :

- *les indicateurs objectifs* : les EQI « Environmental Quality Indices », variables représentatives de données physiques donc mesurables directement qui relèvent de la santé publique, des aspects économiques ou de l'aménagement urbain, comme les indices de densité (espaces verts, ressources, équipements, etc.), de pollution, de morbidité, de criminalité, etc.

- *les indicateurs subjectifs* : les PEQI « Perceived Environmental Quality Indices » qui enregistrent la perception que les individus ont d'une situation ou leur réaction face à celle-ci. Pour ces indicateurs, l'évaluation de l'environnement faite par les usagers ne doit pas constituer le seul critère de la qualité environnementale. Elle ne doit pas pour autant être écartée à cause du caractère subjectif, et donc hétérogène et contradictoire, des appréciations faites par les différentes catégories des sujets. L'absence d'insatisfaction concernant le cadre de vie observée auprès des habitants ne correspond pas toujours à l'absence de facteurs polluants par exemple. En effet, le public n'est généralement pas capable de les déceler et ne possède pas toujours les informations pertinentes.

Nous voudrions souligner ici qu'une approche de l'environnement urbain nécessite une double évaluation objective et subjective. En fait, la pertinence de l'approche « objective » ou « subjective » ou de leur conjonction dépend du problème traité ou de la question posée. Dans le cadre des questions posées dans ce travail, sur la relation entre climat et usage, une double approche (objective et subjective) s'avère intéressante.

### 3.2.3 Comportement et pratiques spatiales

Dans le domaine de l'influence des facteurs physiques de l'environnement sur le comportement et des attitudes des individus, ce sont les nuisances et les sentiments de gêne et de stress qui ont été le plus étudiées. (Moche A. & Moser G. 1997, Moch A. & Maramotti I. 1995). Le bruit est l'un des facteurs environnementaux le plus étudié par rapport à son effet sur les individus. Il constitue un aspect essentiel de notre relation à l'espace, et il est également une des grands facteurs des sociétés industrielles et de l'environnement urbain. La réaction au bruit semble liée à d'autres facteurs (Fisher G.-N., 1997) tels que les relations avec autrui, selon qu'on les accepte, qu'on les tolère ou qu'on les refuse. Une gêne se mesure selon la façon dont quelqu'un occupe un lieu, avec toutes les composantes que cela comporte, dont, entre autres, le sentiment qu'il y exerce ou non une maîtrise.

L'ensemble des études concernant les facteurs environnementaux et leurs influences sur les comportements et les attitudes des individus ont montré que cette réaction psychologique de gêne ou de stress résultante n'est jamais une pure et simple relation causale directe entre une caractéristique, une composante ou une portion d'espace et ce qui constitue l'expression même du stress ou de gêne. Ceux-ci sont liés aux conditions psychosociales dans la mesure où les aspects physiques d'un environnement ont des caractéristiques inappropriées ou opposées aux besoins ou aux attentes des individus. Il n'a pas été possible de décider, a priori, si tel ou tel aspect physique de l'espace entraîne automatiquement un effet stressant ou gênant.

Le milieu urbain n'est pas une entité indépendante, close, mais un champ dynamique. Il ne peut exister qu'à travers les relations que nous établissons avec lui. Ce sont les usages d'un lieu qui importent en tant qu'ils révèlent les positions et les mouvements de notre corps dans un environnement donné et le poids d'une situation déterminée par les espaces aménagés.

La recherche, effectuée par G. Chelkoff et al. (1997) sur les ambiances en espaces publics sous terrains, montre que les pratiques du public et les données environnementales se co-définissent. Cette étude a signalé également que l'environnement perçu ne coïncide pas uniquement avec le cadre bâti, mais suppose une dimension temporelle, la présence ou l'absence du public et les intentions des usagers. Quelques indices révélant plus au moins la dimension souterraine ont été mis en œuvre. Ces indices concernent, soient des caractéristiques spatiales (la profondeur, la verticalité des espaces, la hauteur et le volume des espaces, la nature des matériaux, le manque de végétal, l'artificiel), soient des conditions ambiantes (obscurité, lumière du jour, température, humidité). Cette recherche a montré que les espaces publics sous terrains mettent en jeu des effets, spatiaux, lumineux et thermoaérauliques particuliers qui affectent la construction sensible de l'espace public.

D'autres études effectuées par le laboratoire space Syntax<sup>12</sup> montrent que la configuration du tissu urbain est une cause déterminante des configurations de mouvement urbain. Il s'agit, dans ces travaux, d'un ensemble de mesures géométriques et topologiques de la morphologie de l'espace. En soi ces mesures ont peu d'intérêt, ce qui est intéressant c'est de les mettre en relation avec les pratiques de l'espace. La technique utilisée est simple. L'espace

---

<sup>12</sup> Space Syntax, <http://www.spacesyntax.com/>

est d'abord représenté en dessinant l'ensemble des plus longues rues et les différents accès passant par chaque rue. Cette représentation graphique dite en carte « axiale » décrit l'accessibilité relative de chaque rue par rapport aux autres rues. Chaque segment de rue est observé par la suite pour un total de plus de 50 minutes à différentes heures de la journée et à différents jours de la semaine. L'écoulement piétonnier horaire moyen est noté sur chaque segment ; une image détaillée d'activité dans la zone est produite. Les diverses valeurs de degrés « d'accessibilité »<sup>13</sup> spatiale pour les rues sont comparées aux écoulements de mouvement par des calculs statistiques, régression simple et multiple. Le degré d'accord entre ce degré de l'accessibilité de l'ensemble des rues et les cadences de mouvement durant les heures de pointe est calculé.

Ceci a permis à cette équipe de recherche de confirmer que le degré d'accessibilité d'une rue peut prédire les flux piétonniers (Hillier B.)<sup>14</sup>. Cela signifie que les espaces dont la morphologie spatiale offre une accessibilité facile (une linéarité avec un grand nombre de connections avec les autres rues) montre un flux d'écoulements piétonniers plus important que les espaces moins accessibles. Ce laboratoire emploie un modèle informatique pour évaluer des arrangements de développement en termes de niveaux probables de mouvement, d'efficacité des emplacements de commerce et des espaces potentiellement sous-utilisés. Suite à ses travaux, deux propositions théoriques à propos de la nature et du fonctionnement des grilles urbaines ont été développées :

- *la théorie du mouvement normal* : c'est la proportion de mouvement observable le long des rues est produit par la structure urbaine elle-même plutôt que par des attractions spéciales,
- *la théorie du mouvement sous l'effet des attractions économiques* : l'attraction supplémentaire dans les espaces où le mouvement normal est élevé crée un effet multiplicateur sur le mouvement. Les utilisations qui induisent le mouvement, tels que les marchés et les commerces augmentent vers des emplacements où le mouvement est naturellement élevé. Pour des activités, résidentielles par exemple, il est préférable que le mouvement normal soit bas.

Selon ces travaux, les activités en milieu urbain tirent avantage de la morphologie pour capter le mouvement et l'amplifient. La morphologie du réseau urbain ou / et spatial influence le mouvement piétonnier et véhiculaire et cela indépendamment de tous autres facteurs.

Dans le domaine des études concernant l'influence des caractéristiques physiques de l'environnement sur les comportements, nous retenons également les études sur les « sites comportementaux ». Bien que développé pour les espaces intérieurs, l'intérêt du site comportemental réside dans le fait qu'il montre une relation de causalité entre les caractéristiques physiques de l'espace et la configuration du comportement. Ce concept correspond aux comportements collectifs d'un groupe dans un type de lieu, au-delà des différences interindividuelles. L'idée est que le comportement doit être étudié dans son contexte normal. Selon les adeptes de cette théorie, les sites comportementaux sont les systèmes sociaux, à échelle réduite, composés de personnes et d'objets physiques qui sont configurés de façon à effectuer un programme courant des actions dans des limites spécifiques de temps et d'endroit. Par exemple : réunions d'affaires, boutiques, restaurants, ...etc.

---

<sup>13</sup> En anglais dans l'article cité ci-dessus «the most integred ».

<sup>14</sup> <http://www.spacesyntax.com/>

Les « sites comportementaux » contiennent trois composantes qui sont les suivantes :

- *Les propriétés physiques* : elles concernent tous ce qui caractérise physiquement un milieu tels que :
  - sa topographie et les objets qui s'y trouvent.
  - La topographie d'un milieu concerne tous les éléments fixes tels les murs, les planchers.
  - les éléments semi-fixes, le mobilier comme par exemple, les tables, les chaises et leur organisation dans l'espace.
  - Ces objets peuvent être décrits par des attributs physiques comme leurs tailles, leurs formes, leurs matériaux. Ils ont aussi des propriétés fonctionnelles ; c'est-à-dire leurs usages.
- *Les composantes humaines* : dans une configuration spatiale, les individus occupent des positions qui peuvent être classifiées en fonction du degré d'interaction ou d'occupation et du rôle occupé en deux grands groupes de zones :
  - périphériques : ce sont les zones où les rôles sont moins puissants,
  - centrales : sont celles qui ont plus de puissance. Par exemple : la position du directeur de magasin comparée à celle du client.
- *Le programme* : c'est un ordre prescrit des échanges entre les personnes et les objets. Un programme se compose d'unités « condition - action »<sup>15</sup>. Cette structure représente les occasions d'action disponibles dans un « site comportemental ». Ils sont des programmes particuliers à des configurations de comportement, tandis que, des règles générales du comportement sont indiquées par des conventions, des normes et des valeurs sociales. Le « site comportemental » occupe donc une position précise dans l'espace et dans le temps, il est caractérisé par ses aspects physiques, sociaux et comportementaux. Ces caractéristiques favorisent le développement de certaines conduites, mais le site n'existe que si des conduites s'y déroulent : comportements et site se définissent réciproquement.

Ce concept de « sites comportementaux » a ouvert la perspective de l'environnement comme source de comportements possibles au sein des limites données par les caractéristiques physiques du site et le système de régulation comme les dimensions sociales, culturelles et symboliques sous-jacentes aux comportements et relations interpersonnelles qui s'y déroulent.

### 3.2.4 Synthèse

Nous pouvons constater que dans la plupart des études, le cadre physique est considéré comme support, moyen ou condition d'expression et de développement des relations dynamiques que les sujets établissent avec leurs milieux de vie.

---

<sup>15</sup> Par exemple : une configuration de restaurant [if « waitress will seat you a sign » is present, then....], [If arriving at a table, then... ]. Pris du site Internet : <http://condor.stcloud.msus.edu/~jaz/psy373/index.html> (cour de psychologie d'environnement).

Dans cette perspective, l'influence de caractéristiques environnementales particulières, par exemple les conditions microclimatiques est analysée comme intervenant dans le système complexe d'interdépendances de la personne avec son environnement. C'est-à-dire que les effets d'une variable environnementale particulière sur les comportements, les perceptions ou les représentations vont être examinés en prenant en compte la façon dont ces effets peuvent être modulés d'une part, par les attributs des sujets (âge, sexe, statut social), et d'autre part par les propriétés du milieu (lieu public ou privé, nature et qualité des aménagements spatiaux). L'étude de la relation de la personne avec son environnement peut être conçue comme une relation dynamique en s'inscrivant dans un système complexe d'interactions faisant intervenir les caractéristiques de la personne et les dimensions physiques et sociales de l'environnement.

Nous constatons que la relation à l'espace est considérée différemment d'une approche environnementale à une autre. Certaines se centrent sur le cadre fonctionnel de l'espace, d'autres l'analysent en se basant sur la notion du vécu et d'autres qui se focalisent sur l'occupation de l'espace (durée et fréquence). C'est ce que nous allons développer plus en détail dans la partie qui suit.

### 3.3 Les différentes conceptions d'analyse de la relation à l'espace bâti

Dans la perspective des études en psychologie de l'environnement, l'espace est défini de plusieurs manières (G-N. Fischer, 1997).

Les espaces peuvent être décomposés en trois types selon la manière dont ils sont investis et occupés :

- comme un lieu, un repère plus ou moins délimité, où peut se situer quelque chose, où peut se produire un événement et où peut se dérouler une activité.
- comme un milieu, pris comme cadre objectif de l'influence des facteurs sociaux, il s'agence en système comportant un ensemble de stimuli et de signifiants. Mais chaque milieu se décompose en un ensemble de micro-milieus, maillons intermédiaires. Dans cette perspective, l'espace, conditionne aussi bien les rapports entre les hommes que les rapports entre les hommes et leurs environnements. Une telle approche privilégie l'analyse des processus d'interactions « homme-espace » en montrant à la fois comment l'homme s'adapte au milieu ou le refuse par des conduites actives ou passives. Elle montre également comment la structure du comportement de chacun s'y investit dans l'espace par l'expression de sentiments, de motivations ou de perceptions.
- Comme un territoire, qui n'existe pas en soi, il n'a de réalité qu'à travers celui qui s'y trouve et qui lui donne d'être objet de connaissance. C'est pourquoi il est possible de définir un territoire comme un champ topologique, c'est-à-dire le découpage d'un espace physique en zones subjectives délimitées par la qualité des relations établies avec lui. C'est dans ce sens qu'il est possible d'entendre également le concept de « proxémie » et « d'espace personnel » (E. T. Hall, 1979) qui montre comment les usages de l'espace sont relatifs à la qualité des territoires et notamment à leurs composantes culturelles.

Les espaces peuvent être décomposés en trois types selon leurs modes d'organisation (Fisher N.-G., 1997) :

- *A organisation fixe* : c'est celui dont les limites sont établies de manière rigide en vue d'un certain nombre d'activités. Le logement comporte une organisation fixe de l'espace. Il y a un lien étroit entre l'aménagement des pièces et des activités qui sont en quelques façons assignées à un espace défini. Se manifeste là une correspondance entre tels aspects de l'espace et tels comportements particuliers qui s'y trouvent rattachés. Le lien entre espace et comportement repose, selon Hall (1977), sur l'existence de schémas internes d'espace que l'individu acquiert, qu'il apprend et qu'il transporte avec lui au long de son expérience ultérieure. Ces schémas d'espace, sorte de modèle que les individus intériorisent, façonnent leurs comportements en tant qu'ils constituent une structure impliquant tel ou tel type de conduites.
- *A organisation semi-fixe* qui se définit par l'ensemble des éléments semi-fixes qui s'y trouvent (équipement, mobilier, etc.), et la relation entre ce type d'organisation spatiale et

le comportement. Il apparaît, à travers un certain nombre d'expériences, que les éléments de l'espace à caractère semi-fixe, suivant la façon dont ils sont disposés et aménagés, orientent ou contraignent les activités et les échanges. Le fait, par exemple, de disposer les chaises d'une terrasse de café sur une place publique suivant des règles esthétiques peut donner un arrangement agréable à l'œil, mais qui ne facilite guère d'autres activités (la conversation ou l'échange, les observations...). Une conception exclusivement esthétique de l'aménagement peut aussi entraver le développement de certaines activités dans la mesure où elle est considérée comme fixe et rigide, c'est-à-dire intouchable.

- *Informel* : qui s'établit en fonction d'un certain nombre de distances que nous maintenons dans nos relations avec les autres. Ceci se traduit par le concept d'espace personnel (Hall E.T., 1979) qui repose sur l'expérience quotidienne où chacun apprend à considérer comme son espace l'espace immédiat qui l'entoure. L'espace personnel, c'est l'individu entouré d'une ou de plusieurs enveloppes, comparés à des bulles, à des zones invisibles qui interviennent à des situations différentes. Une sorte de bulle psychologique qui nous enveloppe, elle s'exprime dans nos relations avec autrui, notamment à travers les distances que nous cherchons à conserver, elle démontre l'existence d'un « mur psychologique » généralement invisible, qui protège « l'espace personnel ». Hall a observé les modes d'utilisation de l'espace en fonction de la distance. Il a défini quatre grandes catégories de distances. Chacune pouvant varier selon la personnalité des sujets et les aspects socioculturels de l'environnement. Ces quatre distances ou zones affectives définissent les relations à l'espace. Chacune est associée à un répertoire d'activités, de relations et d'émotions, spécifique aux diverses cultures et manifeste ainsi la signification des interactions sociales. La distance constitue donc un mécanisme non verbal de régulation des échanges interpersonnels et des relations sociales.
  - La distance intime (15 - 45 cm) : c'est l'espace minimal qui existe entre moi et autrui. Cette distance révèle la proximité, non seulement physique, mais sociale et affective des individus les uns par rapport aux autres. Elle s'exprime notamment par le contact. Dans cette distance, la présence de l'autre est la plus prégnante et elle peut devenir envahissante.
  - La distance personnelle (45 - 75 cm) : elle correspond à la grandeur de la bulle entourant la personne. Elle se manifeste en particulier dans les relations amicales et les conversations privées. Elle équivaut à l'extension des membres du corps et notamment à la longueur des bras. Elle correspond à la limite de l'emprise physique sur autrui et à la sienne sur soi.
  - La distance sociale (75 cm – 3m 60) est celle des rapports sociaux habituels, en particulier dans les rapports professionnels, elle est fonction des rites d'interactions dans un groupe ou une société. Hall l'appelle « la limite du pouvoir sur autrui ».
  - La distance publique (3m60 - 9m) : donnons ici l'exemple extrême de cette distance ; celle qui se manifeste dans des occasions solennelles d'accueil d'une personnalité ou de réceptions entre chefs d'Etats.

Des précédents paragraphes, nous pouvons identifier deux manières de comprendre l'espace dans une perspective psychosociologique. Ces deux notions sont indissociables l'une de l'autre. Il s'agit de les prendre simultanément pour appréhender d'un côté les caractéristiques

matérielles d'un espace et de l'autre côté, l'occupation d'un espace particulier à travers le déploiement de son corps qui définit sa place et trace ses frontières avec l'environnement. Nous retiendrons ici trois manières de considérer la relation à l'espace : l'une basée sur une approche fonctionnelle, la deuxième est basée sur l'expérience vécue et la troisième sur la relation espace-temps et trois façons d'analyse de l'influence de l'espace sur la personne.

### **3.3.1 L'espace comme cadre fonctionnel**

Dans cette optique, la vision de l'espace, qui est largement répandue chez les aménageurs, les concepteurs et les urbanistes est une vision déterministe.

Brièvement, elle se résume ainsi : organiser la vie des individus en concevant pour eux des types d'environnement, logement par exemple, qui reposent sur des critères fonctionnels considérés comme répondant à leurs besoins élémentaires. En organisant l'espace, nous agissons d'une certaine façon sur le comportement et les relations. Autrement dit : l'espace est un facteur d'influence et de conditionnement. Il y a alors une manière de le considérer à travers les relations fonctionnelles que l'on établit avec lui et ceci à partir de besoins humains considérés comme universaux. Une telle approche est sous-tendue par une double conception de la relation à l'espace d'une part, une relation fonctionnelle définie à partir de modèles de besoins prétendus valables partout, d'autre part un modèle de comportement directement déterminé par l'organisation d'un espace donné.

Ainsi l'emplacement de certains logements, la distribution interne des espaces, leur position respective de voisinage ou d'éloignement par rapport à un espace valorisé, par exemple, pourraient être interprétés comme ayant une influence directe sur les relations entre les individus (Bell & al., 1996). Dans cette optique, on explique les phénomènes sociaux existants tels que les relations d'inaction, d'indifférence, de violence, par des facteurs comme l'uniformisation spatiale, le manque de variété dans les composantes de l'espace, etc. De nombreuses expériences de rénovation de l'habitat ou d'aménagement urbain s'appuient sur ce schéma de la relation fonctionnelle. On pense qu'en organisant différemment un environnement donné, on changera également les relations et les conditions de vie. En fait, on essaie de faire jouer ce déterminisme « espace-comportement » pour renforcer les relations entre les individus et leur environnement, induire des perceptions positives, favoriser l'engagement, etc.

### **3.3.2 L'espace comme espace vécu**

Une autre manière de comprendre la relation de l'homme à l'espace consiste à voir la façon dont il utilise un lieu, dont il le traite, *affectivement* et *cognitivement*. Il s'agit là d'un espace vécu, c'est-à-dire investi par une expérience, tactile, visuelle, affective et sociale.

Dans cette optique, l'espace architectural ne se réduit pas à ses propriétés matérielles. Il est structuré comme un langage qui communique un message sur ses occupants, sur ses fonctions. Un bâtiment sera alors appréhendé et évalué comme la mise en scène d'une sorte de biographie sociale d'une institution et des habitants qui l'occupent, du quartier dans lequel il se situe. En ce sens, un espace raconte toujours une histoire : individuelle et sociale. Il dit du

groupe et au groupe quelle est sa façon de vivre, d'habiter, de travailler et de vivre socialement dans un lieu. Les dégradations des bâtiments HLM : les portes d'entrée mal entretenues, les boîtes à lettres cassées, les cages d'escaliers endommagées, examinées sous cet angle sont identifiées comme autant d'indices symptomatiques d'une « relation dégradée » à son propre espace. L'occupant inscrit dans l'espace son mal de vivre, son exclusion, sa demande d'existence et la souffrance sociale qui l'accompagne.

La compréhension de la relation à l'espace comme expérience vécue apporte un éclairage complémentaire en montrant que les lieux sont chargés de significations, elles-mêmes liées aux représentations que l'on s'en fait. Vivre dans un milieu vétuste dont les habitants ne se connaissent pas, où se produisent des actes de vandalisme et où les gens se sentent insécurisés, révèle la relation dévalorisante et insatisfaisante que ses occupants entretiennent avec les lieux où ils habitent. Cela peut en conséquence être l'expression symptomatique de modes de vie ressentis négativement. Ainsi, toute relation à un espace entre dans le cadre d'une expérience sociale qui la traite comme un langage rapporté à des conditions de vie.

L'espace façonne les individus qui en retour le façonnent à leur manière ; de la sorte, cette relation constitue un langage qui renvoie à la condition d'existence concrète de ces individus. Chaque lieu aménagé crée des situations spécifiques en leur fixant un cadre : Barker les a appelées « sites comportementaux » (cf. § 3.2.3).

### **3.3.3 L'espace et sa relation avec le temps**

Toute relation à l'espace se définit également en terme de réseau de relations à des espaces-temps. L'usage d'un lieu dépend souvent du temps d'occupation qui lui est en quelque sorte affecté en raison du découpage du temps dans nos sociétés. Beaucoup de personnes qui habitent loin de leur travail savent d'expérience qu'à cause de cet éloignement et de la durée de transport, leur logement est le lieu qu'ils occupent et utilisent le moins, alors que c'est l'endroit qui peut être le plus important pour eux. La relation à un lieu ne peut donc être déterminée sans référence à tous les autres dans lesquels un individu passe une part de son temps. Cette approche peut donner lieu à une carte des espaces-temps, dans lesquels un individu, compte tenu de sa condition sociale, évolue habituellement.

Les espaces dans lesquels il passe la plus grande partie de sa vie, ceux qu'il fréquente en dehors de son temps de travail, ceux qu'il ne fréquente jamais et qu'il ne connaît pas, même s'ils sont physiquement proches peuvent être facilement identifiés. Enfin, pour la compréhension de ces relations, une dernière indication paraît nécessaire : toute relation à l'espace doit être située en fonction de l'échelle choisie pour l'étudier. Dans la perspective retenue en psychologie sociale, l'échelle généralement prise en compte dans la relation à l'espace est l'échelle micro-sociale, d'un aménagement donné tel qu'une école, un espace de travail, un hôpital, etc. Cependant, il ne faut pas négliger que pour comprendre l'impact d'un espace, il faut se référer à l'organisation sociale qui le sous-tend.

### 3.3.4 Synthèse

Dans cette partie, nous avons vu que la relation entre la personne et l'espace bâti a été étudiée à travers trois approches différentes, soit comme un cadre fonctionnel soit comme objet d'une expérience vécue, enfin dans la relation espace-temps. Nous réalisons que le jeu existant entre les lieux et les conduites des individus est un processus constant où, d'une part, l'espace est composé d'attributs exerçant certaines influences, mais il est aussi vécu, d'autre part, à travers des usages dont le sens se lit dans la capacité à agir sur un lieu tout en s'y adaptant. Cependant, si l'espace construit peut être considéré comme l'expression, au travers d'une implantation physique, de fonctions et d'activités, sa structure sociale n'est pas strictement déterminée par la logique qui sous-tend cette implantation, celle-ci n'est qu'un support, un aspect de son expression. Il n'est donc pas possible de conclure à une relation symétrique entre la structure sociale et celle de l'espace. La dynamique de cette relation est déterminée par la culture d'une société, d'un groupe ou d'une institution.

Dans la partie qui suit, nous allons voir précisément comment la question de l'influence des facteurs du climat sur les perceptions et les comportements des individus a été traitée dans l'approche de la psychologie de l'environnement. Nous cherchons à examiner en détail comment les variations climatiques en tant que facteurs physiques de l'environnement influencent et affectent notre vie.

### 3.4 Comportements, perceptions et conditions climatiques

Dans le domaine concernant l'influence des facteurs du climat sur la personne, Rotton (1986)<sup>16</sup> évoque trois courants différents « déterminisme, possibilisme et probabilisme »<sup>17</sup> :

- La vision « déterministe » amène à penser que le climat peut déterminer les comportements et les pratiques sociales. Le comportement peut être, dans ce cas, prédit par les variables climatiques. Par exemple, une forte hausse des températures peut causer une augmentation de la violence et de la criminalité dans les villes.
- Le deuxième courant « possibiliste » nous dit que le climat impose des limites et peut ainsi faire varier les activités : un vent modéré permet la navigation mais un vent fort limite et diminue la promenade à vélo.
- Le troisième courant « probabiliste » est situé entre ces deux courants. Ici le climat ne peut en aucun cas créer un comportement spécifique, mais il peut influencer sur les chances qu'une activité puisse se dérouler ou non. La neige par exemple diminue la probabilité que les individus roulent en voiture, mais elle fait augmenter la probabilité qu'ils s'engagent dans des sports d'hivers par exemple.

La majorité des travaux dans ce domaine concernent l'espace intérieur. En milieu extérieur, l'une des rares études que nous avons trouvées sont celles citées dans l'article de Culliat B. & Erskine R. (1992). Dans cet article, les auteurs citent la distinction faite par Jan Gehl (1968)<sup>18</sup> entre :

- les activités « nécessaires » qui, selon lui, sont les activités qui auront lieu dans certaines circonstances (travail, mouvement orienté vers un objectif, etc).
- les activités « facultatives » qui sont les activités qui auront lieu seulement si les conditions extérieures sont favorables.

Cette étude affirme que la plupart des activités sociales et récréatives peuvent être considérées comme des activités facultatives. Si l'environnement physique ne les facilite pas et ne peut leur servir de support, elles disparaissent purement et simplement.

L'utilisation ou non d'un espace, la fréquence de son utilisation pour les activités « facultatives » dépend du degré de « la qualité » ou de « la perfection » qu'il présente. Lerup L.<sup>19</sup> définit la « qualité » d'un lieu en terme de conformité entre l'environnement physique et le comportement de l'usager. En regard du climat et de son influence « directe », la « qualité » d'un endroit pourrait être définie, comme le fait Ghel (1968), en termes de protection contre les aspects négatifs du climat et d'exposition vis-à-vis de ses aspects positifs. Ces différentes études ont conclu que la sensibilité aux facteurs climatiques va être fonction de la nature et du type d'activité entreprise. Les activités « nécessaires » vont être relativement indépendantes des conditions climatiques, elles auront lieu même dans les conditions extrêmement

---

<sup>16</sup> Cité par : Bell A. & al., (1996), p. 190.

<sup>17</sup> En anglais dans le texte : « determinism, possibilism & probablism ».

<sup>18</sup> J.Gehl, «Mennesker til fods», Arkitekten, 1968, n° 20. Cité par : Culliat B. & Erskine R. (1992)

<sup>19</sup> L. Lerup, «Behavioural and environmental congruence as measure of goodness in public space», Eristiks, Nov. 1972. Cité par Culliat B. & Erskine R. (1992).

défavorables, alors que le déroulement des activités « facultatives » sera extrêmement dépendant des conditions climatiques.

D'autres études sont orientées vers les problèmes urbains liés au climat comme le froid et le transport urbain, la perturbation de la vie économique, les problèmes dans la vie de tous les jours, les dommages causés par les fortes pluies, les inondations et leurs dégâts, le problème posé par le manque d'eau dans les villes, le climat et la santé dans les villes et surtout l'influence de la pollution sur la santé. Parmi ces travaux, nous pouvons citer G. Escourrou (1991-1996). Dans ce cadre, l'étude du microclimat s'est avérée importante pour améliorer le confort des habitants et aussi pour faire certaines économies d'énergie. Elle est également fort complexe, mais elle reste indispensable pour limiter les risques climatiques tels que les fortes pointes de pollution atmosphérique et les risques d'inondation.

Nous avons déjà vu dans le premier chapitre que la variation de la nature et de la structure du milieu urbain entraîne des modifications de paramètres climatiques (températures, rayonnement solaire, vent). Ces paramètres ont une influence directe sur un certain nombre d'éléments de confort (visuel, mécanique, thermique...). La variation de l'intensité lumineuse dans l'espace ou dans le temps a des incidences sur le confort visuel. Les grandes vitesses du vent et surtout la turbulence de l'air ont des effets sur les usagers de la ville.

Nous avons certainement été tous confrontés à certaines conséquences de l'exposition aux facteurs climatique haute ou basse température, vents, humidité, etc. Quand il fait froid dehors, nous mettons des vêtements chauds pour minimiser l'inconfort. Quand le vent souffle fort, on change de chemin, on cherche à se protéger, on évite de rouler à vélo, de marcher à côté d'un angle d'un haut bâtiment, et tout ceci afin de maintenir notre équilibre. Les recherches durant la dernière décennie nous ont permis de savoir que les comportements changent quand nous nous exposons à des conditions climatiques extrêmes.

La température et le vent sont les deux facteurs qui ont été le plus largement évoqués. Les effets de ces deux paramètres climatiques sur les attitudes et les comportements ont été étudiés séparément et généralement de façon plus spéculative non basée sur des données et des mesures expérimentales. Des travaux plus récents se sont basés sur des observations, mais qui ne sont toujours pas systématiques. Les derniers travaux dans ce domaine se sont penchés sur l'adaptation physiologique du corps et son acclimatement.

Nous avons organisé la deuxième partie de ce chapitre autour des plus récentes approches concernant l'influence du climat sur les comportements et les attitudes. Nous discuterons chacun des paramètres climatiques à part, tout en gardant à l'esprit que les variables climatiques interagissent les unes avec les autres.

Mais avant cela, nous rappelons la distinction à faire entre le climat et le temps. Ce qui nous intéresse, dans ce travail, ce sont les variations et les différences des conditions climatiques. Cette distinction est importante parce que les effets du climat sur les comportements ne sont pas souvent les mêmes que les effets des variations microclimatiques temporelles. Par exemple, en climatologie, les précipitations définissent quelques attitudes et comportements chez les personnes, mais les mesures de précipitations ne peuvent pas prédire ces comportements chez les usagers de la ville. Nous rappelons également que nous pouvons

rarement étudier seuls ces variables, elles sont toujours rattachées à des facteurs culturels et sociaux qui influent également sur les comportements. Dans la perception du climat, nous pouvons identifier les paramètres suivants :

- les facteurs objectifs de l'environnement comme la température, le vent, etc.
- les caractéristiques liées à la personne, comme l'accoutumance et l'attitude vis-à-vis de certaines conditions climatiques perçues positivement ou négativement.

### **3.4.1 La température**

La notion de confort thermique a été largement étudiée et de nombreux indices traduisant des situations de confort thermique ont été élaborés. L'indice le plus utilisé en situation normale dans des ambiances intérieures est le PMV (Predicted Mean Vote) de Fanger (Wild M. et Bruel Kjaer, 1988)

Le confort a été approché de manière standardisée par la moyenne des sensations physiopsychologiques perçues par un ensemble d'individus soumis à un même environnement et ayant une activité et un habillement identiques. D'un point de vue physiologique, Givoni (1978) considère comme confortables « les conditions sous lesquelles les mécanismes autorégulateurs du corps sont dans un état d'activité minimum ». Dans le même courant d'idée, Candas et Grivel (1988) considèrent que la neutralité thermique peut traduire un état de confort thermique. La neutralité thermique apparaît quand l'organisme humain arrive à maintenir constante sa température corporelle, sans mettre en jeu, ses mécanismes thermorégulateurs de lutte contre le chaud ou le froid (sudation, transpiration ...).

Le sentiment d'inconfort thermique est directement lié à une situation de rupture et au manque d'homogénéité dans l'ambiance ou les ambiances fréquentées. Les limites entre le confort et l'inconfort ressenties restent cependant peu nettes. En outre, l'état du confort d'un individu dépend des échanges radiatifs et convectifs engendrés dans son milieu environnant : des facteurs physiques le milieu urbain et climatique et des facteurs psycho-physiologiques : les caractéristiques psychologiques et physiologiques de chaque individu.

#### *3.4.1.1 La perception de la température ambiante*

La perception de la température implique deux composantes. La première concerne sa mesure physique et la deuxième composante concerne la perception de la chaleur dépendante de la différence entre la température du corps et celle de l'air ambiant ainsi que de la thermorégulation du métabolisme humain.

Les facteurs qui risquent d'influencer cette perception sont l'humidité et la vitesse du vent. Selon Bell & al. (1996), une température de l'air de 38 °C et une humidité de 60 % est perçue plus inconfortable qu'avec une humidité de 15 %. Les mouvements d'air sont également déterminants dans l'évaporation et la modification de la température du corps.

Humidité relative (%)	Valeurs de températures (réelles) mesurées par le thermomètre en ° F (°C)					
	41°F (5°C)	50°F (10°C)	59°F (15°C)	68°F (20°C)	77 °F (25°C)	86°F (30°C)
	Température effective (perçue)					
00	41 (5)	50 (10)	59 (15)	68 (20)	77 (25)	86 (30)
20	41 (5)	50 (10)	60 (15,3)	70 (21,1)	81 (27,2)	91 (32,7)
40	40 (4,4)	51 (10,5)	61 (16,1)	72 (22,2)	83 (28,3)	96 (35,5)
60	40 (4,4)	51 (10,5)	62 (16,6)	73 (22,7)	86 (30)	102 (38,8)
80	39 (3,8)	52 (11,1)	63 (17,2)	75 (23,8)	90 (32,2)	111 (43,8)
100	39 (3,8)	52 (11,1)	64 (17,7)	79 (26,1)	96 (35,5)	120 (48,8)

Tableau 10. *Températures réelles et températures perçues en fonction de l'humidité de l'air (Bell & al., 1996).*

Rappelons que l'ensemble des recherches sur le confort thermique physiologique a permis d'établir six facteurs déterminants dans les échanges thermiques ainsi que dans l'estimation subjective du confort thermique global chez l'homme. L'habillement et le niveau d'activité physique (métabolisme), la température de l'air, la température radiante moyenne, la vitesse de l'air et l'humidité.

L'estimation empirique du confort thermique subjectif est possible dans le cas d'une enceinte thermique, dont les paramètres sont connus, homogènes et contrôlés. Dans la vie de tous les jours il n'y a pas de condition idéale. Plus les facteurs climatiques locaux sont distribués inégalement ou subissent des fluctuations rapides et marquées, plus le risque d'inconfort grandit. Les variables sont les suivantes : asymétrie du flux radiant, la vitesse de l'air local, un air chaud respiré, une humidité ambiante trop élevée, une différence de température d'air le long du corps et les extrémités froides.

Les échanges thermiques et physiologiques entre le corps et le milieu extérieur sont affectés par l'écoulement du vent. Les conditions climatiques comme la présence de précipitations ou du soleil modifient grandement la sensation de gêne. L'état physique et psychologique de l'individu ainsi que son activité rendent particulièrement difficile la quantification du confort ou de l'inconfort.

#### 3.4.1.2 *Température et performances individuelles*

Plusieurs travaux et études se sont penchés sur l'examen de l'influence des basses ou hautes températures sur les performances individuelles en laboratoires, dans les usines, dans les écoles, etc. spécialement les variations dans le temps des réactions des personnes, leur vigilance, leur capacité de calcul mental (Bell, Provins & Hiorns 1964, Griffiths & Boyce 1971, Pepler 1963, Poulton & Kerslake 1965, Provin & Bell 1970, Wilkinson & al. 1964)<sup>20</sup>.

Selon ces travaux, l'augmentation de la température peut être accompagnée d'une décroissance d'exécution de calcul mental et de ralentissement du réflexe chez l'individu. Ces études ont montré que généralement, quand la température dépasse 32°C elle risque d'altérer la performance de l'exécution du calcul mental, après deux heures d'exposition pour des

<sup>20</sup> L'ensemble des références citées dans cette section sont tirées de Bell et al., 1996.

personnes qui ne sont pas habituées aux hautes températures. Il est intéressant de mentionner ici que d'autres recherches affirment que l'augmentation de la température n'a aucune influence sur les performances individuelles. D'autres études ont montré qu'elle est déterminante ou que par contre elle améliore la performance mentale des individus. Ces derniers confirment qu'avec l'augmentation de la température, la performance individuelle s'améliore au début mais elle se détériore par la suite. Cependant, cette configuration reste spécifique à quelques tâches. La performance peut aussi se détériorer au début de l'augmentation de la température et s'améliorer par la suite pour d'autres tâches. (Bell 1981, Hygge 1992).

Hancock (1986) note que l'exécution des tâches de vigilance est altérée quand l'homéostasie thermique est dérangée, mais améliorée quand un nouvel état d'équilibre est atteint. Il en résulte que généralement les fortes chaleurs détériorent les tâches mentales complexes après une longue exposition. Les tâches motrices ou physiques se détériorent après une assez courte exposition et peuvent soit altérer ou éveiller la vigilance.

En usine, surtout celles où il y a des hauts fourneaux et où les travailleurs, doivent passer près de huit heures par jours, une exposition à une chaleur intense peut causer une déshydratation et une fatigue qui peut encore réduire l'endurance et altérer la performance. Une étude faite par Link & Pepler (1970) a trouvé que la productivité dans les usines d'habillement diminue quand la température augmente.

En milieu scolaire, la température apparaît également comme un facteur qui a quelques effets sur la performance des écoliers. Pepler (1972) a étudié l'air conditionné et la ventilation naturelle dans des groupements scolaires. Il a constaté que, dans les endroits non climatisés, la performance et l'exécution des calculs mentaux des élèves varient en fonction des températures. Par contre, dans les écoles climatisées une telle variabilité ne s'est pas produite.

#### 3.4.1.3 *Température et pratiques des individus*

Les études qui se sont penchées sur l'influence des paramètres climatiques sur les attitudes et les pratiques, ont surtout abordé l'influence des conditions extrêmes sur les comportements et les pratiques négatives et insociables (Bell P. A. & al. 1996). Ils ont montré par exemple que le taux de violence et d'agressions augmente avec l'augmentation de la température. Bell P. A. & al. (1996) citent plusieurs autres études selon lesquelles, les individus montrent une meilleure volonté pour apporter de l'aide au autrui et, qu'ils sont plus généreux avec les serveurs dans les cafés quand il fait bon (frais en été et beau en hiver). Dans des ambiances inconfortables, soient très chaudes soient très froides, les individus se montrent très désagréables et refusent souvent d'apporter de l'aide aux autres et refusent même de répondre aux entretiens. Ces mêmes études montrent qu'un grand nombre de personnes ayant participé à des expériences installées dans des chambres climatiques dans des conditions inconfortables refusent d'y participer une deuxième fois, contrairement aux personnes installées en premier dans des conditions de confort.

Des activités telles que s'arrêter, observer, discuter ou s'asseoir, manger ou prendre un verre, les expositions, les manifestations, etc. peuvent disparaître également en fonction des températures. A partir d'observations effectuées par Gehl (Culliat & al., 1992) sur la zone piétonnière à Copenhague ayant un très haut niveau d'activité en été, l'auteur a conclu que

non seulement la fréquentation y est plus basse en hiver, mais la nature des activités qui s'y déroulent est très différente. Les personnes qui fréquentent cette place la traversent simplement pour se rendre quelque part. Cette étude a montré également que le nombre de piétons est multiplié par deux dans les mois chauds et il existe trois fois plus de personnes arrêtées ou flânant (engagées dans une interaction sociale de faible degré). Cette sorte d'activité, pratiquement inexistante dans les mois les plus froids, « explose » littéralement quand la température locale s'élève au-dessus de 10 °C.

R. Bjorkto<sup>21</sup> a défini le concept de « saison extérieure » comme étant la période de l'année où il est plus confortable de se trouver dehors sans vêtements lourds (c'est-à-dire avec seulement les vêtements que l'on porte chez soi). L'étude établit que le niveau de confort acceptable dans la région d'Oslo est d'environ +11 °C à l'automne et +9 °C au printemps (avec une humidité et un taux de circulation d'air moyen). Les températures plus basses sont, d'habitude plus largement, acceptées après un long hiver qu'à la fin de l'été, ce qui dépend en partie de l'adaptabilité du corps.

Lors d'une autre étude en Suède à Grindtorp, Gehl J. (1972)<sup>22</sup> a montré que les bancs dans les parcs commencent généralement à être fréquentés quand la température est d'environ +10 °C (par temps sec). Cependant, dans les endroits bien abrités, avec des rayons solaires directs, les conditions microclimatiques peuvent approcher des niveaux de confort à des températures d'air beaucoup plus basses. La même étude enregistre deux à trois fois plus d'individus dehors pendant la période avril - juin que durant celle de janvier - février. Une autre étude<sup>23</sup> effectuée en 1963 / 1964, à Stockholm, sur les activités extérieures des enfants pendant l'hiver dans trois secteurs résidentiels différents a montré que la fréquentation de l'extérieur par les enfants n'est pas aussi affectée que celle des adultes.

Le nombre de types d'activités extérieures n'est cependant pas influencé par la seule température. Comme le montre le diagramme<sup>24</sup> suivant, le vent et surtout l'absence de radiations solaires sont des facteurs restrictifs significatifs.

---

21 Bjorkto R., «Atriumhus I. norsklime Norges», Byggforsnings, institut, Oslo, 1965. Cité par : Culliat B. & Erskinee R. (1992).

22 Gehl J., «Livet Mellem Husene Kunstakademiets Arkitektskole», Arkitektens Forlag Copenhagen, 1972. Cité par Culliat B. & Erskinee R. (1992).

23 V. Follin and K Larsson, Barn och lek Vintertid i Vintertid i Våra Bostadsområden, Att Bo, 1964. Cité par Culliat B. & Erskinee R. (1992).

24 Figure extraite de : Culliat B. & Erskinee R. (1992). D'après, G. Carlestan, Intended and Unintended Effects of Man's Use of his Physical Environment, Plan international, Swedish Council for building Research, STOCKHOLM, 1972.

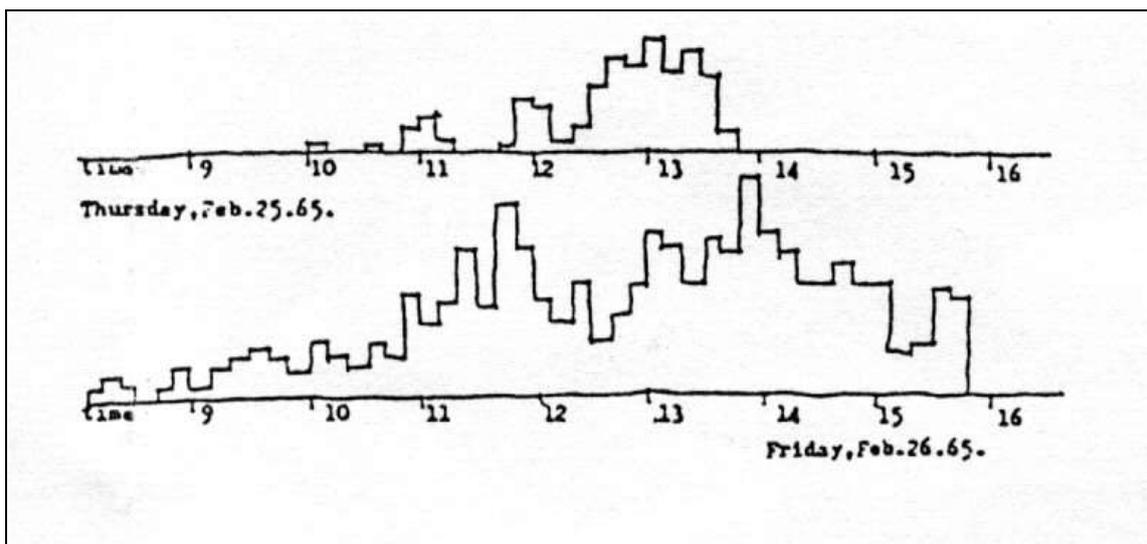


Figure 15. Interaction entre la température, le vent et la nébulosité sur la fréquentation des espaces extérieurs (Culliat B. & Erskine R., 1992).

Il représente le nombre d'individus dehors à différents moments de la journée avec des conditions météorologiques variées.

- Le graphique du dessus montre la fréquentation de l'extérieur par un jour nuageux, un vent assez fort et une température de  $-11^{\circ}\text{C}$ .
- Le graphique du dessous montre la situation un jour où la température est beaucoup plus basse  $-20^{\circ}\text{C}$ , avec relativement peu de vent et un ciel dégagé.

## 3.4.2 Le vent

### 3.4.2.1 La perception du vent

Notre corps a des récepteurs spécialisés pour détecter lumière, son, odeurs, par contre, il n'y a pas de récepteur spécialisé pour détecter le vent. Pour cela, nous comptons sur plusieurs systèmes percepteurs. Si nous nous sommes affrontés à un vent, c'est la pression exercée sur notre peau qui nous informe s'il est fort ou faible. Le vent est moins fort certainement sur un corps moins exposé. S'il est particulièrement froid ou chaud, humide ou sec, les récepteurs de la température du corps humain nous permettent de le sentir aussi. L'effort musculaire que nous utilisons contre le vent est également une autre façon pour détecter la force du vent.

Cependant, si on est à l'abri, dans un refuge, des indicateurs tels que le mouvement des drapeaux par exemple ou les habits des piétons affrontés au vent peuvent également nous renseigner sur la force et la direction de ce dernier. Le vent peut également donner naissance à des bruits en déplaçant des objets, des cailloux, etc. L'intensité et la fréquence du son donne une idée sur la présence de vent et sa force.

Nous avons vu (cf. § 2.2.2) que l'influence du vent a été étudiée sous l'angle de la gêne surtout mécanique. Nous rappelons ici l'échelle de Beaufort (cf. § 2.3.1.4) qui est l'un des plus anciens indices développés pour évaluer les effets de la vitesse du vent sur les activités et les pratiques des individus en fonction de la turbulence du vent. Nous avons parlé également de l'indice mis en œuvre par les recherches du CSTB (Gandemer & al., 1976-1981) qui prend en compte la gêne dynamique et la nuisance caractérisée localement dans un espace urbain.

La gêne due au vent est inévitable dans les espaces extérieurs ; elle est acceptée ou tolérée par l'utilisateur si sa fréquence d'apparition reste modérée. En outre, la notion d'acceptabilité ou de non-acceptabilité d'un niveau de fréquence de nuisance donné est dépendante de l'activité de l'espace extérieur considéré. Cette fréquence « F » s'exprime en pourcentage du temps. (cf. § 2.3.1.4).

Les mouvements d'air sont déterminants dans l'évaporation et ainsi la modification de la température du corps. Le vent influence la perception et la sensation du froid ; il augmente la perte de chaleur. Une température ambiante de 23 °F (-5°C) associée à un vent de 15 mph (7 m/s) a le même effet psychologique qu'une température ambiante de 32 °F (0 °C) sans vent. (voir le tableau 11).

Vitesse du vent	0 mph (0 m/s)	5mph (2,1 m/s)	15 mph (7 m/s)	25 mph (11,5 m/s)	35 mph (16,2 m/s)
Température équivalente (perçues) °F	32 (0)	29 (-1,6)	13 (-10,5)	3 (-16,11)	-1 (-18,3)
(°C)	23 (-5)	20 (-6,6)	-1 (-18,3)	-10 (-23,3)	-15 (-26,1)
	14 (-10)	10 (-12,2)	-13 (-25)	-24 (-31,3)	-29 (-33,8)
	5 (-15)	1 (-17,2)	-25 (-31,66)	-38 (38,8)	-43 (-41,6)
	- 4 (-20)	-9 (-22,7)	-37 (-38,33)	-50 (-45,5)	-52 (46,6)

Tableau 11. *Températures perçues en fonction des vitesses de vent (Bell & al., 1996).*

### 3.4.2.2 *Le vent et son effet sur les pratiques*

Une série de recherches a été faite par Poulton & al. (1975)<sup>25</sup> où un groupe de sujets ont été exposé à un vent dans un tunnel. La température de l'air a été maintenue entre 18 et 20°C et l'humidité relative entre 70 à 85 % en variant les vitesses du vent de 14,5 à 32,2 km/h. Les résultats de ces recherches ont conclu que le vent influence la personne dans l'accomplissement des activités telles que marcher rapidement et droit dans la rue, fermer son manteau. Il influence aussi quelques-unes de ses performances comme la capacité de calcul mental, il diminue le réflexe et la capacité de mémorisation.

D'autres travaux menés aux USA (Banzinger & Owens, 1978)<sup>26</sup> ont montré une relation directe entre des faibles résultats scolaires et les journées ventées ainsi qu'entre le taux de mortalités, la délinquance. Ces derniers augmentent avec l'augmentation des vitesses du vent dans les villes.

Cunningham (1979)<sup>27</sup> a montré également que la présence de vent est souvent associée à une augmentation de la volonté d'apporter de l'aide aux autres en été, par contre en hiver le phénomène s'inverse. Par ailleurs, Cohn (1993)<sup>28</sup> a trouvé une corrélation entre l'augmentation de la violence domestique et l'augmentation de la vitesse du vent et il a expliqué cela par l'augmentation de stress chez les personnes.

---

<sup>25</sup> Poulton E. C., Hunt J.C. R., Munford J. C., Poulton J., Mechanical disturbance production by steady and gusty winds of moderate strength : Skilled performance and semantic assessments. *Ergonomics*, 18, 651-673 : cité par Bell & al. ,1996.

<sup>26</sup> Banzinger G., Owen K., (1978), Geophysical variables and behavior : II. Weather Factors as predictors of local social indicators of maladaptation in two non-urban areas, *Psychological Report*, 43, 427-434 : cité par Bell & al., 1996).

<sup>27</sup> Cunningham, M.R., (1979), Weather, mood, and helping behavior : Quasi experiments with the sunshine samaritan. *Journal of personality and social psychology*, 37, 1947-1956 : cité par Bell & al. ,1996.

<sup>28</sup> Cohn E. G., (1993), The prediction of police calls for service : The influence of weather and temporal variables on rape and domestic violence. *Journal of Environmental Psychology*, 13, 71-83 : cité par Bell & al.,1996.

### 3.5 Conclusion

Dans ce deuxième chapitre, nous avons vu que les conditions physiques, les facteurs culturels et économiques comme les facteurs psychologiques contribuent à orienter la manière de vivre des habitants. Seule la prise en considération d'un ensemble de composantes et de leurs interactions nous permettra de comprendre ce qui intervient dans la perception et l'usage d'un espace.

La prise en considération d'un ensemble de composantes du milieu physique, social, technique et économique permet de mieux saisir la perception de l'homme et donc de son mouvement et ses comportements. Cependant, il est clair qu'il est impossible de considérer l'ensemble de ces facteurs potentiels. Ce qui est possible, c'est d'analyser les effets de composantes environnementales particulières sur le système complexe d'interaction qui définit la perception ou le comportement humain. Il s'agit de cela dans ce travail : analyser les effets des conditions microclimatiques sur la perception et le comportement humain.

À travers cette étude bibliographique, nous nous sommes rendus compte également que les conditions extérieures, la configuration spatiale ou les conditions climatiques, sont en mesure de limiter les activités. Ceci peut être généré par une planification erronée de l'environnement bâti tels que des artères de circulation mal définies (largeur, verdure, hauteur des bâtiments...) ou mal orientées par rapport aux vents par exemple.

Nous avons pu constater également que l'approche du milieu urbain est complexe. Elle nécessite une double évaluation objective et subjective. Nous avons constaté la complexité des études des réactions « psychosociologiques » des individus aux paramètres climatiques. En espace public extérieur, il peut être question de beaucoup de paramètres et de facteurs tels que les effets du revêtement du sol, de la qualité de la lumière, de la présence du végétal et de l'eau, de l'ambiance acoustique, du pourcentage de pente, de la commodité du mobilier urbain, etc. D'une part, les processus psychosociologiques impliqués dans l'expérience de la perception des paramètres climatiques sont influencés par un grand nombre de caractéristiques individuelles des usagers et contextuelles de l'espace. D'autre part, le climat lui-même est une variable qui a des interactions réciproques considérables avec la configuration spatiale du milieu urbain. La majeure partie des recherches ont été effectuées à l'intérieur des bâtiments. La plupart des études sur le confort ont été menées avec réduction des caractéristiques du comportement humain dans des chambres climatiques où les paramètres climatiques sont contrôlés.

Dans ce travail, nous cherchons à mettre en relation un ensemble de mesures microclimatiques qualifiant des espaces publics extérieurs avec les perceptions et les comportements manifestés par les usagers dans ces espaces. Nous retenons que l'évaluation des incidences des facteurs climatiques sur la perception, les pratiques, les attitudes est un phénomène complexe et difficile à appréhender dans sa globalité surtout en espace extérieur. À travers ce chapitre, nous avons pu insister sur la difficulté liée à la qualification et à la quantification de la relation entre l'usager et les paramètres climatiques. Cependant, nous

pensons que deux grands niveaux d'analyse sont susceptibles de révéler les relations de l'utilisateur aux ambiances microclimatiques :

1. *L'expression de la perception de l'espace et des effets microclimatiques* est le premier niveau d'analyse. Il permettra d'identifier les sensations climatiques des utilisateurs de l'espace ainsi que leurs appréciations globales concernant la qualité climatique de l'espace en question.
2. *L'expression comportementale des usagers* est le second niveau d'analyse permettant de qualifier les comportements et les attitudes et notamment les conduites de groupes de personnes. Dans ce cadre, il est intéressant d'analyser la densité d'occupation de chaque lieu, les trajectoires empruntées et leurs taux de fréquentation, de relever les lieux de regroupement ponctuels, les allures et les rythmes des piétons, leurs types d'activités et de voir les corrélations qui peuvent exister avec les variations des conditions microclimatiques des espaces.

## 4 Synthèse et objectifs

L'étude bibliographique développée dans cette première partie, nous avons exposé le lien existant entre les paramètres climatiques et la configuration spatiale. Nous avons exploré les interactions réciproques entre les deux types de paramètres qui contribuent à la création de situations microclimatiques variées dans le temps et dans l'espace.

Nous avons pu également, constater, qu'à l'échelle de l'espace urbain, les variations des paramètres climatiques d'un point à un autre peuvent être significatifs. Elles sont fonction de la variation de la configuration de l'espace, de la hauteur des bâtiments, de l'espacement et de la localisation des constructions et des masses végétales. Nous avons vu que le fait d'être à l'ombre ou au soleil, sous un arbre ou à proximité d'une façade entraîne des écarts dans les apports radiatifs et des différences de charges thermiques non négligeables du point de vue du confort (Chapitre1).

Nous avons, également exploré, dans le deuxième chapitre, l'influence de variables architecturales sur les pratiques sociales et les comportements. Nous avons abordé le rapport entre les facteurs du climat général et les comportements des individus.

Il s'agit dans notre travail de répondre plus précisément à la question du poids qu'ont les critères typomorphologiques et les conditions microclimatiques dans la perception des sites faite par les usagers et des différences d'usages observées ? Il s'agit également d'identifier les pratiques des lieux : les sites sont-ils utilisés comme des lieux de passage ou réservés à la détente ? Y a-t-il une portion de l'espace plus investie que les autres ? Quels types d'activités sont effectués ?

Rappelons qu'à travers ce travail sur les ambiances climatiques en extérieur, nous cherchons à intégrer le fait que pour un temps donné et dans un espace extérieur, l'usage puisse être modifié ou orienté par les conditions climatiques qui varient au cours du temps. Nous voulons vérifier l'influence des variations microclimatiques sur les contacts que les individus établissent avec leur entourage, ainsi que l'utilisation qu'ils font de l'espace public.

Trois objectifs principaux sont le moteur de notre travail. Nous les présentons ici rapidement avant de les développer un par un :

1. examiner la perception subjective des conditions microclimatiques des usagers.
2. explorer si les comportements des usagers sont influencés par les caractéristiques microclimatiques des espaces publics extérieurs.
3. développer des méthodes d'analyse permettant d'appréhender le lien entre les caractéristiques microclimatiques des espaces extérieurs et les perceptions et comportements manifestés par leurs usagers.

Ainsi, à partir d'une démarche exploratoire, en espace public extérieur, nous essayons de dégager une méthode permettant d'analyser et de vérifier le lien entre usage et microclimat

Notre *premier objectif* est donc de cerner la perception et la représentation que les utilisateurs ont de l'espace. Nous cherchons à vérifier si dans leur perception, les paramètres microclimatiques sont évoqués, et si des variations microclimatiques sont ressenties. Nous essayons, à travers un certain nombre de questions orientées vers l'appréciation des lieux d'estimer si les conditions climatiques limitent ou favorisent leurs usages de cet espace public, si elles ont une incidence sur les fréquentations et les choix d'installation. Pour cela, nous utilisons un questionnaire auprès des usagers rencontrés sur place. L'importance des paramètres climatiques par rapport aux usages constitue un thème central dans ce questionnaire. Nous recueillons, également, des informations à propos de leurs tranches d'âges, le taux de fréquentation, la connaissance des lieux. Ces données permettent d'identifier l'impact de ces facteurs personnels sur leurs perceptions des lieux.

Notre *deuxième objectif* consiste à détecter la manière dont l'espace public est vécu en fonction des différences microclimatiques spatiales et des variations temporelles. Pour cela, nous effectuons des observations vidéo. Nous cherchons à examiner si des différences microclimatiques mesurées ont une incidence sur les usages observés. Nous recourons, pour cela, au croisement de résultats de mesures des paramètres microclimatiques avec des observations vidéo des lieux.

Nous pensons que les usagers ne se répartissent pas au hasard dans l'espace, mais en partie en fonction de ses caractéristiques morphologiques et de son aménagement. Ces derniers offrent des possibilités de protection contre les aspects négatifs du climat ou le contraire d'exposition à ses aspects positifs. L'usage pourrait être modifié ou orienté par les conditions microclimatiques. Dans ce travail, nous identifierons ainsi les emplacements privilégiés par les usagers dans ces espaces, qu'il s'agisse des emplacements attractifs utilisés par plusieurs personnes ou qu'il s'agisse d'emplacements utilisés pour de longue durée. Ceci permettra de contrôler si ces lieux présentent des caractéristiques microclimatiques spécifiques.

Notre *troisième objectif* est de vérifier l'existence de lien entre les caractéristiques microclimatiques des lieux et leurs modes et leurs stabilités d'occupation. Nous cherchons à examiner les liens entre des variables (descripteurs) caractérisant l'usage et d'une part les variables morphologiques et d'autre part les paramètres climatiques de l'espace. Bien qu'il soit délicat d'affirmer l'existence de relations entre les différentes variables, ceci devrait permettre de fournir quelques éléments ou orientations permettant de concevoir des espaces publics mieux adaptés aux besoins des usagers d'un point de vue microclimatique.

Notre objectif principal est d'aboutir à une meilleure compréhension des différents liens entre les données physiques du climat et des descripteurs de l'usage de l'espace. Nous espérons ainsi aider à donner quelques éléments ou informations (modes d'occupation, catégories d'activité, taux et les fréquences d'occupation... etc..) permettant d'intégrer, dans un modèle de confort ou d'aide à la décision des paramètres concernant l'usage. Cela peut contribuer à une meilleure décision concernant les projets d'aménagement local.

**Deuxième partie** : vers une nouvelle méthode d'évaluation de l'impact du microclimat sur l'usage en espace public extérieur

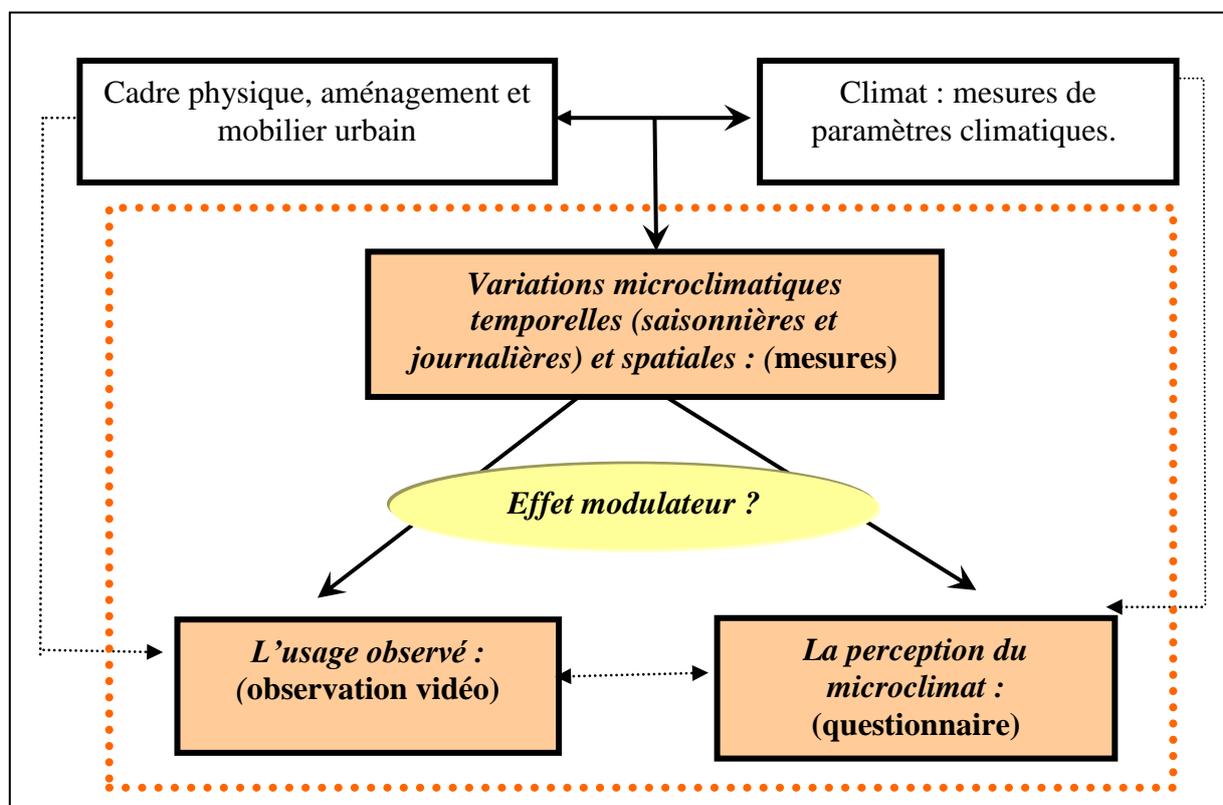
## 5 Introduction

Nous présentons dans la deuxième partie du manuscrit notre propre formalisation de la question de la prise en compte de l'incidence des conditions microclimatiques sur l'usage et la perception des utilisateurs d'espaces publics extérieurs.

Précisons que notre hypothèse centrale consiste à dire que *la relation entre l'aménagement urbain et l'usage est modulée par le microclimat*. Les choix effectués par les usagers qui s'installent dans un lieu, en fonction du mobilier urbain sont modulés par les caractéristiques microclimatiques du lieu. Nous pensons que l'attraction d'un mobilier est peut être dépendante, à un certain niveau, du microclimat. Des différences significatives concernant la fréquentation d'un lieu peuvent être issues des différences microclimatiques. Il est évident que les caractéristiques du cadre bâti (configuration spatiale et aménagement urbain) sont les variables les plus ou moins stables. Le microclimat varie dans l'espace et dans le temps.

Dans ce travail, nous examinons cet « *effet modulateur* » :

- en comparant les répartitions des usagers dans l'espace, leurs activités en fonction des différences microclimatiques à un moment donné au sein du même espace.
- en analysant les effets des variations microclimatiques intervenant, au cours de la journée sur l'usage de l'espace.
- en vérifiant les effets des variations climatiques saisonnières sur la stabilité et les modes d'utilisation de l'espace.



Notons qu'en effectuant nos analyses dans des espaces extérieurs comme des places ou des squares, nous nous intéressons à une échelle urbaine réduite mais néanmoins suffisamment grande pour que des variations microclimatiques internes à ces espaces puissent surgir. En effet, une étendue de verdure, un bassin d'eau ou même un mur peuvent contribuer à créer une zone microclimatique particulière à l'intérieur même de la place ou du square.

Notre procédé consiste à mettre en liaison des observations vidéo, des entretiens effectués auprès des usagers et des mesures des paramètres physiques du climat. Ainsi, comme le montre le schéma, nous retenons :

- *Espace, usage et microclimat perçus (questionnaire)* : nous effectuons un questionnaire avec les usagers. Nous cherchons à voir si les variations temporelles et les différences spatiales des conditions microclimatiques sont perçues par les usagers, et si pour leurs usages de l'espace les paramètres climatiques sont importants.
- *Usage observé (observation vidéo)* : nous observons l'état momentané de l'usager de l'espace à une plage horaire donnée grâce à un système d'enregistrement vidéo. Nous retenons des descripteurs simples tels que l'orientation de l'activité de l'individu, la position qu'il occupe dans l'espace, ses attitudes corporelles, son allure et son rythme de marche. Notre objectif est d'examiner si l'occupation de l'espace et si les types d'activités sont influencés par la variation et les différences microclimatiques.
- *Variations « temporelles » et différences « spatiales » du microclimat (mesures des paramètres climatiques)* : Nous vérifions la relation entre le degré et la nature de l'utilisation de l'espace et les ambiances climatiques qui le caractérisent. Nous effectuons, pour cela, des mesures des paramètres climatiques, dans plusieurs points de l'espace, plusieurs fois durant la journée, pour deux périodes de l'année ; en période chaude et en période froide. Nous nous limitons dans nos mesures aux conditions de temps calme et ciel dégagé. Les études du microclimat urbain (chapitre 1) ont montré que l'état du ciel et la vitesse du vent sont deux paramètres importants surtout pour le bilan énergétique et la sensation de confort thermique et mécanique chez l'individu.

Nous présentons, dans cette deuxième partie de ce manuscrit, notre propre formalisation de la question de prise en compte de l'incidence des paramètres climatiques sur l'usage que l'individu fait de l'espace. Cette partie s'organise en deux chapitres.

- dans le premier chapitre, nous présentons en détail la méthode que nous avons élaborée afin de répondre à nos objectifs et nos hypothèses.
- dans le deuxième chapitre, nous présentons l'étude de cas ainsi que les résultats obtenus.

Dans cette deuxième partie, nous abordons dans un premier temps notre contribution. Nous présentons les sites d'étude. Nous traitons successivement les trois techniques que nous avons utilisées (mesures, enquêtes et observation) ainsi que les trois types de données (microclimatiques, morphologiques et comportementales). Une fois les principes, les procédures de collecte et de traitement des données, présentés, nous présentons brièvement le logiciel que nous avons utilisé pour la gestion et le traitement des données.

Enfin, nous terminons, en présentant des résultats relatifs à l'ensemble des analyses faites (microclimatique, discours recueillis auprès des usagers, observations).

## **6 De la méthode à son application**

## 6.1 Introduction

Pour cette recherche exploratoire trois types d'instruments ont été utilisés pour recueillir les données :

- un système d'acquisition BABUC/M (cf. § annexe 1) pour les mesures des paramètres climatiques,
- un questionnaire pour recueillir la perception des usagers sur les espaces et leurs conditions microclimatiques,
- des enregistrements vidéo pour observer les déplacements et les activités des usagers dans les espaces étudiés.

Ces trois types de données vont être mis en liaison « spatiale » et « temporelle ».

- La mise en liaison « spatiale » sera effectuée au moyen d'une technique graphique permettant le report des données microclimatiques et comportementales sur un plan tramé des espaces.
- La mise en liaison « temporelle » sera effectuée en examinant les relations usages - conditions microclimatiques en fonction des périodes de la journée et des saisons (chaude et froide).

Nous présentons dans ce chapitre les différentes techniques mises en œuvre dans cette recherche pour appréhender l'influence des conditions et des variations microclimatiques sur l'usage des espaces publics extérieurs, mais avant cela, nous présentons les trois places publiques choisies.

## 6.2 Sites d'étude : choix et présentations

Comme site d'étude, nous avons choisi trois places situées dans la ville de Blagnac. Une ville située à l'ouest de Toulouse. Elle est constituée de plusieurs tissus morphologiques distincts reflétant des périodes de réalisation différentes. Elle manifeste une bonne diversité typologique dans son aménagement urbain. Elle comprend un ancien tissu médiéval, deux ZAC, une grande étendue verte constituée par le parc du Ritouret et le fleuve de la Garonne.

Le choix de Blagnac comme site d'étude a été guidé également par des raisons pratiques tels que la facilité du recueil des données vu sa proximité à Toulouse, la proximité de cette ville à la station Météo et la possibilité d'utilisation de la Base de Données Urbaines (BDU) de Blagnac, permise par la convention existant entre l'Ecole d'Architecture de Toulouse et la Mairie de Blagnac.

Blagnac est également une petite ville de 20 000 habitants, ce qui est en conformité avec une étude qualitative comme la nôtre. Les trois places choisies sont à l'échelle de la ville. Elles sont des éléments significatifs et représentatifs dans l'aménagement urbain de Blagnac et des éléments essentiels dans la vie sociale des habitants de cette ville. Cette ville est donc un bon site d'étude.

Dans cette ville, notre choix s'est porté sur *la Place de l'Église*, *la Place de la Mairie* et *la Place des Marronniers*. Ces trois places sont localisées dans deux types de tissus présentant deux périodes de conception différentes et donc de densités urbaines différentes : le centre ville médiéval, et le quartier du Ritouret (19<sup>ème</sup> siècle). Ces trois places sont morphologiquement bien définies. Elles présentent une variabilité de caractéristiques typomorphologiques ce qui nous a amené à supposer qu'elles puissent présenter des variations microclimatiques repérables.

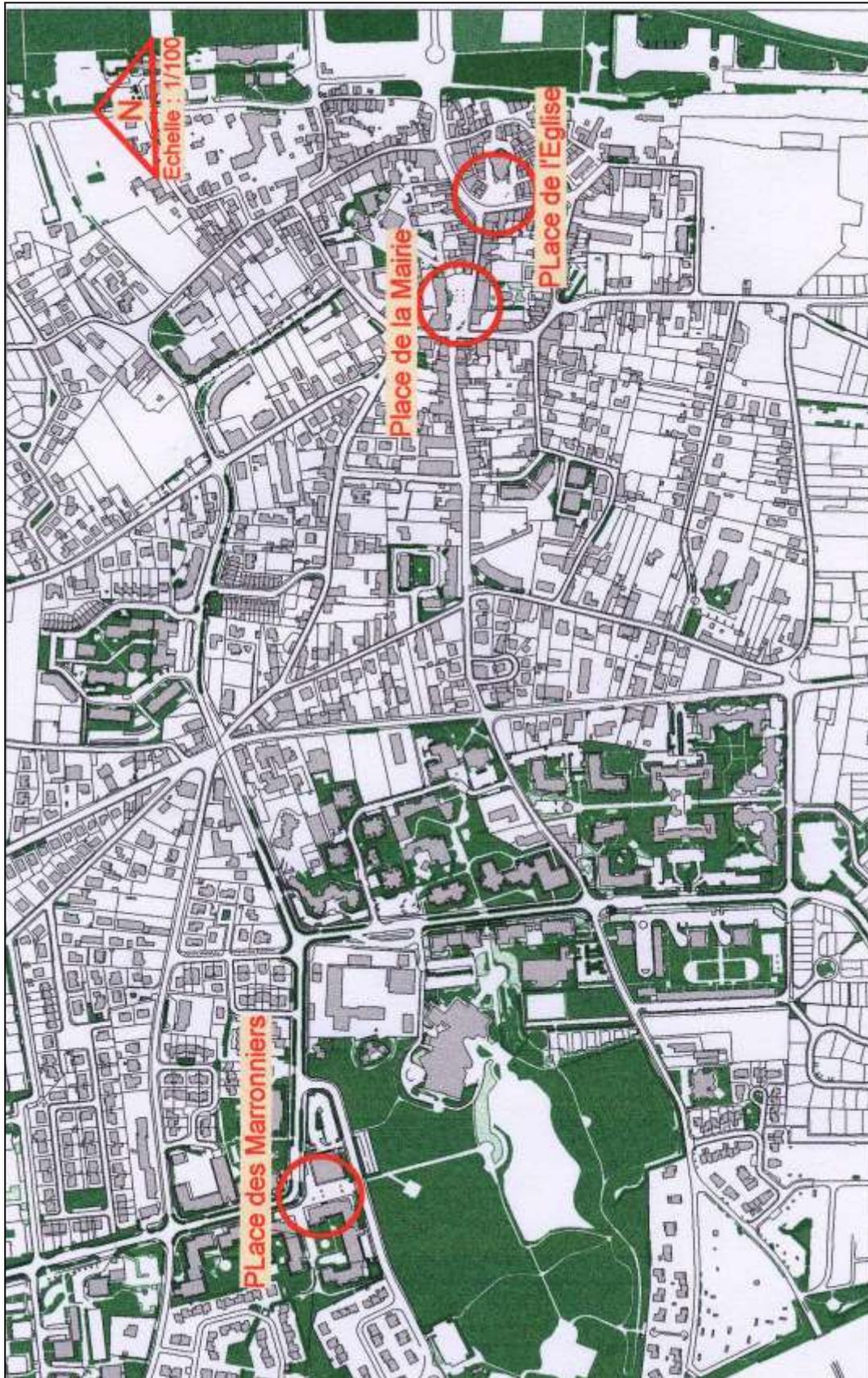


Figure 16. Trois places publiques choisies (BDU : Base de Données Urbaines, Direction d'Urbanisme de la Mairie de Blagnac)

## 6.2.1 Place de l'Eglise

La place de l'Eglise marque le centre historique et médiéval de la ville de Blagnac. Elle est à caractère plutôt minéral. Elle est relativement petite par rapport aux deux autres places choisies.

Elle a une forme presque rectangulaire (20\*12) m. C'est un espace dégagé, surélevé d'environ un mètre par rapport à la chaussée et bordé de quelques arbres du côté ouest, en bordure du boulevard Jean Rivet. L'Eglise est entourée d'habitations en majorité en R+1. Géométriquement, le parvis de cette place est presque symétrique par rapport à l'entrée principale de l'Eglise avec deux lieux aménagés différemment.

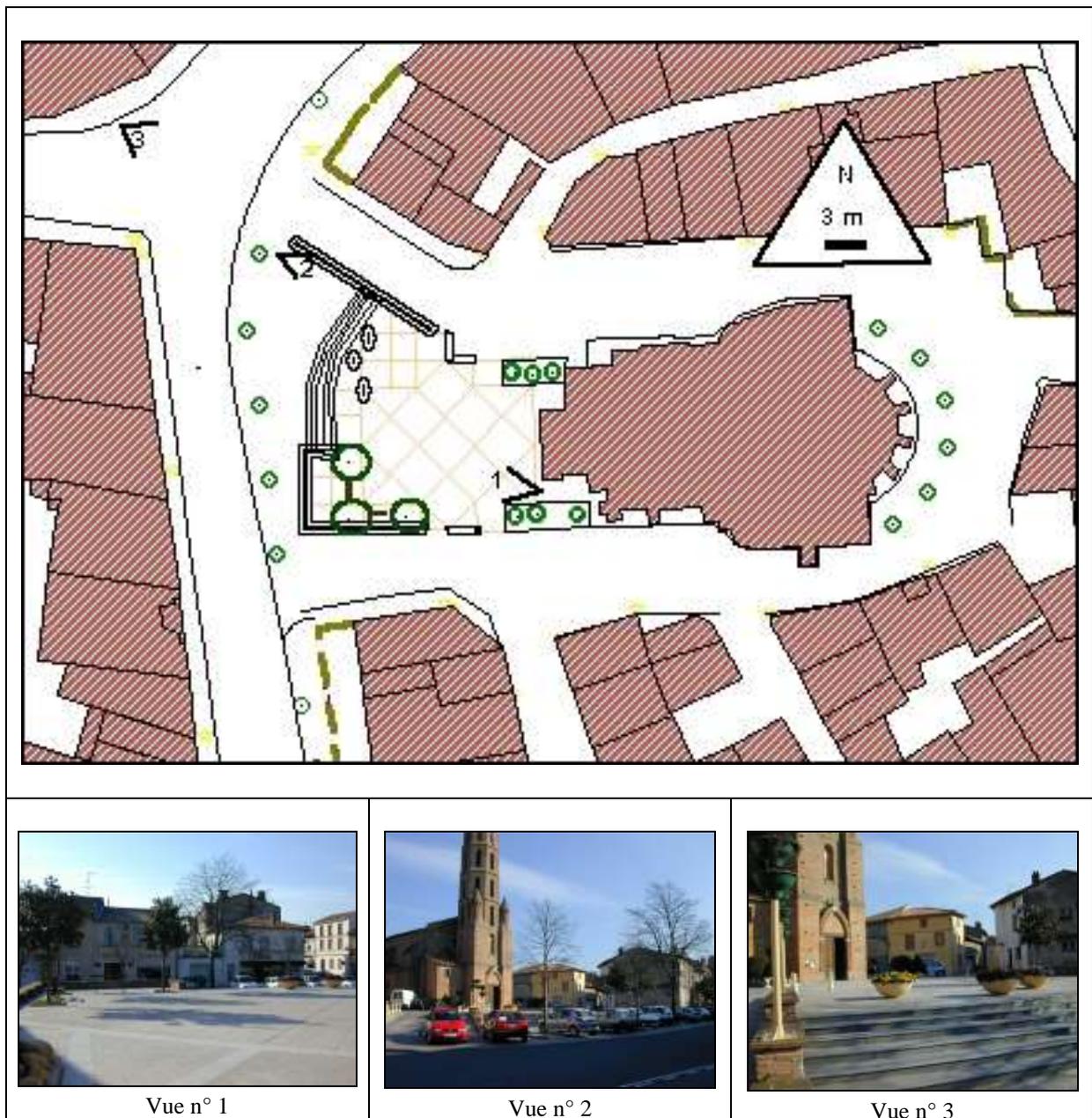


Figure 17. Place de l'Eglise, plan et vues.

## 6.2.2 Place de la Mairie

Place de la Mairie est située, également, dans l'ancien centre, à proximité de la place de l'Eglise. Cependant, elle a été réaménagée. On peut donc la qualifier comme une place récente située dans un ancien tissu. Elle donne directement sur une des plus importantes rues de Blagnac : la Rue Pasteur.

Elle est de forme rectangulaire (20\*61) m, à caractère plutôt mixte entre le minéral et le végétal. Elle se caractérise par une présence de peupliers de 5 m de hauteur, un jet d'eau, un sol minéral avec un pavage en béton, quelques mobiliers urbains et des haies bordant la façade de la Mairie.



Figure 18. Place de la Mairie, plan et vues.

### 6.2.3 Place des Marronniers

Place des Marronniers est située dans un tissu contemporain « le quartier du Ritouret ». Ce quartier se caractérise par des grands boulevards, des constructions espacées et de grandes étendues vertes.

Cette place est rectangulaire (60\*25) m, orientée nord-ouest/sud-est. Son aménagement est assez symétrique. Un grand bassin occupe le centre. Quelques bancs publics sont disposés de part et d'autre. Elle se caractérise par la présence marquante de végétation composée essentiellement de pins parasols d'environ 10 m de hauteur.

Elle est bordée par des constructions sur ses faces nord-est et sud-ouest et ouverte sur les deux autres faces : vers le Parc du Ritouret du côté sud-est et vers l'Avenue des Pins du côté nord-ouest.



Figure 19. Place des Marronniers, plan et vues.

### 6.3 Coordination entre les différents types de données

Dans cette partie, nous exposons la technique que nous avons utilisée pour coordonner les différents types de données de la configuration de l'espace et du cadre bâti, des conditions microclimatiques et usages de l'espace. Nous rappelons qu'il s'agit dans notre méthodologie d'une coordination spatiale réalisée à travers une discrétisation de l'espace et d'une coordination temporelle réalisée à travers une mise en œuvre d'un protocole de mesures et d'observations.

Nous récapitulons et nous présentons plus clairement, dans le tableau suivant, les paramètres que nous avons retenus pour notre travail :

	<b>Paramètres</b>	<b>Descripteurs</b>
<b>Paramètres Climatiques</b>	Températures	- Température sèche de l'air °C, - Température de rayonnement (du globe) °C.
	Vents	- Vitesse de l'air (m/s).
	Ensoleillement	- Partie au soleil/ à l'ombre (observations in-situ)
	Humidité	- Humidité relative (%), - Température de rosée (°C), - Température humide (°C)
<b>Caractéristiques architecturaux et urbains</b>	Géométrie et proportions de l'espace	- Hauteur du bâti/ largeur de l'espace, - Hauteur moyenne de façades délimitant l'espace.
	Revêtements au sol et aux façades.	- nature des matériaux (verre, brique ...),
	Mobiliers urbains et végétation	- présence ou non du végétal (type, nature) - Mobiliers urbains : bancs, jets d'eau, fontaine, - Dispositifs architecturaux et urbains : trous sous immeuble, balcons, pilotis, etc..
	Orientations cardinales de l'espace	- Par rapport à l'ensoleillement.
<b>Usages et activités</b>	Perception de l'espace et du microclimat (recueillie à partir d'un questionnaire avec les usagers).	- Perception de l'espace. - Choix et préférence de lieu d'emplacement dans l'espace, - Raisons de fréquentation des lieux, - Fréquence de l'usage des lieux, - Perception de l'ambiance microclimatique (période chaude et période froide).
	Comportements et usages observés	- Densité d'occupation des lieux. - Durée et stabilité d'occupation des lieux - Modes d'occupation des lieux : traversée rapide, promenade, station, - Orientation de l'activité : selon les aspects corporels et le rythme de marche.

Tableau 12. *Tableau récapitulatif des paramètres retenus*

### 6.3.1 Coordination spatiale « usage d'une trame spatiale »

Nous avons appliqué au plan de chacune des trois places une partition représentée graphiquement par une trame de cases carrées. Cette trame est un élément fondamental de notre travail. Chacune des cases de la trame mesure  $(3*3)$  m soit  $9 \text{ m}^2$ . Chaque case est identifiée par un repérage alphanumérique, par exemple : A8, D13 (voir application sur les trois places à Blagnac plus loin).

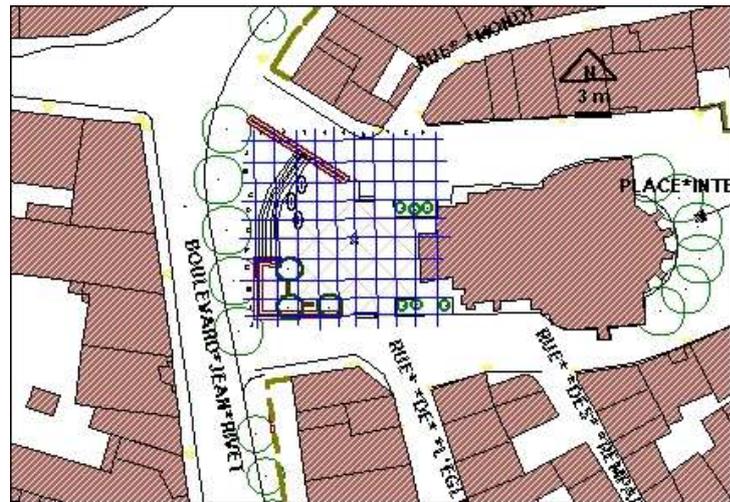
Cet élément fondamental permet des relevés et des exploitations faciles des données. Cette partition en trame carrée permet de mettre en liaison les différentes données comportementales, les mesures climatiques et les caractéristiques morphologiques recueillies dans l'espace public en question. Une telle partition facilite l'exploitation des différentes données en utilisant un logiciel de traitement de données « VisualDbase IV » et un logiciel (SIG) permettant le traitement graphique de ces données « MapInfo ». Nous avons essayé d'ajuster cette trame à chacune des trois places choisies, de manière à pouvoir insérer le mobilier dans ces cases carrées et d'éviter au maximum d'avoir un élément de mobilier urbain partagé entre deux cases.

Cette valeur de  $(3*3)$  m peut être modifiée en fonction des objectifs recherchés et des informations à recueillir. Dans notre cas, la valeur de  $3*3$  m a été choisie en tenant compte des trois types de variables et de paramètres comportementaux, microclimatiques et morphologiques.

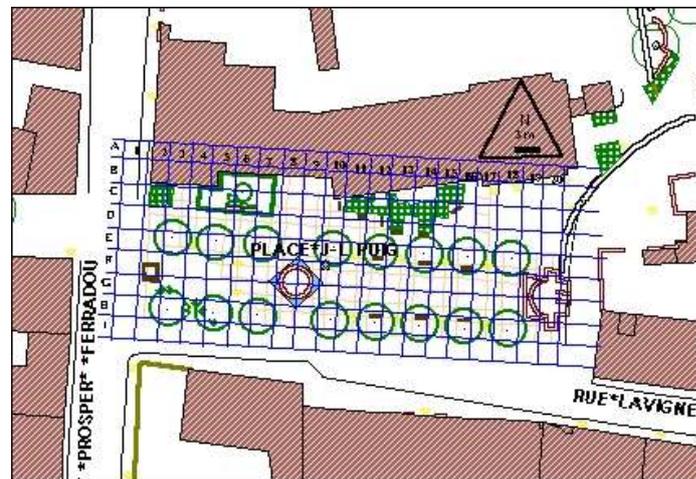
#### 6.3.1.1 *D'un point de vue comportemental*

Cette partition en cases de  $3*3 \text{ m}^2$  sert à reporter les positions des usagers et leurs activités sur chacune des cases carrées. La surface de ces cases peut présenter l'espace qui délimite les interactions de l'individu avec son environnement immédiat en espace public extérieur. Nous nous référons à la théorie d'E. T. Hall sur l'espace personnel (1977). En espace public extérieur, nous trouvons qu'un espace de  $3*3 \text{ m}^2$  peut parfaitement correspondre à la « distance sociale » dont parle Hall E. T. (cf. § 3.3). Cette valeur nous paraît appropriée pour reporter des informations telles que les positions et le type activités des usagers. Ainsi, différentes cartes de positions et d'activités peuvent être établies en fonction des caractéristiques individuelles (âge, sexe).

Place de l'Eglise



Place de la Mairie



Place des Marronniers

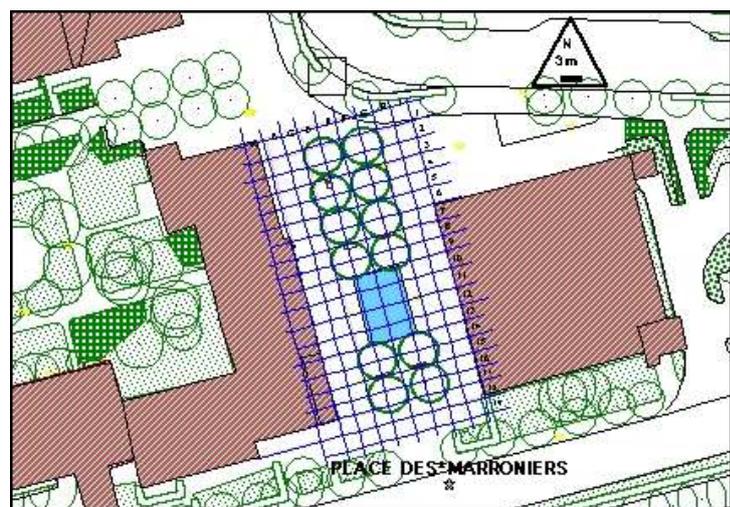


Figure 20. Application de la trame de cases carrées aux trois places publiques choisies.

### 6.3.1.2 *D'un point de vue morphologique*

Cette partition en case de 3\*3 m<sup>2</sup> facilite l'insertion de tout élément de végétation ou de mobilier urbain dans une case précise. Ainsi, la qualification de chacune des cases par des propriétés morphologiques ou par la présence d'arbre, de banc, la proximité d'un point d'eau, la proximité d'une façade, etc. Il est également possible de faire des groupements de cases et constituer des blocs en fonction de la configuration de l'espace et de son aménagement. En faisant des groupements, nous constituons des zones morphologiques plus larges mais homogènes que nous appelons « Blocs ». Des blocs présentant des caractéristiques topomorphologiques différentes l'un de l'autre d'un point de vue du mobilier, de la présence de végétal, de l'orientation, du degré d'ouverture, de la hauteur du bâtiment qui le limitent, de la nature des matériaux, ... etc.

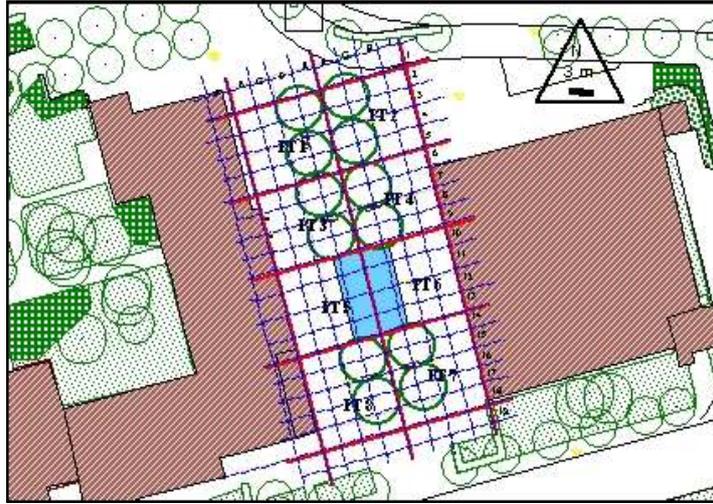
### 6.3.1.3 *D'un point de vue microclimatique*

Comme nous venons de le dire, en regroupant les cases adjacentes nous pouvons constituer des « blocs ». Ces blocs sont des zones qui peuvent être définies par des caractéristiques morphologiques propres et peuvent en conséquence présenter des variations microclimatiques significatives.

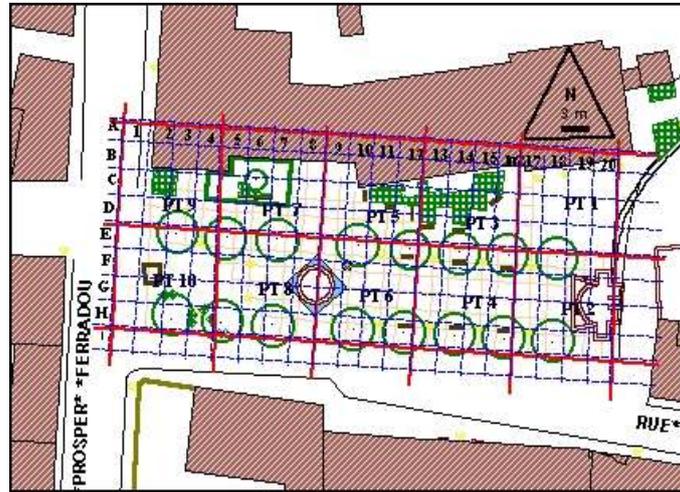
La géométrie de l'espace et son aménagement urbain contribuent aux variations microclimatiques, ce qui nous a conduits à localiser et à déterminer les points de mesures en fonction de la trame spatiale. Nous faisons les mesures des paramètres climatiques au centre du bloc. Ainsi, nous faisons des mesures à des intervalles de distance constants. Nous faisons l'hypothèse que cette mesure est valable pour toutes les cases carrées constituant le bloc.

Idéalement, il aurait été cohérent de pouvoir qualifier chaque case carrée par une valeur de température, de vent d'humidité ... etc. Cependant, comme nous allons l'expliquer plus loin, nous devons laisser l'appareil de mesure se stabiliser surtout en passant de l'ombre au soleil, et étant donnée le grand nombre de cases carrées, la différence du temps entre la première mesure et la dernière serait certainement très grande. Chaque bloc est constitué de 16 cases. Nous effectuons la mesure au centre de chaque bloc. Ainsi, nous avons eu 4 points de mesures sur la place de l'Eglise, 10 points sur la place de la Mairie et 8 points sur la place des Marronniers.

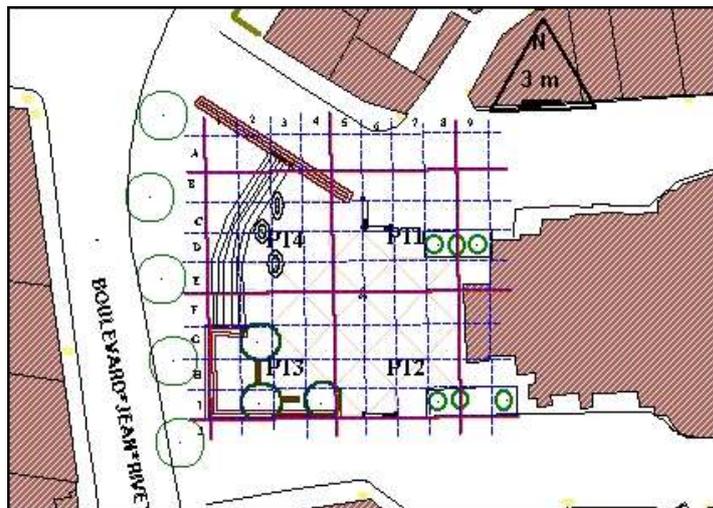
Le bloc est un élément qui permet la mise en relation des bases de données. Certains éléments se définissent au niveau des cases élémentaires de la trame, d'autres seulement au niveau des blocs. Les liaisons au niveau des blocs est un choix statistique important. Nous aurons peut-être la possibilité de faire une analyse qualitative plus fine sur les plans au niveau des cases de la trame.



Place des Marronniers



Place de la Mairie



Place de l'Eglise

Figure 21. Constitution des blocs et des points de mesures dans trois places choisies.

### 6.3.2 Coordination temporelle

Nous effectuons successivement une première série de mesures des paramètres climatiques suivie immédiatement par les enregistrements vidéo. Les mesures et les observations sont effectuées dans une faible unité de temps. Ainsi, nous pouvons relier à ces conditions climatiques et les usages qui s’y développent.

Nous aurions aimé faire notre étude également en temps cyclonique venté n’impliquant pas une gêne mécanique aux usagers des espaces publics. Cependant ces conditions faussent les mesures des paramètres physiques. Les mesures par temps variable, venté ou à ciel couvert, auraient aidé sans doute à relever des lieux où le taux et le mode d’occupation restent stables même dans des conditions extrêmes ou très variables.

Nos mesures et nos observations ont lieu à différents moments au cours de la journée. Pour tenir compte des variations microclimatiques qui peuvent survenir au cours de la journée, sous l’influence croisée de la position du soleil de la morphologie du bâti, nous avons choisi des périodes de la journée qui, à priori, affichent une densité d’usage importante et qui correspondent également à des moments où l’incidence de la morphologie sur les facteurs du climat est lisible :

- **le matin** l’usage risque d’être faible au cours de cette plage horaire, mais d’un point de vue microclimatique, une mesure le matin sera indispensable pour examiner l’évolution des différents paramètres au cours de la journée.
- **la mi-journée**, d’un point de vue climatique, cet intervalle correspond aux moments les plus chauds de la journée. Du point de vue de l’activité des usagers, nous sommes hors des horaires de travail, et c’est un moment important dans l’utilisation et l’occupation des espaces publics par les usagers.
- **l’après-midi** peut être un moment très important, d’un point de vue usage et microclimatique. Cet intervalle de temps ne sera pas la même en été et en hiver. En été la journée est plus longue qu’en hiver.
  - en été, nous effectuons deux sessions de mesures et d’observations.
  - en hiver, nous effectuons une seule session de mesure et d’observations.

Nous faisons nos investigations seulement les jours de semaine ouvrables. Nous aurions aimé étaler cette étude aux week-ends, étant donné que dans un espace public, nous ne pouvons pas séparer l’aspect fonctionnel de l’aspect ludique concernant la fréquentation. Notre étude étant limitée dans le temps, ceci nous a pas été possible.

Après la session de mesures microclimatiques et la session de l’observation vidéo, nous effectuons quelques questionnaires avec des usagers de l’espace. La journée de mesure s’organise donc comme suit :

- **Première session (8h30-9h30)**
  - mesures entre 08h30 et 09h00,
  - 20 minutes d'observation entre 09h00 et 09h30,
  - questionnaires.
  
- **Deuxième session (12h00 – 13h00)**
  - mesures entre 12h00 et 12h30,
  - 20 minutes d'observations entre 12h30 et 13h00,
  - questionnaires.
  
- **Troisième session (16h00- 17h00)**
  - mesures entre 16h00 et 16h30,
  - observations de 20 minutes entre 16h30 et 17h00,
  - questionnaires.
  
- **Quatrième session (seulement en été) (18h30-19h30)**
  - mesures entre 18h30 et 19h00,
  - 20 minutes d'observations entre 19h00 et 19h30,
  - questionnaires.

#### **6.4 Gestion et traitement des données**

L'ensemble des données recueillies sera couplé aux mesures climatiques relevées sur les différents terrains. Dans le but d'avoir la possibilité d'organiser et de traiter très facilement les différents types de données en fonction des divers types d'analyses envisagées, l'ensemble des données sera inséré dans un système de gestion informatisé « VisualDbase IV ». Nous utilisons ensuite, un SIG (Système d'Information Géographique) « MapINFO Professional 4.0 » pour la représentation graphique de nos traitements et résultats. (cf. § annexe 5)

Ce sont deux environnements de bases de données dynamiques permettant de créer des tables de données, de les manipuler et de les croiser. Ainsi, nous avons pu faire des traitements sur l'ensemble des données ou sur certaines parties des données sélectionnées en fonction des critères temporels, des caractéristiques des usagers ou encore de la durée d'utilisation de l'espace public.

Grâce à l'interface entre ces deux logiciels, nous avons pu gérer simultanément nos données. Nous avons pu également construire de petits programmes permettant de filtrer et de sélectionner les informations sur différents critères, de façon à analyser plus précisément certains aspects des relations entre les usages des espaces et les caractéristiques microclimatiques de ces espaces.

## **6.5 Techniques utilisées : objectifs et apports**

Dans cette partie, nous présentons notre méthode plus en détail. Nous souhaitons à partir de l'application de cette méthode, examiner la relation entre paramètres microclimatiques et usage en espace public extérieur en prenant en considération les perceptions subjectives et les réactions comportementales des usagers.

Nous présentons, dans cette partie, les différentes techniques mises en œuvre dans la recherche pour appréhender l'influence des conditions et des variations microclimatiques sur l'usage des espaces publics extérieurs. Pour cette recherche trois types d'instruments ont été utilisés pour recueillir les données. Un système d'acquisition BABUC/M pour les mesures des paramètres climatiques, un questionnaire pour recueillir la perception des usagers sur les espaces et leurs conditions microclimatiques et des enregistrements « vidéo » pour observer les déplacements et les activités des usagers dans les espaces étudiés. Ces trois types de données vont être mis en liaison « spatiale » et « temporelle ». (cf. § 6.4)

### **6.5.1 Caractérisation microclimatique : mesures des paramètres climatiques**

Généralement, les mesures se prennent à une hauteur d'un mètre et demi du sol approximativement, loin de tous flux de sources de la chaleur, d'humidité et des courants d'air, à moins que ce soient les endroits que nous souhaitons évaluer. Dans toutes mesures expérimentales, on doit définir la période ainsi que la durée du temps pour chaque mesure. La période de la mesure doit être sélectionnée en prenant en considération les objectifs des mesures, et la variabilité des paramètres.

Le protocole de mesure, les paramètres dépendent également en grande partie du matériel de mesure utilisé, les possibilités qu'il offre et les limites de son usage. Dans notre cas, pour faire les mesures microclimatiques en milieu extérieur, nous avons deux alternatives. La première est d'effectuer plusieurs mesures de quelques minutes dans le lieu et répéter l'opération trois fois durant la journée : le matin, au milieu de la journée et à la fin de l'après-midi, et si nécessaire, dans tous points critiques pendant la journée. La deuxième alternative est d'effectuer une mesure en continu qui couvre tous les changements de la variable mesurée ; du lever au coucher du soleil en espace extérieur. Les limites de l'appareil de mesure « Babuc/M » nous ont amené à choisir la première alternative.

#### *6.5.1.1 Conditions d'usage et limites des sondes utilisées*

Pour effectuer nos mesures, nous avons utilisé plusieurs sondes raccordées à un système d'acquisition des données bien adapté pour effectuer des mesures d'environnement appelé le BABUC/M. Ce dernier peut être défini comme un moniteur d'environnement ou une centrale météo. (cf. § annexe 1).

Cet appareil de mesure, nous a permis de mesurer la température sèche, la température humide de l'air, la température globe, la vitesse et l'humidité de l'air ainsi que la température de rosée :

- Pour la mesure de la température sèche de l'air et de l'humidité relative, nous avons utilisé une sonde psychométrique à ventilation forcée (de plus de 4,5 m/s) avec un réservoir d'eau distillé. Elle permet également d'obtenir la température humide et le point de rosée. Cette sonde se caractérise par une cadence d'acquisition de 10 secondes minimum. Son temps de réponse est estimé à 90 secondes.
- Pour la mesure de la vitesse de l'air, nous avons utilisé une sonde anémométrique portative à fil chaud pour mesures omnidirectionnelles. Cette sonde est caractérisée par une cadence standard de saisie minimum de deux secondes, un intervalle de mesure qui peut aller de 0 à 50 m/s et un temps de réponse très court 10 ms.
- Pour la mesure de la température globe nous avons utilisé un thermomètre à globe. Sa cadence d'acquisition est de 10 secondes. Par contre, la sonde a un temps de réponse relativement long si elle vient d'un environnement dans lequel la température est différente.

Pour vérifier les temps de réponses des ces sondes, nous avons fait quelques expérimentations durant des conditions climatiques stables : ciel clair et vent faible. Nous avons effectué 1h30 de mesure sans interruption, en alternant les mesures entre l'ombre et le soleil. 30 minutes à l'ombre, suivi de 30 minutes au soleil et enfin une deuxième fois 30 minutes à l'ombre. L'objectif était de déterminer le temps de stabilisation du thermomètre globe en passant de l'ombre au soleil et vis-versa. Les deux points étaient l'un à proximité de l'autre, sauf que l'un était à l'ombre et l'autre au soleil. (Voir annexe 1).

Nous avons remarqué que la mesure de l'humidité est longue (10 minutes) à se stabiliser tout en début de mesure, par contre elle n'a pas été affecté par le changement de l'appareil « ombre/soleil/ombre ». Seule la mesure de la température globe a été affectée par ce changement. Dans le cas du passage de l'ombre au soleil, le thermomètre globe met 5 minutes avant que la mesure se stabilise. Par contre, dans le cas du passage du soleil à l'ombre, le temps de stabilisation est plus long. L'appareil met 10 minutes avant que la mesure se stabilise.

Pour assurer une bonne mesure, nous avons laissé l'appareil de mesure se stabiliser au moins 15 minutes au début de chaque session de mesure. Nous avons effectué les mesures aux points à l'ombre d'abord et ensuite aux points au soleil pour chaque session de mesures. Nous avons fait des mesures de trois minutes à chaque point. L'appareil de mesure a été programmé pour s'arrêter automatiquement une fois les deux minutes expirées.

Afin de valider les mesures du Babuc/M, nous avons également effectué des comparaisons entre des données enregistrées à la station météo avec d'autres données enregistrées avec le Babuc/M. Nous avons placé ce dernier à proximité des pistes de l'aéroport de Blagnac où les mesures météo se sont effectuées. (cf. § annexe 1).

#### 6.5.1.2 Paramètres climatiques mesurés

Pour la caractérisation physique du microclimat des espaces nous avons donc retenu les mesures des paramètres suivants :

1. *La température sèche de l'air* : cette mesure s'impose donc à des fins de comparaisons soit au sein du même espace ou entre espaces urbains.
2. *La température humide de l'air* : cette température est toujours inférieure à la température sèche, sauf lorsque l'air est à saturation, les deux températures étant alors égales. Les deux paramètres température sèche et humide de l'air suffisent parfois pour définir l'état de l'air, sans qu'il soit nécessaire de passer par la mesure de l'humidité.
3. *L'humidité de l'air* : c'est un bon indicateur pour mettre en évidence les effets d'humidification de l'air. Nous pouvons également utiliser l'humidité spécifique qui peut se déduire de l'humidité relative au moyen du « diagramme de l'air humide ». Si la température de l'air est connue.
4. *La vitesse de l'air* est un paramètre indispensable pour qualifier un lieu climatiquement. La vitesse de l'air rend compte des possibilités d'émission thermique d'un espace urbain. Pour cela elle doit être comparée avec les mesures faites à la station météo.
5. *Le rayonnement solaire* : la mesure de cette température permet de voir l'influence des parties ombrées et parties ensoleillées, et permet de déceler les éventuels échanges thermiques entre les surfaces.

Dans chaque espace publique, les mesures ont été faites durant une journée en période chaude et une journée en période froide de l'année. Ces mesures ont été faites en conditions stables ; vents faibles et ciel clair. Pour chaque journée de mesure, les mesures de ces paramètres vont être répétées plusieurs fois durant la journée et en plusieurs points de l'espace. Nous avons fait trois sessions en période froide (hiver) et quatre sessions en période chaude (été).

Ces différentes mesures ont été organisées avec la base de donnée « VisualDbase IV », comme suit :

<i>Nom de variables</i>	<i>Définition</i>
<i>Site d'investigation</i>	Elle indique l'espace dans lequel été effectué les mesures. Chaque espace est identifié par un numéro. A : Place de l'Eglise, B : Place de la Mairie, C : Place des Marronniers.
<i>Saison</i>	E : été (période chaude). H : hiver (période froide).
<i>Journée d'investigation</i>	C'est la date (jj/mm/aa) de la journée de la campagne in situ. Pour chaque place : - 1 : la journée en période chaude. - 2 : la journée en période froide.
<i>Session de mesure</i>	La session de mesure permet de connaître quand et à quel moment de la journée les mesures ont eu lieu. Les sessions sont notées selon leur ordre chronologique ainsi - A : la première session - B : la deuxième session - C : la troisième session - D : la quatrième session (seulement en période chaude).
<i>Le « Bloc »</i>	Le bloc est un regroupement de 16 cases adjacentes (12x12 m <sup>2</sup> ). Chaque bloc est codé avec numéro. Ce numéro est le même que le numéro du point de mesures (la mesure est effectuée au centre du bloc).
<i>Température sèche de l'air</i>	Dans chaque site et pour chaque journée d'investigation, une valeur est mesurée par point et par session.
<i>Température humide de l'air</i>	
<i>Vitesse du vent</i>	
<i>Humidité relative %</i>	
<i>Température globe</i>	

Tableau 13. *L'organisation des mesures des paramètres climatiques dans « VisualDbase ».*

Nous rappelons que cette base de donnée est suffisamment souple pour permettre de rajouter plusieurs autres champs correspondants à d'autres informations ou paramètres sur le climat possibles à obtenir ou à définir dans un espace public pour mieux caractériser son microclimat comme la température opérative, la direction du vent, ... etc.

Il est certain que d'autres mesures physiques pourraient être intéressantes dans le cadre de l'évaluation microclimatique. Il serait par exemple intéressant de calculer la durée d'insolation moyenne des sols et des façades des espaces publics choisis. Ceci peut être fait avec une simulation en utilisant le logiciel « Solène » (développé par le laboratoire CERMA, Ecole d'architecture de Nantes) permettant de visualiser, à la hauteur de l'utilisateur, les parties de l'espace ensoleillées, et les parties ombrées. Les simulations d'ensoleillement peuvent également donner une représentation relativement exacte par rapport aux jours de mesures et d'observations in situ.

### 6.5.1.3 Caractérisation de la configuration spatiale

Concernant la caractérisation de la configuration spatiale de nos sites d'étude, nous avons retenu les éléments suivants que nous organisons dans notre base de données de la manière suivante :

<b>Variabes</b>	<b>Type de codage</b>
<i>Site d'investigation</i>	Elle indique l'espace dans lequel été effectué les mesures. Chaque espace est identifié par caractère (A, B, C, ...)
<i>Trame</i>	Chaque case est définie par une abscisse et une coordonnée : (exemple : A5, C8, etc).
<i>Présence de végétal (trame)</i>	Noter si oui (O) ou non (N) il y a du végétal dans la case.
<i>Type du végétal (trame)</i>	Définir s'il s'agit d'arbres d'alignement, de haies, de brousses, de pelouse, etc.
<i>Présence d'un mobilier urbain (trame)</i>	Noter si oui (O) ou non (N) il y a un mobilier urbain dans la case.
<i>Définition du mobilier (trame)</i>	Qualifier le mobilier présent dans la case : banc, poubelle, téléphone, fontaine, terrasse de café, un arrêt de bus, un lampadaire, ... etc.
<i>Bloc</i>	Chaque bloc a un numéro.
<i>Matériaux au sol (bloc)</i>	Définir les matériaux par bloc au sol : béton, etc.
<i>Matériaux des façades délimitant le bloc</i>	Définition les matériaux par bloc aux façades : par exemple brique, verre, béton, bois, etc.
<i>Hauteur moyenne des façades délimitant le bloc</i>	La somme des hauteurs des bâtiments délimitant le bloc divisé par le nombre de bâtiment.
<i>Orientation de la façade délimitant le bloc</i>	L'orientation de la normale de la façade : Nord, Est, Ouest, Sud.
<i>Distance du point central du bloc % aux façades qui le délimitent</i>	Reporter à chaque fois l'orientation de la façade accompagnée de sa distance à ce point central. Par exemple : N2, S5, E9, O15 ce qui veut dire que le point central est à 2 mètres de la façade nord, à 5 mètres de la façade sud, etc.
<i>Présence d'un dispositif architectural ou urbain (bloc)</i>	Noter si oui (O) ou non (N) il y a un « dispositif » architectural ou urbain dans le bloc.
<i>La définition du dispositif (bloc)</i>	Définir le dispositif : tel que des pilotis, trous sous immeuble, balcon, etc.

Tableau 14. *Caractéristiques de la configuration spatiale.*

Il est également possible de rajouter de nouveaux champs de codage tels que le taux du ciel (angle solide au pt central du bloc), taux du végétal et du minéral. Dans ce cas, il sera possible d'utiliser la méthode déjà développée par le Groupe ABC (1996)<sup>29</sup> et qui consiste à prendre des photographies avec un objectif fish-eye selon un axe horizontal. Avec 2 images opposées, l'intégralité de l'environnement de chacun des points est couverte ( $2 \times 180 = 360^\circ$ ). Le calcul

<sup>29</sup> Cela est fait par voie de numérisation de l'image à l'aide du logiciel *photoshop*. Nous faisons également référence au travail de thèse au Greco, de Karima Ait-Ameur sur les indicateurs qui reprend la méthode initialement utilisée par le Groupe ABC (Ecole d'architecture de Marseille Luminy).

des angles solides se fait sur la base de la surface occupée par chacune des composantes de l'environnement sur le cliché (rapport de surfaces). Ainsi des indicateurs tels que le taux de végétation, le taux de ciel vu, le taux de minéralisation horizontale, le taux de minéralisation verticale ... peuvent être calculés pour chaque bloc. La répartition solaire au sol dans l'ensemble de l'espace et ainsi à chaque case carrée ou bloc morphologique peut également être déterminée en utilisant une simulation solaire qui permet de trouver les heures de l'année où la surface est ensoleillée ou ombrée. Ainsi, certains descripteurs sont définis au niveau de la case élémentaires et d'autres au niveau du bloc.

## 6.5.2 Perception du microclimat : questionnaire auprès des individus

Généralement, le questionnaire est utilisé pour saisir des phénomènes tels que les attitudes, les opinions, les préférences, les représentations, etc. qui ne sont pratiquement accessibles que par le langage. Nous avons réalisé un questionnaire, et donc interrogé un certain nombre d'individus en vue d'une généralisation. Ce ne sont donc pas les individus dans ce qu'ils ont de personnel qui nous intéressent mais la possibilité de tirer de ce qu'ils disent des conclusions plus larges. En somme, notre questionnaire vise à susciter un ensemble de discours individuels, à les interpréter et à les généraliser sur la base d'une classification des individus fonction de leurs caractéristiques personnelles (âge, sexe, etc.).

La passation du questionnaire que nous avons établi ne nécessite pas l'utilisation d'appareils complexes. Cependant, les discours recueillis ne peuvent être interprétés que par référence aux conditions dans lesquelles ils ont été produits. La technique du questionnaire présente la difficulté de s'appuyer exclusivement sur le langage, celui du chercheur et ceux des diverses catégories d'enquêtés. De fait, nous travaillons uniquement sur un discours verbal, ce qui pose le problème du sens et de l'interprétation. Les autres difficultés sont liées à la formulation des questions et à l'analyse du contenu des réponses.

Pour obtenir les informations souhaitées, il existe plusieurs techniques définies en fonction de la directivité ou du degré de liberté laissée à la personne enquêtée de choisir le point de vue selon lequel elle répondra, les thèmes qu'elle abordera et les termes qu'elle utilisera. En général, on utilise les termes d'entretien ou d'interview pour les techniques les moins directives, et celui de questionnaire pour les formes d'interrogation où les questions sont formulées d'avance avec un choix de réponses limité.

En tant qu'enquêteur sur le terrain, nous avons veillé à ce que notre attitude ne présente pas un risque de biais. Lors de la passation, nous avons essayé de rester neutre pour ne pas influencer le sujet dans ses réponses. Obtenir une réaction spontanée de la part du sujet aux thèmes auxquels il est soumis est, en effet, très importante. Si le sujet hésitait, nous lui avons laissé le temps de réfléchir, et ne pas lui donner d'indications supplémentaires.

### 6.5.2.1 *Présentation du questionnaire*

Nous avons établi notre questionnaire sous forme d'un tableau en une seule page dans le but de faciliter le recueil et la retranscription des discours des usagers, de faciliter la passation des questions et de rassurer l'interviewé. Nous avons mis les questions d'un côté et nous reportons les réponses de l'autre côté.

Le questionnaire est composé de sept questions dont quatre fermées, trois ouvertes et une partie signalétique. Nous présentons dans l'annexe 3 le texte du questionnaire tel qu'il a été proposé aux interviewés.

### ***Questions ouvertes***

A travers les questions ouvertes, nous cherchons à savoir si les usagers perçoivent l'espace comme une seule unité ou comme plusieurs zones distinctes. L'objectif est de vérifier si les paramètres climatiques interviennent dans la perception unitaire ou dans la partition qu'ils font de l'espace : un intérêt particulier à certains paramètres microclimatiques (parties : ombrées, ensoleillées, ventées, protégés, humide, sec). Nous voulons également examiner dans quelle mesure les partitions subjectives telles qu'elles sont décrites par les usagers correspondent à des caractéristiques physiques du site (éléments d'aménagement urbain, morphologie topologie).

Nous cherchons également à estimer si des variations microclimatiques sont ressenties par les usagers et si cette variation est importante pour eux dans l'organisation de leurs activités et leurs usages des lieux. Cette perspective des variations climatiques intervient-elle dans le choix des emplacements et les préférences pour certains endroits de l'espace ? Nous recueillons, ainsi, leur perception de l'espace et l'importance qu'ils accordent aux éléments du climat dans leur fréquentation et appréciation des lieux.

Dans ce questionnaire, les sujets sont peu à peu orientés vers les paramètres climatiques. Nous n'évoquons pas d'emblée les caractéristiques architecturales et les aspects climatiques si le sujet ne les aborde pas lui-même. Progressivement, nous interrogeons les sujets sur l'aspect climatique. Cet aspect est abordé de façon directe seulement à la fin du questionnaire où nous demandons aux sujets d'évaluer les conditions climatiques les plus gênantes, celles qui risquent de limiter leurs activités dans l'espace public.

### ***Les questions fermées***

Les questions fermées sont orientées vers les sensations climatiques des utilisateurs dans les différents espaces étudiés. Nous recueillons également des informations à propos de la fréquence d'utilisation et le degré de connaissance des lieux, afin de vérifier l'influence du degré de familiarité avec le lieu sur la perception qu'en ont les usagers.

### ***La partie signalétique du questionnaire***

La partie signalétique du questionnaire nous renseigne sur les tranches d'âge, le sexe, la date, l'heure exacte et l'emplacement du déroulement de l'enquête.

Certaines de ces données sont utiles pour identifier l'impact des facteurs personnels sur la perception et l'appréciation climatique des lieux. Ils seront également confrontés avec les données recueillies lors des observations vidéo.

A travers le tableau suivant, nous récapitulons les objectifs recherchés par chaque question :

Questions de départ	Objectifs du questionnement	Sous-thème étudiés	Thème central
<p>Comment trouvez-vous cette place ?</p> <p>1. <i>Forme-t-elle une seule unité indissociable ?</i></p> <p>2. <i>Est-elle formée de plusieurs zones, coins, ou endroits, qu'on arrive à distinguer ?</i></p> <p>▪ <i>Lesquelles ? En quoi sont-ils distincts ou différents ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Elaborer une partition « perceptive » des sites d'investigation. : fonctionnelle, formelle ... afin de repérer les éléments du climat qui ressortent dans la perception des usagers.</li> <li>- Examiner si ces partitions subjectives sont fonction des paramètres microclimatiques : parties ombrées, ensoleillées, ventées, protégés, humide, sec, ... etc.</li> <li>- Examiner si cette perception change d'une période climatique à une autre.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Eléments physiques du site : aménagement / végétal / bâti (...).</li> <li>- L'importance des paramètres climatiques dans la perception de l'espace.</li> <li>- Les différences microclimatiques (d'un lieu à un autre) sont-elles perçues ?</li> </ul>	<b>La perception des usagers de l'espace.</b>
<p><i>Est-ce que vous pouvez me donner les principales raisons qui vous conduisent à fréquenter cet espace (qu'est-ce que vous venez faire ici généralement) ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Repérer la nature de l'usage de l'espace.</li> <li>- Repérer des pratiques conditionnées ou modelées par les conditions climatiques, ainsi que le rôle des éléments de l'aménagement urbain.</li> <li>- Faire un classement par ordre d'apparition dans le discours : définir l'importance des paramètres et conditions climatiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relatif aux conditions du climat.</li> <li>- Relatif à l'aménagement de l'espace.</li> <li>- Relatif à la fonction des lieux (commerce, services, ... ou autres)</li> <li>- Autres raisons : passage, transit, ...</li> </ul>	<b>Activités et usage des lieux</b>
<p><i>Quel est l'endroit (s) que vous appréciez le plus dans la place ?</i></p> <p><i>Pourquoi ?</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Voir si les paramètres climatiques (sans les évoquer) ressortent comme paramètres qui influencent les choix d'emplacements, les appréciations, les usages des lieux ...</li> <li>- Analyser comment s'élabore le choix, préciser les différents facteurs qui l'influencent. Définir l'attractivité d'un lieu précis.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Relatif aux conditions du climat (positivement et négativement).</li> <li>- Relatif à l'aménagement de l'espace.</li> <li>- Relatif à la fonction des lieux (commerce, services ou autres)</li> <li>- Autres raisons : ....</li> </ul>	<b>Le choix ou l'appréciation d'un endroit</b>
<p><i>Parmi ces conditions climatiques (vent fort, température basse, fort ensoleillement, ...) à votre avis quelle est celle qui limite le plus vos activités dans cette place ? Est-ce que c'est plutôt : (donnez un seul choix svp)</i></p>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Identifier les conditions climatiques que les usagers qualifient comme « la plus gênante ».</li> <li>- Examiner les changements en fonction des périodes climatiques.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Paramètre climatique le plus / le moins gênant : liaison avec paramètres de l'aménagement urbain, les activités dans l'espace.</li> </ul>	<b>Activités/ condition climatique gênante.</b>

Tableau 15. *Thèmes et objectifs des questions posées aux usagers.*

L'enquête de terrain n'a pas fait l'objet d'un échantillonnage au préalable. La population a été interrogée au « tout venant ». Nous avons demandé aux personnes traversant la place ou s'installant quelque part dans la place s'ils ont quelques minutes à nous accorder pour un questionnaire anonyme. Nous leur avons expliqué que c'est un travail de recherche qui concerne quelques espaces publics dans la ville de Blagnac. Nous leur avons indiqué que cela ne leur prendra que 5 à 10 minutes maximum.

Soulignons encore que ni les caractéristiques architecturales, ni les aspects climatiques ne sont évoqués par l'enquêteur si le sujet ne les aborde pas lui-même.

#### 6.5.2.2 Construction de la grille d'analyse

Pour analyser l'ensemble des discours recueillis, nous avons élaboré la grille d'analyse suivante sous le tableur d'Excel :

Période	Période chaude / période froide
Sujets	Numéro du sujet
Place	Eglise / Mairie / Marronniers
Date	Date des jours d'investigations
Heure	L'heure du déroulement de l'entretien
Position	L'emplacement du déroulement de l'enquête
Genre	Masculin / féminin
Âge	-15 / 15-25 / 25-40/ 40-55/ 55 +
Fréquentation	Plusieurs f /j - 1 f /j - qqs fois / semaine - occasionnellement - 1ère fois
Connaissance	Très bien / bien / moyen / pas du tout
Type de perception	Perception de l'espace : Multiple / unitaire
Zones perçues	Description des différentes parties perçues dans l'espace.
Climat évoqué	Oui / Non
Paramètres ?	Quels sont les paramètres climatiques qui ont été évoqué dans cette description et perception de l'espace ?
Raisons de fréquentation	1. Fonctionnelles (achats, services, passage ...), 2. Récréatives (Promenade, visite, attente, ...) - 3. Autres.
Climat évoqué	Parmi ces raisons, climat évoqué : Oui / Non
Paramètres ?	Quel paramètre climatique a été évoqué ?
Endroit préféré	Définir l'endroit préféré et dire pourquoi ?
Climat évoqué	Oui / Non
Paramètres ?	Quels sont les paramètres climatiques qui ont été évoqués dans les préférences d'un endroit de l'espace ?
Gêne climatique	un fort ensoleillement / un ciel couvert / une humidité élevée / un vent fort / une température basse / Aucun / Toutes.
Remarques	Faite par les enquêtées suite à cette question
Sensations	Très chaud / Chaud / légèrement chaud / Bon / légèrement frais / très froid

Tableau 16. *Tableau récapitulatif schématisant la grille d'analyse du questionnaire.*

Nous avons hiérarchisé cet outil explicatif dans le but de produire des résultats en thèmes principaux et en thèmes secondaires de façon à décomposer au maximum l'information, à séparer les éléments secondaires des éléments principaux de signification et à minimiser les dérives d'interprétation. Ainsi, nous avons identifié des thèmes et nous avons construit la grille à partir des hypothèses opératoires de notre recherche. Nous avons ignoré la cohérence singulière des questionnaires au profit d'une cohérence inter-questionnaires. C'est-à-dire que nous avons cherché à défaire la singularité du discours individuel pour procéder à une découpe transversale de ce qui, d'un questionnaire à l'autre, se réfère au même thème.

### 6.5.3 Occupation de l'espace : l'observation vidéo

Le choix de l'observation vidéo a été guidé par plusieurs raisons. La principale raison est que cette méthode permet, à notre avis, de contourner le problème de l'appréciation subjective des individus sur leur propre comportement. Cette technique permet également une analyse fine et détaillée du comportement. Concernant l'influence des facteurs climatiques sur les comportements, nous pensons que l'observation est une approche qui complète la technique du questionnaire.

Généralement, il est plus facile de parler de la forme, de l'esthétique, des nuisances, mais quand il s'agit de parler d'ambiance climatique, c'est difficile. Les interviewés ne s'expriment par le langage spontanément que rarement concernant le climat, ses paramètres et ses variations. Ainsi, la technique de l'observation s'avère intéressante à appliquer. Cependant, l'inconvénient de cette méthode reste l'investissement temporel très important qu'elle implique et le transfert de la subjectivité de l'utilisateur à celle de l'observateur.

L'observation est un moyen d'investigation dont les choix techniques dépendent des caractéristiques du phénomène étudié :

- nature et quantité d'information à recueillir,
- nombre et choix des situations et des périodes d'observation,
- localisation spatiale de l'observateur (caméras).

Il est donc indispensable d'encadrer au maximum la tâche de l'observateur, de déterminer la répartition et le découpage temporel des observations, d'établir une grille de codage avec une définition des catégories de codage qui soit la plus précise possible. Il faut également contrôler la fiabilité du codage.

L'identification des emplacements où les personnes restent le plus longtemps nécessite un enregistrement de la durée des stations, et donc une observation en continue. Comme nous cherchons à définir la stabilité et la durée d'occupation en fonction des différentes périodes climatiques, ceci impose un mode de codage en continu. Dans une observation en continu avec recueil de durée, la session d'observation doit être définie. Exemple : dix minutes de session d'observation avec un intervalle de codage de trois secondes. Le choix de cet intervalle doit être déterminé en fonction des catégories de comportement ayant les durées les plus brèves que l'on souhaite prendre en compte dans l'analyse. Un intervalle de codage trop long défavorise les catégories comportementales de courtes durées au profit des comportements de plus longues durées.

Souhaitant prendre en compte des comportements brefs comme les déplacements dans la place, nous avons retenu, sur la base d'une approche empirique préliminaire, in-situ un intervalle de codage de cinq secondes. Cet intervalle représente le temps que met un adulte « ordinaire » pour parcourir une distance de cinq mètres. Cela se traduit, sur notre trame, par un passage d'une case à une autre. Ainsi, nous ne risquons pas de perdre des informations au cours de nos relevés pratiques. Nous avons effectué un arrêt image toutes les cinq secondes pour coder le comportement et la position du sujet.

Nous avons jugé qu'une période de 20 minutes est suffisante pour pouvoir collecter les informations nécessaires à l'analyse de l'espace à une période déterminée de la journée.

### 6.5.3.1 *Recueil des données comportementales*

À partir des observations, nous voulions pouvoir recueillir deux types d'information :

- la localisation de l'individu dans l'espace et
- la nature de son activité.

Nous pensons que ces deux types d'information peuvent nous aider à vérifier l'existence des relations entre l'usage et les caractéristiques microclimatiques des différentes zones (blocs, cases) de l'espace.

Enfin, nous avons jugé qu'une période de vingt minutes était suffisante pour pouvoir collecter les informations nécessaires à l'analyse de l'usage de l'espace à une période déterminée de la journée.

Afin de réaliser des observations satisfaisant l'ensemble des exigences formulées ci-dessus, nous avons utilisé un système vidéo constitué de deux caméscopes filmant la totalité de l'espace défini par les places. Ce système nous a permis d'observer en continu et simultanément l'ensemble des usagers présents sur la place, de les localiser et de définir leurs activités.

Dans chaque place, nous avons effectué au moins deux journées d'observation. Une journée en été et une autre journée en hiver. En hiver, nous avons effectué trois enregistrements en été quatre enregistrements. Chaque session d'enregistrement dure vingt minutes. Nous avons effectué trois sessions d'observation par jour et par place en hiver et quatre sessions en été. Cette répétition d'observation offre une garantie minimale et permet de constituer une base d'observation fiable non imputable à des événements ponctuels.

Pour chaque journée d'investigation, et pour chaque session d'observation, les deux caméscopes ont été placées sur trépied, à une hauteur de 1m50, aux extrémités des trois places choisies (cf. § figure 22). Ils étaient situés de façon à saisir une image de la totalité de l'aire la place. L'heure est réglée dans les deux caméscopes. La synchronisation des deux caméscopes est assurée par un signal sonore émis au début de chaque enregistrement.

Ce signal nous permet, grâce à une horloge électronique, d'introduire sur les bandes magnétiques un repère visuel de la durée en minutes et en secondes. Cette technique de synchronisation temporelle des enregistrements offre la possibilité de coder la durée des événements observés, même si le sujet sort du champ d'un caméscope pour entrer dans celui de l'autre caméscope. (cf. § figure 23 et 24)

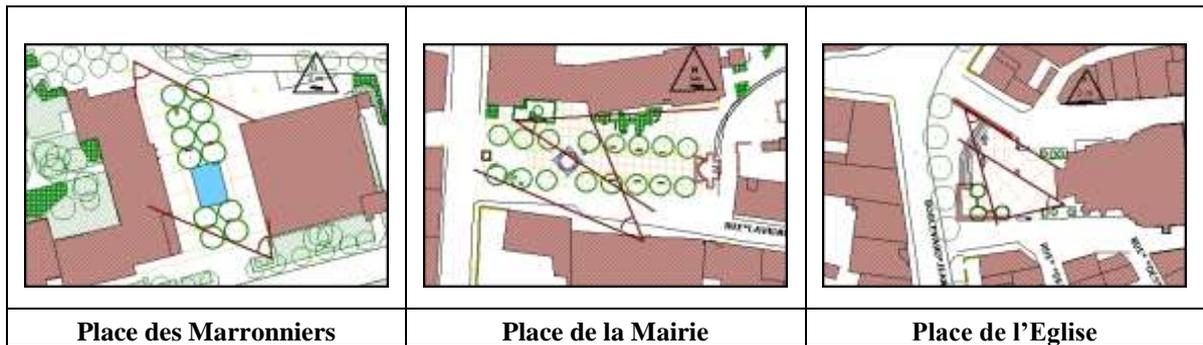


Figure 22. Présentation des emplacements des caméscopes et leurs champs de visions dans les trois places.



Figure 23. Présentation des deux « bandes » vidéo. Exemple : Place de la Mairie, période chaude.

Figure 24.



Figure 25. Matériel utilisé pour la réalisation du codage comportementale.

### 6.5.3.2 Informations à recueillir

Nous faisons un arrêt image toutes les cinq secondes, et nous relevons les positions, et les activités de chaque personne passant par le champ de vision. Les relevés de positions occupées permettent de donner la densité ainsi que la stabilité d'occupation. L'analyse de la répartition des positions enregistrées conduit à une carte de densité d'occupation des différents emplacements d'un site. Par ailleurs, l'analyse de la durée d'occupation permet de repérer les emplacements où sont effectuées les stations les plus longues. Enfin, ce sont les relevés des déplacements, qui feront apparaître les trajectoires utilisées par les usagers pour parcourir la place.

Ainsi, nous pouvons apprécier les emplacements de l'espace public qui sont le plus souvent occupés, ceux dont la durée d'occupation au cours de la période d'observation est la plus importante soit d'une façon permanente par une seule personne ou par succession de plusieurs personnes. Nous pouvons savoir par exemple si l'espace est un simple espace de circulation ou s'il est utilisé pour la promenade. Nous examinons si ces emplacements les plus fréquemment utilisés présentent des caractéristiques climatiques spécifiques.

C'est donc la superposition des observations « instantanées » qui nous donnera la répartition d'ensemble des positions occupées. Ainsi, des concentrations pourraient apparaître à certains emplacements plutôt que d'autres. De même, des variations peuvent être observées au sein du même lieu d'une période climatique à l'autre. En examinant la densité d'occupation, nous vérifions si la répartition des individus dans le même espace varie au cours du temps (période chaude, période froide).

Nous définissons l'orientation de l'activité en fonction la composante de l'environnement immédiat impliquée dans l'activité de l'individu. Nous distinguons une activité orientée principalement vers la composante humaine constituée par les autres usagers, d'une activité orientée principalement vers des objets physiques, qu'ils fassent partie du site ou qu'ils aient été apportés sur le site. Ceci permet de déterminer l'effet des conditions microclimatiques sur la répartition ainsi que l'apparition ou le développement d'un ou de plusieurs types d'activités. C'est en examinant les variations de la distribution générale des catégories d'activité dans les diverses situations que nous testons l'effet des conditions microclimatiques sur les activités des usagers. En conséquence, afin de connaître dans quelles mesures les variations microclimatiques spatiales ou temporelles modifient la distribution des catégories d'activités, nous mettons en correspondance la nature et les fréquences des activités avec les différentes conditions microclimatiques définies par nos mesures.

Les grilles de codage que nous avons utilisées sont présentées de façon détaillée dans les paragraphes, les tableaux et les figures qui suivent.

### ***Caractéristiques des usagers de l'espace***

Le tableau suivant montre les différents champs qui correspondent aux informations codées concernant l'utilisateur de l'espace. Le recueil vidéo effectué sur le terrain donne lieu à la constitution d'autant de fichiers qu'il y a de sessions de recueil de données. Le compteur est mis à zéro pour chaque session d'observation. Le site, la journée d'investigation, la session d'observation sont des champs qui permettent la mise en liaison des différents fichiers de données.

### ***Positions des individus et catégories d'activités***

Le nom du site d'investigation, la journée, le numéro de la session d'observation ainsi que le numéro d'observation (sujet) seront bien sûr notés. Ce sont ces quatre champs qui servent à mettre en liaison les différentes données codées.

Lorsque plusieurs comportements peuvent être observés simultanément au cours d'un même intervalle, le codage tiendra compte en priorité du comportement traduisant le niveau d'implication avec l'environnement le plus élevé. Par exemple, si la personne utilise un support importé combiné avec du mobilier urbain (support fixe), c'est la catégorie de support importée que nous retenons. Elle reste toujours une combinaison plus ou moins marquée.

Si les prises de vue n'autorisent pas le codage d'un champ quelconque par exemple une personne de dos ou masquée par d'autres personnes ou un élément du cadre physique, un code spécial caractérisé par (?) est alors utilisé pour indiquer que l'état est techniquement « non codable » à l'intervalle considéré, mais que la personne est présente et localisée dans l'aire d'activité.

Type de variables	Codage	Intérêts
Numéro d'observation (sujet)	Chaque sujet fait l'objet d'une séquence d'observation. Un numéro sera donné à chaque sujet : Les sujets seront notés par ordre d'entrée sur la place.	
Moment d'entrée sur la place	Le moment exact (hh:mm:ss) de l'entrée et de la sortie de la personne codée.  Suite à cela, nous aurons un champ ou nous marquons :	Cela permet de : - calculer la durée de la présence dans le site. - savoir si l'espace est utilisé pour la promenade ou si c'est un espace de passage.
Moment de sortie de la place	- 0 : si nous voyons la personne entrer et sortir de la place. (sujet normal). - 1 : si nous ne voyons pas le sujet entrer. - 2 : si nous ne le voyons pas sortir.  Si la personne sort plus de cinq minutes de la place, nous le considérons comme un autre sujet.	
Tranches d'âges	Pour définir la tranche d'âge de la personne observée et codée, nous nous basons sur deux critères : l'apparence de la personne et la façon dont elle se déplace. Nous avons ainsi établi six catégories : - (1) Les bébés : enfants de bas âges sans autonomie de déplacement. - (2) La petite enfance : les enfants entre 12 mois et 5 ans qui ne peuvent être qu'accompagnés. - (3) L'enfance : enfants ayant entre 6 et 12 ans, autrement dit les écoliers primaires. - (4) Adolescents : personnes ayant entre 12 et 18 ans. - (5) Adultes : personnes ayant selon leurs apparences plus de 18 ans et qui n'ont aucune difficulté de déplacement. - (6) Personnes âgées : les adultes qui ont des difficultés pour se déplacer.	Cela permet d'examiner si des différences apparaissent entre les différentes tranches d'âges ou entre femme et homme dans l'usage de l'espace ou la sensibilité à certains aspects de l'ambiance microclimatiques.
Sexe	F : les personnes de sexe féminin et M : les personnes de sexe masculin.	
Caractéristiques spécifiques du sujet	si la personne a des caractéristiques spécifiques telles qu'un handicap moteur par exemple, l'information sera également notée.	C'est une information supplémentaire et indicative.
Sujet familial	si la personne a été déjà codée une première fois, nous notons si oui ou non ce sujet a été identifié la première fois et il sera codé comme sujet familial.	C'est également une information supplémentaire et indicative.

Tableau 17. Grille de codage de la « Population » : caractéristiques des usagers.

	<b>Codage</b>	<b>Intérêt</b>
<i>Numéro d'intervalle</i>	Effectuer un arrêt image toutes les 5 secondes. Pour chaque session d'observation de 20 minutes nous aurons : 240 intervalles de codage de (60/5 *20). L'intervalle de codage est l'unité temporelle minimale durant laquelle un événement ou un état est codé.	A chacun des intervalles de codage de 5 secondes correspond un <i>enregistrement</i>
<i>Trame</i>	Pour chaque site, la position de l'individu est relevée avec précision et notée grâce à la trame carrée où chaque case est définie par une abscisse et une ordonnée (exemple : A5, C8,...etc).	L'étude de la densité et modes d'occupation de l'ensemble des usagers ou de certaines de ses sous-ensembles. Ces sous-ensembles peuvent être définis sur des critères d'âge ou de sexe.
<i>Bloc</i>	Nous donnons un numéro à chaque bloc. Ce numéro est le même que le numéro du point de mesures. Certains éléments se définissent au niveau des cases élémentaires de la trame, d'autres qu'au niveau des blocs.	Le bloc permet la mise en liaison des bases de données comportementales et microclimatiques.
<i>Accompagnement</i>	- (O) Oui : si la personne est en groupe. - (N) Non : si la personne est seule.	Nous cherchons par l'ensemble de ces catégories à identifier si la personne est en liaison ou non avec son environnement, utilisant ou non un élément mobile ou immobile de ce dernier.
<i>Activité sociale (S) ou individuelle (I)</i>	- (I) L'activité est individuelle : si l'individu est seul et son activité est orientée vers l'environnement physique et si la personne est dans un groupe mais son activité est individuelle. - (S) Activité sociale : si l'individu est en interaction sociale ou si son activité est orientée vers d'autres personnes.	
<i>Support d'activité (objet ou animal)</i>	Nous avons défini les catégories suivantes : - (AS) <i>absence de support</i> : la personne est arrivée sur la place sans aucun objet ou animal extérieur. - (SI) <i>Support intégré à la place</i> : 1. (ES) <i>élément de structure de la place</i> : comme un muret, c'est-à-dire, un support immobile appartenant à la place. 2. (MU) : éléments du mobilier urbain qui servent de support à l'activité de la personne, comme s'asseoir sur un banc, 3. (SA) <i>support importé (apporté)</i> : l'activité a lieu en présence d'objets ou d'animaux extérieurs : autrement dit un support apporté. Dans cette catégorie, l'usager est en interaction avec un objet ou un animal : jeux, chiens, journal, vélo,... 4. <i>Autres</i> : ex. objet trouvé sur place... 5. (IB) <i>Intérieur d'un Bâtiment</i> : si la personne entre dans un bâtiment : magasin, Eglise, institution, ...).	Dans ce cas, nous nous intéressons beaucoup plus à la posture de la personne. Comment la personne se positionne dans l'espace public, avec l'idée que ceci a une liaison avec le confort climatique.  Nous vérifierons si les emplacements où les usagers effectuent le plus souvent leurs arrêts ont des caractéristiques microclimatiques « spécifiques » et pour quel « usage » les usagers s'arrêtent-ils.
<i>Définition du support</i>	Une définition précise de l'objet utilisé : Appareil mobile (vélo, voiture, ...) ou objet fonctionnel comme un balai par exemple.	
<i>Posture corporelle</i>	Nous avons défini les catégories suivantes : <i>D</i> : debout, <i>A</i> : assis et <i>Z</i> : Autres : Assis sur un équipement mobile par exemple.	
<i>Mouvement</i>	Nous avons établi suite à des pré-observations les catégories suivantes : <i>S</i> : Statique, <i>P</i> : petits mouvements, <i>I</i> : marche interrompue, <i>C</i> : marche continu, <i>R</i> : marche rapide, <i>F</i> : utilisant un support fixe, <i>M</i> : utilisant un support mobile.	
<i>Activité attribuée</i>	Pour les qualifier, nous nous basons sur le but général de l'action. Exemple : si l'activité observée c'est une interaction sociale, nous lui attribuons un sens tel que : la rencontre, la discussion, l'attente, l'observation sociale ou d'un objet.	C'est une qualification de l'activité et des manifestations extérieures du comportement. Ceci donne une « intentionnalité », un sens du comportement que nous venons d'observer.

Tableau 18. *Grille de codage des positions et des activités*

Visual dBASE

Fichier Edition Vue Table Propriétés Fenêtre Aide

ACT3S - Enregistrements

Enr	CODOBS	SITE	SAIS	SESS	INTERV	TRAME	ACOMP	ACT	ACTSUP	SUPPOR	POSTU	MOUV	ACT_ATTRIB
1	BE1A001	B	E	A	1 E12	O	S	SA	un cartable	D	S		discuter et fumer une cigarette
2	BE1A001	B	E	A	2 E12	O	S	SA	un cartable	D	S		se prépare à partir
3	BE1A001	B	E	A	3 E10	O	S	SA	un cartable	D	C		il marche et discute jrs avec sujets 2 et 3.
4	BE1A001	B	E	A	4 D09	O	S	SA	un cartable	D	C		il marche et discute jrs avec sujets 2 et 3.
5	BE1A001	B	E	A	5 C09	O	S	SA	un cartable	D	C		il rentre à la mairie.
6	BE1A002	B	E	A	1 E12	O	S	MU	Banc	A	F		discutent avec les sujets 3 et 1
7	BE1A002	B	E	A	2 E12	O	S	MU	Banc	A	F		discutent avec les sujets 3 et 1
8	BE1A002	B	E	A	3 E11	O	S	AS		D	C		discutent avec les sujets 3 et 1
9	BE1A002	B	E	A	4 D09	O	S	AS		D	C		discutent avec les sujets 3 et 1
10	BE1A002	B	E	A	5 C09	O	S	AS		D	C		discutent avec les sujets 3 et 1
11	BE1A003	B	E	A	1 E12	O	S	SA	un cartable	D	S		dicute avec le sujet 1 et 3
12	BE1A003	B	E	A	2 E12	O	S	SA	un cartable	D	S		dicute avec le sujet 1 et 3
13	BE1A003	B	E	A	3 E11	O	S	SA	un cartable	D	C		dicute avec le sujet 1 et 3
14	BE1A003	B	E	A	4 D09	O	S	SA	un cartable	D	C		dicute avec le sujet 1 et 3
15	BE1A003	B	E	A	5 C09	O	S	SA	un cartable	D	C		dicute avec le sujet 1 et 3
16	BE1A004	B	E	A	2 C08	N	I	AS		D	C		marche, se dirige vers la voiture garée sur p
17	BE1A004	B	E	A	3 D08	N	I	AS		D	C		marche, se dirige vers la voiture garée sur p
18	BE1A004	B	E	A	4 E06	N	I	AS		D	C		marche, se dirige vers la voiture garée sur p
19	BE1A004	B	E	A	5 F05	N	I	AS		D	C		marche, se dirige vers la voiture garée sur p
20	BE1A004	B	E	A	6 F05	N	I	SA	voiture (gar	D	S		ouvre la porte et monte
21	BE1A004	B	E	A	7 G05	N	I	SA	voiture (gar	A	M		ferme la porte, et se prépare à démarrer
22	BE1A004	B	E	A	8 G05	N	I	SA	voiture (gar	A	M		ferme la porte, et se prépare à démarrer
23	BE1A004	B	E	A	9 F04	N	I	SA	voiture (mar	A	M		démars

Act3s.dbf Enr 1/14686 Ins

Figure 26. Exemple de codage des activités (Place de la Mairie, période chaude, première session).

Visual dBASE - [POP3S - Enregistrements]

Fichier Edition Vue Table Propriétés Fenêtre Aide

POP3S - Enregistrements

Enr	CODOBS	SITE	SAISON	SESSION	TAGE	SEXE	AVAPRES	ENTREE	SORTIE	SJFAMILIE	CARSPECIFI
2	BE1A002	B	E	A	5	M	1	09:30:11	09:30:37		il était sur place au début de l'enregistrement
3	BE1A003	B	E	A	5	M	1	09:30:11	09:30:37		il était sur place au début de l'enregistrement
4	BE1A004	B	E	A	5	M	0	09:30:24	09:31:17		
5	BE1A005	B	E	A	5	F	0	09:30:53	09:31:13		elle rentre à la mairie, je ne la vois pas sortir
6	BE1A006	B	E	A	5	M	0	09:31:41	09:31:58		
7	BE1A007	B	E	A	4	F	0	09:33:35	09:34:42		
8	BE1A008	B	E	A	5	F	0	09:33:52	09:34:33		
9	BE1A009	B	E	A	5	M	0	09:34:35	09:36:18		
10	BE1A010	B	E	A	5	F	0	09:34:58	09:37:05		
11	BE1A011	B	E	A	5	M	0	09:35:16	09:35:33		
12	BE1A012	B	E	A	5	F	0	09:35:16	09:35:33		
13	BE1A013	B	E	A	5	M	0	09:35:26	09:36:21		
14	BE1A014	B	E	A	5	F	0	09:35:28	09:35:43		elle rentre à la mairie
15	BE1A015	B	E	A	1	?	0	09:35:28	09:35:43		
16	BE1A016	B	E	A	5	F	0	09:35:42	09:36:06		elle sort de la mairie
17	BE1A017	B	E	A	5	F	0	09:36:35	09:39:27		
18	BE1A018	B	E	A	5	F	0	09:36:47	09:37:06		
19	BE1A019	B	E	A	5	F	0	09:36:47	09:37:06		
20	BE1A020	B	E	A	5	M	0	09:36:57	09:37:11		il sort de la mairie
21	BE1A021	B	E	A	5	F	0	09:37:22	09:40:20		
22	BE1A022	B	E	A	5	F	0	09:37:22	09:37:48		
23	BE1A023	B	E	A	5	M	0	09:37:46	09:38:26		il rentre à la mairie
24	BE1A024	B	E	A	5	F	0	09:38:18	09:38:36		elle rentre à la mairie
25	BE1A025	B	E	A	4	F	0	09:38:18	09:38:36		elle rentre à la mairie

Pop3s.dbf Enr 795/811 Ins

Figure 27. Exemple de codage des caractéristiques des usagers (Place de la Mairie, période chaude, première session).

## 6.6 Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons essayé de décrire le plus précisément possible la manière dont nous envisageons la mise en liaison des mesures microclimatiques et les données d'observation. En nous appuyant sur une discrétisation spatiale des trois places choisies et en utilisant l'interface d'un logiciel de gestion et de traitement de données «VisualDDBASE IV», nous avons proposé une méthode permettant de mettre en liaison l'ensemble des données microclimatiques et comportementales.

L'inconvénient que nous tenons à le signaler est le temps d'investigation que le codage implique. C'est une opération très longue à réaliser. Nous avons mis beaucoup de temps pour avoir un ensemble de données comportementales « fiables » pour pouvoir les croiser avec les autres données.

Nous avons présenté un par un les trois types d'instruments qui ont été utilisés pour recueillir les données. Le BABUC/M pour les mesures des paramètres climatiques. Un questionnaire pour recueillir la perception des usagers sur les espaces et leurs conditions microclimatiques, et des enregistrements vidéo pour observer les déplacements et les activités des usagers dans les espaces étudiés.

Nous avons montré comment nous comptons mettre en liaison « spatiale » et « temporelle » l'ensemble de ces données. Nous avons vu que la mise en liaison « spatiale » sera effectuée au moyen d'une technique graphique permettant le report des données microclimatiques et comportementales sur un plan tramé des espaces. La mise en liaison « temporelle » sera effectuée en examinant les relations entre l'usage et les conditions microclimatiques en fonction des périodes de la journée et des saisons (chaude et froide).

Nous avons retenu un ensemble de paramètres et d'indices pour caractériser le climat, la morphologie et l'usage et nous avons montré qu'il est possible d'élargir la liste de ces indices descripteurs. Les deux logiciels utilisés « VisualDDBASE IV » et « MapInfo 4.0 » offrent une certaine souplesse à tout moment pour rajouter d'autres paramètres ou filtrer des données selon des critères particuliers.

Nous avons déterminé un ensemble de catégories pour décrire le comportement de l'individu d'une part et pour décrire l'espace et ses caractéristiques microclimatiques d'autre part. Pour tester la fiabilité de cette grille de codage, il est important de faire coder une session d'enregistrement vidéo, indépendamment par deux codeurs se basant sur les catégories définies. Cela permet d'établir un coefficient qui traduit la concordance entre les deux codeurs à propos des différentes catégories. Ceci est particulièrement important pour les catégories d'activités et le positionnement des individus dans les cases carrés de la grille.

Nous pensons que c'est une vraie innovation dans le domaine du microclimat de pouvoir « quantifier » l'usage et de le mettre en la liaison avec des données climatiques. La partie importante de notre contribution concerne donc la mise au point d'une méthode permettant le couplage des données des mesures microclimatiques et des données d'observation. Cette méthode permet de « quantifier » l'usage et les activités des usagers grâce à la mise au point d'un codage comportemental assez rigoureux. Le seul point négatif de la technique du codage

comportemental, nous le rappelons, c'est le « temps » que cette technique nécessite pour sa réalisation.

Dans le prochain chapitre, nous allons appliquer notre méthode à l'étude des trois places. Nous mettons en œuvre des différentes étapes à effectuer pour mener à bien l'application de cette méthode.

## **7 Application sur la ville de Blagnac : déroulement et exploitation des investigations**

## 7.1 Introduction

Dans ce chapitre, en décrivant l'application de notre méthode à l'étude des trois places. Nous montrons la mise en œuvre des différentes étapes à effectuer et à enchaîner pour mener à bien l'application de cette méthode. Nous ne prétendons pas valider l'intégralité de notre méthodologie, mais nous souhaitons démontrer la cohérence de notre démarche.

Dans un premier temps, nous abordons, les mesures microclimatiques que nous avons effectués en vérifiant l'impact des éléments de la morphologie et d'aménagement de l'espace.

Nous traitons ensuite, les questionnaires collectés auprès des usagers. Nous cherchons à vérifier l'impact du microclimat sur leurs perceptions de l'espace, sur leurs choix d'emplacements dans l'espace, sur leurs taux de fréquentation et sur leurs activités.

Nous terminons ce chapitre, par l'analyse des résultats des observations. Nous les mettons en parallèle avec les résultats de mesures microclimatiques.

## 7.2 Caractérisation microclimatiques « Mesures »

Afin de faire une caractérisation microclimatique des trois places, nous avons effectué des mesures de la température sèche de l'air, de la température globe, de l'humidité relative et de la vitesse de l'air.

Nous avons effectué nos campagnes de mesures dans des conditions de temps anticyclonique. Un temps ensoleillé avec un ciel dégagé, pas ou peu venté. Des conditions stables durant toute la journée de mesure et caractéristiques d'une période chaude et d'une période froide. Les conditions climatiques ont donc déterminé le choix des jours d'investigation in situ.

Dans les tableaux 19 et 20 nous présentons les valeurs moyennes de température sèche de l'air ( $T_a$  °C), d'humidité relative ( $H_r$  %), de vitesse de l'air ( $V_a$  m/s) et de la température du globe ( $T_g$  °C), enregistrées dans les trois places durant les deux périodes (chaude et froide).

Nous signalons que dans la partie qui suit, dans tous les graphes, nous allons utiliser :

- $T_a$  : température sèche de l'air °C,
- $T_h$  : température humide de l'air °C,
- $T_g$  : température globe °C,
- $T_{rosée}$  : température de rosée °C,
- $H_r$  : l'humidité relative de l'air %,
- $V_a$  : vitesse de l'air m/s.

En période froide, nous pouvons constater que c'est place des Marronniers où nous avons enregistré les plus basses valeurs de température sèche, de température humide de l'air et de température globe ainsi que les valeurs les plus élevées d'humidité relative de l'air.

	Place de l'église : 22/02/01			Place de la Mairie : 21/02/01			Place des Marronniers : 20/02/01		
	8h00- 10h00	12h00 - 14h00	16h30 - 18h00	8h00 - 10h00	12h00 - 14h00	16h30 - 18h00	8h00 - 10h00	12h00 - 14h00	16h30- 18h00
Ta °C	1,6	8,21	12,76	2,39	8,26	11,39	3,88	6,44	8,76
Hr %	86,18	68,9	54,06	80,97	55,91	51,31	90,21	76,41	63
Tg °C	1,67	20,75	20,91	3,99	19,25	20,03	4,09	10,88	9,64
Va m/s	0,5	1,88	1,25	0,76	1,35	1,31	1,41	1,84	1,08

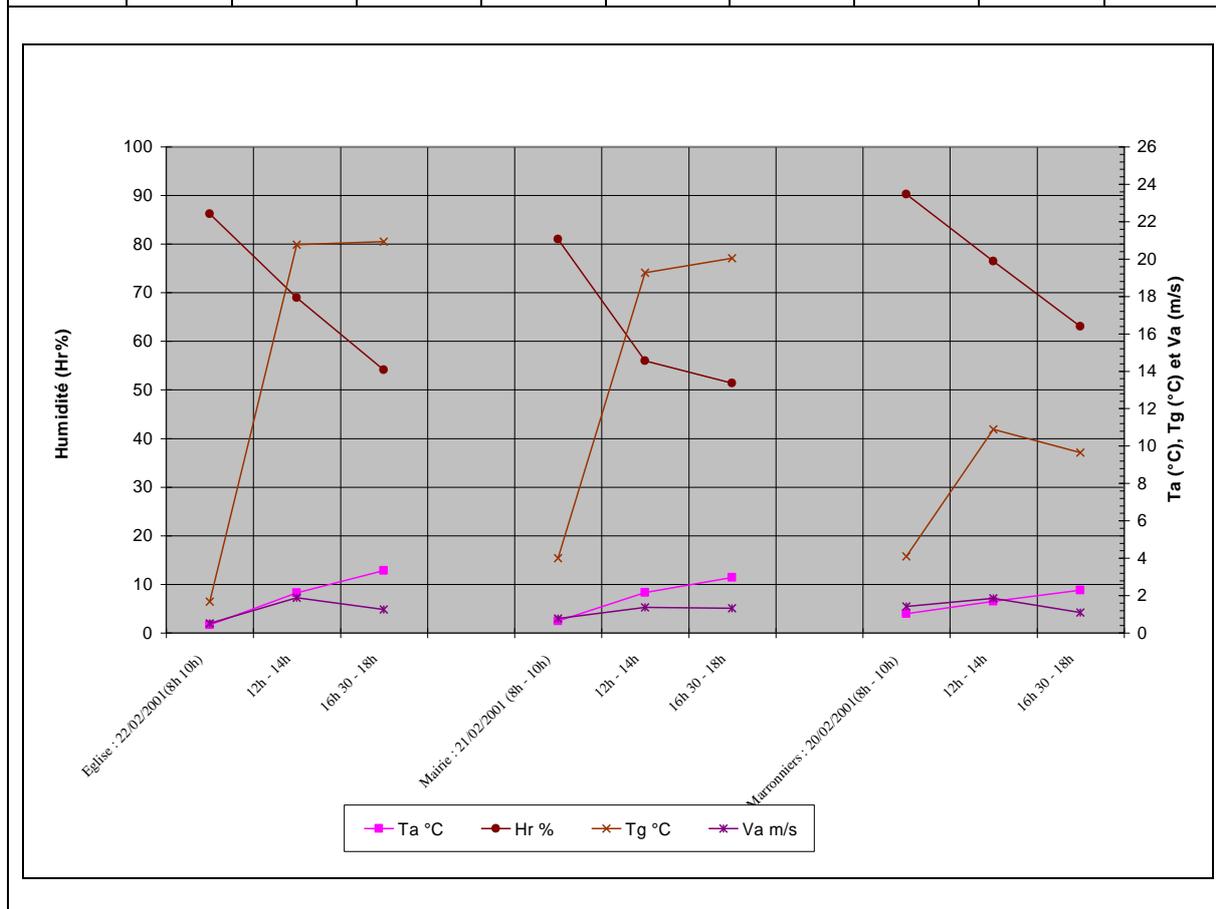


Tableau 19. *Tableau récapitulatif des mesures climatiques ( les trois places - période froide).*

En période chaude, les valeurs les plus élevées ont été relevées place de la Mairie.

Place de la Mairie : 11/09/00				Place des Marronniers : 24/05/00				
	8h00 - 10h00	12h00 - 14h00	16h30 - 18h00	18h30 - 20h00	8h00 - 10h00	12h00 - 14h00	16h30 - 18h00	18h30 - 20h00
Ta (°C)	17,73	25,97	30,62	30,98	19,94	22,67	25,87	26,33
Hr (%)	69,75	40,85	29,56	29,7	57,43	46,61	38,08	34,74
Tg (°C)	22,12	31,91	35,99	35,01	27,2	35,74	30,52	29,89
Va (m/s)	0,83	1,35	0,97	0,78	0,75	1,55	1,04	0,98

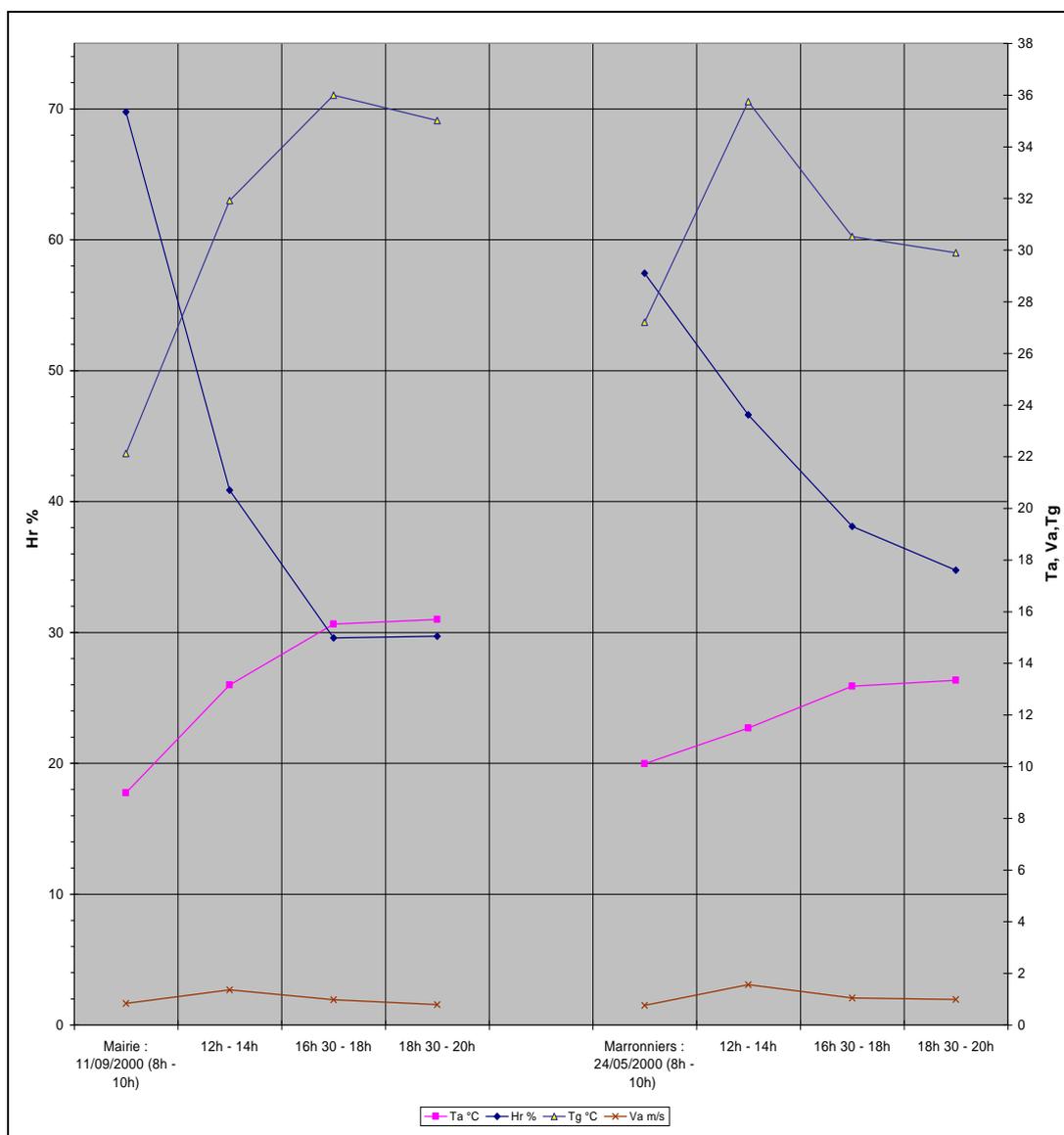


Tableau 20. *Tableau récapitulatif des mesures climatiques (les trois places - période chaude)*

Nous présentons dans la partie qui suit l'exploitation des données climatiques que nous avons recueillies dans les trois places d'abord en période chaude puis en période froide.

## 7.2.1 Place des Marronniers

### 7.2.1.1 Période chaude

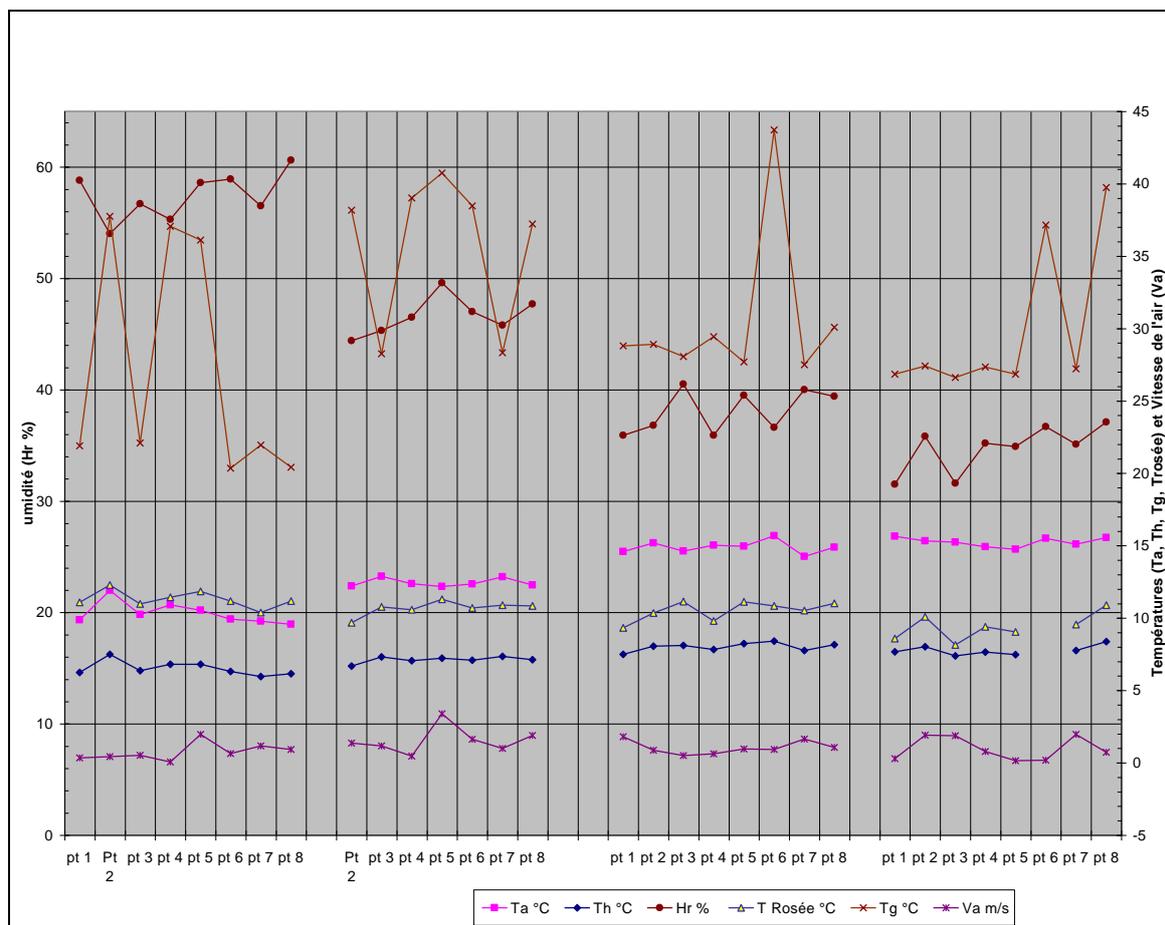


Figure 28. Evolution journalière des paramètres climatiques(Place des Marronniers -période chaude)

#### Première session

Le matin, durant la première session de mesure, toute la moitié sud-ouest de la place était à l'ombre des bâtiments. L'ombre est arrivée jusqu'à la limite du bassin d'eau, en conséquence les points 6 et 8 étaient à l'ombre des bâtiments. Les points n° 2 et n° 4 étaient par contre au soleil. Le point 2 est complètement dégagé vers le ciel. De l'autre côté de la place : les points 1, 3, et 7 étaient à l'ombre des arbres. Le point 5, situé à proximité du bassin, est relativement dégagé vers le ciel.

Les points étaient partagés entre l'ombre et le soleil, les températures sèches (Ta), humides (Th) et de rosée (Trosée) étaient très homogènes dans tous les points. Seul, le point 2 fait exception, il affiche une température sèche de l'air un peu plus élevée que les autres points de mesure.

Par contre, nous pouvons constater à partir de la courbe de la température du globe ( $T_g$ ) que ce sont les points 2, 4 et 5 qui affichent les valeurs les plus élevées. Ce sont les points les plus dégagés vers le ciel.

Le point 8 qui se trouve à proximité du « Parc du Ritouret » affiche la plus haute valeur d'humidité (60,6%) durant cette première session de mesure. Aux points 5 et 6, l'humidité relative est également élevée (58,6 % et 58,9%) par rapport aux autres points. Ce sont les points les plus proches du bassin d'eau.

### ***Deuxième session***

Durant cette session, toute la place était au soleil à l'exception des points 3 et 7 qui étaient à l'ombre des arbres. Cela explique les plus faibles valeurs de température globe enregistrées en ces deux points. Cependant, ils affichent les valeurs de température sèche les plus élevées.

Bien que tout le reste des points aient été au soleil, c'est au point 5 que nous relevons la valeur la plus élevée de la température globe, de vitesse et l'humidité relative de l'air. Cela s'explique par le fait qu'il était exposé au soleil depuis le début de la journée et qu'également, il est dégagé vers le ciel.

### ***Troisième session***

Durant la troisième session de mesure, c'est la partie nord-est de la place qui était investie par l'ombre des bâtiments d'habitation. L'ombre des arbres était également présente dans toute la place. Tous les points de mesures étaient à l'ombre sauf le point n° 6, ce qui explique les valeurs élevées de température globe (43,71°C) et de température sèche de l'air mesurées en ce point.

Les valeurs de température sèche de l'air aux points de mesure 2, 4, 6 et 8 sont légèrement plus élevées que celles relevées aux points 1, 3, 5 et 7. Ce sont les points les plus proches de la façade nord-ouest qui est restée ensoleillée durant tout l'après midi.

L'humidité relative, par contre, est plus élevée de l'autre côté de la place aux points 3, 5 et 7.

### ***Quatrième session***

Pendant la dernière session (18h30 - 20h00), pratiquement toute la place était à l'ombre à l'exception des points 6 et 8 qui étaient au soleil, ce qui explique les deux valeurs élevées de température globe en ces deux points. La façade nord-ouest était également ensoleillée, ce qui explique les valeurs de température globe élevées enregistrées aux points 2, 4 qui sont à proximité de cette façade, bien qu'ils soient à l'ombre.

En ce qui concerne la température de l'air, elle est relativement homogène dans tous les points. La valeur maximum a été enregistrée au point 8, à proximité du parc (26,73° C). Le minimum est enregistré au point 5 situé à proximité du bassin d'eau.

## Synthèse

Au cours de cette journée de mesure, nous avons constaté que la position du point au soleil ou à l'ombre et la durée de son exposition au soleil représente la différence entre les points de mesure.

Lors de la deuxième session de mesure et du fait de l'apparition du soleil, la différence était très nette entre la température sèche de l'air et la température globe dans tous les points à l'exception des points 1, 3 et 7. Ces derniers sont restés toute la journée à l'ombre, ce qui explique que les valeurs de la température de l'air et de la température globe soient restées très proches l'une de l'autre. Les points 2, 4 sont passés du soleil le matin vers l'ombre l'après-midi, ce qui explique les valeurs élevées de température globe en fin de journée.

L'humidité relative est plus élevée le matin et à midi du côté des points les plus proches du bassin et du parc du Ritouret. En début d'après-midi, ce sont les points 3, 5 et 7 qui affichent les valeurs les plus élevées. Ces points sont situés du côté qui été à l'ombre toute la matinée. Par contre, en fin de journée la situation s'est inversée. Ce sont les points 2, 4, 6 et 8 qui affichent une humidité plus élevée. Ces points se situent de l'autre côté de la place qui était à l'ombre tout l'après-midi.

### 7.2.1.2 Période froide

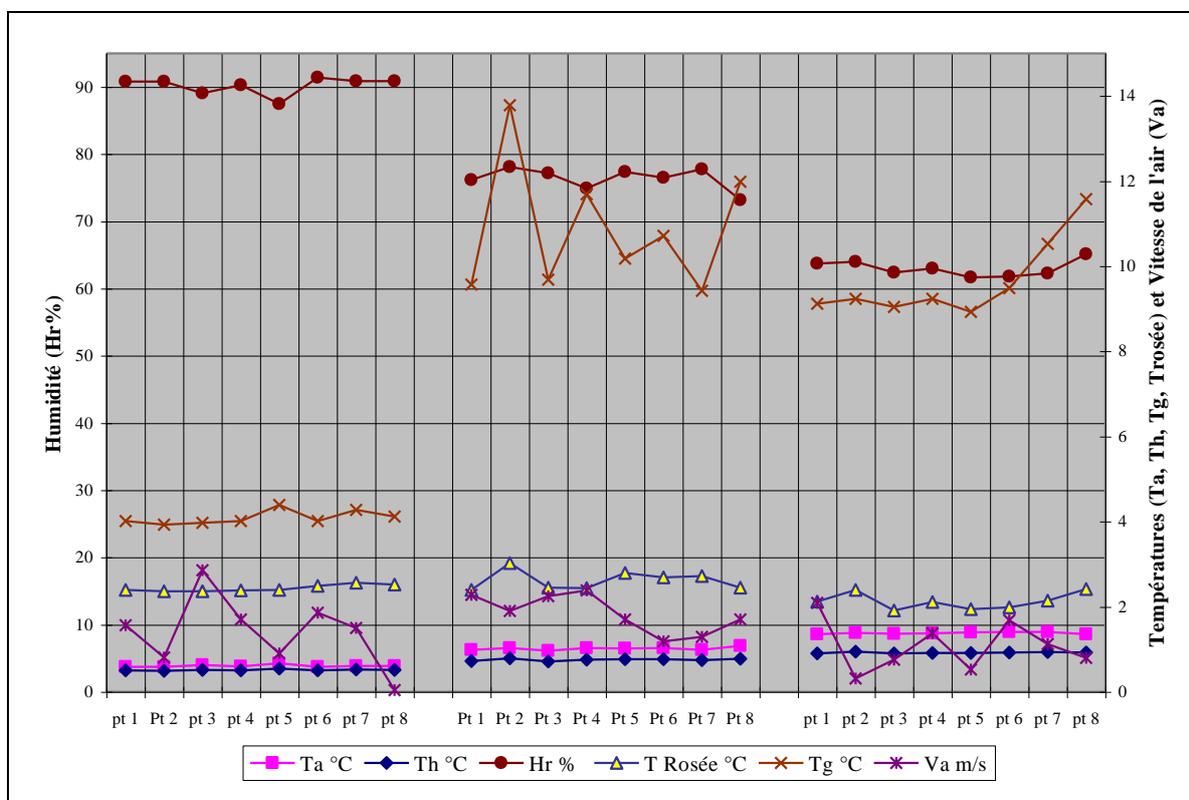


Figure 29. Evolution journalière des paramètres climatiques (Place des Marronniers - période froide).

### ***Première session***

Le matin, lors la première session de mesure, toute la place était à l'ombre. Le ciel était relativement voilé. Il s'est dégagé au fil de la journée.

Durant cette première session de mesure, les surfaces n'avaient pas encore accumulé la chaleur du soleil, les températures dans tous les points étaient relativement homogènes. La température globe est à peine plus élevée que la température de l'air, l'écart est de l'ordre d'1° C.

### ***Deuxième session***

Au cours de la deuxième session, le soleil est apparu derrière les nuages. Le ciel s'est dévoilé petit à petit. Les mesures aux points 3, 5 étaient effectuées avec des apparitions solaires timides. Pour les mesures aux points 2, 4, 6 et 8, le soleil était clairement présent. Ainsi, nous remarquons que la température globe se démarque clairement de la température sèche de l'air qui reste relativement homogène dans toute la place

Seul les deux courbes d'humidité relative de l'air et de la température globe montrent des variations entre les points 1, 3, 5 et 7 et ceux de l'autre côté de la place 2, 4, 6 et 8. Les deux graphes montrent clairement une forme en zigzag.

### ***Troisième session***

Au cours de la troisième session de mesure, le ciel était complètement dégagé, cependant, tous les points de mesures étaient à l'ombre des bâtiments sauf les points 7 et 8 qui étaient à l'ombre des arbres.

Pendant cette session, la température de l'air était assez proche de la température globe sauf aux points 7 et 8 où elle était plus élevée. Ces deux points étaient sous l'ombre des feuillages par contre le reste des points étaient sous l'ombre du bâti.

### ***Synthèse***

Dans l'ensemble, peu de variations ont été enregistrées durant cette journée d'hiver. Le soleil était voilé, durant toute la première moitié de la journée. Une certaine homogénéité dans les différentes valeurs de l'ensemble des paramètres mesurés a été relevée.

Les valeurs des températures sèches de l'air et des températures du globe sont restées assez proches les unes des autres, surtout au cours de la première et de la dernière session de mesure. Seuls aux points 7 et 8, restés au soleil relativement plus longtemps que les autres points. Nous avons enregistré les valeurs les plus élevées de température globe, malgré le fait qu'ils étaient à l'ombre des arbres, en fin de journée.

Par contre, dès que le ciel s'est dégagé, au milieu de la journée une différence remarquable entre la température globe et la température de l'air a été enregistrée entre les points 1, 3, 5 et 7 et les points 2, 4, 6 et 8. C'est du côté des points 2, 4, 6 et 8 que la température globe et l'humidité relative étaient plus élevées.

## 7.2.2 Place de la Mairie

### 7.2.2.1 Période chaude

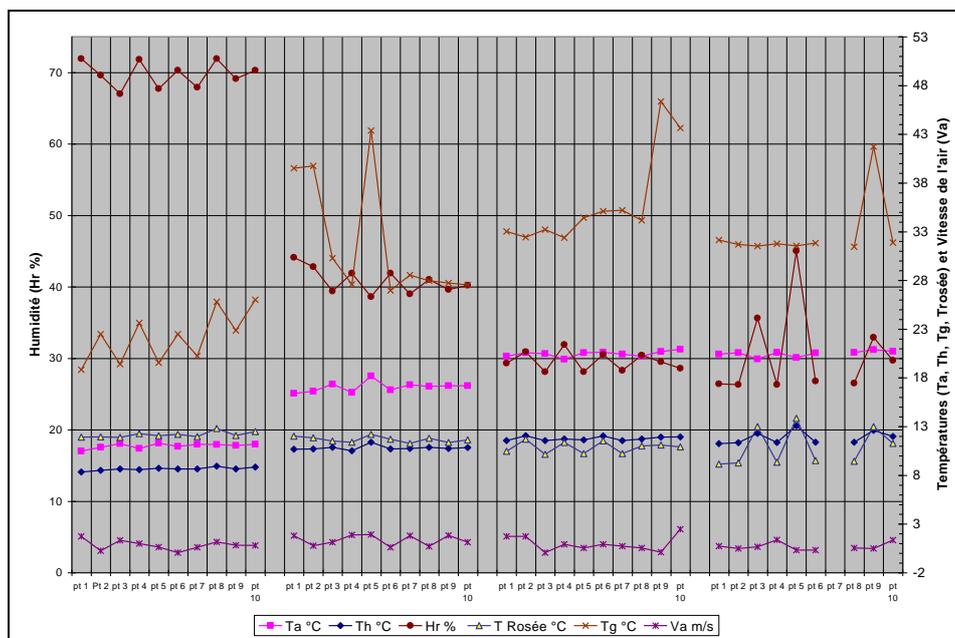


Figure 30. Evolution journalière des paramètres climatiques (place de la Mairie - période chaude)

#### Première session

Durant cette première session de mesure, l'espace était partagé entre l'ombre et le soleil. L'ombre portée des arbres coïncidait avec leur alignement sur la place, ce qui a donné deux parties ombrées et une partie centrale ensoleillée. Tous les bancs étaient à l'ombre.

Nous remarquons que la courbe de température globe descend et remonte. Les points 2, 4, 6, 8 et 10 affichent des valeurs relativement élevées par rapport aux autres points qui leur sont opposés (1, 3, 5, 7 et 9). Cela est dû au fait que ces points sont au soleil.

Nous constatons également, que la différence entre la température de l'air et la température globe augmente au fur et à mesure que nous avançons vers le côté ouest de la place (vers l'Avenue Pasteur). Au point 1 la différence entre Tg et Ta est de 1,8 °C. Au point 9, elle est de 5,05 °C et au point 10 elle est de 8,06 °C. Cela s'explique toujours par la présence du soleil. C'est la partie Nord-ouest qui est investie par le soleil la matinée.

Dans son évolution, la courbe de l'humidité suit celle de la température globe. Les valeurs aux points 2, 4, 6 et 8 sont plus élevées que celles aux points 3, 5, 7. Seul le point 1 fait exception.

### ***Deuxième session***

Durant la deuxième session, presque toute la place était à l'ombre des arbres, à l'exception des points 1, 2 et 5 qui étaient au soleil. Cela explique les valeurs de température globe élevées enregistrées en ces points.

L'humidité de l'air est en baisse par rapport à la première session, cependant elle garde le même profil. Elle est relativement plus élevée du côté des points 4, 6, 8 et 10. Les valeurs les plus élevées sont relevées aux points 1, 2 les seuls points au soleil.

### ***Troisième session***

Durant la troisième session de mesure, le soleil était du côté sud-ouest de la place et toute la place était à l'ombre des arbres à part les points 9 et 10. Ces deux points se trouvent à l'extrémité ouest de la place et donc ouverts vers le ciel. Le soleil était également du côté sud-ouest de la place, ce qui explique les valeurs élevées de température globe en ces deux points.

La température sèche de l'air est relativement homogène dans tous les points. La plus faible valeur, de température sèche de l'air, a été enregistrée au point 4 et la plus haute valeur a été enregistrée au point n° 10.

L'humidité relative de l'air a gardé le même profil en zigzag. Elle est plus élevée aux points sur l'allée centrale (2, 4, 6, 8 et 10) qu'aux points à proximité de la façade.

### ***Quatrième session***

Au cours de la dernière session, presque toute la place était à l'ombre. Seul le point 9 était au soleil ce qui explique la valeur élevée de température globe en ce point.

Les points 3, 5 et 9 affichent des valeurs d'humidité plus élevées que les autres points. La situation s'est inversée, ce n'est plus l'allée centrale de la place qui affichait des humidités élevées, c'est du côté de la façade de la Mairie que nous relevons les valeurs les plus élevées. Cela est dû au fait que cette partie de la place est restée ensoleillée toute la matinée.

### ***Synthèse***

La température de l'air a augmenté au fur et à mesure de la journée. L'humidité, par contre, a beaucoup diminué. Concernant la température globe, nous pouvons conclure qu'à cause de l'ombre des arbres une certaine homogénéité dans la température de l'air a été relevée. C'est l'exposition du point au soleil "qui fait la différence". A part au cours de la première session où la place était partagée entre l'ombre et le soleil, durant les autres sessions l'ombre des arbres rendait toutes les zones (blocs) homogènes.

L'humidité est plus élevée du côté des points à proximité de la façade de la Mairie le matin et à midi. Par contre, l'après midi, elle est plus élevée de l'autre côté de la place.

La vitesse de l'air est fluctuante. La valeur la plus élevée a été enregistrée au point 10 durant la troisième session de mesure.

### 7.2.2.2 Période froide

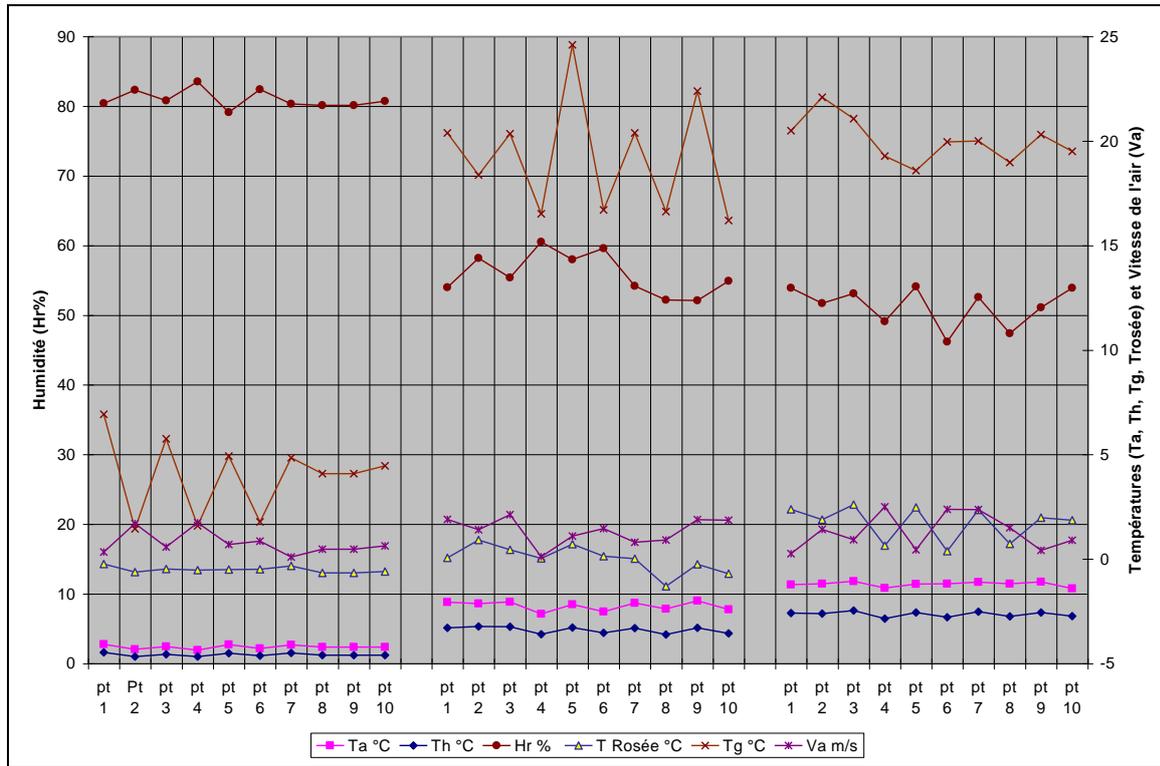


Figure 31. Evolution journalière des paramètres climatiques (Place de la Mairie - période froide)

#### Première session

Durant la première session de mesure, tous les points de mesures étaient dans des conditions homogènes. Il n'y avait pas encore de soleil sur la place. Il a fait son apparition au cours de la session de mesure.

Les points à proximité de la façade de la Mairie (1, 3, 5 et 7) affichent des valeurs nettement plus élevées de température globe et de température sèche de l'air que ceux de l'autre côté de la place (2, 4, 6 et 8). Cela est dû à la couleur blanche et au caractère réfléchissant de la façade. Par contre, l'humidité relative est plus élevée du côté des points 1, 3, 5, 7 et 9 que de l'autre côté (points 2, 4, 6, 8 et 10).

Nous remarquons les trois graphes de Ta, Tg et Hr% s'aplatissent vers les points 6, 8, 9 et 10 situés du côté Ouest de la place, vers l'Avenue Pasteur. Dans cette partie de la place, on a un traitement au sol en béton, différent de l'autre côté qui est en brique rouge. Les points 6, 7, 8 et 9 n'ont pas pu profiter de la chaleur du soleil qui a fait son apparition de l'autre côté de la place.

La courbe de vitesse de l'air connaît également le même profil en zigzag. Les valeurs enregistrées sont plus élevées du côté des points 2, 4, 6, 8 et 10 que du côté où il y a les points 1, 3, 5, 7 et 9.

### ***Deuxième session***

Lors de la deuxième session, toute la place était au soleil. La différence entre température globe et température de l'air a manifestement augmenté. La différence entre le côté nord (1, 3, 5, 7 et 9) et le côté sud (2, 4, 6, 8 et 10) est toujours nette.

La valeur la plus élevée de température globe a été enregistrée au point n° 5 et la valeur la plus basse au point n° 10. Le point 2 affiche une valeur relativement plus élevée que les points 4, 6, 8 et 10. Il a été le plus exposé au soleil.

L'humidité a toujours le même profil, les valeurs les plus élevées sont enregistrées aux points 2, 4 et 6 et les valeurs les plus basses aux points 7, 8 et 9 et 10. Autrement dit, du côté ouest de la place, de l'autre côté du jet d'eau, vers l'Avenue Pasteur.

### ***Troisième session***

Pendant la troisième session, toute la place était partagée entre l'ombre et le soleil. Tous les points étaient dans des conditions homogènes, à l'ombre des arbres. La température de l'air par contre est relativement homogène dans tous les points.

La courbe de l'humidité relative de l'air garde la forme en zigzag. Les points du côté nord affichent des valeurs plus élevées que les points du côté sud. Seuls les deux derniers points, côté ouest de la place, 9 et 10 font exception.

La vitesse du vent garde également sa forme en zigzag. Par contre, ce sont les points au sud de la place (2, 4, 6, 8) qui affichent des valeurs plus élevées que ceux au côté nord (1, 3, 5, et 7). Les points 9 et 10 font également exception. La valeur de la vitesse de l'air au point 10 est plus élevée que celle au point 9.

### ***Synthèse***

Au fil de la journée, deux grandes zones se sont distinguées. La première zone est la partie nord de la place à proximité de la façade de la Mairie, où il y a de la végétation. La deuxième zone est la partie centrale de la place, limitée de part et d'autre par les deux rangées d'arbres.

Vers les points (2, 4, 6, 8 et 10), du côté nord de la place, nous avons enregistré des valeurs d'humidité plus faibles que celles enregistrées de l'autre côté le matin et à midi. L'après midi, la situation s'est inversée, c'est du côté sud que nous avons les valeurs les plus élevées. Concernant la température globe, le matin et à midi c'est la partie nord (à proximité de la façade) qui affichent les valeurs les plus élevées. La vitesse du vent a le même profil d'évolution que l'humidité le matin et évolue à l'inverse dès que le soleil fait son apparition.

Nous avons également remarqué une certaine différence entre le côté est et ouest de la place. C'est du côté est que nous avons le plus de différence entre les points à proximité de la façade et ceux sur l'allée centrale.

Les valeurs enregistrées du côté ouest sont relativement homogènes. Les valeurs les plus basses sont souvent enregistrées du côté ouest (points 7, 8, 9 et 10).

## 7.2.3 Place de l'Eglise

### 7.2.3.1 Période chaude

Durant la période chaude, la place de l'Eglise était inaccessible au public à cause des travaux de rénovation de l'Eglise. Nous n'avons donc pas pu effectuer les mesures et les observations durant cette période.

### 7.2.3.2 Période froide

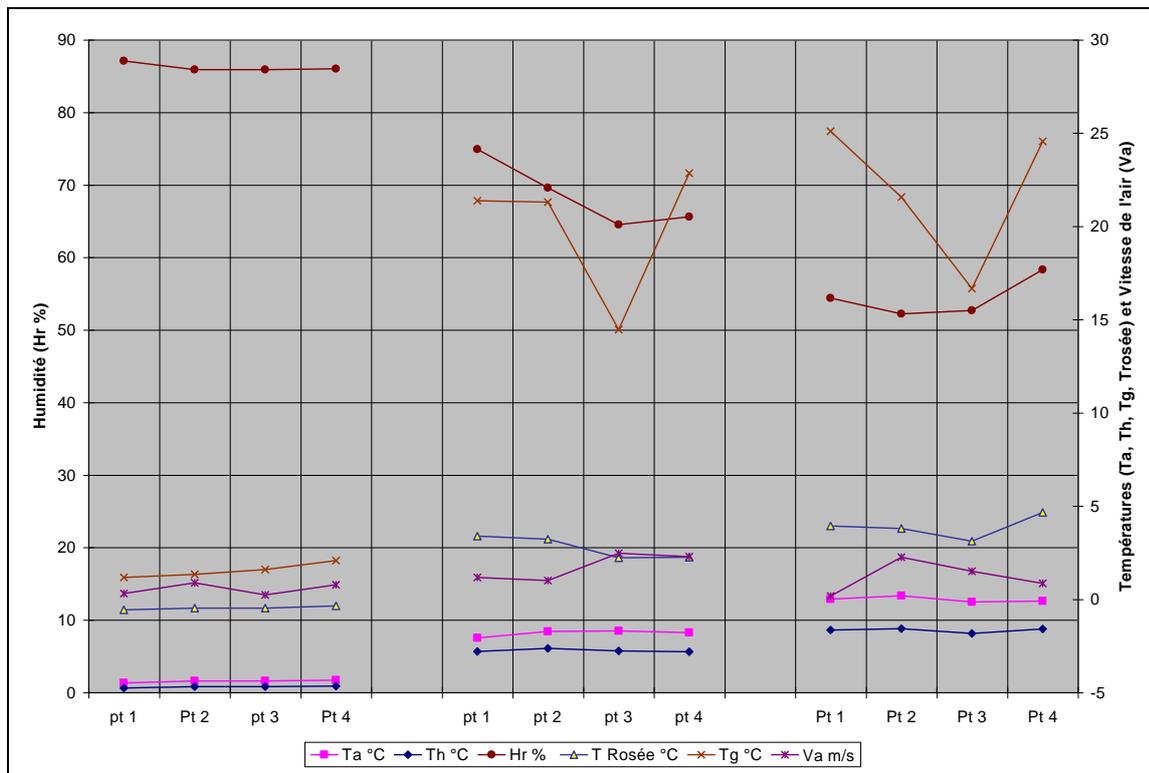


Figure 32. Evolution journalière des paramètres climatiques (Place de l'Eglise - période froide)

### Première session

Toute la place était à l'ombre au début de la première session des mesures. Le soleil était derrière les brumes matinales. Seules les façades orientées Est étaient au soleil.

L'humidité de l'air est relativement homogène dans toute la place. Cependant, c'est le point 1 qui affiche la valeur la plus élevée durant la première session.

La valeur la plus élevée de température globe a été enregistrée au point 4. C'est le point le plus dégagé et le plus exposé au soleil, malgré le fait que le soleil soit voilé.

Les deux points 1 et 3 semblent être protégés contre les courants d'air par rapport aux points 2 et 4.

### ***Deuxième session***

Durant la deuxième session, tous les points étaient au soleil sauf le point n° 3 qui était à l'ombre des bâtiments, ce qui explique la basse valeur de température globe enregistrée en ce point. La température de l'air est relativement homogène dans tous les points y compris le point n° 3.

La valeur la plus élevée d'humidité est toujours enregistrée au point 1. Par contre, ce sont les deux points 3 et 4 qui affichent les valeurs les plus élevées de vitesse de l'air, autrement dit, c'est la partie ouest de la place.

### ***Troisième session***

Durant cette session, tous les points étaient au soleil à part le point n° 3. Il était à l'ombre des feuillages des arbres. A part l'ombre des trois arbres, très allongée vers le côté Ouest de la place, toute la place était au soleil.

Concernant le vent, ce sont les deux points 2 et 3 qui affichent les valeurs les plus élevées durant cette session de mesures.

C'est le point n° 4 qui est à proximité des trois bacs à fleurs qui affiche la valeur la plus élevée d'humidité relative durant cette session de mesure.

La courbe de la température de l'air est par contre aplatie. Les valeurs de température sèche de l'air sont relativement homogènes dans tous les points. Seul le point n° 2 fait exception. Il affiche une valeur relativement plus élevée que les autres.

### ***Synthèse***

Les valeurs enregistrées sont relativement homogènes dans toute la place, cependant :

- c'est au point 1 que l'humidité relative était la plus élevée. Bien que, l'après midi, c'était le point 4 qui a affiché la valeur la plus élevée.
- c'est au point 4 que nous avons enregistré les valeurs les plus élevées de température globe. C'est le point le plus dégagé vers le ciel et le plus exposé au soleil.
- c'est au point 3 les valeurs les plus faibles de température globe et de vitesse d'air ont été enregistrées. C'est le seul endroit où il y a des arbres et des bancs sur la place.

#### 7.2.4 Synthèse et discussion

A travers l'analyse des caractéristiques microclimatiques des trois places nous avons confirmé le caractère fluctuant des paramètres du climat surtout la température sèche, ainsi que la vitesse de l'air. Ce sont les deux mesures de la température globe et d'humidité de l'air qui traduisent le plus l'impact du cadre bâti sur les mesures microclimatiques. Nous avons constaté que l'apparition du soleil et la durée d'ensoleillement au cours de la journée jouent un grand rôle dans la création de dissemblances microclimatiques entre les différents espaces d'une place.

Nous retenons également que les différences microclimatiques sont dues en grande partie aux différences d'aménagement urbain spécialement les arbres et la végétation et l'orientation et la durée d'exposition des façades au soleil. La nature des matériaux joue également un rôle important. Nous retenons également que l'ombre des arbres participe à l'homogénéité des conditions climatiques sur la place.

**Place des Marronniers**, nous pouvons au moins distinguer deux grandes « zones ». Si nous prenons le bassin d'eau dans le sens de la longueur comme repère, ça serait de part et d'autre du bassin. Ce qui fait la différence ici, c'est plutôt la variation de l'ensoleillement. Une zone est ensoleillée le matin, l'autre l'après-midi.

- Durant la période chaude, l'humidité relative est plus élevée le matin et à midi du côté des points les plus proches du bassin et du parc du Ritouret (points 5, 6, 7 et 8). En début d'après-midi, c'est la partie à proximité de la façade nord-ouest (points 1, 3 et 7) qui affiche les valeurs les plus élevées. Ces points sont restés à l'ombre toute la matinée. Par contre, en fin de journée, c'est les points à proximité de la façade sud-est (les points 2, 4, 6 et 8) qui affichent une humidité plus élevée. Ces points se situent de l'autre côté de la place qui est à l'ombre tout l'après-midi.
- Durant la période froide, peu de variations ont été enregistrées durant la journée de mesure. Le soleil était voilé, durant toute la première moitié de la journée. Nous avons relevé une certaine homogénéité dans les différentes valeurs de l'ensemble des paramètres mesurés. Les valeurs des températures sèches de l'air et des températures du globe sont restées assez proches les unes des autres. Seuls aux points 7 et 8, exposés au soleil relativement plus longtemps que les autres points, des valeurs élevées de température globe ont été enregistrées. Dès que le ciel s'est dégagé, au milieu de la journée une différence remarquable entre la température globe et la température de l'air a été relevée entre les points à proximité de la façade nord-est (points 1, 3, 5 et 7) et les points de l'autre côté de la place à proximité de la façade sud-ouest (points 2, 4, 6 et 8). C'est du côté de la façade sud-ouest (points 2, 4, 6 et 8) que nous avons enregistré les valeurs de température globe et d'humidité relative les plus élevées.

**Place de la Mairie**, quatre « zones » peuvent être délimitées. Si nous prenons le jet d'eau comme repère : nous pouvons constituer deux parties de part et d'autre, une partie vers l'est (blocs 1, 2, 3, 4, 5 et 6) et l'autre vers l'ouest (blocs 7, 8, 9 et 10). Chacune des deux parties, à son tour, est partagée en deux : une partie nord à proximité de la façade de la Mairie où il y a

des haies et des broussailles et une autre partie au sud de la place, autrement dit, la partie centrale de la place, limitée de part et d'autre par les deux rangées d'arbres.

Ces différences dans la configuration de l'espace, dans l'aménagement, dans le traitement au sol et de la façade et dans l'orientation des façades, ont impliqué une différence microclimatique.

- Durant la période chaude, à cause de l'ombre des arbres, une certaine homogénéité dans la température de l'air a été relevée. C'est l'exposition ou non des points au soleil qui a fait la différence. L'ombre des arbres rendait toutes les zones (blocs) homogènes. L'humidité est plus élevée du côté des points à proximité de la façade de la Mairie le matin et à midi. Par contre, l'après midi, elle était plus élevée de l'autre côté de la place. La vitesse de l'air est fluctuante.
- Durant la période froide, la distinction entre le côté nord et le côté sud est plus nette. Du côté nord de la place, vers les points (2, 4, 6, 8 et 10), le matin et à midi, nous avons enregistré des valeurs d'humidité plus faibles que celles enregistrées de l'autre côté. L'après-midi, c'est du côté sud que nous avons relevé les valeurs les plus élevées. Concernant la température globe, le matin et à midi, c'est la partie nord (à proximité de la façade) qui a affiché les valeurs les plus élevées. Ceci est certainement dû au fait que la façade a été ensoleillée toute la matinée. Cette façade est également construite avec un matériau réfléchissant et de couleur blanche. Nous avons également remarqué une différence entre le côté est (points, 1, 2, 3, 4 5, et 6) et le côté ouest de la place (point 7, 8, 9, et 10). C'est du côté est que nous avons le plus de différence entre les points à proximité de la façade et ceux sur l'allée. Les valeurs enregistrées du côté ouest sont relativement homogènes. Les valeurs les plus basses sont souvent enregistrées du côté ouest.

**Place de l'Eglise**, nous rappelons que nous n'avons pas fait de mesures durant la période chaude. Seules les mesures en période froide ont été effectuées.

Place de l'église, nous n'avons pas pu identifier des « zones » microclimatiques distincts. Les valeurs enregistrées étaient relativement homogènes dans toute la place. Ceci est peut-être dû au fait que cette place manque d'aménagement urbain diversifié.

Cependant, le seul endroit aménagé avec des bancs et des arbres se démarque clairement en hiver par une faible température globe associée à une faible vitesse de l'air également, par rapport aux autres points. Ceci est peut être dû à la présence d'arbre, qui occulte les rayons solaires.

### 7.3 Analyse des discours des usagers « Questionnaire »

Rappelons-le, notre deuxième technique consiste à faire des questionnaires auprès des usagers des trois places publiques dans l'objectif de comprendre et vérifier la présence et l'importance des paramètres climatique dans leurs perceptions et dans leurs évaluations de l'espace. Nous ne cherchons pas dans cette étude à mener une recherche sur les pratiques, les activités et les usages en espace public en général mais nous cherchons à mesurer l'importance accordée aux conditions et aux paramètres climatiques dans l'usage et les activités dans l'espace.

Nous avons donc interrogé 103 personnes sur les trois places. Nous avons retranscrit tous les questionnaires. Nous avons procédé à une lecture flottante de chaque questionnaire afin de prendre connaissance de l'ensemble du corpus et afin d'identifier les thèmes et les dimensions qui apparaissent. Nous avons passé en revue les thèmes abordés dans chaque questionnaire séparément pour en faire ensuite la synthèse. A partir de chaque questionnaire, nous avons identifié les énoncés correspondant aux sous-thèmes. Ces énoncés sont des extraits de phrases.

#### 7.3.1 Perception du microclimat et caractéristiques personnelles des usagers

Nous avons recueilli des informations à propos de l'interviewé, sa fréquence d'utilisation de l'espace et le degré de connaissance des lieux, afin de vérifier l'influence du degré de familiarité avec le lieu sur la perception qu'en ont les usagers. Nous récapitulons dans le tableau suivant le nombre de personnes interrogées par site :

	Total	Genre		Tranches d'âge					Fréquentation				Connaissance de la place.				
		Masculin	Féminin	-15 ans	15-25 ans	25-40 ans	40-55 ans	+ 55 ans	Plusieurs fois /jours	Une fois /jour	Qqs fois / semaine	Occasionnellement	1 <sup>er</sup> fois	Très bien	Bien	Moyen	Pas du tout
<b>Eglise-Hiver</b>	20	9	11	2	3	7	4	4	5	5	5	5	0	14	4	2	0
<b>Total</b>	19,4%	8,7%	10,7%	1,9%	2,9%	6,8%	3,9%	3,9%	5	5	5	5	0	14	4	2	0
<b>Mairie -Hiver</b>	18	7	11	1	4	9	1	2	5	1	6	4	1	10	3	3	1
<b>Mairie - Eté</b>	20	7	13	3	6	6	2	4	10	0	4	5	0	6	3	3	0
<b>Total</b>	38 36,9%	14 13,6%	24 23,3	4 3,9%	10 9,7%	15 14,6%	3 2,9%	6 5,8%	15	1	10	9	1	16	6	15	1
<b>Marronniers-Hiver</b>	21	11	9	5	4	1	3	5	6	3	4	1	0	11	5	4	0
<b>Marronniers-Eté</b>	24	12	11	4	3	6	4	5	12	3	7	3	0	14	4	3	0
<b>Total</b>	45 43,7%	23 22,3%	22 21,3%	9 8,7%	7 6,8%	12 11,6%	7 6,8%	10 9,7%	18	6	11	10	0	25	9	11	0
<b>Total des trois places</b>	103 100%	46 44,6%	57 55,4%	15 14,6%	20 19,4%	34 32,7%	14 13,6%	20 19,4%	38	12	26	24	1	55	19	28	1

Tableau 21. *Tableau récapitulatif des caractéristiques personnelles des usagers interrogés sur les trois places.*

Le traitement des discours recueillis nous a permis d'observer l'influence de ces caractéristiques personnelles sur la perception du climat, la préférence et la satisfaction envers l'espace et l'environnement immédiat. Nous présentons ci-dessous les plus significatifs vis-à-vis de la sensibilité et la perception climatiques :

- *L'âge* : la majorité des individus sensibles aux paramètres du climat sont des personnes ayant plus de 55 ans ou moins de 15 ans. Les plus jeunes et les plus âgés sont ceux qui évoquent le plus les paramètres climatiques dans leurs discours. Ceci s'explique peut être du fait que les plus jeunes et les plus âgés sont les plus disponibles pour explorer ou profiter de leur environnement.
- *La « familiarité » avec l'espace* : nous estimons le degré de familiarité avec l'espace à partir du degré de connaissance de l'espace et le taux de fréquentation. Nous avons constaté deux cas :
  1. si les usagers sont familiers avec l'espace, les conditions climatiques sont rarement évoquées dans leurs discours. Les conditions climatiques font parties de leur milieu environnant, ils sont acceptés telles qu'elles. Pour ses individus habitués aux lieux, les conditions climatiques sont des éléments qu'on ne peut pas modifier et sur lesquelles on ne peut pas agir.
  2. si les individus ne sont pas familiers avec l'espace et si leur présence dans l'espace ne s'est pas faite par obligation mais par choix, ils sont plus attentifs aux conditions climatiques. Le climat est évoqué dans leur description de l'espace. Ils le qualifient ou le disqualifient par ses caractéristiques climatiques propres. Les conditions climatiques conditionnent leur fréquentation ainsi que leurs appréciations des lieux.
- *Type de fréquentation* : les personnes qui fréquentent le lieu par choix et non par nécessité, ont une appréciation positive du site et abordent plus les paramètres du climat.

Nous avons pu vérifier et confirmer ces premières constatations à travers un projet de recherche interdisciplinaire « SAGACités » (Adolphe L. & al. 2000.a) auquel nous avons participé<sup>30</sup>. Cette étude a été menée à Toulouse et à Marseille dans plusieurs espaces publics a confirmé que la perception du climat ainsi que l'évaluation positive ou négative globale de l'environnement sont influencées par des caractéristiques personnelles des individus tels que l'âge, la fréquentation (par choix ou par obligation), la familiarité et l'ancrage dans l'espace. Ces derniers peuvent être alors pris comme indicateurs de satisfaction environnementale. Dans ce projet, nous avons considéré (Boussoulim A. & Casal A., 2001) que les caractéristiques des sites décrites par les usagers concernant l'environnement construit et les conditions climatiques représentent des indicateurs de confort perçu lorsqu'ils sont perçus comme agréables. Ainsi les plus forts pourcentages d'individus satisfaits des éléments décrits, renseignent sur les aspects participant au bien-être.

---

<sup>30</sup> Le questionnaire que nous avons élaboré dans le cadre de notre thèse a été repris pour le projet SAGACités, en lui rajoutant d'autres questions plus globales concernant l'évaluation de l'environnement immédiat et en développant avec plus de détails la partie concernant les sensations climatiques.

### 7.3.2 Caractéristiques microclimatiques dans les discours des usagers

Nous analysons, dans cette partie, comment les paramètres climatiques interviennent dans la perception de l'espace et dans quelle mesure les perceptions subjectives telles qu'elles sont décrites par les usagers correspondent à des éléments d'aménagement urbain et aux caractéristiques morphologiques. Nous observons des moments d'apparition des paramètres climatiques dans le discours des sujets. Nous vérifions l'importance qu'ils accordent aux éléments du climat dans leur fréquentation et appréciation des lieux. Nous verrons également les conditions climatiques qui risquent de limiter leurs activités dans l'espace public.

#### 7.3.2.1 *Eléments de découpage spatial de l'espace*

Seulement six personnes, ce qui représente 5,8 % de l'ensemble des sujets interrogés, dont deux sur la place de l'Eglise, trois sur la place des Marronniers et une sur la place de la Mairie ont évoqué spontanément les conditions climatiques comme paramètre permettant de définir soit l'ensemble de l'espace ou une zone bien précise par ses caractéristiques climatiques.

C'est **place de l'Eglise** que des éléments du climat apparaissent d'une façon très significative dans le découpage spatial de la place. Ceci est dû au contraste existant dans son aménagement. Le fait qu'il y a un seul « coin » avec des bancs et des arbres en contraste avec le reste de la place qui est presque entièrement vide de tout aménagement, excepté trois bacs à fleurs, (voir plan et vues de la place de l'Eglise). Ceci a fait que la différence même au niveau des caractéristiques climatiques entre les cette partie aménagée et le reste de la place sans aménagement est apparue dans le discours des usagers d'une façon nette :

- Exemples de perception d'une partition spatiale : *« Y a ce coin où il y a ces bancs et trois petits arbres, et sinon le reste de la place au soleil, en été c'est infernal, là il fait bon c'est pour ça nous sommes venues nous réfugier ici discuter un peu, et ça me permet de surveiller ma petite fille ».*
- Exemples de perception d'espace unitaire : *« c'est le pavage au sol qui fait qu'elle soit une seule unité. Elle manque de verdure, c'est bien en hiver, elle est bien exposée au soleil, mais en été, moi parfois je me réfugie à l'Eglise pour prendre mon sandwich ».*

**Place des Marronniers**, le fait qu'il y ait des arbres du type « pins parasols » gardant leurs feuillages même en hiver suffisamment proche les uns des autres pour constituer une couverture continue a fait que les interviewés distinguent plusieurs parties : une « ombrée » au centre de la place encadrée de part et d'autre par deux parties « éclairées et ensoleillées ».

- Exemple de perception d'une partition spatiale : *« les deux passages de part et d'autre et la place centrale avec le bassin, définie par les arbres qui forment un carré... on dirait des parasols qui font un passage couvert protégé contre le soleil et deux passages découverts de part et d'autre ».*
- Exemple de perception d'espace unitaire : *« elle est sympa, homogène, malheureusement ces arbres cachent le soleil,... c'est pour cela je préfère partir au parc quand il fait beau ».*

**Place de la Mairie**, l'homogénéité de l'aménagement, spécialement la répartition régulière des arbres tout au long de la place, a fait que majoritairement les usagers la perçoivent comme « unitaire ». Un seul sujet a distingué deux parties. Cette distinction était liée aux déséquilibres concernant l'aménagement de la place, spécialement les bancs publics qui sont d'un côté de la place et pas de l'autre.

- Exemple de perception d'espace unitaire : « ... elle est unitaire, agréable, ... elle est bien... »

### 7.3.2.2 *Éléments importants intervenant dans la fréquentation des lieux*

Trente-deux personnes (6 à l'Eglise, 12 aux Marronniers et 14 à la Mairie) soit 30,7 % des personnes interrogées ont évoqué les conditions climatiques comme éléments principaux les conduisant à fréquenter les lieux. Les éléments qui ressortent le plus dans le discours des usagers sont « le soleil » et le « beau temps ».

**Place de l'Eglise**, bien que nous ayons fait les campagnes en période froide, l'élément climatique le plus évoqué, encore une fois, est « le soleil ». En hiver, dans la majorité des cas, le soleil a été associé au « beau temps » permettant de « sortir se promener » et de « profiter de l'extérieur ». Il a été également associé aux éléments d'aménagement urbain « bancs, bord du muret » dont l'utilisation a été largement liée au « beau temps » ou de « profiter du soleil ».

Une seule personne parmi les six a évoqué le soleil comme étant un élément causant un désagrément « *toute la place est au soleil et c'est insupportable* ». La place n'est pas investie de la même façon en été qu'en hiver. Le fait qu'elle soit ouverte, dégagée et plutôt minérale, la rend agréable en hiver quand le soleil est recherché, et la rend désagréable en été puisqu'elle est très exposée au soleil.

**Place des Marronniers**, la présence des arbres semble être très remarquée et joue un rôle assez important dans la définition du type d'usage de l'espace. Les usagers font souvent des associations entre arbres, ombre et bancs (s'asseoir). Le plus souvent, cette association a été exprimée comme conditions agréables en été, sans vraiment dire pourquoi, et désagréable en hiver « l'ombre des arbres rend la place *sombre* ».

Le concept « *beau temps* » a été prononcé seulement deux fois. C'était pour parler de quelques activités (manger, prendre un café ...) à la terrasse du café, un endroit dégagé vers le ciel, avec absence d'arbres. Encore une fois, c'est le côté visuel qui prime. C'est le contraste « *ensoleillé/ombré (sombre)* » qui ressort ici.

**Place de la Mairie**, un nouvel aspect apparaît. L'équilibre que les usagers font entre l'utilisation des lieux en été et en hiver. Ils associent les bancs, les arbres, le soleil en hiver et l'ombre en été. Ceci est certainement dû au fait qu'il y a une bonne répartition des bancs et des arbres dans l'espace, ce qui leur offre le choix de l'emplacement dans l'espace. En hiver c'est le soleil qui est cherché et en été c'est l'ombre sous les arbres, ce que l'aménagement de cette place permet et satisfait largement.

### 7.3.2.3 *Eléments participant aux appréciations et aux choix des lieux*

La troisième question portait sur l'endroit que la personne préfère et apprécie le plus et pourquoi. 31,7 % des interviewés (33 personnes) ont évoqué le climat comme élément participant à la définition d'un endroit désigné comme le plus apprécié. Nous avons pu constater qu'ils associent souvent cette appréciation à une pratique ou à une activité quelconque ou alors à du mobilier urbain.

**Place de l'Eglise** par exemple, à l'unanimité, l'endroit préféré est celui où se trouvent les bancs et les arbres. Ceci a été lié au fait que cela permet de profiter du soleil, de l'ombre, de s'asseoir, de discuter et de se reposer ... Autrement dit, ce type de configuration offrirait la possibilité de développer beaucoup d'activités récréatives dans la place. A part ce coin aménagé avec des bancs et des arbres, le reste de la place n'offre pas d'opportunités d'usage autres que le « passage et la circulation ».

**Place des Marronniers**, c'est la terrasse du café qui capte la totalité des préférences des usagers. Ils font tous la liaison avec « le beau temps, le soleil ». Là aussi, nous nous rendons compte que c'est parce que c'est un lieu qui, par son aménagement et sa fonction leur permet de s'asseoir, de discuter, de prendre un café ou de manger, en étant bien au soleil en hiver. A aucun moment, la terrasse du café a été évoquée en association avec l'été et l'ombre.

Les bancs sur cette place viennent en deuxième position. Contrairement à la place de la Mairie, la présence et la nature des arbres ont fait que les bancs sont appréciés l'été parce qu'ils sont à l'ombre, mais pas en hiver car ils n'offrent pas la possibilité de se mettre au soleil. C'est la raison pour laquelle, en hiver, les usagers préfèrent aller ailleurs, notamment au parc du Ritouret qui se trouve juste à côté.

D'autres éléments apparaissent également. Le contraste entre parties éclairées et sombres. Pour la première fois, un élément climatique autre que le soleil et l'ombre, a été évoqué. Il s'agit du vent, désigné comme élément empêchant l'utilisation de l'espace et le rendant désagréable.

**Place de la Mairie**, l'endroit le plus apprécié est le côté nord, c'est-à-dire celui qui est à proximité de la façade du bâtiment de la Mairie. En hiver, cet endroit est exposé au soleil, et en été, il y a l'ombre des arbres. En plus de cela, il offre la possibilité d'une ouverture visuelle vers le reste de la place et les rues aux alentours.

### 7.3.2.4 *Eléments « gênant » limitant l'usage de l'espace*

Nous avons abordé la question de la gêne climatique directement avec les usagers en fin du questionnaire, en leur posant comme question qu'est ce qui limitent leurs activités (cf. § annexe 3).

Le vent fort et le fort ensoleillement sont les deux facteurs qui ressortent le plus dans le discours des usagers comme facteurs gênant. Souvent, les usagers ont fait une liaison entre fort ensoleillement et l'été.

39 personnes (37,5 %) ont déclaré que le vent est le premier élément gênant et limitant leurs activités divertissantes, surtout place des Marronniers, 25 (24%) personnes ont évoqué le vent fort comme élément gênant. Alors qu'auparavant, cet élément n'a pas été abordé.

Le fort ensoleillement vient en deuxième position, 16 (15,3%) personnes ont déclaré que le fort ensoleillement les gênait dont 9 (8,6%) d'entre elles ont été interrogées place de l'Eglise. Malgré le fait que l'enquête ait été faite en hiver cela n'a pas empêché que le fort ensoleillement soit évoqué comme élément gênant et limitant la fréquentation et les activités sur cette place. La majorité des personnes interviewées relie cette gêne au fait que la place manque de verdure et au fait que le sol soit réfléchissant. La température basse apparaît en troisième position, seulement 12 (11,5%) personnes ont dit que c'est le premier élément gênant. C'est place Mairie que la température basse a été le plus évoquée comme éléments gênant.

Huit personnes semblent être gênées par le ciel couvert, dont quatre sur la place des Marronniers et trois sur la place de Mairie.

L'humidité, par contre, semble ne pas être un paramètre gênant pour les usagers.

Nous avons également pu constater que si la personne se désintéresse des lieux, ne faisant qu'y passer, aucune condition climatique n'est gênante pour elle dans l'accomplissement de ses activités. Par exemple « *ce n'est pas mon coin, rien ne me gêne ici, je ne sais pas...* ». Par contre, si la personne investit les lieux et qu'elle le trouve agréable en général, toutes les conditions extrêmes que nous proposons sont gênantes. Ceci l'empêche de profiter des lieux, exemple « *toutes ses conditions sont gênantes, ... on ne peut pas s'attabler dehors* » ou alors « *une basse température, je ne peux pas m'asseoir comme aujourd'hui et lire mon journal c'est sûr, je serai resté au bureau* ».

Nous avons remarqué que les usagers qui ont une appréciation positive de l'espace directement liée à des paramètres comme l'aménagement urbain adéquat, la disponibilité des services et l'accessibilité du terrain évoquent le climat positivement dans la qualification des lieux. Si les usagers de l'espace ont une appréciation négative de l'espace, les conditions climatiques ne sont pas évoquées du tout dans leurs discours et si elles le sont c'est plutôt d'une façon négative.

### **7.3.3 Synthèse et discussion**

A la différence des aspects typo-morphologiques, les aspects climatiques ne sont pas perçus comme éléments pouvant être modifiés dans le but d'une amélioration de l'ambiance des espaces publics. Les paramètres climatiques sont changeants et perçus comme tels. Si, parfois, ils sont désagréables (trop froid, trop chaud...), c'est le rythme naturel des saisons qui est évoqué. Les paramètres climatiques les plus évoqués, sont ceux liés à l'ensoleillement « *le soleil, l'ombre, la chaleur* ». Souvent c'est l'expression « *beau temps* » qui est citée pour indiquer des situations agréables. Si l'aspect climatique n'apparaît pas en premier lieu dans les discours individuels, il est reconnu ensuite comme l'un des éléments participant aux choix de l'emplacement (lorsque les usagers souhaitent s'arrêter) ou des cheminements parcourus.

Les évaluations faites par les usagers envers l'environnement ne diffèrent pas l'été et l'hiver. Cependant l'été est plus propice à l'expression des sensations. Globalement, les usagers ont tendance à s'exprimer davantage sur le climat des sites en été qu'en hiver. L'été, le climat est agréable grâce à la lumière naturelle (du soleil) et l'ombre. Cependant, l'air ou le vent, s'il est plutôt perçu comme agréable l'été, ne l'est jamais l'hiver, et les usagers qui en parlent, le font toujours en termes négatifs : il est ressenti comme gênant. L'hiver, c'est le soleil qui est perçu le plus souvent comme l'élément climatique participant le plus à rendre le lieu agréable. Le manque de lumière est gênant. Cependant, la gêne est fortement liée aux types d'usage que la personne fait de l'espace.

Les plus jeunes et les plus âgés sont ceux qui évoquent le plus les paramètres climatiques. Ceci s'explique peut être par le fait que les plus jeunes et les plus âgés sont les plus disponibles pour explorer ou profiter de leur environnement. Ce sont les personnes qui fréquentent le site de façon régulière (hebdomadaire ou quotidienne) et qui connaissent bien l'espace qui sont les plus positifs envers leur environnement. Si les usagers sont familiers avec l'espace, les conditions climatiques sont rarement évoquées dans leurs discours. Les conditions climatiques font parties de leur milieu environnant, elles sont acceptées telles qu'elles. Si les individus ne sont pas familiers avec l'espace et si leur présence dans l'espace n'est pas pour une nécessité fonctionnelle mais par choix, ils sont plus attentifs aux conditions climatiques et ils ont une appréciation positive du site. Le climat est évoqué dans leur description de l'espace. Ils le qualifient ou le disqualifient par ses caractéristiques climatiques propres. Les conditions climatiques conditionnent leur fréquentation ainsi que leurs appréciations des lieux.

Nous avons également constaté qu'il y avait une perception des variations microclimatiques par les usagers, cependant, il n'y a pas de lien perçu entre les critères typo-morphologiques et microclimatiques. Ils sont indépendants aux yeux des usagers. Le lien entre le climat et le bien-être est fait par les usagers dans l'expression des sensations telles que la chaleur (du cœur) ou la froideur (des relations). Dans l'appréciation du climat, lorsqu'on dit aimer le temps qu'il fait, c'est qu'on se sent bien dans l'endroit dans lequel on se trouve. Le climat seul ne suffit pas rendre un lieu agréable, il participe à valoriser ou dévaloriser les caractéristiques physiques du site.

Cet ensemble de résultats souligne que c'est dans l'usage récréatif des espaces publics que leurs caractéristiques climatiques sont perçues comme importantes par les usagers. La perception d'une ambiance agréable passe d'abord par l'aspect « construit visuel » avant l'aspect « ressenti climatique ». C'est parce qu'on aime un lieu pour ses caractéristiques physiques, que l'on va chercher à l'investir. C'est là qu'intervient le climat : en second lieu, dans la perception de l'ambiance. Il devient alors un élément du micro-environnement, et les conditions climatiques sont alors liées aux types d'aménagements en place. C'est seulement par la présence d'aménagements que les usagers perçoivent la possibilité d'améliorer le bien-être climatique. Par exemple « *à l'ombre des arbres, sur un banc ...* ». Tout se passe comme si après une appréciation globale, les usagers procédaient à une évaluation détaillée ou morcelée du site, déterminant ensuite les pratiques de fréquentation (choix des emplacements, durée de fréquentation ou d'exposition, fréquence des visites).

## 7.4 Analyse des observations : modes d'utilisation de l'espace

Dans cette partie, nous définissons les différents modes d'utilisation des espaces observés. Nous cherchons à savoir si la place est un simple espace de circulation ou si elle est utilisée pour la promenade. Nous voulons établir un seuil au-delà duquel nous pouvons parler d'une utilisation de l'espace, mais pas comme un simple espace de circulation ; une utilisation dans le sens de ralentir le pas, passer un moment sur la place ou marquer un arrêt.

Pour cela, nous nous sommes basés sur l'ensemble des données des observations que nous avons codées. Bien que ce soit la « tâche du » codage a nécessité beaucoup de temps pour être mise en œuvre et ensuite réalisée, cependant son point fort c'est qu'elle nous permis de « quantifier » l'usage, de simplifier les paramètres relatifs à l'individu généralement difficiles à analyser et à approcher. Ainsi, la mise en liaison et le croisement avec les autres données physiques s'avère possible.

Rappelons-le, l'opération du codage s'est déroulée en deux étapes. (cf. § 6.5.3). La première étape a consisté à enregistrer le moment exact de l'entrée de la personne à la place, sa tranche d'âge, son genre et le moment exact de sa sortie de la place. La deuxième étape a consisté à relever toutes les 5 secondes, les coordonnées de la case de la trame dans laquelle la personne se trouve, si elle est seule ou accompagnée, sa posture corporelle, la nature de son mouvement, si elle utilise ou non un élément structurel de la place, un mobilier, un équipement mobile. Nous rappelons également que toute personne passant devant notre champ de vision a été observée et donc codée. En tout, sur l'ensemble des trois sites, nous avons observé 811 personnes.

Nous avons jugé utile et nécessaire de catégoriser l'usage en fonction de la durée de présence sur place, autrement dit la durée d'utilisation de l'espace. En utilisant l'ensemble des fichiers de codage comportemental et grâce au logiciel VisualDbase, nous avons calculé la durée de présence, de station et de déplacement de chaque personne observée. Nous avons considéré qu'il s'agit d'une station si l'individu est relevé trois fois successivement dans la même case, autrement dit plus de 15 secondes. C'est l'intervalle de temps pour parcourir une distance allant jusqu'à 15 mètres. Parmi ces stations, nous différencions par la suite une station courte d'une station prolongée.

Nous présentons dans le tableau 22, les trois grandes catégories de durée de présence dans les trois places que nous avons retenues. Ces catégories ont été définies en croisant deux critères la durée de déplacement et la durée de station.

Pour les définir, nous avons effectué quelques pré-observations où nous avons chronométré le temps mis par 25 personnes, que nous qualifions comme adultes ordinaires, qui traversent les trois places. Nous avons chronométré des adultes prenant comme chemin la diagonale de chacune des places choisies et se déplaçant seul ou en groupe. Nous avons calculé un écart type entre les temps de traversés recueillis pour chacune des places. Nous présentons dans le tableau 21, le temps de traversée moyen pour chaque site.

Place	Eglise	Mairie	Marronniers
Valeur moyenne (N = 25 personnes)	20,6	54,4	50,8
Ecart type	3,9	12,4	8,9
Moyenne + 1 écart type	24,5	66,8	59,7

Tableau 22. *Durée moyenne de déplacement sur les trois places (pré-observations).*

Ces pré-observations nous ont aidées à constituer des intervalles de temps de présence sur place, sur lesquelles nous avons fait un travail d'analyse qualitative. Suite à cela, nous avons retenu les trois grandes catégories présentées dans le tableau 22. A partir de ces trois catégories, nous avons défini cinq modes d'utilisation de l'espace. Pour cela, nous avons fait un croisement entre la durée de déplacement et de station avec la durée de présence sur place. Nous avons calculé les moyennes de durée de présence, de déplacement et de station pour l'ensemble des personnes fréquentant l'espace dans chacune des situations. Ces modes d'utilisation se différencient essentiellement par la durée et par le type de l'usage.

		Eté			Hiver				Total
		Mairie	Marronniers	Total	Eglise	Mairie	Marronniers	Total	
<60 secondes	Nbre de sujets observés	187	166	353 (60%)	21	156	55	232 (39%)	585 (72%)
	Durée moyenne de la séquence (secondes)	37	38	37	28	35	39	35	36
	Durée moyenne de stations (secondes)	0	1	1	2	0	2	1	1
	Durée de station / durée de présence	0%	2%	<b>2%</b>	1%	0%	5%	<b>2%</b>	2%
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	37	37	36	26	35	37	34	35
60 ≤ et <120 secondes	Nbre de sujets observés	48	54	102 (12%)	3	21	21	45 (5%)	147 (18%)
	Durée moyenne de la séquence (secondes)	74	76	75	76	68	75	72	74
	Durée moyenne de stations (secondes)	11	14	12	58	6	22	17	14
	Durée de station / Durée de présence et	14%	18%	<b>16%</b>	76%	8%	29%	<b>23%</b>	18%
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	63	62	63	18	62	53	55	6070
Sup. à deux minutes	Nbre de sujets observés	19	38	57 (72%)	3	12	7	22 (27%)	79 (9%)
	Durée moyenne de la séquence (secondes)	552	343	404	1200	488	170	484	426
	Durée moyenne de stations (secondes)	482	279	347	1200	434	158	453	376
	Durée de station / durée de présence	87%	81%	<b>85%</b>	100%	88%	92%	<b>93%</b>	88%
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	70	64	57	0	54	12	31	50
Total des sujets observés.		245	258	512 (63%)	27	189	83	299 (36%)	811 (100%)

Tableau 23. *Trois classes de durée de présence sur les trois places - deux périodes.*

Nous présentons, brièvement, ces trois catégories de durée de présence sur place, ainsi que les modes d'utilisations qui en découlent.

- **Présence de courte durée (moins d'une minute)** : sur l'ensemble des personnes observées, 72% restent moins d'une minute sur les places. Ils n'effectuent pas de station ou des stations de très courtes durées, qui n'excèdent pas 2% du temps de présence sur la place. Ce rapport est du même ordre en été et en hiver. Les usagers traversent les places à la même vitesse en hiver comme en été. Dans ce cas, nous pouvons parler de :
  1. déplacement « sans station » sont des *passages rapides* effectués essentiellement par des personnes seules.
  2. déplacement « avec une courte station » sont de simples traversées de la place avec un bref arrêt fonctionnel.
  
- **Présence entre « une et deux minutes »** : dans les trois sites confrontés, 18% seulement de l'ensemble des sujets observés sont restés entre une et deux minutes. Cependant la durée moyenne de la station augmente et passe à 14 secondes, ce qui représente 18% de la durée de la présence sur place. Ce rapport est un peu plus élevé en hiver (23%) qu'en été (16%) car les stations sont légèrement plus longues en hiver. Le déplacement est plus rapide en hiver avec 55 secondes en moyenne contre 63 secondes en été. Il s'agit ici d'un autre type d'utilisation de l'espace :
  1. déplacement de longue durée « sans stations » sont soit des personnes qui se promènent seules ou qui se déplacent en groupe.
  2. déplacement de longue durée « avec une courte station » sont des déplacements lents avec des petits arrêts fonctionnels.
  
- **Présence de plus de deux minutes** : nous pouvons parler d'usage prolongé de la place. Bien que seulement 9% de l'ensemble des personnes observées soient restées plus de deux minutes sur place, la durée moyenne de station est de 88% avec une remarquable hausse en hiver 93% contre 85% en été. Un autre type d'utilisation peut être défini :
  1. déplacement « sans station » : ce sont des déplacements très lents ou un usage multiple de la place.
  2. déplacement « avec station de moyenne durée » (1 à 5 minutes)
  3. déplacement « avec station de longue durée » (plus de 5 minutes)

Nous développerons ces trois catégories en avec plus de détails dans les sections qui suivent. Nous verrons, pour quel type d'usage, les stations sont effectuées. Nous cherchons à vérifier s'il y a variation dans les modes d'utilisation de l'espace au cours de la journée ou d'une saison à une autre. Mais avant cela, nous présentons à travers le tableau suivant la population observée.

	Période chaude									Période froide									Total		
	Sexe		Tranches d'âge							Total	Sexe		Tranches d'âge							Total	
	Hommes	Femmes	Bébés	Petite enfance	Enfants	Adolescents	Adultes	Personnes âgées	Hommes		Femmes	Bébés	Petite enfance	enfants	Adolescents	Adultes	Personnes âgées				
Eglise	-	-	-	-	-	-	-	-	-	10	16	1	0	0	4	20	2	27	27		
Mairie	101	130	11	13	43	23	172	1	254	92	89	5	7	9	7	154	6	189	443		
Marronniers	112	130	9	12	33	26	169	8	258	47	34	2	0	5	5	70	1	83	341		
Total	213	260	20	25	65	49	314	9	512	149	139	8	7	14	16	244	9	299	811		
	41	50	3%	4%	12	9%	61	1%	100	49	46	2%	2%	4%	5%	81	3%	100%			
	%	%		%	%	%	%	%	%	%	%			%	%	%	%				

Tableau 24. *Population observée dans les trois places, durant les deux périodes.*

En tout, nous avons observé 811 personnes sur l'ensemble des trois sites dont 63% durant la période chaude et 36% durant la période froide. Nous avons relevé une proportion un peu plus élevée de femmes, d'enfants et d'adolescents en été et une proportion plus élevée d'adultes en hiver.

### 7.4.1 Présence de courte durée

Nous avons constaté que 72% (585 sujets) de l'ensemble des personnes observées sont restées sur place moins d'une minute. Le tableau suivant montre que 94 % d'entre eux n'ont pas effectué d'arrêts. Seulement 5% ont effectué une station d'une durée moyenne de 20 secondes. Nous pouvons dire qu'il s'agit de sujets en déplacement rapide sans station ou avec très peu et très courts arrêts.

			Période chaude			Période froide				Total
			Mairie	Marronniers	Total	Eglise	Mairie	Marronniers	Total	
Durée de présence dans la place de moins d'une minute	Sans station	Nbre des sujets observés	182	153	335	19	151	50	220	555 (94%)
		Durée moyenne présence sur site (secondes)	37	37	37	26	35	38	34	36
	Avec station	Nbre de sujets observés	5	13	18	2	5	5	12	30 (5%)
		Durée moyenne présence sur site (secondes)	44	51	49	47	44	47	45	48
		Durée moyenne de stations (secondes)	19	19	19	25	18	27	22	<b>20</b>
		Durée de station / Durée de présence.	43%	37%	38%	53%	40%	57%	48%	<b>41%</b>
		Durée moyenne de déplacement (secondes)	25	32	30	22	26	21	23	<b>28</b>
		Nbre total des sujets	187 31%	166 28%	353 60%	21 3%	156 26%	55 9%	232 39%	585 (100%)

Tableau 25. *Durée de présence de moins d'une minute.*

#### 7.4.1.1 Passage rapide sans station

Ce sont des déplacements rapides, des simples traversées dans les places, effectués d'avantage par des adultes sans difficulté de déplacement. 76 % des personnes dont la durée de présence est moins d'une minute et qui n'effectuent aucune station sont des adultes, 10% sont des enfants, 5% des adolescents et 2% sont des petits enfants de moins de 5 ans.

Ce sont essentiellement des déplacements individuels dans 70% du temps, sans utilisation d'aucun support dans les 67% du temps. Un déplacement en utilisant un support apporté seulement dans 17% du temps (en vélo, accompagné d'un chien ou en portant un objet à la main tel qu'un panier, courses, chariot, cartable, etc). La durée moyenne de ces passages rapides dans les places est presque similaire en hiver et en été.

#### 7.4.1.2 *Passage rapide avec station de courte durée*

Seulement 5% des sujets qui sont resté moins d'une minute ont effectué une station de courte durée d'une durée moyenne de 20 secondes. Ce sont essentiellement des personnes adultes (76%) et des adolescents (16%).

Concernant ces déplacements, le pourcentage du temps passé en activité individuelle est 55%. 44% du temps a été passé en activité sociale.

- concernant les déplacements individuels, en hiver comme en été, le pourcentage du temps qui a été passé en activités individuelles sans utilisation d'aucun support telles qu'un petit moment d'hésitation avant de continuer le chemin, ranger quelque chose dans le sac est 54%. Le pourcentage du temps passé en activités individuelles utilisant un support apporté telle qu'attendre son chien, ranger quelque chose sur un appareil mobile (vélo ou voiture) est 33 % du temps d'utilisation de la place Seulement 8% du temps des stations a été passé dans l'utilisation d'un support intégré à la place (vitrine).
- en ce qui concerne les activités sociales, ce sont des déplacements sans utilisation d'aucun support dans 91% du temps. Les déplacements sont interrompus pour des petits arrêts pour des activités telles que discuter ou attendre quelqu'un d'autre.

Dans l'ensemble des trois places, les passages rapides et les simples traversées dans les places ont presque une durée similaire, en été et en hiver. Lors de ces traversées rapides, les stations effectuées sont de très courtes durées.

Ces stations sont effectuées pour les mêmes types d'activités telles que ranger les courses, hésitation avant de continuer le chemin, prendre quelques choses dans le sac, attendre ou discuter avec quelqu'un. Cependant c'est en hiver que nous remarquons les plus hautes durées de station. C'est place des Marronniers où la différence a été le plus marquée : 57% du temps de présence sur place a été passé en station en été, contre 37% en hiver.

## 7.4.2 Présence entre une et deux minutes

Parmi l'ensemble des sujets qui sont restés entre une et deux minutes dans la place, lors de leurs déplacements 56% n'ont effectué aucune station, 43% ont effectué une station d'une durée moyenne de 33 secondes, ce qui représente 43% du temps de présence sur place.

Ainsi, nous distinguons :

- le déplacement long sans station,
- le déplacement long avec station de courte durée.

		Période chaude			Période froide				Total	
		Mairie	Marronniers	Total	Eglise	Mairie	Marronniers	Total		
Duré de présence entre une et deux minutes	Sans station	Nbre de sujets observés	26	32	58	0	16	9	25	83 (56%)
		Durée moyenne de la présence sur site (secondes)	74	76	75	0	67	72	69	<b>73</b>
	Avec station	Nbre de sujets observés	22	22	44	3	5	12	20	64 (43%)
		Durée moyenne de la présence sur site (secondes)	74	77	76	76	74	76	76	<b>76</b>
		Durée moyenne de stations (secondes)	24	35	30	58	28	40	39	33 (43%)
		durée de présence / durée de station %	32	45	39%	76%	37%	52%	51%	<b>43%</b>
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	50	42	46	18	46	36	37	<b>43</b>	
	Nbre Total de sujets	48	54	102	3	21	21	45	147 (100%)	

Tableau 26. *Déplacement de longue durée.*

### 7.4.2.1 Déplacement long sans station

Les personnes qui sont restées entre une et deux minutes et qui n'ont effectué aucune station, sont des adultes à 66% avec 8% de bébés dans des poussettes, 6% sont des petits enfants de moins de 5 ans, 8% sont des enfants et 6% sont des adolescents. Ce sont en majorité des personnes adultes qui traversent la place plus lentement parce qu'elles sont accompagnées de bébés ou d'enfant. La proportion de personnes âgées ayant des difficultés de déplacement est également remarquable 6%.

En été comme en hiver, ce sont autant de déplacements et d'activités individuelles que sociales, telles que flâner dans l'espace, faire des achats, chercher un papier à la Mairie. Ce

sont des déplacements utilisant un support apporté tels que traverser la place avec des chiens ou avec des objets à la main (poussette, courses, panier, cartable, chariot) pour 18% du temps.

Le déplacement est légèrement plus long en été qu'en hiver, avec une différence de 6 secondes, et c'est place de la Mairie que cette différence est la plus élevée (8 secondes).

#### 7.4.2.2 *Déplacement long avec une station de courte durée*

Sur l'ensemble des trois sites, 43% des personnes qui sont restées entre une et deux minutes sur place ont effectué au moins un arrêt lors de leurs déplacements d'une durée moyenne 33 secondes. Ce sont des adultes à 64%, avec une proportion de 10% d'enfants de moins de 5 ans qui ne peuvent être qu'accompagnés, 10% d'enfants entre 5 et 12 ans et 10 % des adolescents.

En été comme en hiver, ce sont des activités sociales dans 59% du temps. Les activités individuelles ont occupé juste 29% du temps. La proportion du temps pour laquelle les stations se sont effectuées pour des activités n'utilisant d'aucun support telles que la discussion ou l'attente, les hésitations ou alors regarder les vitrines en marchant est 47%. Durant 24% du temps, les stations étaient effectuées pour une activité utilisant un objet ou un équipement mobil (vélo, chien, poussette, trottinette ou motocyclette). L'utilisation d'un élément structurel de la place tel que le bord du bassin d'eau, les troncs d'arbres, le tableau d'affichage de la Mairie a occupé seulement 10 % du temps.

Bien que la durée moyenne de la présence sur place soit similaire en été et en hiver, la durée moyenne de station est toujours plus longue en été qu'en hiver avec 9 secondes de différence. Ceci peut être expliqué par le fait qu'en hiver, les usagers sont vêtus plus lourdement et pour des petites stations de réajustement, ils mettent plus de temps. Cependant, leurs déplacements sont plus rapides en hiver qu'en été.

Ce que nous pouvons retenir, c'est que l'utilisation de la place en tant qu'élément de la promenade apparaît à partir du moment où la durée de présence sur place dépasse la durée moyenne de passage rapide plus un écart type comme une marge de sécurité.

### 7.4.3 Présence de plus de deux minutes

Sur l'ensemble des personnes observées sur les trois places, 9% sont restées plus de deux minutes. Ils effectuent des stations dont la durée occupe 88% de la durée globale de leur présence sur site. Parmi ces personnes 53% sont des adultes, 8% des bébés dans des poussettes qui ne peuvent être qu'accompagnés, 8% des petits enfants accompagnés également, 18% adolescents, 5% d'enfants entre et 12 et 5% de personnes âgées avec difficultés de déplacement.

		Période chaude			Période froide				Total
		Mairie	Marronniers	Total	Eglise	Mairie	Marronniers	Total	
Station < 1 minute	Nbre de sujets observés		5	5					5 (6%)
	Durée moyenne de la présence sur site (secondes)		158	158					158
	Durée moyenne de la station		30	30					30
	Durée de la présence / durée de station		18%	18%					18%
	Durée moyenne de déplacement (secondes)		128	128					128
Station entre 1 et 5 minutes	Nbre de sujets observés	10	16	26		7	7	14	40 (51%)
	Durée moyenne de la présence sur site (secondes)	192	183	187		177	177	192	182
	Durée moyenne de station	161	123	137		120	158	161	138
	Durée de la présence / la durée de station	83%	67%	73%		67%	89%	83%	36%
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	31	46	50		57	19	31	44
	Total des sujets	10	21	31		7	7	14	45
Station > 5 minutes	Nbre de sujets observés	9	15	24	3	5		8	32 (41%)
	Durée moyenne de la présence sur site (secondes)	895	602	712	1200	924		1027	791
	Durée moyenne de la station	669	567	669	1200	883		1001	752
	Durée de présence / durée de station	74%	94%	94%	100%	95%		97 %	95 %
	Durée moyenne de déplacement (secondes)	226	35	43	0	41		26	39
	Total des sujets	19	36	55	3	12	7	73	77 (100%)

Tableau 27. *Présence plus de deux minutes sur les trois places.*

Parmi les personnes qui sont restées plus de deux minutes sur place :

- 2% de ces sujets n'ont pas effectué d'arrêts. Ce sont deux personnes qui ont utilisé l'espace de façon multiple, elles sont sorties de la place et elles sont revenues quelques

secondes après. (Dans le tableau 26, nous n'avons pas fait apparaître ce pourcentage des sujets).

- 6% ont effectué une station inférieure à une minute, avec une durée moyenne de 30 secondes, ce qui représente 19% du temps de leurs présences sur place. Ce sont des déplacements longs avec de courtes stations. Parmi ces personnes, nous trouvons que 40% sont des personnes âgées se déplaçant très lentement, 40% sont des adolescents et 10% seulement sont des adultes. Ce sont des personnes qui ont fait des va-et-vient dans la place, ils rentrent dans un magasin et ils s'arrêtent pour discuter. Sur l'ensemble du temps de station, 41 % du temps a été passé en activités sociales et 38% a été passé en activités individuelles.
- 51% ont effectué une station entre une et cinq minutes. Ces stations représentent 76% de la durée de présence sur place. Parmi ces sujets 50% sont des d'adultes, 25% sont des adolescents, 10% sont des bébés, 5% sont des enfants de moins de 5 ans. La durée de station occupe les trois tiers du temps global passé dans la place. Nous considérons que ce sont des arrêts de moyennes durées.
- 41% ont effectué une station de plus de 5 minutes, ce qui représente en moyenne 95% du temps de présence dans la place. Nous considérons qu'il s'agit de station de longue durée. Parmi cette proportion de personnes, 59% sont des adultes, 9% sont des bébés, 6% sont des petits enfants qui sont accompagnés, 12% sont des enfants de 6 à 12 ans, 9% sont des d'adolescents entre 12 et 18 ans et 6% sont des personnes âgées.

Nous développons dans ce qui suit les stations de moyennes et de longues durées.

#### 7.4.3.1 Station de moyenne durée

Ce sont essentiellement des personnes qui arrivent en groupe ou qui se rencontrent sur la place. Les activités sociales occupent 82% du temps de ces stations. Les stations sont effectuées pour des activités n'utilisant aucun support telles qu'attendre quelqu'un d'autre ou pour discuter ensemble sans utilisation de support de la place pour les 50% du temps. 20% du temps des stations a été passé en activité utilisant un mobilier de la place (s'asseoir des bancs), et seulement 2% du temps en utilisant un élément structurel de la place (la « scène »<sup>31</sup> de la Mairie, le bord du bassin). Les activités utilisant un équipement mobile ou un support tel qu'un vélo ou une poussette ont occupé 16% du temps des stations

Seulement 17% du temps a été passé en activités individuelles. Les stations effectuées sont en grande partie du temps (49%) pour des activités utilisant un support apporté telles que jouer avec son chien, utiliser un téléphone portable. Les activités n'utilisant aucun support telles que s'arrêter au cours du déplacement ont occupé 35% du temps des stations. Juste 11% du temps des stations a été occupé par des activités prenant comme support un mobilier urbain (des bancs).

---

<sup>31</sup> C'est un élément situé au fond de la place du côté est, qui sert comme scène pour les fêtes et les manifestations culturelles. Il est surélevé d'un mètre du sol.

La durée de présence sur place est presque similaire en été et en hiver avec juste 5 secondes de différence. Cependant, en hiver, la durée de station est plus longue qu'en été avec 24 secondes de différence, ce qui représente 83% du temps de la présence sur place en hiver contre 73% en été. C'est place de la Mairie que nous avons enregistré une grande différence dans la durée de station entre l'été et l'hiver (41 secondes). Ceci s'explique peut-être par le fait qu'en été c'est la promenade qui est privilégiée, on ne s'arrête pas longuement. Le déplacement reste toujours plus lent en été qu'en hiver sauf sur la place de la Mairie où il est plus rapide en été qu'en hiver.

#### 7.4.3.2 *Station de longue durée*

Concernant les stations de longue durée, le pourcentage du temps passé en activités sociales est 59%. Ces activités sociales ont été effectuées en utilisant un élément structurant la place tels qu'un tronc d'arbre, un muret, le bord d'un bassin d'eau durant les 28% du temps des stations, en prenant comme support un mobilier urbain (s'asseoir sur des bancs publics) durant 27% du temps, en n'utilisant aucun support telles que discuter, fumer une cigarette durant 16% du temps des stations, en utilisant un objet ou un équipement mobile (un vélo ou une poussette) durant 14% du temps des stations.

Les activités individuelles ont occupé 39% du temps des stations. Par contre, ces stations avaient comme support un mobilier urbain durant les 89% du temps. Ce sont des personnes qui se sont assis sur un banc, entrain de lire un journal, manger un sandwich, regarder le va et le vient.

Les durées de présence et de station sont plus élevées en hiver qu'en été. Pour les stations, la différence est presque d'une minute et demie. Pour la durée de présence dans la place la différence est un peu plus de 5 minutes.

#### 7.4.4 Synthèse et discussion

Nous avons vu dans cette partie les différentes catégories d'usage dans les trois places. Il est important et nécessaire de catégoriser l'usage de l'espace en fonction de la durée et de la nature de son utilisation. Nous pouvons considérer, en effet, qu'il s'agit d'un déplacement rapide si la durée de traversée est plus faible que la durée de traversée moyenne, plus un écart type calculé pour l'ensemble des sujets observés. Si la durée de l'utilisation de l'espace est plus importante que la durée moyenne de traversée, plus l'écart type, nous pouvons considérer qu'il s'agit d'une promenade.

Concernant les stations, nous pouvons considérer toute station effectuée lors des déplacements rapides ou lors des promenades comme station de courte durée. Nous pouvons également considérer comme station de courte durée toute station dont la durée est plus faible que la durée de déplacement rapide. Pour différencier une station de moyenne durée d'une autre station de longue durée, un seuil tel que la moyenne des stations plus un écart type, calculé pour l'ensemble des usagers observés permet de le faire

Si la durée de la station est supérieure à la moyenne plus l'écart type, nous pouvons la considérer comme station de longue durée. Si elle est inférieure à la moyenne plus l'écart type, elle pourrait être considérée comme station de moyenne durée.

Dans cette partie, nous avons vu que le déplacement est plus rapide en hiver qu'en été. Les usagers sont plus en promenade en été qu'en hiver. Ils marchent doucement. Les stations sont également d'une plus longue durée en hiver qu'en été. Un résultat qui est entièrement inattendu qui peut être expliqué par le fait qu'en été, c'est la promenade qui est privilégiée par rapport aux stations. Nous pensons que les stations sont plus effectuées dans des espaces publics dont la fonction principale est récréative. Nous pouvons donner l'exemple du parc du Ritouret qui est juste à côté de la place des Marronniers. Nous nous référons pour cela aux discours recueillis sur place. Les usagers ont déclaré que c'est au parc qu'ils s'arrêtent le plus en été (il y a de la pelouse, de la verdure, de l'ombre, une grande étendue d'eau).

En hiver, par contre, la promenade est moins fréquente. Nous supposons que, même quand il fait beau, des espaces publics comme les parcs restent humides et ombrés du fait de la présence de la pelouse et des arbres, ce qui n'encourage pas les usagers à s'y installer. Dans les places, comme celles où nous avons fait nos observations, si les usagers s'installent quelques parts, c'est soit pour des raisons fonctionnelles du type attendre quelqu'un, manger un sandwich, regarder son enfant jouer sur la place, soit pour profiter du soleil et du « beau temps ». Le caractère minéral et aménagé des places offre plus de possibilités pour des activités récréatives comme pour des activités fonctionnelles.

En effet, nous avons remarqué que les stations, surtout de longue et de moyenne durée, s'effectuent en fonction des éléments structurant la place (tronc d'arbre, bord du bassin, vitrine, muret, tableau d'affichage...) et du mobilier présent (bancs). En majeure partie, les stations de moyenne et de longue durée sont effectuées pour des activités sociales. Ce sont des groupes qui se déplacent ensemble, qui s'arrêtent pour discuter un moment, qui attendent une autre personne, des mamans qui s'arrêtent regarder leurs enfants jouer.

## **7.5 Caractéristiques microclimatiques et usage de l'espace**

Dans cette partie, nous faisons une analyse plus fine des stations effectuées et des trajectoires. Nous les comparons avec les mesures des paramètres microclimatiques que nous avons enregistré durant la même session. Nous vérifions s'il y a des variations entre les différents blocs constituant la place au cours de la journée, s'il y a des variations entre les deux périodes chaude et froide pour chacune des trois places.

Nous rappelons que la partition matérialisée par la trame de cases carrées nous a permis de mettre en liaison les différentes données recueillies. Une telle partition a facilité également l'exploitation des différentes données en utilisant les deux logiciels de gestion et de traitement de données « VisualDbase » et « MapInfo ». Nous rappelons également que nous avons fait des groupements de cases pour constituer des blocs. Ces blocs ont été déterminés principalement pour des raisons pratiques (simplification des mesures microclimatiques). Nous avons fait les mesures des paramètres climatiques au centre du bloc. Certains éléments se définissent au niveau des cases élémentaires de la trame, d'autres qu'au niveau des blocs.

Nous avons mis en évidence les blocs où les usagers ont effectué des stations. Nous avons calculé la durée moyenne de station dans chaque bloc. Nous avons mis en parallèle les mesures avec les durées de station dans ces blocs dans l'objectif de les comparer et de vérifier s'il y a une quelconque correspondance ou dis-concordance avec les mesures microclimatiques.

Nous avons utilisé le logiciel « MapInfo 4.0 » pour superposer les observations « instantanées » et visualiser graphiquement la répartition d'ensemble des positions occupées. Nous avons réalisé des cartes représentant les trames de case carrées en fonction des stations effectuées, le nombre de personnes effectuant une station ainsi que les trajectoires les plus empruntés.

### **7.5.1 Stations**

Nous rappelons que nous avons considéré qu'il s'agit d'une station si l'individu est relevé trois fois successivement dans la même case, autrement dit plus de 15 secondes. Sur l'ensemble des sujets observés, seulement 21% ont effectué une station de plus de 15 secondes. 38 % place de la Mairie, 54 % place des Marronniers et 8 % place de l'Eglise.

Nous signalons également que nous considérons (cf. § 7.4) :

- stations de courte durée : les arrêts allant de 15 secondes à une minute.
- station de moyenne durée : les arrêts entre une et cinq minutes.
- station de longue durée : arrêt de plus de cinq minutes.

Nous signalons que toutes les figures présentant les résultats des observations dans cette partie sont présentées dans l'annexe 5 avec une plus grande échelle et que chaque point dans les graphiques correspond à un relevé de position. Les positions sont relevées toutes les cinq secondes. Nous présentons nos analyses place par place. Pour chaque place, nous verrons les deux périodes successivement.

### 7.5.1.1 Place de la Mairie

#### Période chaude

Le tableau suivant montre les blocs où les stations ont été effectuées, en période chaude sur la place de la Mairie.

Sessions	1 <sup>ère</sup> session					2 <sup>ème</sup> session		3 <sup>ème</sup> session						4 <sup>ème</sup> session			
Bloc où il y a eu des stations (point de mesure)	2	5	6	7	10	5	7	2	3	4	5	6	7	8	3	5	7
Durée moyenne de stations (secondes)	20	45	25	15	20	1130	15	58	240	87	406	66	90	55	1200	144	20

Tableau 28. Blocs utilisés pour des stations (Place de la Mairie - période chaude).

Dans le graphe suivant, nous avons superposé les durées de station avec les mesures des paramètres climatiques effectuées au centre de ces blocs.

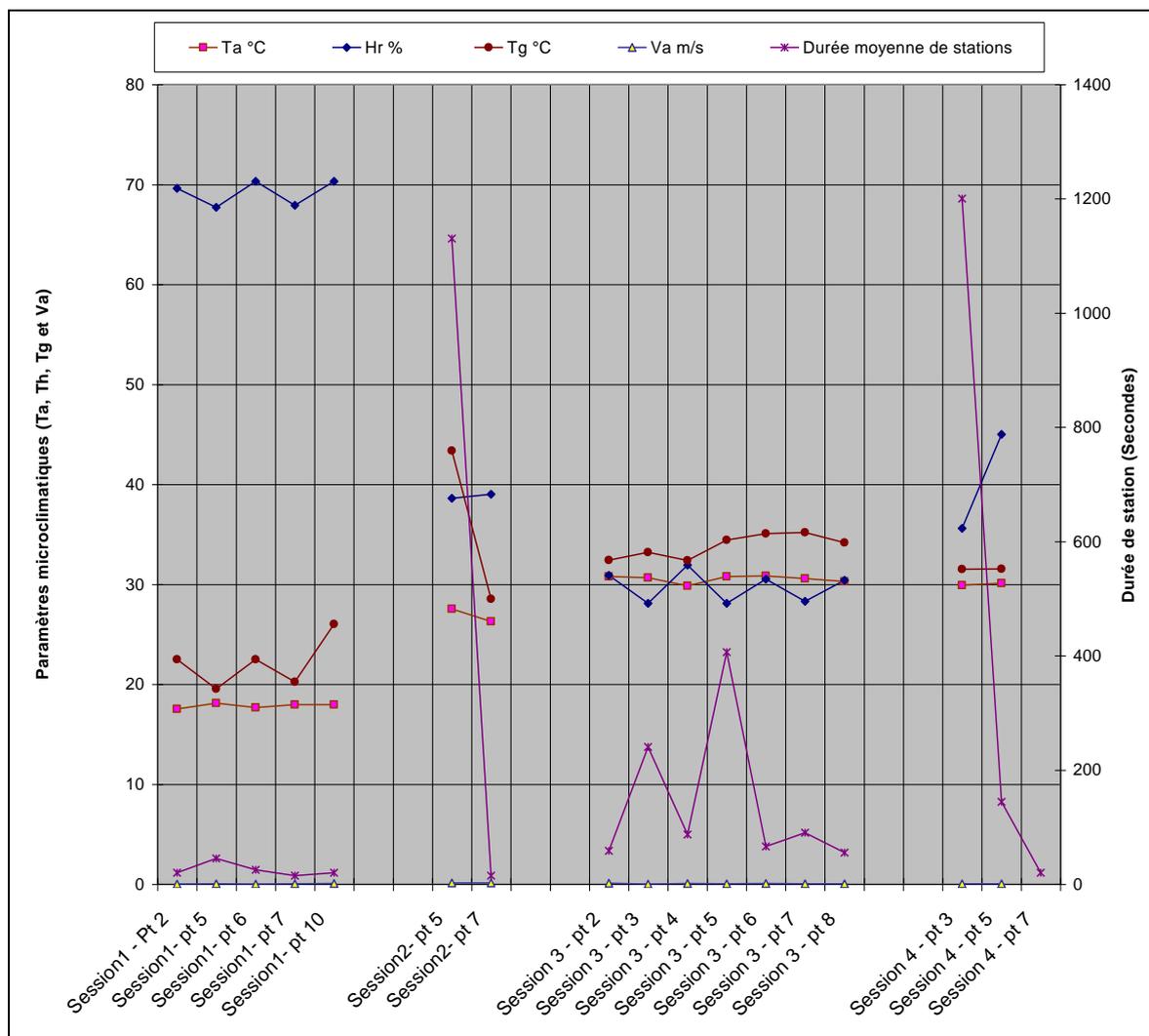


Figure 33. Durées de stations et mesures microclimatiques (Place de la Mairie - période chaude).

Durant **la première session**, toutes les stations effectuées sont de courtes durées. Pour cela, les blocs utilisés sont le bloc 2, 5, 6, 7 et 10 avec une durée de station légèrement plus élevée au bloc 5.

En revenant aux mesures microclimatiques, nous avons enregistré des valeurs de température sèche de l'air, de température globe et d'humidité relativement moins élevées à proximité de la façade de la Mairie (blocs : 1, 3, 5, 7) que celles enregistrées sur l'allée centrale de la place (blocs : 2, 4, 6, 8 et 10).



Durant **la deuxième session**, les stations ont été effectuées seulement aux deux blocs 5 et 7. Au bloc 5 c'est une station de longue durée, avec une utilisation d'un banc, cependant au bloc 7 c'est un arrêt court au cours du déplacement.

Nous rappelons que, durant la deuxième session de mesure, toute la place était au soleil sauf les points 7 et 3, et c'est au point 5 que nous avons enregistré la valeur la plus élevée de température globe, de vitesse et d'humidité relative de l'air.



Durant la **troisième session**, en début d'après-midi, toute la place était à l'ombre sauf les deux points 9 et 10 qui étaient au soleil. Presque toute la place était investie par les usagers. Cependant, aucune station n'a été enregistrée du côté des deux blocs ensoleillés (9 et 10).

Aux blocs 3 et 5 ce sont en majorité des stations de longues durées, contrairement aux blocs 2, 4, 6, 7, et 8 où nous avons observé des stations de courtes et de moyennes durées.

Si nous revoions les mesures enregistrées dans ces points, nous trouvons que c'est du côté de la façade de la Mairie (blocs : 1, 3, 5, 7 et 9) que nous avons relevé les valeurs les plus élevées d'humidité relative de l'air.



Durant la **dernière session** de mesures et d'observations, autrement dit, en fin de journée, ce sont les blocs 3, 5 et 7 qui sont toujours les plus utilisés.

Aux blocs 3 et 5, ce sont des stations de longues durées.

C'est aux blocs 3 et 5 que nous avons enregistré les valeurs d'humidité les plus élevées (avec le bloc 9).



### Période froide

Sessions	1 <sup>ère</sup> session				2 <sup>ème</sup> session		3 <sup>ème</sup> session					
Bloc où il y a eu des stations (pt de mesure)	4	6	7	8	3	5	2	3	4	6	7	9
Durée moyenne de stations (secondes)	15	20	71	24	678	480	64	1200	205	715	20	15

Tableau 29. Blocs utilisés pour les stations (place de la Mairie – période froide)

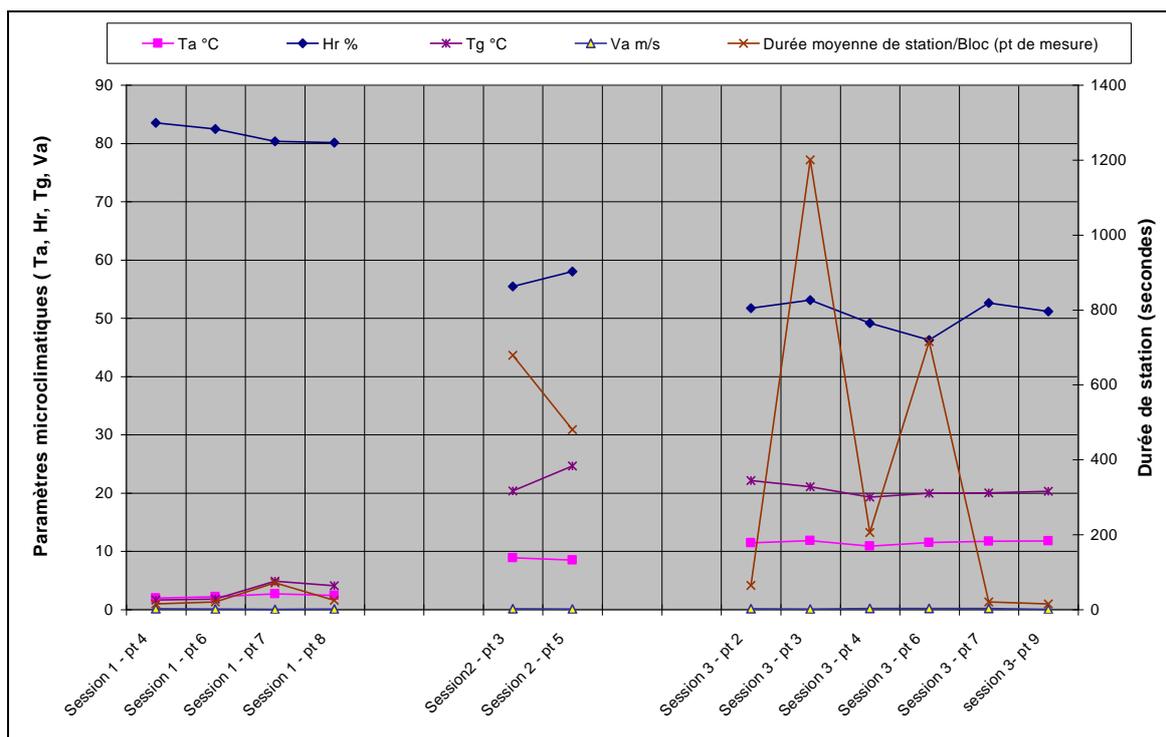


Figure 34. Durées de stations et paramètres climatiques (place de la Mairie - période froide)

Le matin, durant la **première session**, nous constatons que le graphe de la durée de station a la même allure que les autres graphes de la température sèche de l'air et de la température globe. C'est aux blocs 4, 6, 7 et 8 que nous avons relevé des stations, toutes de courtes durées.

Seul le bloc 7 fait exception avec une station de moyenne durée.

Si nous revenons aux mesures des paramètres climatiques relevés durant cette même session, les points 4, 6 et 8 affichent des valeurs de température globe,

de température sèche de l'air, et d'humidité relative inférieures à celles enregistrées aux points situés de l'autre côté à proximité de la façade. Par contre, la vitesse de l'air est plus basse de ce côté de la place (blocs 4, 6 et 8).



Durant la **deuxième session**, c'est aux deux blocs 3 et 5 qu'il y a eu des stations de longues durées.

Durant cette session, la différence, entre le côté nord à proximité de la façade et le côté sud (l'allée centrale) est toujours très nette.

C'est au bloc 5 que nous avons enregistré la valeur la plus élevée de température globe.

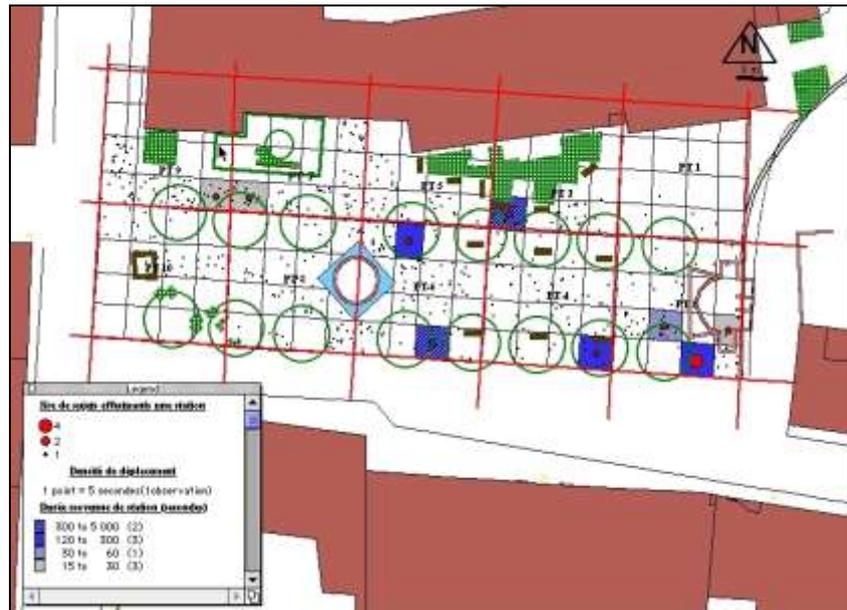


Durant la **troisième session** d'observation, il y a eu des stations dans pratiquement toute la place. Aux blocs 3 et 6 des stations de longues durées, aux blocs 2 et 4 des stations de moyenne durée et aux blocs 7 et 9 des stations de courte durée.

C'est la partie sud de la place (l'allée centrale) qui a été le plus utilisée pour des stations de moyenne durée.

La partie nord, à proximité de la façade, a été utilisée pour de courtes et de longues stations. La majeure partie des stations ont été effectuée du côté est de la place (blocs 2, 3, 4, 5 et 6).

Durant cette session, nous avons relevé des valeurs de température globe et d'humidité relative de l'air plus élevées aux points à proximité de la façade (blocs : 1, 3, 5, 7 et 9) que celles enregistrées du côté opposé (blocs : 2, 4, 6, 8 et 10). La vitesse de l'air, par contre, est plus élevée vers le côté sud de la place.



7.5.1.2 Place des Marronniers

Période chaude

session	1 <sup>ère</sup> session					2 <sup>ème</sup> session				3 <sup>ème</sup> session								4 <sup>ème</sup> session			
Blocs utilisés (pts de mesure)	1	3	4	6	8	3	4	5	7	1	2	3	4	5	6	7	8	1	4	5	7
Durée moyenne de station (secondes)	308	460	15	55	17	17	22	31	60	77	15	25	91	28	15	55	198	468	80	35	15

Tableau 30. Les blocs utilisés pour des stations (Place des Marronniers - période chaude).

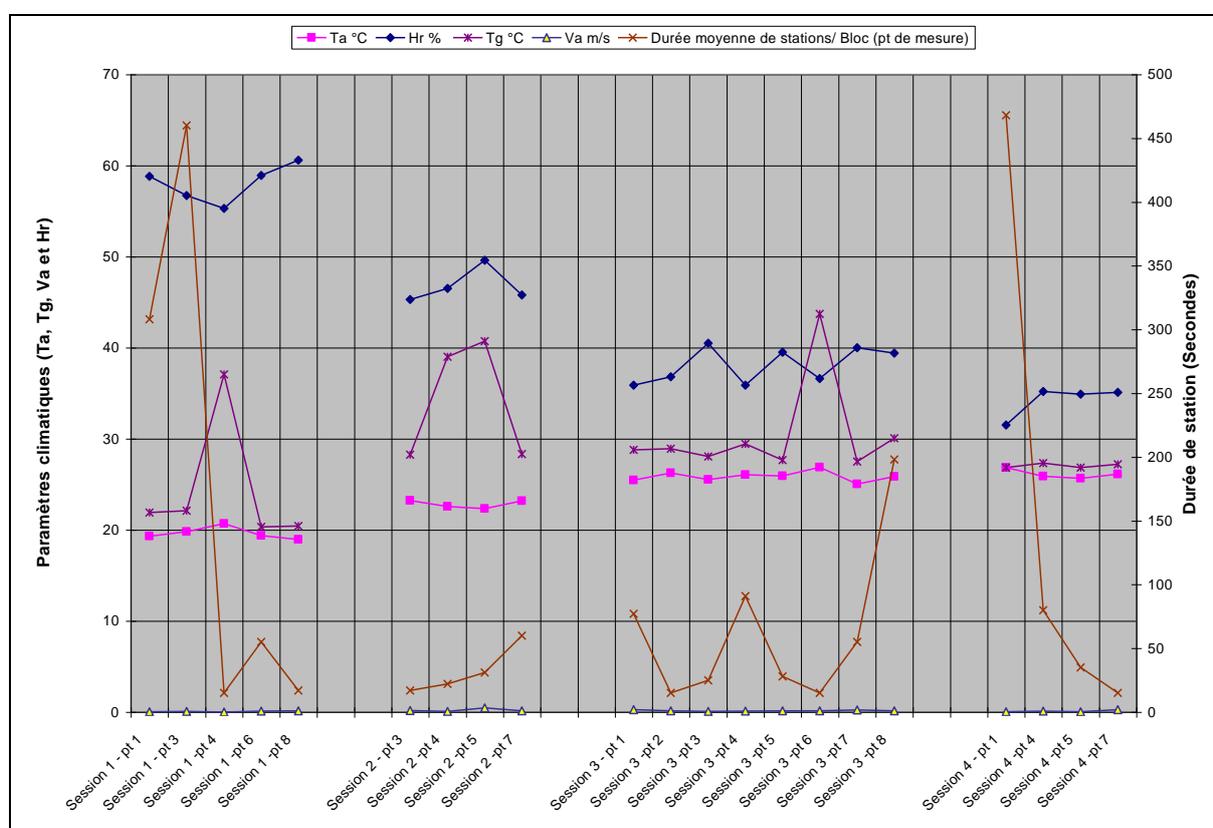


Figure 35. Durée de station et paramètres microclimatiques mesurés (place des Marronniers - période chaude).

Durant **la première session**, les stations ont été effectuées dans les blocs 1, 3, 4, 6 et 8. Des stations de longues durées à proximité de la façade de la Mairie, aux blocs 1 et 3 blocs et des stations de courtes durées aux blocs 4, 6 et 8.

Si nous revoyons les mesures microclimatiques enregistrés durant cette session, les points 6 et 8 étaient à l'ombre des bâtiments et c'est à ces deux points que nous avons les valeurs les plus basses de température globe et les valeurs plus élevées d'humidité relative de l'air. Seul le point 4 était au soleil et c'est au point 4 que nous avons enregistré la température globe la plus élevée.



Durant **la deuxième session** toutes les stations étaient de courtes durées. Les blocs utilisés sont le bloc n° 3, 4, 5 et 7.

Le long de cette deuxième session, toute la place était au soleil à l'exception des points 3 et 7.

Ce sont d'ailleurs ces deux points qui affichent les valeurs les plus basses de température globe. Par contre, c'est au point 5 que nous avons relevé la valeur la plus élevée de température globe, de vitesse de l'air et également d'humidité relative.



Pendant la **troisième session**, toute la place était à l'ombre sauf le point 6. D'ailleurs c'est au point 6 que nous avons enregistré la valeur la plus importante de température globe. Les stations durant cette session sont essentiellement de courtes et de moyennes durées. Cependant la durée moyenne de station est plus élevée du côté des points 2, 4, 6 et 8 comparée au côté des points 1, 3, 5 et 7. Les températures de l'air dans les points de mesure 2, 4, 6 et 8 étaient légèrement plus élevées que celles enregistrées de l'autre côté de la place (points 1, 3, 5 et 7). Par contre, l'humidité est plus élevée aux points 3, 5 et 7.



Durant la **quatrième session**, ce sont les blocs 1, 4, 5 et 7 qui étaient investis pour effectuer des stations. Au bloc 4 c'est une station de moyenne durée. C'est également un des points où nous avons relevé une valeur élevée de température globe.

Aux blocs 5 et 7 ce sont des stations de courtes durées. C'est au point 5 que nous avons enregistré la valeur la plus basse de température sèche de l'air.

Durant cette session, toute la place était à l'ombre sauf les deux blocs 6 et 8. Nous remarquons qu'aucune station n'a été enregistrée dans ces deux blocs. L'humidité relative était plus élevée du côté des points 2, 4, 6 et 8.



*Période froide*

Sessions	1 <sup>ère</sup> session			2 <sup>ème</sup> session		3 <sup>ème</sup> session		
Blocs utilisés pour les stations (points de mesure)	4	5	6	4	6	1	2	4
Durée moyenne de station (secondes)	45	20	55	21	15	101	36	35

Tableau 31. *Durée moyenne de station par bloc (Place des Marronniers – période froide)*

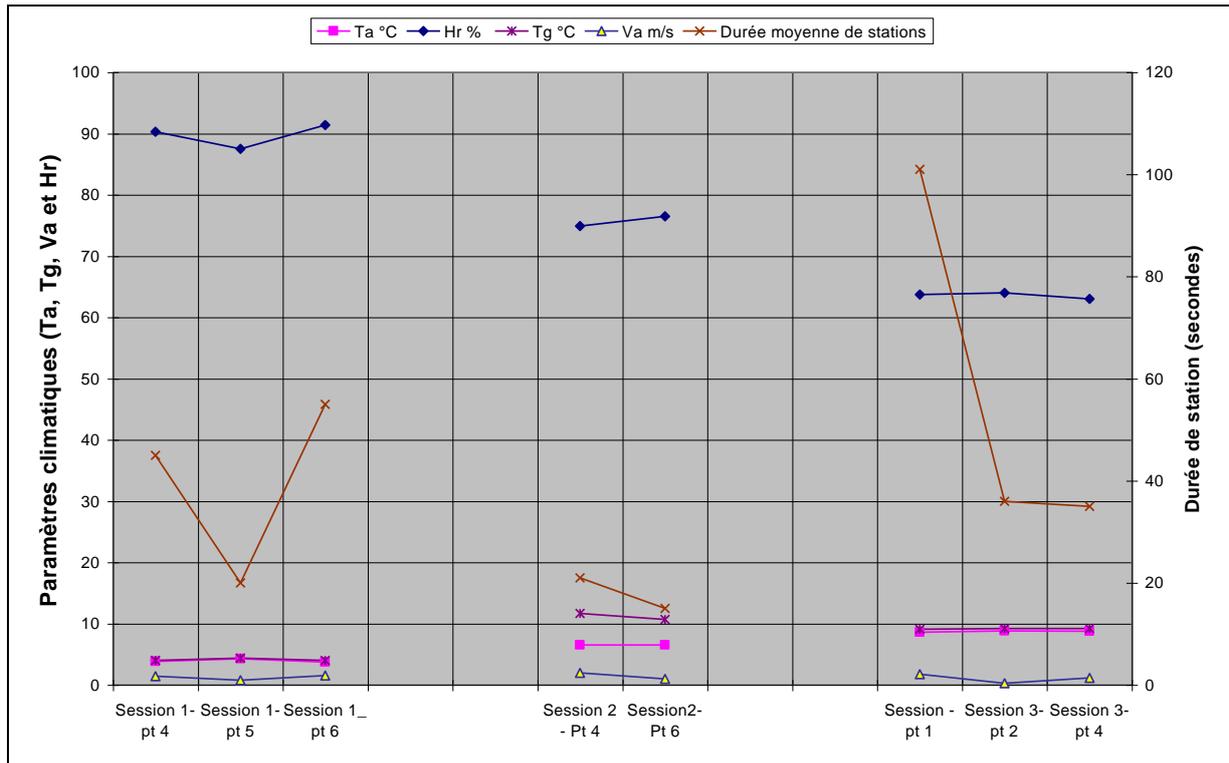


Figure 36. *Durée de station et paramètres climatiques mesurés (Place des Marronniers - période froide).*

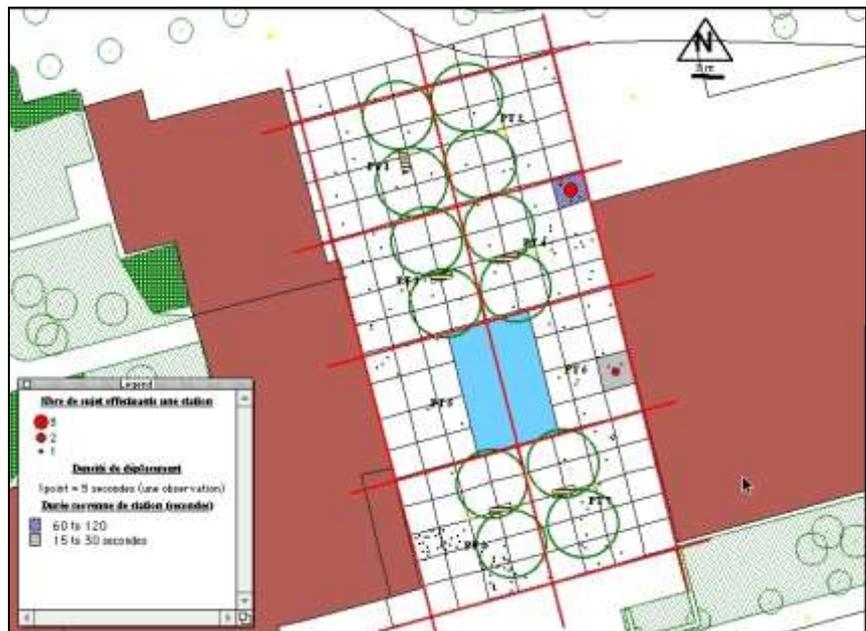
Durant la **première session**, ce sont les blocs 4, 5 et 6 qui ont été utilisés pour des stations de courtes durées. Nous remarquons que la durée de la station évolue à l'inverse de la de température sèche de l'air et de température globe. Par contre, elle a le même profil que la courbe de la vitesse et d'humidité relative de l'air.

Aux deux blocs 4 et 6 nous avons enregistré des valeurs de température globe inférieures et des valeurs de vitesse de l'air supérieures aux valeurs enregistrées au bloc 5. Cependant, c'est au bloc 5 que nous avons enregistré la station la plus courte. C'est dans la partie nord-ouest de la place (blocs 1, 2, 3 et 4) de la place, que nous avons les valeurs les plus basses de température globe.



Lors de la **deuxième session**, c'est uniquement aux blocs 4 et 6 que nous avons enregistré des stations de courtes et de moyennes durées.

Si nous revenons aux mesures microclimatiques, nous trouvons que seule la courbe de température globe montre une différence nette entre le côté des blocs 1, 3, 5 et 7 par rapport au côté des blocs 2, 4, 6 et 8. Elle est plus élevée de côté de la façade orientée sud-ouest. L'humidité par contre, elle a un profile inverse. Elle est plus importante du côté des blocs 1, 3, 5 et 7.



Pendant **la dernière session**, ce sont les blocs 1, 2 et 4 qui ont été utilisés pour effectuer des stations.

Durant cette session, tous les points étaient à l'ombre des bâtiments. Les températures sèches de l'air et les températures du globe sont restées très homogènes dans toute la place, sauf aux points 7 et 8 qui étaient à l'ombre des arbres, contrairement aux autres qui étaient à l'ombre des bâtiments. La température globe et l'humidité sont plus élevée du côté sud de la place (blocs 6, 7 et 8).



### 7.5.1.3 Place de l'Eglise

Saison	Session	Blocs utilisés pour des stations	Durée moyenne de station
	2 <sup>ème</sup> session	4	85
	3 <sup>ème</sup> session	1	1200
		3	40

Tableau 32. Blocs utilisés pour des stations (place de l'Eglise – période froide).

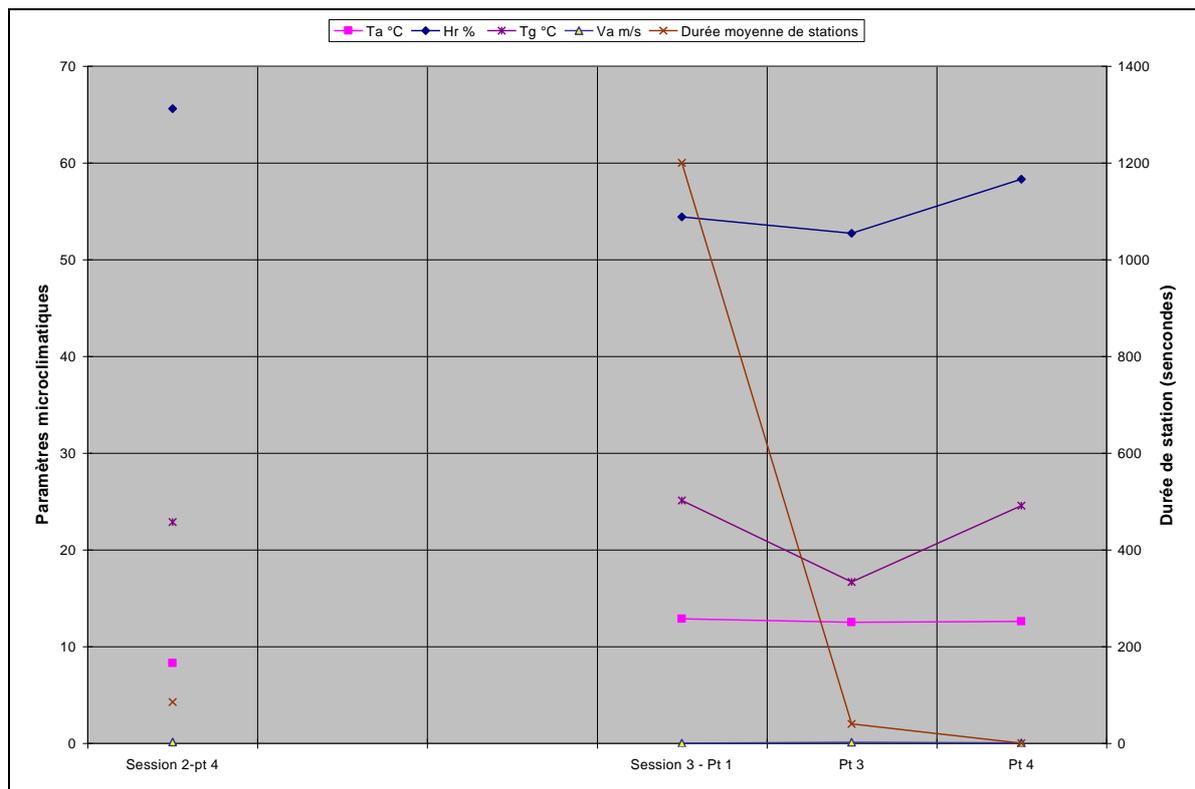


Figure 37. Durée de station et mesures des paramètres climatiques (Place de l'Eglise - période froide)

A la place de l'Eglise, aucune station n'a été enregistrée le matin.

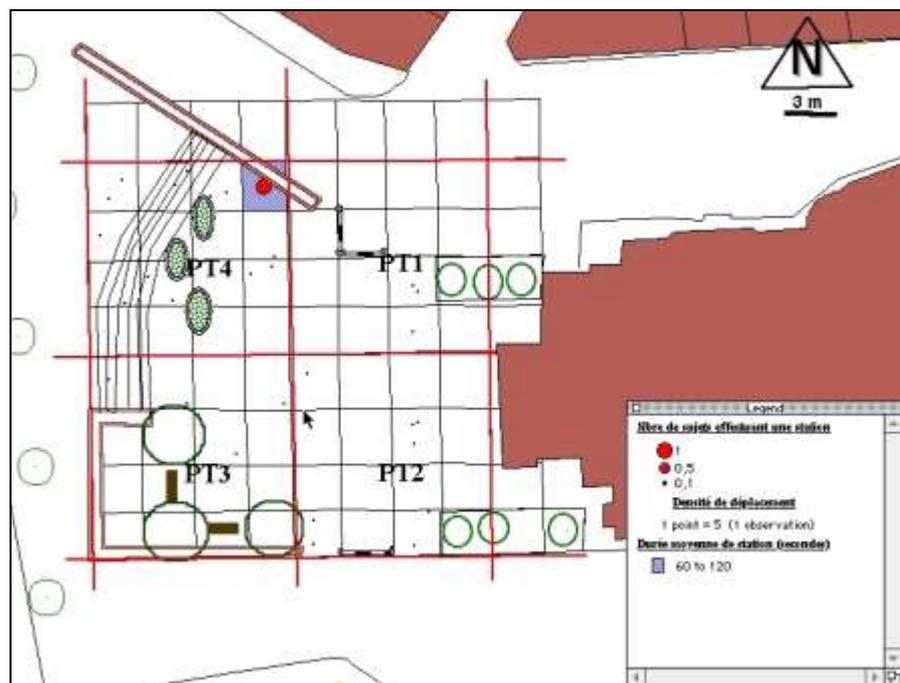
Les usagers ne faisaient que passer.



A midi, seul le bloc 4 a été utilisé pour une longue durée.

C'est un groupe de jeunes qui se sont assis sur le muret délimitant la place.

C'est au bloc 4 que nous avons enregistré les valeurs les plus élevées de température globe.



L'après-midi, c'est aux deux blocs 1 et 3 que les stations ont été effectuées.

C'est au bloc 3 que nous avons relevé les plus faibles valeurs de température globe et d'humidité.



## 7.5.2 Cheminements et trajectoires

### 7.5.2.1 Place de la Mairie

#### *Période chaude*

Nous remarquons que les trajectoires ne changent pas au cours de la journée, même si le déplacement est plus intense en début d'après-midi.

C'est la diagonale de la place qui est la plus investie par les déplacements. C'est le chemin le plus court, certainement. Cependant, c'est le côté à proximité de la façade de la Mairie qui est le plus investi en début d'après-midi et nous avons déjà vu auparavant que c'est de ce côté où on a enregistré les valeurs d'humidité les plus élevées.

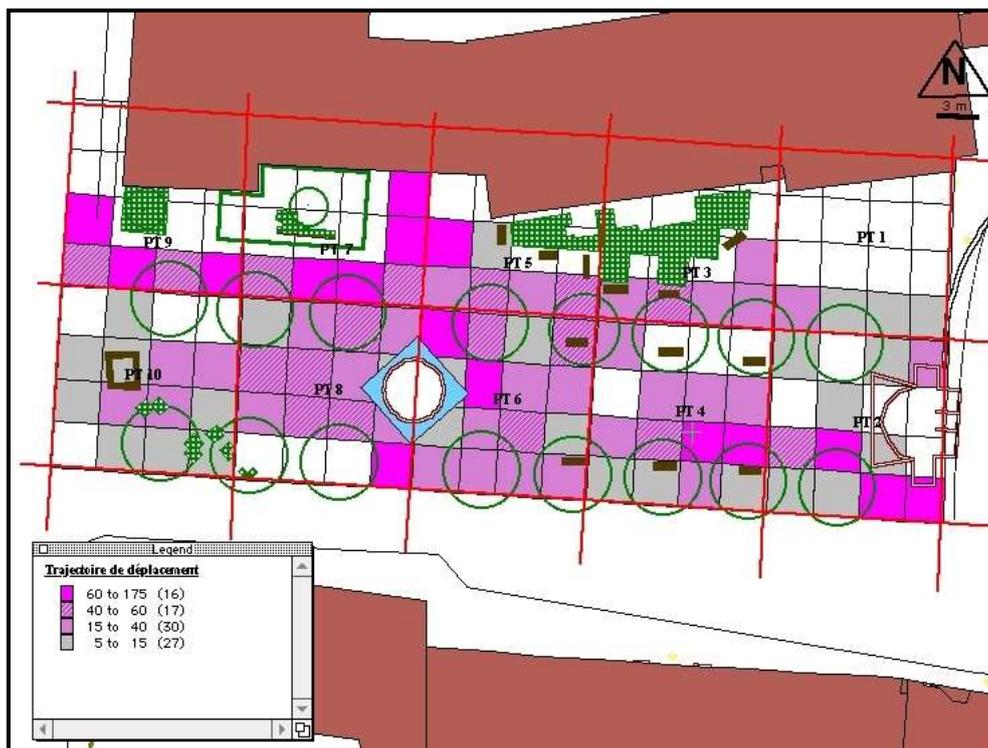


Figure 38. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude - première session)



Figure 39. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – deuxième session)

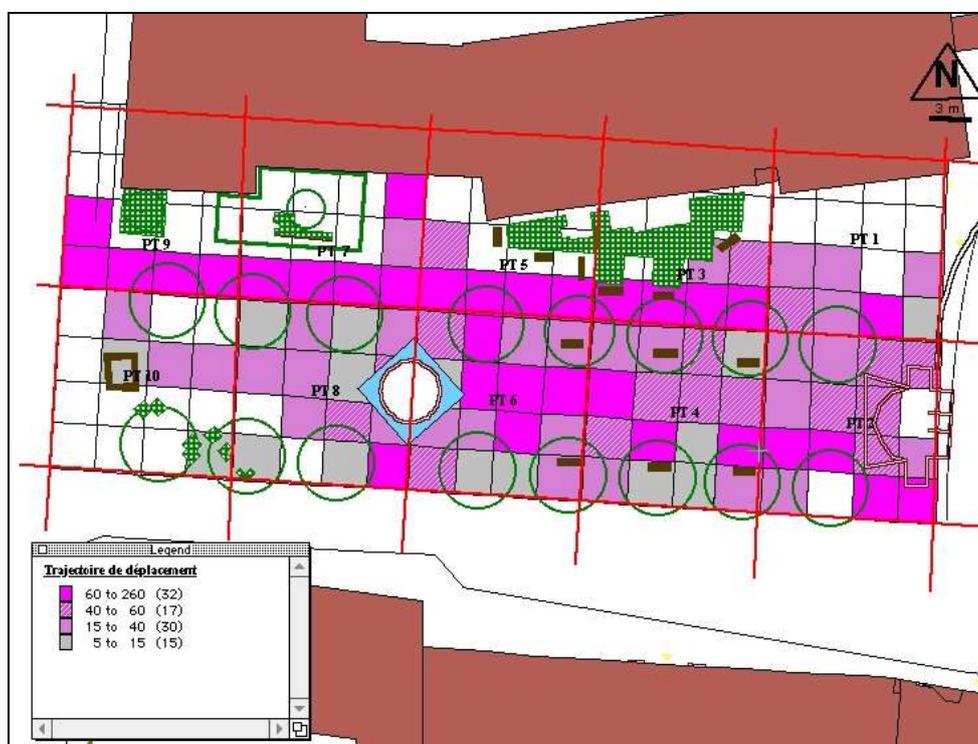


Figure 40. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – troisième session)

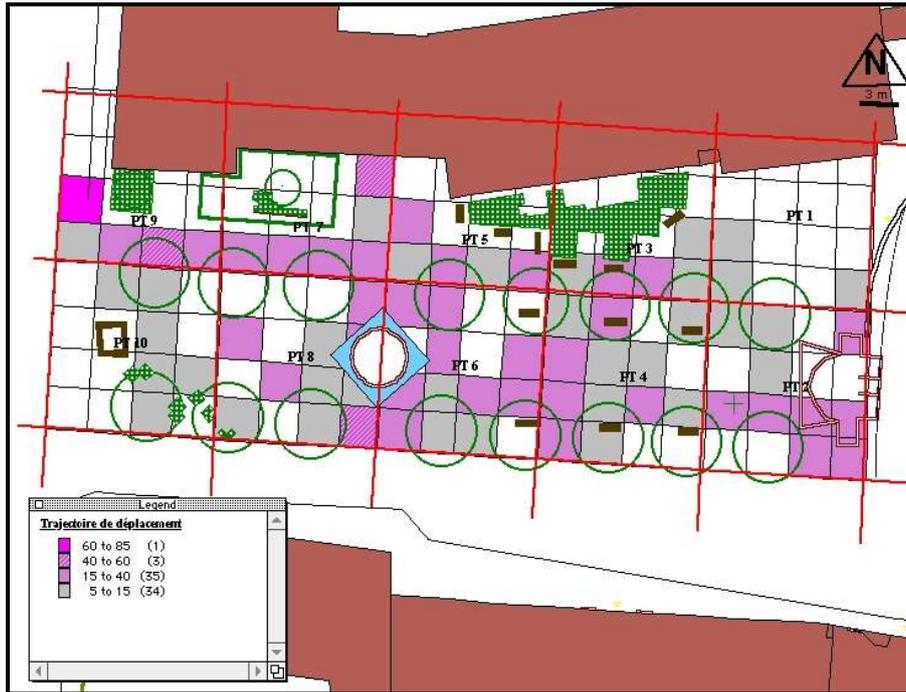


Figure 41. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – quatrième session)

### Période froide

En hiver, place de la Mairie, les trajectoires empruntées ne changent pas beaucoup par rapport à l'été. C'est toujours dans la partie nord de la place, à proximité de la façade, que nous avons observé le plus de déplacements. C'est de ce même côté que nous avons enregistré les valeurs de température globe les plus élevées associées à de faibles valeurs d'humidité comparées avec le côté sud de la place, surtout à midi.

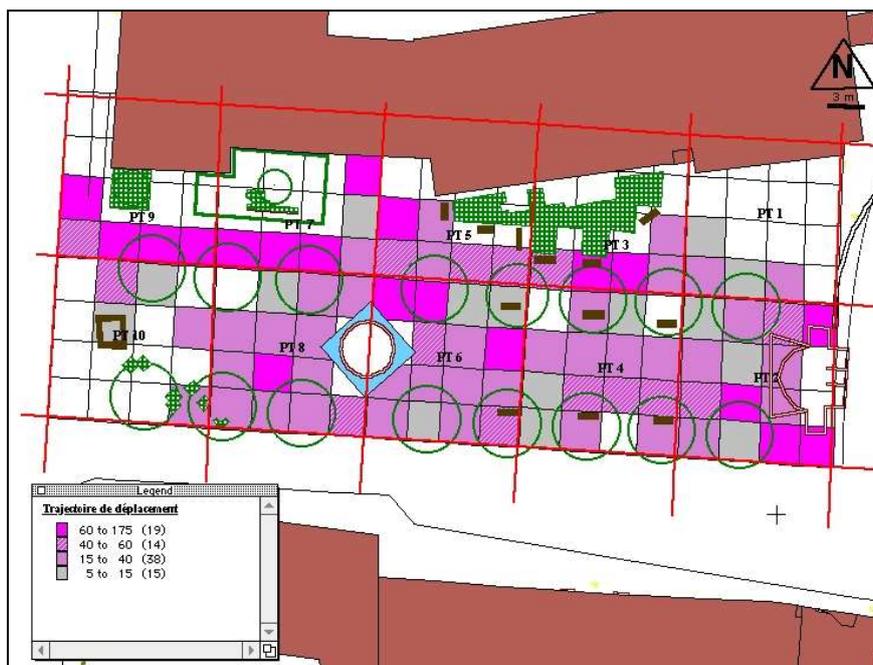


Figure 42. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – première session)

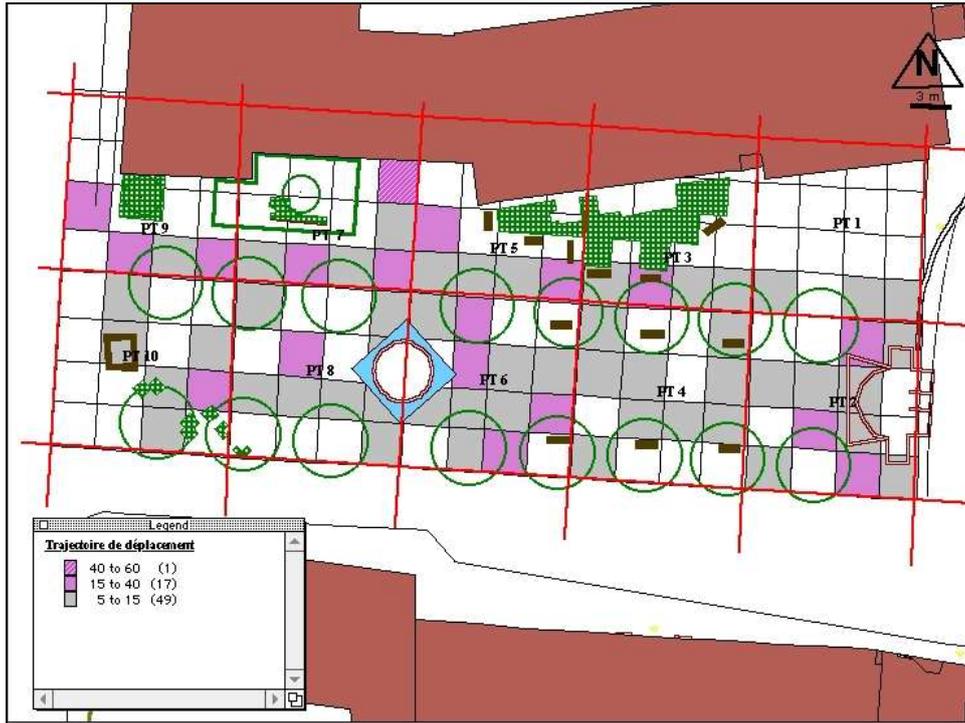


Figure 43. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – deuxième session)



Figure 44. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – troisième session)

### 7.5.2.2 Place des Marronniers

#### *Période chaude*

A la place des Marronniers, nous constatons que c'est le côté des points 1, 3, 5 et 7 à proximité de la façade sud-ouest qui est le plus investi par des usagers en déplacement surtout l'après-midi. De ce côté, nous avons enregistré des valeurs d'humidité relative et de température globe plus faibles que celles enregistrées de l'autre côté de la place.



Figure 45. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – première session)



Figure 46. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – deuxième session)



Figure 47. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – troisième session).



Figure 48. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – quatrième session)

### Période froide

A la place des Marronniers, en hiver, c'est également du côté de la façade orientée nord-est que nous avons relevé le plus de déplacement. Nous constatons également une utilisation plus intense des blocs 6, 7 et 8 en fin de journée par rapport la session d'observation du matin et celle de midi. C'est à ces trois blocs également que nous avons enregistré les valeurs de température globe les plus élevées.



Figure 49. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – première session).

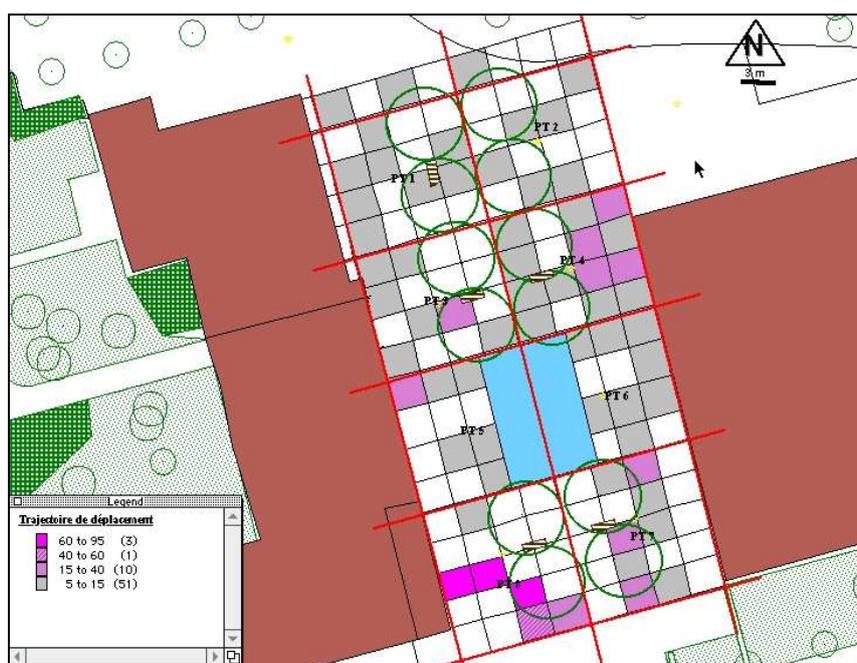


Figure 50. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – deuxième session).



Figure 51. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – troisième session).

### 7.5.3 Synthèse et discussion

L'ensemble des analyses des observations que nous venons de faire, nous permet de retenir qu'il y a plusieurs modes d'utilisation de l'espace :

- *le passage rapide « la simple transition dans l'espace »*

Ceci correspond à des personnes qui se déplacent seules, en grande partie, dans l'espace sans effectuer de station. Nous n'avons pas constaté de différence entre les moments de la journée, ni entre l'été et l'hiver. Les cheminements, les plus empruntés conduisent par exemple à la Mairie, place de la Mairie, et aux accès aux boutiques et entrées d'immeubles, place des Marronniers. D'ailleurs, s'il n'y a pas de différences entre été et hiver, c'est certainement parce que pour les déplacements, notamment pour les déplacements rapides, ce sont les caractéristiques fonctionnelles des espaces urbains qui priment. Cependant, les trajectoires les plus empruntées sont celles qui affichent les valeurs d'humidité les plus élevées en été, c'est-à-dire les plus fraîches et les valeurs de température globe les plus élevées en hiver, autrement dit, les endroits les plus chauds.

- *les déplacements de longue durée « Promenade »*

Ce sont des personnes qui se promènent, qui utilisent un bâtiment ou un magasin, qui avancent avec un chien ou un équipement mobile (poussette), avec des proportions similaires de personnes en groupe et de personnes seules. Le déplacement est plus rapide en hiver qu'en été, ce qui nous amène à dire que les usagers sont plus en promenade dans l'espace en été qu'en hiver.

En été comme en hiver, ce sont davantage des sujets qui se déplacent en groupe. 10% du temps des stations effectuées a été utilisé pour des activités ayant comme support un élément structurel de la place tel que le bord du bassin d'eau, les troncs d'arbres.

Bien que la durée moyenne de la présence sur place soit similaire en été et en hiver, la durée moyenne de station est toujours plus longue en été qu'en hiver. Ce sont de courtes stations de réajustement.

- *les stations de courtes durées*

Ce sont les petites stations, effectuées lors des déplacements avec des proportions similaires des sujets qui se déplacent en groupe ou seuls. Elles peuvent occuper plus de la moitié du temps de présence sur place.

En été comme en hiver, les stations de courte durée sont effectuées pour les mêmes types d'activités, pour un réajustement quelconque telles que ranger les courses, hésiter avant de continuer le chemin, prendre quelques choses dans le sac. En hiver comme en été, les stations de courtes durées sont plus fréquentes le matin et à midi. Elles sont légèrement de plus longue durée en hiver qu'en été. Nous avons observé une moyenne 10 secondes de plus en hiver. Nous émettons l'hypothèse qu'en hiver les usagers sont plus vêtus qu'en été, ce qui rend ces activités de réajustement plus longues.

C'est place des Marronniers où la différence *été-hiver* a été le plus marquée (57% du temps de présence sur place a été passé en station en été contre 37% en hiver). C'est place des Marronniers également qu'en hiver, le matin, de courtes stations ont été enregistrées là où nous avons enregistré les valeurs les plus basses de températures de l'air et de température globe, c'est-à-dire là où il fait le plus froid. Ceci nous amène à dire qu'il n'y a pas de liaison automatique entre les paramètres microclimatiques et les endroits où les courtes stations sont effectuées. Cependant, certaines liaisons inattendues ont été enregistrées. En été, à midi, nous avons observé des stations de courtes durées dans des blocs où la valeur de la température globe était la plus élevée, autrement dit là où il fait le plus chaud.

- *les stations de moyenne durée*

Ce sont des stations effectuées d'avantage par des personnes qui se déplacent en groupe. En hiver, bien que la durée de la présence sur place soit proche de celle d'été avec seulement 5 secondes de différence, les stations de moyennes durées sont plus longues avec 24 secondes de différence. C'est place de la Mairie que la plus grande différence a été enregistrée (41 secondes). C'est également cette place qui offre le plus grand choix d'installation, vu la présence des bancs et leur répartition dans la place.

Dans les trois places, c'est en été, en début d'après-midi (troisième session), nous avons enregistré une importante proportion de personnes en déplacement dans les places en effectuant des stations de durée moyenne. L'utilisation du mobilier urbain pour effectuer ces stations est nettement marquée.

- Place de la Mairie, en hiver, à midi et l'après-midi, c'est à proximité de la façade, que nous avons enregistré le plus de stations de moyennes durées, c'est également de ce côté que nous avons enregistré les valeurs les plus élevées de températures sèches de l'air, de température globe et également d'humidité relative.
- Place des Marronniers, en été, seul le bloc 1 a été utilisé pour une station de moyenne durée (s'asseoir sur le banc). C'est un banc qui est situé sur une des trajectoires les plus fréquentées de la place. Contrairement aux autres bancs, c'est également un banc qui offre une certaine visibilité vers l'avenue.

- *Les stations de longues durées*

Ce sont des stations effectuées autant par des personnes seules qu'en groupe, avec une légère hausse du nombre de personnes en groupe. Ce sont d'avantage des stations pour des activités ayant comme support un mobilier urbain ou un élément structurel de la place. Ce sont des personnes qui se sont assis sur un banc, en train de lire un journal, manger un sandwich, regarder le va et le vient. Les durées de station sont également plus élevées en hiver (plus de cinq minutes). Ce sont des résultats auxquels nous ne nous attendions pas. Nous avons tenté de les expliquer (cf. § 7.4.4) par le fait que ce type d'espace public minéral offre plus de possibilités pour les activités récréatives, par rapport à d'autres espaces ayant un caractère végétal. En été, les usagers préfèrent s'installer plus dans ces derniers. C'est plutôt la promenade que nous observons dans des espaces minéraux aménagés d'arbres, de bancs, et de bassins d'eau, comme les trois places qui ont été le support de cette recherche exploratoire. Nous pouvons faire l'hypothèse que le caractère minéral et aménagé des places offre plus de possibilités pour des activités récréatives comme pour des activités fonctionnelles surtout en

hiver. Les stations de moyenne ou de longue durée s'effectuent en fonction des éléments structurant la place (tronc d'arbre, bord du bassin, vitrine, muret, tableau d'affichage...) et du mobilier urbain (bancs).

Nous avons remarqué qu'en été, aucune station de moyenne ou de longue durée n'a été effectuée dans un endroit ensoleillé. Les endroits où les usagers ont effectué de longues stations sont ceux où nous avons enregistré les valeurs les plus élevées d'humidité relative de l'air. Autrement dit, là où il fait plus frais où là où il y a de l'ombre.

- Place de la Mairie, les blocs 4 et 6 ont été utilisés pour une station de longue durée en hiver et de moyenne durée en été. Les blocs 3, 5 et 7 sont les blocs qui ont été le plus utilisés pour une station prolongée en été. La partie nord de la place a été utilisée pour de courtes et de longues stations. Les points au côté nord de la place affichent des valeurs de température globe et d'humidité plus élevées que celles enregistrées au côté sud. La vitesse de l'air par contre évolue à l'inverse, elle est plus élevée côté sud de la place.
- Place de l'Eglise et place des Marronniers, les stations de longue durée sont fonction de l'aménagement et le mobilier urbain, spécialement les bancs publics. Place de l'église, en hiver, le seul endroit aménagé avec des bancs et des arbres se démarque clairement par une faible température globe associée à une faible vitesse de l'air, par rapport aux autres points. Cependant, c'est l'endroit qui a été utilisé pour des stations de longue durée.

Il est extrêmement difficile de faire abstraction des aspects fonctionnels des lieux. Cependant, l'ensemble des analyses menées, dans cette section ont montré qu'il y a des différences sensibles dans la fréquentation et dans la nature des activités entre l'été et l'hiver. Les personnes qui fréquentent les places en été, les traversent simplement, en hiver. Sans prétendre confirmer que des changements du microclimat ont un impact sur le nombre de personnes fréquentant l'espace ou sur la réduction du temps de présence sur place, nous pouvons remarquer qu'une grande différence entre l'été et l'hiver a été observée. Le nombre de personnes fréquentant les places en été double pratiquement par rapport à l'hiver. La durée de passage et d'arrêt sont plus importantes en hiver qu'en été.

Il est clair que nous ne pouvons pas confirmer qu'il y ait ou pas une incidence directe des variations microclimatiques sur les pratiques et les usages en espace public extérieur étant donné que notre méthode n'a été appliquée que sur trois places. Cependant, nous pouvons avancer que l'utilisateur effectue ses stations et ses déplacements en fonction de l'aménagement et du mobilier de la place ou en fonction de la raison de sa présence sur place. Le microclimat n'intervient que de façon secondaire. Ceci rejoint les résultats des analyses des questionnaires. Il semble que le climat seul ne suffit pas pour rendre un lieu agréable, il participe à valoriser ou dévaloriser les caractéristiques physiques de l'espace. Par conséquent, le choix d'installation passe d'abord par l'aspect visuel et fonctionnel de l'espace.

Les types de données recueillies offrent plusieurs possibilités d'analyse statistique, si l'échantillon des sites d'études était plus large, des analyses de corrélation entre les différents paramètres climatiques et la durée des stations, l'analyse de régression multiple permettrait de voir quels paramètres constituent des prédicteurs de la durée des stations. Ils permettraient également de faire une classification des blocs selon leurs caractéristiques microclimatiques. Une telle classification permettrait de tester s'il y a des différences significatives dans la durée

des stations effectuées sur les différents types de blocs microclimatiques. Ceci permettrait peut-être d'avoir des résultats « généralisables ». Cependant, étant donnée le temps qu'il a fallu pour réaliser le codage des observations vidéo et la limite du temps de cette thèse, nous n'avons pas pu étaler l'étude sur d'autres aspects que ceux développés le long de ce manuscrit.

## 7.6 Conclusion

Les études de cas présentés dans ce chapitre nous ont permis non seulement de développer un exemple concret de mise en liaison des données microclimatiques et comportementales, mais ont apporté également un éclairage sur les capacités d'une telle méthode quant à l'analyse de l'impact des caractéristiques microclimatiques sur l'usage et les activités en espace public extérieur. Ainsi, les différentes techniques utilisées ont été illustrées.

L'analyse microclimatique nous a permis de déceler que ce sont les deux mesures de la température globe et d'humidité de l'air qui traduisent le plus l'impact du cadre bâti sur les mesures microclimatiques. Nous avons constaté que l'apparition du soleil et la durée d'exposition au cours de la journée jouent un grand rôle dans la création de différences microclimatiques entre les différents lieux de la place. Nous avons vu également l'importance des différences d'aménagement urbain spécialement les arbres et la végétation et l'orientation des façades au soleil et la nature des matériaux dans la création de zones microclimatiques variées. Nous avons remarqué l'importance de l'« ombre » des arbres dans la création d'une certaine homogénéité des conditions climatiques.

L'analyse des questionnaires a révélé que les paramètres climatiques les plus évoqués, sont ceux liés à l'ensoleillement. L'aspect climatique a été reconnu par les usagers comme l'un des éléments participant aux choix de l'emplacement (lorsque les usagers souhaitent s'arrêter), ou des cheminements parcourus. Nous avons également remarqué que les usagers qualifient ou disqualifient l'espace de par ses caractéristiques climatiques propres et que la gêne est fortement liée aux types d'usage que la personne fait de l'espace. Le climat intervient en second lieu, dans la perception de l'ambiance. Il n'y a pas de lien perçu entre les critères typomorphologiques et microclimatiques. Il est perçu comme un élément du microenvironnement, et les conditions climatiques sont alors liées aux types d'aménagements en place. C'est seulement par la présence d'aménagements que les usagers perçoivent la possibilité d'améliorer le bien-être climatique.

Les observations ont montré qu'il y a des différences sensibles dans la fréquentation et dans la nature des activités entre l'été et l'hiver. Les personnes qui fréquentent les places en été, ne font que la traverser en hiver. Nous avons observé que le nombre de personnes fréquentant les places en été double pratiquement en hiver. La durée de passage et d'arrêt sont plus importantes en hiver qu'en été. Nous pensons que ceci est dû au caractère minéral et aménagé des places qui offre autant de possibilités pour des activités récréatives que pour des activités fonctionnelles. Nous avons également constaté que les stations de moyenne ou de longue durée s'effectuent en fonction des éléments structurant la place (tronc d'arbre, bord du bassin, vitrine, muret, tableau d'affichage...) et du mobilier urbain (bancs). Nous avons remarqué qu'en été, aucune station de moyenne ou de longue durée n'a été effectuée dans un endroit ensoleillé et que les endroits où les stations de longues durées ont été effectuées sont ceux où il fait plus frais et où il y a de l'ombre sur place.

Cet ensemble de résultats souligne que c'est dans l'usage récréatif des espaces publics que leurs caractéristiques climatiques sont perçues comme importantes, et pris en compte dans les

choix d'installation et des déplacements par les usagers. La perception d'une ambiance agréable et l'utilisation d'un mobilier passe d'abord par l'aspect «visuel et fonctionnel » avant l'aspect « perçu et ressenti climatique ». Si on va chercher à investir un lieu, c'est pour les caractéristiques physiques qu'il présente, pour les possibilités et les choix d'emplacement que son aménagement offre ou parce qu'il y a une attraction fonctionnelle quelconque. Le climat intervient, en deuxième position.

Nous avons montré également que la structure des deux logiciels (MapINFO et VisualDBASE) permettent de rajouter d'autres paramètres, de faire des sélections, de développer des programmes de calculs et de mettre en liaison les données.

Nous pensons que cette approche interdisciplinaire peut aboutir à la possibilité de coupler et de mettre en liaison différents types d'indicateurs, non pas pour obtenir une réponse exacte pour une situation de confort en espace extérieur, mais plutôt pour évaluer l'incidence d'une décision d'aménagement sur les usages et les fréquentations.

Nous sommes conscients que ce genre d'approche est délicat car aucune validation ne nous permet d'affirmer de manière définitive, la réalité de l'état de bien-être en espace public. Cependant, en absence de modèle de « confort » reconnu en espace extérieur, ces techniques nous aident à mieux définir les effets du microclimat sur l'individu. En effet, nous ne prétendons pas apporter des critères absolus de quantification de l'usage en espace public extérieur traduisant un certain état de bien-être et de confort : cela nécessiterait un travail de validation qui n'est pas envisagé dans le cadre de cette thèse. Néanmoins, par une comparaison des résultats, par une analyse différentielle des situations, une telle démarche doit permettre d'apporter des informations pertinentes dans la problématique de l'usage, du confort et du bien-être en espace extérieur si nous considérons la « qualité climatique » d'un espace dans sa conformité avec l'usage.

Enfin, il est important de rappeler que les appréciations et les perceptions individuelles concernant le microclimat peuvent être très diversifiées et diversement affectées, c'est pourquoi, il est utile d'établir des indices prédictifs de taux, de densité et de stabilité de l'occupation de l'espace.

## 8 Conclusion

Cette deuxième partie du manuscrit, met en avant notre contribution à la mise en liaison des conditions microclimatiques avec l'usage en espace public extérieur, ainsi la caractérisation de l'impact des conditions et des variations du microclimat sur l'usage et les activités en espace public extérieur.

Nous avons articulé notre discours autour des trois techniques utilisées (les mesures microclimatiques, l'observation vidéo et l'enquête) en deux phases :

La première phase a consisté à présenter la manière dont nous avons mis en liaison l'ensemble des données microclimatiques et comportementales.

Le choix de la technique de la mesure in-situ nous semble tou-a-fait justifié. La mise en liaison avec des données concernant l'individu (sa perception et son usage de l'espace) nécessite d'envisager des situations de confrontation de données. C'est la technique qui nous semble le plus adapté à l'analyse des ambiances climatiques en espace extérieur. L'analyse des ambiances microclimatiques vis les mesures in-situ est également l'une des préoccupations du laboratoire GRECO où ce travail de thèse a été effectué.

Le choix de la technique de l'observation, quant à lui, il permet de contourner le problème de l'appréciation subjective des individus sur leur propre comportement. Les interviewés ne s'expriment par le langage spontanément que rarement concernant le climat, ses paramètres et ses variations. Ainsi, la technique de l'observation s'avère intéressante à appliquer. Cependant, l'inconvénient de cette méthode reste l'investissement temporel très important qu'elle implique et le transfert de la subjectivité de l'utilisateur à celle de l'observateur.

Le questionnaire quant à lui, est une technique qui complète la technique de l'observation.

La deuxième phase a consisté en l'application de cette démarche à une étude de cas et a permis de souligner les informations qu'il est possible de recueillir en opérant de la sorte. L'utilisation des deux logiciels (MapINFO et VisualDBASE) permet de rajouter d'autres paramètres, de faire des sélections, développer des programmes de calculs et de mettre en liaison des données. Cependant, la méthodologie proposée permet de remplacer ces deux outils par d'autres logiciels offrant des aptitudes équivalentes. De plus, si la démarche générale apporte l'ensemble des informations nécessaires à l'analyse de l'usage en espace extérieur, elle peut être reprise dans d'autres types d'études visant à caractériser l'usage dans d'autres conditions d'ambiances extrêmes (venté, froid, chaud,...) et d'autres types d'espace publics.

## Conclusion générale et perspectives

Avant de présenter les conclusions et les perspectives de cette thèse, nous tenons à rappeler qu'elle s'inscrit dans une approche interdisciplinaire développée par un ensemble de laboratoires de recherches au sein des écoles d'Architecture (le CERMA à Nantes, le groupe ABC à Marseille, le CRESSON à Grenoble et le GRECO à Toulouse). C'est dans ce contexte que cette thèse a été donc initiée, en s'appuyant sur les capacités du laboratoire d'accueil (le GRECO) fortement intéressé par les ambiances climatiques et leur intégration dans la pratique de la conception architecturale et urbaine. Cette étude aborde une question rarement ou peu traitée jusqu'à maintenant, la question de l'usage et les activités et son rapport avec le microclimat en espace public extérieur.

Afin de mener à bien notre recherche, nous avons établi une collaboration avec le Laboratoire de Psychologie Environnementale (LPEnv-CNRS-Université Paris V). Etant architecte de formation, titulaire d'un DEA « Ambiances Architecturales et urbaines », avec un encadrement fortement scientifique, cette collaboration nous a été très utile. Nous pouvons même dire qu'elle était indispensable dans la mesure où nous couplons le domaine de la microclimatologie urbaine avec celui de la psychologie de l'environnement, une discipline qui était totalement nouvelle pour nous.

En nous intéressant à l'impact du microclimat sur l'usage et les activités, nous avons voulu contribuer à une réflexion nécessaire sur les moyens d'intégration des éléments concernant l'individu et l'usage qu'il fait de l'espace dans les préoccupations concernant la conception et l'aménagement de l'espace urbain, en cherchant notamment à contribuer au développement des modèles de comportement du piéton ou des modèles estimant le confort en espace extérieur.

Durant ces dernières décennies, la relation et l'interaction entre le climat et la morphologie urbaine est devenue une préoccupation importante. En effet, le climat urbain est fortement perturbé par la structure même de la ville, par les matériaux utilisés, par les surfaces de végétal, par les activités antropogéniques qui s'y développent. La ville en modifiant le climat agit directement sur les problèmes de santé liés aux vagues de chaleurs et de pollution, sur le confort en espace extérieur et sur la consommation d'énergie dans les bâtiments. Parallèlement, des exemples de propositions en accord et en harmonie avec l'environnement démontrent qu'il est possible de réguler certaines nuisances.

Notre contribution a permis le développement d'une méthodologie de mise en liaison des données microclimatiques issues des mesures et des données concernant les pratiques des usagers issus de l'observation vidéo et d'enquêtes. Nous avons en effet essayé de montrer que c'est par un travail de « quantification » de l'aspect « qualitatif » de l'usage que les individus font de l'espace que nous pouvons accéder à la mise en liaison entre le microclimat et les usages et les activités en espace public extérieur.

Si nous reprenons la structure du manuscrit, nous rappelons que cette démarche a été effectuée en deux étapes d'intervention :

- La première étape est basée sur une synthèse bibliographique relative aux deux domaines : la microclimatologie urbaine et la psychologie de l'environnement, notamment la relation que l'individu entretient avec le milieu urbain.
- La deuxième étape a porté plus spécifiquement sur notre propre contribution dans la mesure où nous avons dû concevoir une méthode à partir de différentes techniques. Pour le traitement des données, nous avons utilisé essentiellement deux logiciels que nous avons interfacés et utilisés l'un pour compléter l'autre. Ainsi, des développements de programmes de calculs ont été réalisés. Une application sur trois places publiques a permis d'illustrer notre approche.

Dans cette étude, nous avons envisagé l'impact de la ville sur le climat à une échelle que nous avons qualifiée de microclimatique, l'échelle de l'espace public. En nous plaçant au niveau de la rue, du quartier, du parc ou du square, les interactions entre l'environnement bâti et climat sont immédiates et peuvent induire des phénomènes qu'il est nécessaire de bien comprendre de manière à pouvoir faire des propositions constructives pour diminuer, voir supprimer les conséquences néfastes et nuisibles d'un aménagement non réfléchi. Ainsi, nous avons passé en revue les différents phénomènes physiques d'interaction entre le milieu urbain et le climat. Cette connaissance théorique, a permis de définir certaines notions et a mis en exergue la complexité des échanges entre climat et milieu urbain.

En analysant les principaux résultats d'études menées dans le domaine de la climatologie urbaine, nous avons pu mettre en évidence certaines caractéristiques de la morphologie urbaine en vu d'une tentative de les relier directement aux conditions microclimatiques résultantes. Les différentes recherches dans ce domaine s'appuient généralement soit sur des campagnes de mesures, soit sur essais en soufflerie, soit sur des simulations numériques. La technique de mesure nous a paru la plus intéressante comparée à nos objectifs et nos hypothèses. Avant de présenter notre contribution dans la deuxième partie de ce document, nous avons recensé les paramètres microclimatiques les plus significatifs pour caractériser une situation microclimatique en espace public extérieur. Nous nous sommes rendus compte rapidement de la complexité de la question des microclimats étant donnée le caractère fluctuant de l'ensemble des paramètres climatiques qui non seulement interagissent avec le milieu bâti mais aussi sont en interaction perpétuelle les uns avec les autres.

Ainsi, pour une caractérisation fiable, la mesure doit être répétée plusieurs fois et nécessite des appareils de mesure permettant une mesure simultanée de l'ensemble des paramètres climatiques. Certaines autres mesures s'avèrent difficiles à réaliser. Nous nous sommes donc limités à quelques paramètres mesurables. Nous nous sommes rendus compte également que pour une meilleure caractérisation microclimatique des lieux, les mesures doivent être effectuées en conditions stables : vents faibles et ciel clair, étant donné que le vent fait fluctuer de façon considérable les autres paramètres du climat ; surtout l'humidité et la températures de l'air. La couverture du ciel contribue également à augmenter les multireflexions.

Cette introduction à la microclimatologie urbaine a été complétée dans le deuxième chapitre par les relations qu'entretient l'individu avec son milieu urbain. En guise de préliminaire sur l'impact du milieu bâti sur le comportement et les activités des usagers, nous avons tenu à signaler les différentes approches de l'étude de la relation « personne/environnement ». Nous nous sommes concentrés sur les différentes approches cherchant à qualifier cette relation et à analyser les comportements des individus. Nous avons vu que la morphologie du milieu bâti, sa structure, ses caractéristiques physiques (éclairage, couleur, largeur, profondeur ...) agissent sur l'individu, sa perception et son évaluation, ses attitudes, cependant il est quasiment impossible de confirmer que notre environnement détermine nos pratiques, nos perceptions. En milieu urbain et quand il s'agit d'étudier l'utilisateur, il y a une interaction de plusieurs facteurs et paramètres que nous ne pouvons contrôler. Ce qui nous amène à simplifier nos questions, de chercher à traduire l'usage sous forme d'indicateurs simples tels que durée de déplacement (rapidité), durée de station, densité et taux d'occupation de l'espace. Des simples indicateurs qui peuvent être mis en relation avec des indicateurs microclimatiques des lieux (température, vitesse du vent, humidité...) et des variations journalières ou saisonnières de ces derniers.

Cette accumulation de connaissances, dans les deux domaines, était nécessaire et même indispensable pour passer à la deuxième partie de ce travail qui correspond à notre contribution. Dans cette deuxième partie du document, nous avons présenté le plus simplement possible la méthode que nous avons réalisée pour mettre en liaison des données d'observation comportementale et les données microclimatiques. Cette méthode a été illustrée sur trois places publiques à la ville de Blagnac.

Pour avoir une caractérisation microclimatique, nous avons collecté des données climatiques. Nous nous sommes focalisés sur seulement deux journées, une journée chaude et une autre froide sous des conditions de vents faibles. Ces deux situations permettent de vérifier l'impact des variations microclimatiques sur l'usage et les activités.

Au-delà des rappels concernant les différentes techniques utilisées (questionnaire, observation et mesures) pour mener à bien l'étude, l'analyse des résultats des questionnaires montre que les paramètres climatiques sont changeants et perçus comme tels. Le climat est reconnu comme l'un des éléments participant aux choix de l'emplacement (lorsque les usagers souhaitent s'arrêter) ou des cheminements parcourus. Globalement, les usagers ont tendance à s'exprimer davantage sur le climat des sites en été qu'en hiver.

Nous avons vu qu'il y a une perception des variations microclimatiques par les usagers, mais il n'y a pas de lien perçu entre les critères typo-morphologiques et microclimatiques. Ils sont indépendants aux yeux des usagers. Le climat seul ne suffit pas à rendre un lieu agréable, il participe à valoriser ou dévaloriser les caractéristiques physiques du site. Par conséquent, la perception d'une ambiance agréable passe d'abord par l'aspect visuel, du milieu construit, avant l'aspect ressenti climatique.

Les observations ont confirmé les résultats obtenus à travers les questionnaires. Elles démontrent des différences sensibles dans la fréquentation et dans la nature des activités entre l'été et l'hiver. Les personnes qui fréquentent les places en été, la traversent simplement pour se rendre quelque part, en hiver. Nous ne pouvons pas confirmer que des changements du

microclimat sont conséquents sur le nombre de personnes fréquentant l'espace ou sur la réduction du temps de présence sur place, cependant nous signalons que nous avons enregistré une grande différence entre l'été et l'hiver. Le nombre de personnes fréquentant les places en été double pratiquement par rapport à l'hiver. La durée de passage et d'arrêt sont plus importantes en hiver qu'en été.

Nous ne pouvons pas confirmer qu'il y ait ou non d'influence directe du climat sur les pratiques et les usages en espace public étant donné que nous n'avons appliqué notre méthode que sur trois places. Cependant, bien qu'il semble que les stations se font en fonction des trajectoires empruntées. Les observations des trois places ont montré qu'en hiver, les trajectoires les plus empruntées coïncident avec les valeurs de température globale les plus élevées associées à des valeurs d'humidité relative les plus basses. En été, par contre, seul sur la place de la Mairie, nous avons observé que les trajectoires les plus empruntées coïncident avec les endroits où nous avons relevé les valeurs d'humidité les plus élevées. Place des Marronniers, c'est le contraire, bien que ce passage affiche des valeurs faibles d'humidités associées à des valeurs élevées de température globale : cela n'a pas empêché que ça soit le passage le plus utilisé pour le déplacement dans la place.

En été, comme en hiver, les stations de moyennes et de longues durées sont effectuées d'avantage l'après-midi et dans les endroits où il y a présence d'éléments d'aménagement urbain, d'un mobilier urbain ou d'un élément structurel de la place. (bord du bassin, muret, ...). En été, nous n'avons enregistré aucune station de longue durée dans les parties ensoleillées des trois places. En été, l'après-midi, place de la Mairie, les endroits les plus utilisés sont ceux où les valeurs les plus élevées d'humidité relative et également de température globale ont été enregistrées.

Les résultats recueillis des observations rejoignent donc ceux de l'analyse des questionnaires. L'utilisateur effectue ses stations et ses déplacements en fonction de l'aménagement et du mobilier de la place ou en fonction de la raison de sa présence. Le microclimat n'intervient que de façon secondaire.

Il faut également le reconnaître, dans les trois places choisies, nous n'avons pas de différences très nettes concernant les caractéristiques microclimatiques, entre les différents blocs. Cela nous amène à parler des perspectives possibles de ce travail. Même si de nombreux objectifs de départ sont atteints, de nombreuses améliorations peuvent être apportées de manière à rendre encore plus précise l'analyse de l'impact du microclimat sur l'usage en espace public extérieur. Une recherche sur un sujet aussi vaste que celui abordé ici doit s'envisager sur le long terme et nous pouvons proposer deux types de perspectives principales à ce travail de thèse :

Le premier type de perspective concerne les améliorations liées aux techniques utilisées (l'observation vidéo, les mesures et l'enquête auprès des usagers). Parmi celles envisageables, nous proposons de :

- faire des observations ciblées, aux endroits où des effets climatiques sont remarquables. Pour cela, le choix des sites d'étude doit être basé sur des critères de variabilité et de contraste microclimatique. Il ne faut pas faire une observation de l'ensemble de l'espace,

mais se focaliser sur des lieux bien caractérisés climatiquement (effet aérauliques, effets thermiques). Il serait intéressant également d'appliquer la méthode développée sur d'autres espaces publics.

- varier les conditions climatiques, il sera intéressant de faire des observations par temps venté, couvert, de faire des observations durant les deux saisons intermédiaires : le printemps et l'automne. Il serait également intéressant de multiplier les observations par condition climatique. Autrement dit, avoir au moins trois jours d'observation pour la même condition climatique afin de vérifier la stabilité des phénomènes observés.
- faire des observations plutôt le week-end. La fréquentation des lieux peut être très significative par rapport aux conditions du climat. Les usagers sont plutôt pour des activités facultatives « récréatives » : tel que se promener, profiter du soleil ...
- effectuer les enquêtes plutôt en été. L'été est plus propice à s'exprimer sur le climat d'une part et à explorer l'espace d'autre part.
- intégrer des indices de confort tels que le PMV, en plus des facteurs climatiques mesurés.

Le deuxième type de perspective concerne les applications envisageables. Nous pensons que notre contribution donne quelques éléments simples, qui peuvent être intégrés à un modèle de calcul de « confort » en espace extérieur si nous considérons la « qualité » d'un espace dans le degré de conformité entre l'usage et les conditions physiques de l'environnement par exemple :

- la durée moyenne de présence sur site, en été et en hiver.
- la durée moyenne du temps de passage (traversé) dans le site, en été et en hiver.
- le nombre de personnes fréquentant les lieux en été et en hiver, et si possible : matin, midi et après-midi.
- le type stations effectuées (courte, moyenne ou longue) en été et en hiver par rapport au temps de présence total sur place.
- le nombre de personnes effectuant une station de moyenne ou de longue durée par rapport à l'ensemble des personnes traversant simplement l'espace.

A un niveau plus large, celui d'un tissu urbain, par exemple, il serait possible de prendre comme indicateur le temps moyen passé dans un espace. Se basant sur des enquêtes, il serait possible de définir les espaces publics dans lesquels les usagers passent la plus grande partie de leurs temps, ceux qu'ils fréquentent en dehors de leurs temps de travail, ceux qu'ils ne fréquentent jamais et qu'ils ne connaissent pas, même s'ils sont physiquement proches, combien de temps, ils passent en moyenne dans ces espaces.

Ces types d'indices concernant l'usage de l'espace peuvent nous donner une indication concernant l'usage. Une fois collectés sur site, ils peuvent être corrélés avec d'autres indicateurs soit morphologiques ou climatiques plus complexes.

Ces nombreuses perspectives montrent que ce domaine de recherche émergent offre de nombreux développements possibles dont nous défrichons modestement dans ce travail certaines voies interdisciplinaires nouvelles. Il connaîtra, probablement dans les années à venir sous la pression de la montée en puissance des préoccupations environnementales et de la « vague » du développement durable, un essor important.

## 9 Références bibliographiques

## 9.1 Microclimat urbain et confort

- ABC (Le Groupe) (1997), Morphologie, végétal et microclimat urbain : cas Aix-en-Provence Et Nîmes, Tome 2 : Les Mesures, École d'Architecture de Marseille-Luminy, 169 p.
- ADOLPHE L. (2000.a), SagaCITES : Vers un système d'Aide à la Gestion des Ambiances urbaines, rapport scientifique intermédiaire, Ecole d'Architecture de Toulouse, Mendataire : GRECO, Partenaire : LTMU-IFU-CNRS n° 7543, ABC-EAML, IRPHE-UMR-CNRS n° 6594, Novembre 2000.
- ADOLPHE L. (2000.b), *Vers une modélisation spatiale simplifiée de la complexité morphologique urbaine : application à l'analyse de la performance environnementale des villes*, In : Conférence IBPSA'2000 Modélisation et simulation des bâtiments, Qualité environnementales des bâtiments et simulation, 26–27 octobre, Sophia Antipolis, France.
- ADOLPHE L. (1999), *Urban morphology and microclimate of open space*, In rebuilding the city of tomorrow, 3<sup>rd</sup> Conference, Barcelone, October 4 - 6.
- ADOLPHE L. (1998), (sous la direction de), Ambiances architecturales et urbaine, les cahiers de la Recherche Architecturale, n° 42/43, Parenthèse, Paris, Septembre 1998, 251 p.
- ADOLPHE L. (1996), *Towards a geocoded information system for environmental conscious design of urban projects*, In : 4<sup>th</sup> European conference on architecture, 26- 29 March, Berlin, Germany, pp. 306-309.
- ADOLPHE L. & al. (1996), Vers un développement urbain durable : l'interaction entre l'habitant, bâtiment et environnement, Région Midi-Pyrénées, Pôle Environnement, Rapport final, Octobre 1996, CEE, 150 pp. + 150 pp. Annexes.
- Agence Francaise Pour La Maitrise De L'energie (1989), Qualité Thermique des Ambiances, Cahiers Pédagogiques Thermique et Architecture, Abbeville, Tome 1 : 67 p. Tome 2 : 111p.
- BARNAUD G. (1996), Introduction à l'aérodynamique du cadre bâti, Problématique du microclimat urbain : vent et confort, Champ de vitesse dans les ensembles bâtis, Cours de DEA « Ambiances Architecturales et Urbaines », École d'Architecture de Nantes. 61 p.
- BELCHUN B. (1996), *Facteurs de continuité des ambiances architecturales et urbaines*, In : Paysage et ambiances, Actes des 3<sup>ème</sup> rencontres des doctorants des Écoles d'Architectures, Ministère de la culture, DAU-BRA, École d'Architecture de Toulouse, pp. 2-10.
- BENNADJI A. IZARD J-L. COTE M., (1998), *Adaptation microclimatique dans les zones arides*, In : 2<sup>ème</sup> Conférence Européenne Performance énergétique et qualité des ambiances dans le bâtiment et 3<sup>ème</sup> Conférence Internationale sur la Qualité de l'air intérieur, ventilation et économie d'énergie dans les bâtiments, proceedings of EPIC'98, Guarracino

- G. (ed.), 19 – 21 novembre, Lyon, pp. 685-690.
- BIETRI J., (1996), Action du vent sur les constructions, Cours de DEA : Ambiances Architecturales et Urbaines, École d'Architecture de Nantes, 38 p.
- CHATELET A., FERNANDEZ P. & LAVIGNE P. (1998), Architecture climatique : une contribution au développement durable, Tome 2 : concepts et dispositifs, EDISUD, 159 p.
- CSTB (1996), Cours de DEA » Ambiances Architecturales et Urbaines » : Cour n°1 : Climatologie urbaine, Cour n° 2 : Physique de l'atmosphère, cour n° 3 : Aspect physique du confort hygrothermique, CERMA, École d'Architecture de Nantes, 1996 – 1997, 40 p.
- DELAUNAY D. (1986), *Microclimat d'une rue*, In : Actes de colloque Conception des formes urbaines et contrôle énergétique, CSTB, Nantes, 24-25 Avril, pp. 34-44.
- DE SCHILLER S. & EVANS J. M. (1998), *Rediscovering outdoor living space Design from the outside*, In : Environmentally friendly cities, Proceeding of PLEA'98, Lisbon, Portugal, 153 - 146 p.
- DUCHENE-MARULLAZ P. (1980), Recherche exploratoire en climatologie urbaine, CSTB de Nantes, 1980, 108 p.
- ESCOURROU G. (1996), (Étude réalisée sous la direction de), Climat et microclimat urbains pollution atmosphérique et nuisances météorologiques localises, Institut D'aménagement Et D'urbanisme, La région d'île-de-France, 162.
- ESCOUROU G. (1995), *Les particularités du climat urbain*, In : journée du CUEPE Energie et climat urbain, Genève le 1<sup>er</sup> septembre, 7 p.
- ESCOURROU G. (1991), *Le climat et la ville*, Nathan, 190 p.
- ESCOURROU G. (1981), *Climat et environnement les facteurs locaux du climat*, Massons, 180 p.
- ESCOURROU G. (1978), *Climatologie Pratique*, Massons, Collection Géographie, Paris, New York, Barcelone, Milan, 172 p.
- FORWOOD B., HAYMAN S. & SRINIVAS TADEPALLI (1999), *Thermal comfort in urban spaces*, In : Biométrology and urban climatology at the turn of the millennium, proceedings actes of ICUC/ICB 99, Sidney 8-12 Novembre, 6 p.
- GANDEMER J. & GUYOT A. (1981), *La protection contre le vent Aérodynamique des brises-vent et conseils pratiques*, CSTB, 132 p.
- GANDEMER J. & GUYOT A. (1976), *Intégration du phénomène vent dans la conception du milieu bâti*, Ministère de l'Équipement, Direction de l'Aménagement Foncier et de l'Urbanisme, 129 p.

- GIVONI B. (1978), *L'homme l'architecture et le climat*, Paris, Moniteur, 460 p.
- GROLEAU D. & MARENNE C. (1996), *Evaluation et simulation de l'ensoleillement dans les projets architecturaux et urbains*, Cours 1 et 2, DEA : Ambiances architecturales et urbaines, CERMA, Ecole d'architecture de Nantes, 1996.
- GROLEAU D. & MARENNE C. (1995), *Environmental specificities of the urban built forme*, In *Rebuild-rebuilding the European city*, Integration renewable energies in established urban structure, Corfou, 29-30 juillet, 8 p.
- GROLEAU D. & MARENNE C. (1993), *Des outils de simulation climatique une application à l'étude d'insertion d'un bâtiment dans un espace urbain*, In : *Solar Energy in Architecture and urban Planning*, 3<sup>rd</sup> European Conference on Architecture, Florence, 8 p.
- GROLEAU D. (1987), *Modélisation des interactions entre les formes urbaines et les facteurs physiques de l'environnement*, In : *European Conference on Architecture*, Munich, 6-10 avril, pp. 547-572.
- GUYOT G. (1997), *Climatologie de l'environnement : De la plante aux écosystèmes*, Edition Masson, Paris, 505 p.
- JUCKLER P.-J. (1987), *Architecture et climat : essai sur l'évolution de la relation au climat au travers des écrits d'architectes*, In : *European Conference on Architecture*, 6-10 Avril, Munich F.R, Germany, pp. 8-13.
- LAVIGNE P. (1994), (en collaboration avec Brejon P. & Fernandez P.), *Architecture climatique : Une contribution au développement durable*, Tome 1 : bases physiques, EDISUD, 191 p.
- MARIE J.-P. & RETBI M. (1987), *Architecture urbaine et confort climatique, principaux résultats et renouvellement d'un programme de recherche*, In : *European conference on architecture*, (Plan Construction Et Michel Retbi - Direction De L'architecture Et De L'urbanisme), Munich Frg, 6 - 10 April, pp.767-772.
- MIGUET F. (1996), *Éclairage énergétique et lumineux en milieu urbain*, cours de DEA : Ambiances Architecturales et Urbaines, 1996-1997, Laboratoire CERMA, URA, CNRS 1581, École d'architecture de Nantes, 67 p.
- MILLER-CHAGAS P. & PATRICE PAUL. (1980), *Configurations urbaines : apports énergétiques et micro climats : étude des espaces extérieurs de trois ensembles à Strasbourg*, CSTB de Nantes, Contrat de Recherche n° 78 61 015 Plan de Construction - ARIAS, 182 p.
- NOILHAN J. (1980), *Contribution à l'étude du microclimat au voisinage d'un bâtiment*, CSTB, Nantes, 160 p.

- OKEIL A. (1993), *urban form and solar energy utilization*, In : 3<sup>rd</sup> European conference on architecture, 17-21 may, Florence, Italy, pp. 497 – 500.
- OLESEN B. W. & PH. D (1982), *Confort Thermique*, In : Électrisa and Mechanical Measurement, Technical Review to advance Techniques in acoustical, Vol. n° 2, Brüel et Kjaer, 1982, 44 p.
- PENEAU J. P. (1995), *Morphologie urbaine et climat urbain*, In : Energie et Climat Urbain, Actes de la journée du CUEPEE, École d'Architecture de Nantes, Laboratoire CERMA, pp. 19-30.
- PENEAU J-P. (1988) *Imagerie numérique des ambiances urbaines*, In : Cahiers de la recherche Architecturale, Informatique et architecture, n° 23, 2<sup>ème</sup> et 3<sup>ème</sup> trimestre, éditions parenthèse, pp. 26-33.
- PENICAU H. (1978), Microclimats Urbains : étudiés sous l'angle du confort à l'extérieur des bâtiments, Plan Construction R.A.U.C, CSTB de Nantes.
- PERRIN DE BRICHAMBAUT CH. (1978), estimation du rayonnement solaire, Secrétariat d'état du ministère de l'équipement et de l'aménagement du territoire (Transport), direction de la météorologie, 47 p.
- SACRÉ C. & GANDMER J. (1994), *Caractérisation microclimatique des espaces extérieurs du point de vue du vent et de la température*, In : annales de la recherche urbaine, N°61, avril, pp.96 - 100.
- SACRE C. (1986), *D'une typologie des espaces extérieurs à leur caractérisation thermique expérimentale*, CSTB Nantes, In : Conception des formes urbaines et contrôle énergétique, actes de colloque, Nantes, 24-25 Avril, pp. 108-122.
- SIKSNA A. (1997), *the effects of block size and form in North American and Australian city centres*, In : International seminar on urban form, volume 1, pp. 19 –33.
- SIRET D. (1997), Proposition pour une approche déclarative des ambiances dans le projet architectural : Application à l'ensoleillement, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, ISITEM, CERMA, Ecole d'architecture de Nantes, 323 p.
- TACKEN M., A (n.d), *Comfortable Wind Climate for Outdoor Relaxation in Urban Areas*, In Building and Environment, The International Journal of Building Science and its Applications, Vol : 24, C.B Wilson, Edimburg University, pp. 321-324.
- 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 publics extérieur, Thèse de Doctorat, Université de Nantes, ISITEM, CERMA, Ecole d'architecture de Nantes, 244 p.
- WILD M. BRUEL ET KJAER, (1988), Métrologie des environnements intérieurs, Société

Française des thermiciens, A.I.C.V.F., Journée d'étude, État des connaissances sur le confort hygrothermique dans les bâtiments, 10 Mars.

## 9.2 Confort et psychologie environnementale

ARENS E. & BOSSLMANN P. (1989), *Wind, Sun and Temperature - Proceeding the Thermal Comfort of People in Outdoor*, In : Building and Environment, The International Journal of Building Science and its Applications, Vol : 24 N°4, C.B Wilson, Edimburg University, pp. 315-320.

ALTMAN J. (1974), *Observational study of behavior : simpling methods*, In : behavior, n° 49, pp. 227-267.

AMPHOUX P. (1992.a), *Méthode d'analyse de la qualité sonore des espaces publics urbains*, In : Qualités sonores et lumineuses dans l'espace public urbain, Séminaire, Ecole d'architecture de Grenoble, 26 mars, pp. 8-10.

AMPHOUX P. (1992.b), *La valse des ambiances*, In : Autrement, revue n° spécial sur le confort, Paris, Novembre 92, 9 p.

AUGOYARD J-F. (1995), *L'environnement sensible et les ambiances architecturales*, In : L'espace géographique, N° 4, pp. 302-318.

AUGOYARD J-F. (1990), (Sous la direction), les facteurs lumineux du sentiment d'insécurité, actes de Séminaire de recherche exploratoire, Ecole d'Architecture de Grenoble - CNRS - Ministère de l'équipement.

BAILLY A. & al. (1998), *Approche globale du confort, étude des outils expérimentaux et numériques*, In : EPIC'98, Actes de Proceedings, Lyon France, 19-21- Novembre, pp. 207-212.

BAILLY A. S. (1977), *La perception de l'espace urbain, Les concepts, les méthodes d'étude, leur utilisation dans la recherche urbanistique*, Paris, CRU, 264 p.

BARLET A. (1997), *Le confort dans le milieu scolaire*, In : Psychologie Française, N°42-2, 1997, 1p.

BLANCHET M. (1997), *Le rapport des habitants de Marne-la Vallée à l'espace physique et à l'espace sociale : perception et images de la ville*, In : Psychologie Française, N°42-2, 1997, 1 p.

BELL P.A. & aL (1996), *Environmental psychology*. Quatrième édition, Harcourt Brace College, Orlando, Chapitre 6 : Weather, climate and behavior, pp. 186-223.

- BORDAS F. (1999), Aspects cognitifs et affectifs de la densité humaine : le cas de l'habitat collectif, Thèse de Doctorat, Université de Paris X -Nanterre, 276 p.
- CANDAS V. & MUZET A. (1995), *température, bruit et conditions de confort dans l'habitat*, In : Construire autrement pour une meilleure qualité de vie, Actes de colloque, 16 mai, pp. 15-24.
- CANDAS V. & al. (1994), *Globe operative temperature is not good index for describing the effects of air and radiant temperature*, In : Sixth International Conf, on Envir, Ergon, Canada, Montebello, 25-30 septembre, pp. pp. 176- 177.
- CANDAS V. & GRIVEL F. (1992), *Indicateurs physiologiques et psychologiques de santé et de confort thermique*, In : confort locaux et inconfort global Application aux ambiances se trouvant aux 19 °C de température réglementaire, Rencontre inter chercheurs : Confort et santé dans les locaux habitables, Paris La Défense, pp.73 - 96.
- CANDAS V. & GRIVEL F. (1988), *État thermique du corps et confort thermique*, Laboratoire de Physiologie et de Psychologie Environnementales, Société Française des Thermiciens, 10 Mars, 10 p.
- CHELKOFF G. & THIBAUD J.-P. (1997), *Ambiances sous la ville : une approche écologique des espaces publics souterrains*, Grenoble, CRESSON (avec la participation de Martine Leroux, Jean-Luc Bardyn, Bernad Belchun), 304 p.
- CHELKOFF G. & THIBAUD J.-P. (1992), *Environnement visuel et lumineux dans l'espace public*, In Qualités sonores et lumineuses dans l'espace public urbain, Séminaire, Ecole d'architecture de Grenoble, 26 mars, pp. 3-4.
- CHEMILLIER P. (1993), *Le progrès technique et la satisfaction des exigences humaines dans l'habitat*, In : Cahier du CSTB n° 2631, janvier – février, 9 p.
- CLUZEL D. & CREUZEVAULT D. (1992), *Qualité des ambiances : Relation Confort – Santé*, In : Confort et santé dans les locaux habités, Séminaire Inter chercheurs, Paris, La défense - Grand Arche, 4 Juin, pp. 97-133.
- CULIAT B. & ERSKINEE R. (1986), *Contrôle climatique de l'espace social*, In : conception des formes urbaines et contrôle énergétique, Acte du colloque, École d'Architecture de Nantes, 1986, pp.250-267.
- DELHOMME P. & MEYER T. (1997), *Les projets de recherches en psychologie sociale : méthodes et techniques*, Paris : Armand Colin, 224 p.
- DUPAGNE A. & al. (1996), *Identification de l'impact d'un éclairage public sur l'amélioration de la convivialité et de la sécurité des espaces publics*, In : COST-UCE Living and walking in cities - Going to school, International conference, Brescia.

- Équipe De Thermorégulation Végétative Et Comportementale, Laboratoire De Physiologie Et De Psychologie Environnementales, CNRS-Strasbourg, (1992), *Indicateurs physiologiques et psychologiques de santé et de confort thermiques. Inconforts locaux et inconfort global. Application aux ambiances se trouvant à 19°C de température réglementaire*, In : Confort et santé dans les locaux habités, Séminaire Inter chercheurs, Paris La défense - Grand Arche, 4 juin, pp. 73-87.
- FAURE A. (1997), Apprendre la ville : le risque automobile et les jeunes des quartiers en difficulté, Paris, ARCH'URBA, 11p.
- FISCHER G.-N. (1997), Psychologie de l'environnement social, Paris : Dunod, collection psycho sup, 204 p.
- FISCHER G.-N. (1987), Les concepts fondamentaux de la psychologie sociale, Paris : Dunod, 2<sup>e</sup> édition, Montréal : PUM, 226 p.
- GIFFORD R. (1996), Environmental psychology. Principles and practice, 2<sup>ème</sup> édition, Allyn & Bacon, Boston, Chapitre 10 : Community environmental psychology, Chapitre 14 : managing limited resources. pp. 217-238.
- Hall E.T. (1979), La dimension cachée, éditions du seuil, 254 p.
- HAGHIGHAT F. & DONNINI G. (1998), *Impact of pshycho-social factors on perception of the indoor air environment studies in 12 office buildings*, In : EPIC'98, Acts of proceeding, Lyon, France, 19-21- Novembre, pp. 339-344.
- ITALIANO P. & TELLER J. (1998), *L'éclairage public peut-il favoriser une ré-appropriation de l'espace urbain par les personnes âgées ?*, In : La ville des vieux, actes du colloque, recherche sur une cité à humaniser, coordonné par Joël Yerpes, ed. de l'Aube, pp. 305-313.
- LEGENDRE A., (1995), *The effects of environmentally modulated visual accessibility to care-givers on early peer interactions*, In : International Journal of Behavioral Development, pp. 297-313.
- LEGENDRE A., & FONTAINE, A.M. (1992), *Recueil et codage des données dans l'approche écologique des comportements sociaux des jeunes enfants en groupe*, In : Actes du Colloque du groupe francophone d'études du développement psychologique de l'enfant jeune, Méthodologie en psychologie du jeune enfant, Lausanne, Suisse, GROFRED, 8 p.
- LEGENDRE A., (1982), Appropriation par les enfants de l'environnement architecturale : ses modalités et ses effets sur les activités dans les grandes sections de crèches, Paris, Université de Paris X Nanterre, Thèse de 3<sup>ème</sup> cycle, 250 p.
- LEVY-LEBOYER. C. (1977), étude psychologique du cadre de vie, monographie française de psychologie, édition du Centre National de la Recherche Scientifique, Paris, 92 p.

- LYNCH K. (1971), *L'image de la cité*, Paris, Dunod, 222 p.
- LOISILLIER P. (1992), *Incidence des facteurs physiques d'environnement - bruit, éclairage, couleur, odeur - dans les parties communes des maisons de retraites sur le bien être des personnes âgées*, In : *Confort et santé dans les locaux habitables*, Rencontre inter-chercheurs, Paris : La Défense, 4 juin, p.65 - 72.
- MATALON B. (1988), *Décrire, expliquer, prévoir démarches expérimentales sur terrain*, Armand Colin - collection U, 271 p.
- MICHIELS-PHILIPPE M.P. (1984), (sous la direction de), *Textes de base en psychologie : l'observation*, Paris, 259 p.
- MOCH A. & MOSER G. (1997), *Psychologie environnementale : perspectives actuelles*, In : *psychologie Française*, N°42-2, pp. 103-106.
- MOCH A. & BONNEFOY B. (1997), *Odeurs Et Environnement : Le Métro Parisien*, In : *Psychologie Française*, N°42 - 2, pp. 175 - 182.
- MOCH A. & MARAMOTI I. (1995), *les ambiances de la ville : du stress au confort*, In : *pratiques psychologiques*, N° spéciale : *Qualité de vie*, pp. 17 - 24.
- MONNIER E.[n. d.], *Le confort thermique : motivations et comportements des habitants*, In : *études et recherches*, CSTB de Nantes, 10 p.
- NIKOLOPOULOU M., BACKER N. & STEEMERS K. (1998), *Thermal comfort in outdoor urban spaces*, In: *environmentally friendly, proceeding of PLEA'98*, Lisbon, Portugal, Juin, James & James Sciences Publishers LTD, pp. 179-182.
- RATIU E. (1997), *Modalités d'appropriation d'un environnement de transition*, In : *Psychologie Française*, N° 42 - 2, pp.149 - 156.
- REGNAULT C. (1996), *Enjeux d'une cartographie sonore Représentation visuelle des phénomènes sonores*, In *Paysage et ambiances*, 3<sup>ème</sup> Rencontre des doctorants des écoles d'architecture – Toulouse 23 – 24 mai, pp. 102 –108.
- THIBAUD J.-P & al (1998), *L'observation des ambiances*, In : *L'espace urbain en méthode*, 13 p.
- VOGT J. J. & MILLER-CHAGAS P. (1970), *Confort thermo-Hygrométrique Définition physiologique et détermination pratique de zone de confort thermique*, In : *Annales de l'institut technique du bâtiment et des travaux publics*, juillet – août, n° 271-272, Institut technique du bâtiment et des travaux publics, pp.143-154.
- ZACHARIAS J. (1997), *The impact of layout and visual stimuli on the itineraries and perceptions of pedestrians in a public market*, In : *Environment and Planning B: Planning and Design*, volume 23, pp. 23 - 35.

### 9.3 Autres références

- LASSENGE G. (1998), Analyse du rôle des références dans la conception : éléments pour une dynamique des représentations du projet d'ambiance lumineuse en architecture, Université de Nantes – ISITEM, Thèse de doctorat en Science de l'Ingénieur : Option Architecture, 321 p.
- CHOAY F. & MERLIN P. (1989), Morphologie urbaine et parcellaire, Actes de Colloque D'Arc-Et-Senans, Paris, PUV, 28 et 29 Octobre.
- DAU, CDU, Ministère de l'Équipement du logement des Transports et du Tourisme (1996), La composition urbaine : note et essai bibliographique, Paris, (edt.) Villes et territoires, 83p.
- LEVY A. & SPIGAI V. (1992), La qualité de la forme urbaine : problématique et enjeux, Paris, IFU, 2 vol., 158 p. + 36 p.
- LEVY A., (1987), *La rue au carrefour du réseau et du tissu urbain*, In : La rue n'est pas une route, Colloque européen du Laboratoire Théorie des mutations urbaines de l'Institut Français d'Urbanisme, *URA CNRS 1244* sous le patronage du secrétariat général du Conseil de l'Europe, Paris, 27-29 octobre.
- MINISTERE DE LA CULTURE, DIRECTION DE L'ARCHITECTURE (1996), L'espace public dans la ville méditerranéenne, actes de colloque, Montpellier, École d'Architecture Languedoc-Roussillon, Éditions de l'Esperou, 2 Vol., 14-16 Mars.
- MOUDON A. V. (1997), *Urban morphology as an emerging interdisciplinary field*, In : Journal of the International Seminar On Urban Form, Volume 1, p.3-10.

#### Références d'Internet

- DONIKIAN S. & GWENOLA THOMAS, Modélisation de l'environnement urbain pour la simulation du comportement de piétons. [http://web.inria.fr/RA98/siames/resul\\_resultats-comport.html](http://web.inria.fr/RA98/siames/resul_resultats-comport.html)
- DONIKIAN S. & MOREAU G., Animation Comportementale : études sur la psychologie comportementale, Modélisation graphique du comportement. [http://web.inria.fr/RA98/siames/resul\\_resultats-comport.html](http://web.inria.fr/RA98/siames/resul_resultats-comport.html)
- HILLIER B. The Common Language of Space: a way of looking at the social, economic and environmental functioning of cities on a common basis, Laboratoire : Spacesyntax, <http://www.spacesyntax.com/>
- MAJOR, MD, STONOR T. & PENN A. (1998), Passengers, Pedestrians and Shoppers: SpaceSyntax, In Design in Passenger, April, Laboratoire : Spacesyntax. <http://www.spacesyntax.com/>

STONOR T. (1998), Defining the Link Between Design and Activity, interdisciplinary design, September, Laboratoire : Space syntax. <http://www.spacesyntax.com/>

MAJOR M.D. & STONOR T. (1997), *Designing for Context*, In : 24th Inter-Schools Conference on Urban Development, Edinburgh, Conference Proceedings (Leonard J.B., ed), Edinburgh College of Art/Heriot-Watt University, pp. 228-243. <http://www.spacesyntax.com/>

Température et humidité relative : <http://www.astro.ulg.ac.be/~demoulin/humidex.htm>

### **Instruments de mesures et Logiciels**

BABUC, Instrument pour la mesure des grandeurs physiques, 11 entrées-64 Kb, mémoire de 20.000 Échantillons. Laboratoire d'Instrumentation Industrielle (LSI).

LABORATOIRE D'INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE (LSI)., Operating manuel to perform microclimate measurements with BABUC instruments and use of the Microclimat software, Settela, Novembre 1997, 25p.

LABORATOIRE D'INSTRUMENTATION INDUSTRIELLE (LSI)., INFOGENE HIGH LEVEL, PC programme for handling data from BABUC, Version 5.0 (English), Novembre 1997, 19 p.

## **9.4 Contributions personnelles**

ADOLPHE L. & al. (2001), Vers un Système d'Aide à la Gestion des ambiances urbaines : application à l'évaluation de la qualité énergétique et microclimatique des villes, Projet scientifique, 1999 - 2001, retenu à l'appel à proposition : ACIV, Action Concertée Incitative Ville du MENRT, Direction de la technologie associe le GRECO (Equipe contractante) à d'autres équipes (Laboratoire Théorie des Mutations Urbaines à Paris, UMR CNRS 7543, Laboratoire ABC à Marseille, Institut de Recherche sur les Phénomènes Hors Equilibre (IRPHE), UMR 6594). Rapport scientifique (à paraître Février 2002).

BOUSSOUALIM A. & CASAL A. *Evaluation of the environment and climatic feelings : Research near users of urban spaces in Marseille and Toulouse within the framework of "SAGACités" Project*, In : the First International Workshop on ARCHITECTURAL AND URBAN AMBIENT ENVIRONMENT, Nantes, France, February 6-7-8, 2002 (à paraître)

ADOLPHE L., CHATELET A. AIT AMEUR K., BOUSSOUALIM A., BARLET A., IZARD, J.L., LEHTIHETK.& CASAL A. (2001), *SAGACités : modelisation and*

*perception of environmental quality of urban open spaces*, In : EDRA 32, Edinburg, Octobre 2001.

BOUSSOUALIM A., CASAL A., AÏT-AMEUR K & BARLET A. (2001), *Urban microclimate quality from interviews with the users of public space within the framework of "SAGACités" Project*, In VII Congreso de psicología ambiental, Human Habitats XXI. 2-5 mai 2001, Espagne San Sebastian, Paper Session : quality of the urban spaces, 6 pages. [CD-ROM], In Cesar San Juan, Beatriz Rodriguez, Anabel Vergara (Eds), ISBN 84-475-2259-8.

BOUSSOUALIM, A., & LEGENDRE, A. (2000), *Incidences des caractéristiques microclimatiques sur les modes d'occupations d'espaces publics*. In : Metropolis 2000 proceeding of IAPS 16: which perspectives ? cities, social life and sustainable perspectives ?, Paper session : Public space and behaviour / Espaces publique et comportement, Paris, France, 4th-7th July 2000. [CD-ROM]. In G. Moser, E. Pol, Y. Bernard, M. Bonnes, J. Corraliza, & M.V. Giuliani (Eds.), Socio / Environmental Monographs, Servei de Publicacions Universitat de Barcelona. ISBN 84-475-2412-4

BOUSSOUALIM A., (2000), *Towards a method of caractérisation of the link between: climate, urban morphology and user's behaviour in external public space*, In : proiceding actes of PLEA 2000, The millenium conference on passive and low energy architecture, 2nd - 5th July 2000, Cambridge, England, pp. 459 - 464.

BOUSSOUALIM A. (2000), *L'incidence des paramètres climatiques sur l'usage et les activités en espace public extérieur*, communication, In : les Journées des Doctorants, Pôle ville de Toulouse, CNRS, CIEU, Maison de la recherche, Université du Mirail, 16-17 novembre 2000, Résumé page 14.

BOUSSOUALIM A. & LEGENDRE A. (1999), *Influence of microclimatic characterisation on use of outdoor public spaces: a study in the city of Blagnac*, In : V Encontro Nacional de Conforto no Ambiente Construido, Fortaleza - Brésil, 22 - 26 novembre 1999. [CD-ROM], In Fernando Oscar Ruttkay Pereira, Marcondes Araujo Lima, Marcos Barros de Souza e Luiz Angelo Bulla (Eds), ISBN 85-901332-1-4.

BOUSSOUALIM A. (1999), *Interactions entre caractéristiques microclimatiques, usage et activités en espace public extérieur : application sur l'agglomération de Blagnac*, In : Journées des doctorants du Pôle-Ville, Université de Toulouse le Mirail, 25-26 novembre 1999.

BOUSSOUALIM A. (1999), *Interactions entre caractéristiques microclimatiques, usage et activités en espace public extérieur*, In : Forum CLIMATO'99, Forum de Rencontre autour de la Micro climatologie Urbaine, Journée Séminaire, Laboratoire CERMA UMR CNRS 1563, École d'Architecture de Nantes, 18 septembre 1999.

## 10 Annexes

## 10.1 Annexe 1 : Babuc/M « Appareil de mesure utilisé »

Nous avons mesuré la température sèche, la température humide de l'air, la température globe, la vitesse et l'humidité de l'air ainsi que la température de rosée :

- Pour la mesure de la température sèche de l'air et de l'humidité relative, nous avons utilisé une sonde psychométrique à ventilation forcée (de plus de 4,5 m/s) avec un réservoir d'eau distillé. Cette sonde est fabriquée selon la norme ISO 7726. Elle permet d'obtenir la température sèche, la température humide, l'humidité relative et la température du point de rosée.
- Pour la mesure de la température globe nous avons utilisé un thermomètre à globe qui est fabriqué également selon la Norme ISO 7726. Cette sonde est faite en cuivre noir, avec une réflexion de moins de 2 %, et un diamètre de 15 cm.
- Pour la mesure de la vitesse de l'air nous avons utilisé une sonde anémométrique portative à fil chaud en platine dont le diamètre est de 18 microns pour mesures omnidirectionnelles, toujours respectant la Norme ISO 7726.

Ces sondes sont raccordées à un système d'acquisition des données bien adapté pour effectuer des mesures d'environnement appelé le BABUC/M. Ce dernier peut être défini comme un moniteur d'environnement ou une centrale météo. Pour décrire les instruments de mesures utilisés, nous nous sommes basés sur la documentation du Babuc qui nous a été fournie par la société MTE (Laboratoire d'Instrumentation Industrielle (LSI), 1997).

Le BABUC/M que nous avons utilisé peut recevoir huit sondes analogiques et une sonde à impulsion (pour l'anémomètre à fil chaud). Le BABUC est un système constitué par une centrale d'acquisition, enregistreur programmable, de capteurs et de logiciels pour acquérir, stocker, mémoriser, analyser et visualiser un grand nombre de grandeurs descriptives de l'environnement. La centrale d'acquisition BABUC reconnaît les capteurs connectés et se configure selon le type et le nombre d'entrées utilisées. Elle permet de saisir en simultané une grande variété de grandeurs. Nous mesurons juste les paramètres déjà cités plus haut et que les sondes dont nous disposons permettent de saisir. Cependant, En utilisant d'autres sondes, le Babuc permet de mesurer : flux thermique, pression atmosphérique et différentielle, éclairage, concentration de gaz, bruit, pH, paramètres météorologiques tels que direction et vitesse du vent et quelques grandeurs électriques courants, tensions, impulsions.

L'écran du BABUC affiche en clair sur quatre lignes les valeurs instantanées et les valeurs statistiques des mesures. Il visualise pour chaque grandeur la dernière mesure saisie, la variation par rapport à la précédente, la moyenne, l'écart type et les valeurs maxi et mini. Il permet également le calcul de quelques grandeurs dérivées tel que le débit d'air, le point de rosée et des indices de confort dont un est le PMV.

Au cours d'un cycle de mesure, on peut mémoriser les données saisies. La centrale d'acquisition se raccorde à un PC dans lequel les mesures pourront être archivées et traitées à l'aide de logiciel de gestion des communications « Infogen » associé au tableur « Excel 5.0 »

dont il utilise les options de formatage de graphiques et de tableaux. Le passage d'Infogen vers Excel se fait automatiquement. Les traitements désirés sont formatés pour être représentés sous forme graphique et tabulaire. Tous ces programmes opèrent sous Windows 95 (microsoft) et windows 3.1. La fréquence de saisie est programmable individuellement d'une seconde à 21 heures pour n'importe quel type de capteur connecté. Cet instrument s'adapte à de nombreuses exigences de mesure, car il y a de nombreuses fonctions programmables, les plus utilisées sont :

- L'instruction de mémorisation ou seulement de visualisation des données.
- L'attribution d'un numéro et d'un titre au relevé.
- L'attribution de la date, l'heure, le début et la fin automatiquement du relevé.
- La programmation de cycle de saisie pour chaque sonde.
- La programmation de temps d'extinction automatique de l'afficheur.

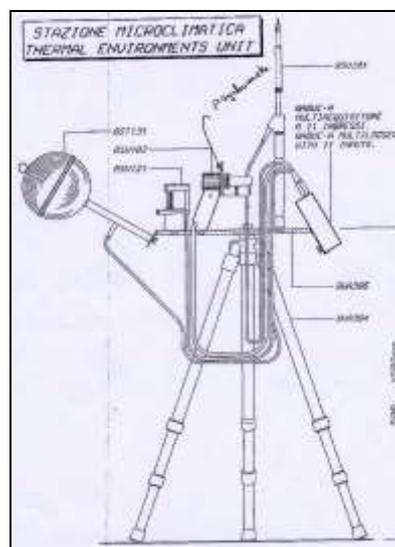


Figure 52. Le Babuc/M et les différentes sondes utilisées

Comme tout appareil de mesure, le « Babuc/M », plus précisément les sondes que nous avons utilisées pour nos mesures ont des limites et des conditions d'usage bien définies. Le temps de stabilisation, la sensibilité, le temps d'acquisition, les valeurs minimum et maximum changent d'une sonde à une autre. Nous les présentons dans la partie qui suit une par une.

### *Conditions d'usage et limites des sondes utilisées*

1. Sonde anémométrique à fil chaud : dans cette sonde, un courant électrique traverse le fil de platine. La vitesse d'air est calculée en se basant sur l'intensité du courant nécessaire pour garder le fil à une température constante. Cette sonde est caractérisée par une cadence standard de saisie minimum de deux secondes, un intervalle de mesure qui peut aller de 0 à 50 m/s et un temps de réponse très court 10 ms.
2. Sonde psychométrique à ventilation forcée : comme nous l'avons déjà dit, elle consiste en deux sondes de la température. La première est thermomètre à bulbe sec qui mesure la température sèche de l'air. La deuxième consiste en un thermomètre à bulbe humide. Elle est couverte avec une matière absorbante dont une partie est immergée dans un récipient qui contient de l'eau distillée. Les deux sondes sont installées dans un conduit qui sert comme protection de l'irradiation. Cette sonde se caractérise par une cadence d'acquisition de 10 secondes minimum. Son temps de réponse est estimé à 90 secondes. La circulation de l'eau peut être difficile au début de la mesure, nous n'avons donc pris en considération que la dernière mesure enregistrée au bout de deux minutes d'enregistrement.
3. Sonde thermomètre globe : c'est un globe creux dans lequel un capteur est monté au centre pour mesurer la température globe. Puis, ceci est employé pour calculer la température radiante moyenne sachant la température et la vitesse d'air qui entoure le globe. Cette sphère creuse est de cuivre noir mat, scellée et remplie d'air et son émittance de plus de 0.95, et une réflexion moins de 2%. Sa cadence d'acquisition est de 10 secondes. Par contre, la sonde a un temps de réponse relativement long, ceci est dû à son inertie thermique. En particulier, si la sonde vient d'un environnement dans lequel la température est différente de la température ambiante dans laquelle la mesure est exécutée. Pour définir ce temps de réponse, nous avons fait quelques expérimentations durant des conditions climatiques stables : ciel clair et vent faible. Nous avons effectué 1h30 de mesure sans interruption, en alternant les mesures entre l'ombre et le soleil. 30 minutes à l'ombre, suivi de 30 minutes au soleil et enfin une deuxième fois 30 minutes à l'ombre. L'objectif était de déterminer le temps de stabilisation du globe en passant de l'ombre au soleil et vis versa. Les deux points étaient l'un à proximité de l'autre, sauf que l'un est à l'ombre et l'autre au soleil. Le graphe suivant montre les courbes que nous avons obtenues pour toutes les sondes :

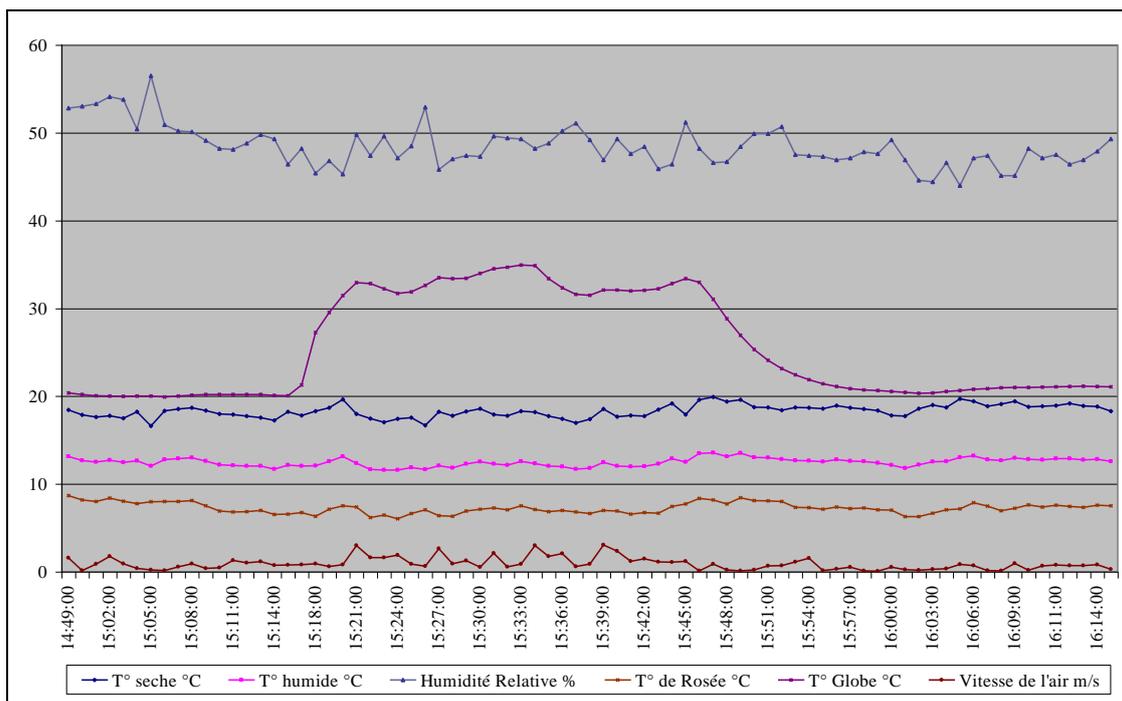


Figure 53. Temps de stabilisation des sondes utilisées.

Nous remarquons que la mesure de l'humidité a mis un peu de temps pour se stabiliser en début de mesure, par contre elle n'a pas été affectée par le changement ombre/soleil. C'est la raison pour laquelle nous avons jugé nécessaire de laisser l'appareil au moins 15 minutes tourner sans enregistrement chaque début de session de mesure.

Seule la mesure de la température globe a été affectée par le changement ombre/soleil/ombre. Le temps de stabilisation de la sonde change selon le temps que met la température du globe noir à se stabiliser avec la température ambiante. Les deux graphes suivants montrent le passage de l'ombre au soleil et du soleil à l'ombre. Dans le cas du passage de l'ombre au soleil, le thermomètre globe a mis 5 minutes avant que la mesure se stabilise. Par contre, dans le cas du passage du soleil à l'ombre, le temps de stabilisation était plus long. L'appareil a mis 10 minutes avant que la mesure se stabilise.

Etant donné ce temps de réponse relativement long (5 à 10 minutes), nous avons pris en compte le passage des points qui étaient l'ombre et des points qui étaient au soleil dans nos mesures. Nous avons effectué les mesures aux points à l'ombre en premiers et après aux points exposés au soleil pour chaque session de mesures.

### **Comparaison avec la station météo**

L'objectif de la comparaison est limité à la vérification du bon fonctionnement du Babuc, et ainsi de la validation des mesures effectuées en l'utilisant.

Nous rappelons que les valeurs de la vitesse du vent mesurées à la station météo à Blagnac, sont prises à une hauteur de 10 mètres. Nous avons donc recalé les valeurs de vitesse de vent prises à 10 mètres à une hauteur de 1,60 m qui représente la hauteur moyenne de l'individu.

Pour cela, nous avons appliqué l'équation déjà vue et exprimée comme suit :

$$Va_z = C(Z). Va_{10\ m}$$

avec :

- $Va_z$  : vitesse du vent relevée à la hauteur ( $Z$ ) à la station météo,
- $Va_{10\ m}$  : vitesse du vent mesurée à 10 m à la station météo.
- $C(Z)$  : coefficient dépendant de la rugosité du site.  
 $C(Z) = K.Ln(Z/Z_0)$  si  $Z_{min} \leq Z \leq 200m$   
 $C(Z) = K(Z_{min})$  si  $Z < Z_{min}$

où

( $Z$ ) : hauteur de saisie de la vitesse, dans le cas de notre étude :  $Z = 1m60$ .

( $Z_0$ ) : paramètre de rugosité du site, dans le cas de notre étude :  $Z_0 = 0,05$ .

$K$  = facteur caractéristique de la nature du terrain.

Le site de la station Météo de Toulouse-Blagnac est classé parmi la catégorie de type II « Campagne avec quelques haies et bâtiments agricoles ou arbres » ce qui correspond aussi à un terrain de type aéroportuaire. Les valeurs  $K = 0,19$ ,  $Z_0 = 0,05$ ,  $Z_{min} = 4$  correspondent à cette nature du terrain

$$Z = 1m60, Z_{min} = 4m, \text{ donc } C(Z) = C(Z_{min}) = K.Ln(Z_{min} / Z_0)$$

La vitesse du vent à 1,60 m est donc obtenue à partir de l'équation suivante :

$$Va_{1m60} = 0,83. Va_{10\ m}$$

Nous pouvons remarquer sur la figure suivante, que les plus grands écarts ont été enregistrés pour l'humidité de l'air, cependant, les deux graphes d'humidité ont le même profil. Ceci est peut être du à la différence des capteurs utilisés à la station Météo et les sondes du Babuc. Les valeurs des températures et de la vitesse de l'air sont très proches.

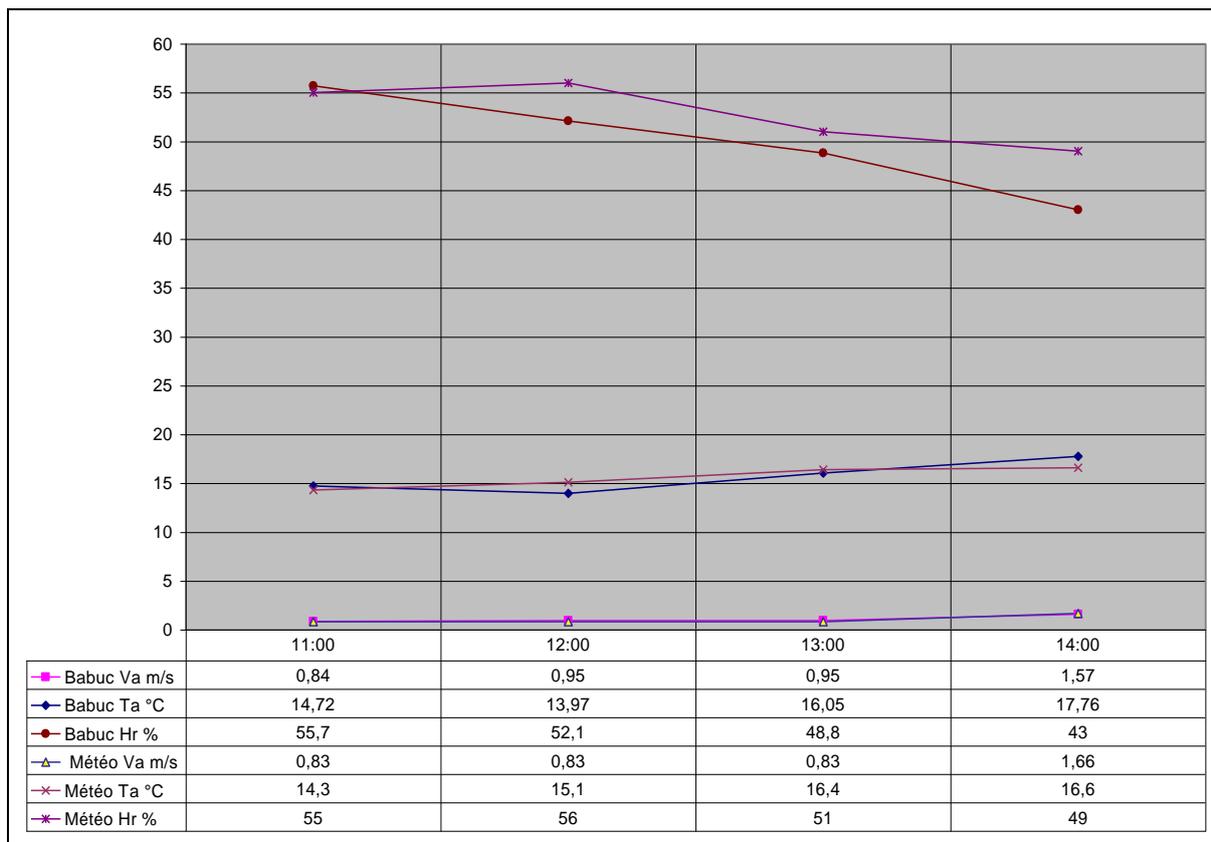


Figure 54. Comparaison entre des mesures effectuées à la station Météo et des mesures effectuées avec le Babuc/M

## 10.2 Annexe 2 : Présentation de la Ville de Blagnac

### Morphologie urbaine

Dans son développement, la ville de Blagnac s'est appuyée sur la réunion de deux potentialités qui auraient pu s'opposer. La forte et ancienne identité d'une société villageoise rurale et de son patrimoine d'une part, et l'installation autour de l'aéroport d'un des grands sites mondiaux de la construction aéronautique et d'un important aéroport d'autre part. Blagnac n'est pas simplement une ville de banlieue mais elle constitue un site essentiel de l'activité de l'agglomération toulousaine. Cette réalité sociale forte et complexe a permis la production d'un espace urbain assez original par sa mixité fonctionnelle et par le rôle structurant des espaces publics urbains.

Blagnac a gardé un centre ancien regroupé autour d'une Eglise médiévale. Le centre de la ville datant également du 15<sup>ème</sup> siècle se présente sous un tracé presque régulier autour d'une Eglise médiévale. C'est un tissu plutôt dense, limité du côté est par la Garonne, avec des rues étroites et une relative absence de la verdure. Centre d'un riche terroir agricole et ville de bord de Garonne, la ville de Blagnac s'étend dès le 18<sup>ème</sup> siècle au-delà de ses remparts. Elle connaît au 19<sup>ème</sup> siècle l'histoire urbaine classique d'une bourgade moyenne : plan d'alignement, projet de percée, nouvel hôtel de ville,...

Au début des années 60 est élaboré un premier plan d'urbanisme dont le devenir annonce déjà des choix urbains et sociaux qui domineront la période ultérieure. Le projet propose d'une ville neuve structurée par une répartition de l'habitat en quartiers groupés autour d'un centre conservé, quartiers ceinturés par des voies à grand trafic destinées à porter une circulation mécanique rapide inter quartier. Les objectifs principaux étaient de créer un équilibre entre le centre ancien et les zones nouvelles et de repousser la circulation de transit à l'extérieur.

Une première tranche d'extension se développe alors entre l'aéroport et la ville existante sous la forme de deux ZAC : celle du Ritouret et celle de l'aéroport. La ZAC du Ritouret, d'une centaine d'hectares et essentiellement à usage d'habitation, est structurée par des voies classiquement hiérarchisées et organisées autour d'un grand parc central d'une dizaine d'hectares et de nombreux équipements. Cette ZAC intègre en outre en son cœur quelques cités de logement social jadis édifiées au milieu des cultures.

Dès les années 70, Blagnac se veut exemplaire par une précoce politique d'environnement et du cadre de vie (plantations, expériences d'habitat solaire, chauffage collectif par géothermie, transport public gratuit... ) dans laquelle se forge une image valorisante de modernité et de qualité. Une importante politique d'équipements notamment sportifs, scolaires et culturels est mis en place : complexe culturel Odyssud, patinoire olympique notamment qui sont à vocation d'agglomération. Ainsi, deux grandes zones urbaines ont été réalisées durant les années 70 et 80 le quartier du Ritouret et le Grand Noble. C'est deux quartiers se caractérisent par des tissus moins denses que l'ancien centre, avec de larges boulevards et de grandes étendues vertes.

## **Le climat à « Toulouse - Blagnac »**

Bien qu'une station météo soit installée dans la ville de Blagnac, à une latitude de 43,38° Nord, une longitude de 1,22° Est et à une altitude de 152 mètres, cependant si nous voulons aborder le climat de cette ville, c'est en étudiant le climat de la région toulousaine dans laquelle elle se situe.

Toulouse est une ville tiède, son climat est partagé entre le climat méditerranéen et océanique, ce qui lui donne un aspect particulier. En été, les chaleurs sont étouffantes, un effet de serre est provoqué vu que la ville de Toulouse se trouve dans une cuvette, l'ancien lit de la Garonne. Il neige généralement un jour par an, parfois une semaine. De novembre en avril, les brouillards matinaux sont fréquents souvent au bord des cours d'eaux. N'oublions pas les fréquents crachins d'automne et d'hiver. L'été, la sécheresse et les brouillards sont au goût du jour. Le Printemps est parsemé d'averses. Cependant, Toulouse reste une ville où il fait beau et doux.

Par sa situation géographique, la région toulousaine est soumise à une succession capricieuse d'influences océaniques, méditerranéennes ou continentales. C'est pourquoi il n'est pas possible de caractériser son climat par des moyennes.

Le climat toulousain connaît tour à tour les périodes de grands froids ou les hivers doux, les très grosses chaleurs ou les étés frais, les longues périodes de sécheresse, les pluies nombreuses de type océanique ou les pluies exceptionnelles de caractère méditerranéen.

L'influence océanique y semble prédominante et se marque par les directions privilégiées des vents d'Ouest et de Nord-Ouest et par des températures moyennes du même ordre que celles de Bordeaux par exemple. Mais la proximité du Bassin méditerranéen explique certains caractères des précipitations comme la diminution du nombre de jours de pluies et les chutes d'eau exceptionnelles.

Il s'y ajoute enfin l'influence du vent d'Autan particulier à cette région et qui est souvent responsable des excès du climat. C'est par une journée de vent d'Autan qu'a été atteinte la température de 44° C qui constitue le maximum absolu pour la France depuis 1839.

Les deux figures suivantes récapitulent brièvement les différents éléments du climat régnant à Toulouse :

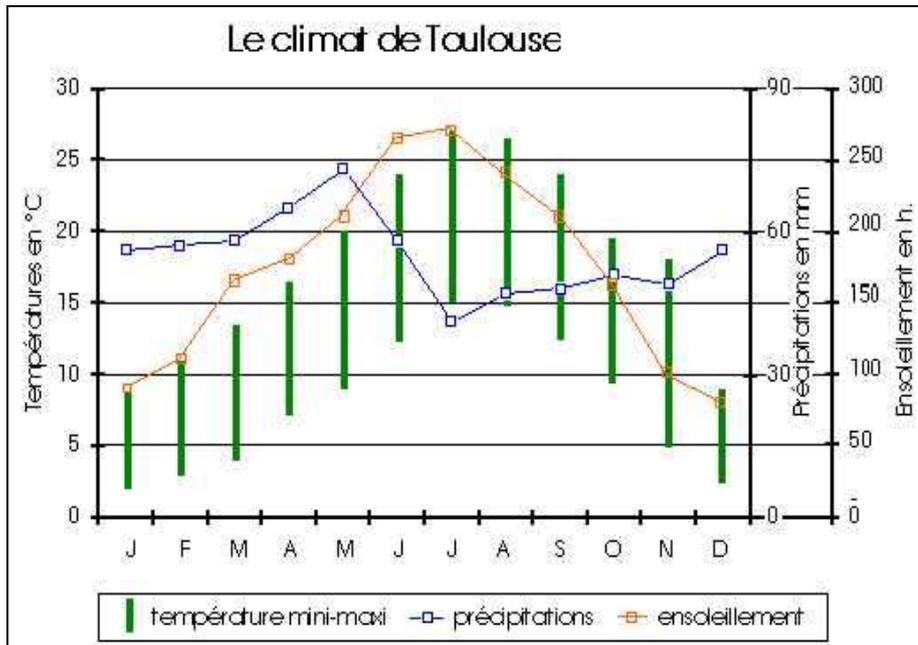


Figure 55. Éléments du climat à Toulouse

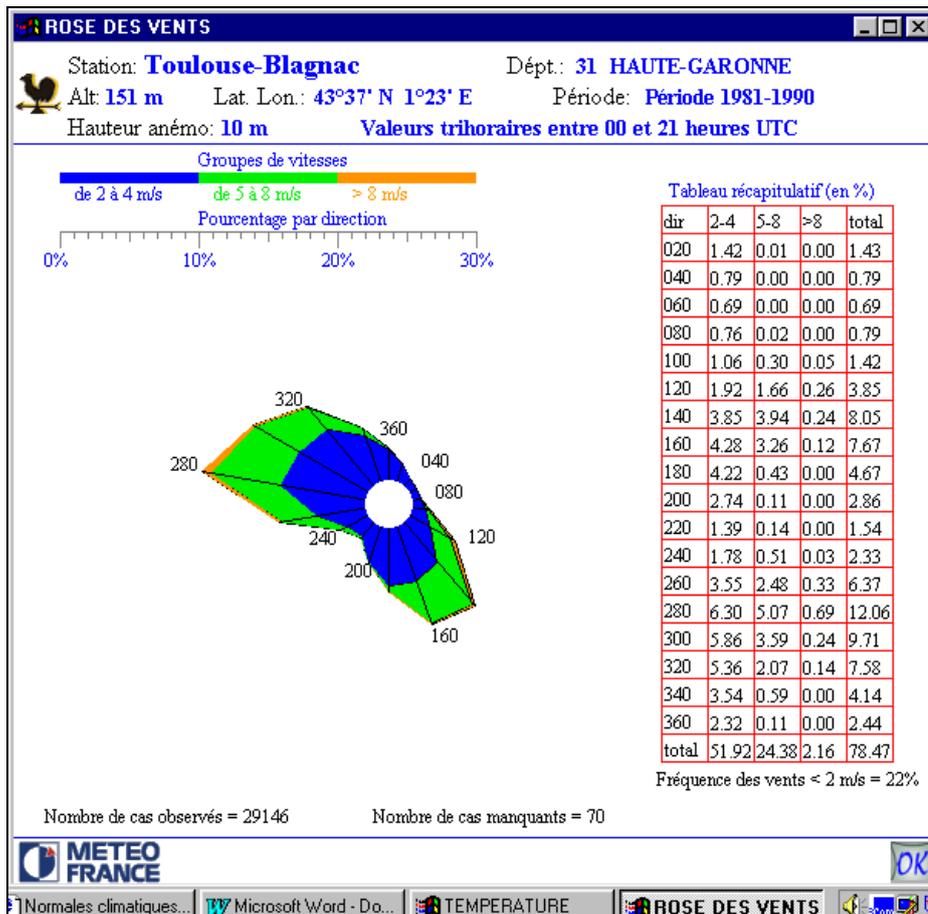


Figure 56. Rose des vents (Station Météo-Blagnac, 1961 - 1990)

Ces deux figures présentent les valeurs mensuelles classiques des « températures, précipitations, heures d'insolation, ainsi que la rose des vents » relevées à la station de Toulouse-Blagnac pour la période 1961-1990<sup>32</sup> :

1. Concernant les températures, la moyenne annuelle est de 13°C. Le mois de janvier est le mois le plus froid (5,2°C), et le mois de juillet est le mois le plus chaud (21,3°C). L'amplitude annuelle moyenne est de 16,1°C. Les moyennes des minimums ne dépassent 10 °C que de Juin à Septembre.
2. L'insolation à Toulouse est de 2047,3 heures, au moyenne, par an<sup>33</sup>. Les mois les plus ensoleillés sont Juillet et Août. Ceci est certainement en rapport avec la fréquence élevée, durant ces deux mois, du vent d'Autan qui s'accompagne, dans l'une de ses formes, d'un temps très ensoleillé.
3. Le cumul annuel de précipitations enregistrées est de 655,7 litres par mètre carré. A Toulouse, de fortes pluies tombent quotidiennement au printemps (mars, mai et surtout juin) et accessoirement à l'automne (novembre). C'est en novembre et parfois en mai que se produisent les plus fortes précipitations (supérieures à 50 mm). La période de sécheresse la plus générale est celle de juillet. Cette sécheresse estivale s'étend sur une durée de 1 à 5 mois. Elles sont en relation avec le vent d'Autan.
4. A Toulouse souffle le vent d'autan dans la direction est-sud-est, il vient de la Méditerranée. Il est chaud ou tiède en été. Il est sec et violent. Mais il est plus fréquent de voir des vents venus *d'ouest* ou *du nord-ouest*. La rose des vents présentée ci-dessus, ne fait pas apparaître explicitement les trois vents dominants qui soufflent dans la région toulousaine. Suivant les années et les saisons, l'un ou l'autre prédomine :
  - *Les vents d'Ouest et de Sud-Ouest* sont les vents dominants en hiver. Ce sont des vents humides ; 83,5 % d'humidité relative moyenne. Les oscillations quotidiennes de l'humidité relative et de la température sont de faible amplitude.
  - *Les vents du Nord-Ouest* sont des vents d'été. Ils diminuent l'humidité relative pendant la journée, les maximums nocturnes restent relativement élevés. La courbe des températures varie dans le sens inverse : les minimums de la nuit s'abaissent sensiblement tandis que les maximums sont peu affectés. Les périodes de vent de Nord-Ouest figurent parmi les périodes les plus sèches ; l'humidité relative moyenne diminue à 73%.
  - *Le vent d'Autan* : c'est un vent de secteur sud-est qui souffle dans le Haut-Languedoc. Il est violent et turbulent car il subit des accélérations marquées dans les vallées resserrées qu'il parcourt. La vitesse moyenne de l'Autan est de 6m/s, alors que la vitesse des rafales peut atteindre 55 m/s. Comme nous l'avons déjà mentionné, ses deux saisons privilégiées sont le printemps (mars et mai) et l'automne (septembre et octobre). Février et mars sont les mois où sa fréquence est maximum. On distingue deux grands types d'autan :

---

<sup>32</sup> Voir les sites : <http://www.meteo.fr/meteopol/climtoul.html>, <http://w3-phystheo.ups-tlse.fr/conf98/climatfr.html>

<sup>33</sup> La moyenne annuelle à Paris est de 1847 heures, et à Marseille 2583 heures.

- l'Autan noir, est lié à une dépression dans le golfe de Gascogne se déplaçant vers le nord-est. Chaud et humide, il peut amener des précipitations. Il dure en général assez peu un à deux jours. Il correspond à un temps couvert et perturbé, une humidité relative élevée et une grande violence.
- l'Autan blanc est beaucoup plus fréquent et dure plus longtemps jusqu'à une semaine. Il est engendré par un anticyclone centré sur le Danemark) et une zone dépressionnaire sur le Portugal. C'est un vent associé au beau temps et une humidité relative faible.

### 10.3 Annexe 3 : Le questionnaire

Nous nous présentons à l'interviewé comme une personne faisant un travail de recherche sur les espaces publics à Blagnac, sans donner plus d'information, pour ne pas influencer la réponse de l'interviewé : « *Bonjour, je fais un travail de recherche sur quelques espaces publics, dans la ville de Blagnac. Est-ce que vous avez quelques minutes à m'accorder pour répondre à un questionnaire ?* ». Nous le rassurons, en lui disant que ça sera court et que c'est anonyme « *Cela ne vous prendra que 5 à 10 minutes et c'est anonyme* ».

Nous commençant par noter quelques éléments signalétiques le concernant, en lui demandant « *Avant de commencer, je voudrais noter quelques informations vous concernant* ». Nous avons établi notre questionnaire sous forme d'un tableau en une seule page. Nous avons mis les questions d'un côté et nous reportons les réponses de l'autre côté. Nous présentons dans cette annexe le texte du questionnaire que nous avons élaboré et tel qu'il a été proposé aux interviewés.

<b>Le nom de l'espace</b>	<b>Eglise</b>	<b>Marronniers</b>	<b>Mairie</b>
<b>Date et Heure</b>			
<b>Le sexe</b>	<b>Féminin</b>		<b>Masculin</b>
<b>L'âge</b>	<b>(-) 15 ans</b>	<b>15 - 25 ans</b>	<b>25 - 40 ans</b>
<b>Combien de fois venez-vous dans cette place ?</b>	Plusieurs fois par jour	Une fois par jours	Quelques fois par semaine
<b>Est-ce que vous pensez que vous connaissez cette place :</b>	Très bien : vous pouvez le décrire de mémoire.		
	<b>Bien</b> : vous la connaissez mais sans pouvoir en faire une description précise.		
	<b>Moyen</b> : vous en avez une connaissance assez superficielle, vous y passez sans vraiment y prêter attention.		
	<b>Pas du tout</b> : c'est la première fois que vous vous retrouviez dans cette place.		
<b>Comment trouvez-vous cette place ? Est-ce que vous pensez :</b>	1. Qu'elle forme une seule unité indissociable ?	..... ..... .....	
	2. Qu'elle est formée de plusieurs zones, coins ou endroits, qu'on arrive à distinguer ?  - En quoi sont-ils distincts ou différents ?	..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... ..... .....	
<b>Est ce que vous pouvez me donner les principales raisons qui vous conduisent à fréquenter cet espace ?</b>	..... ..... ..... ..... ..... .....		
<b>Quel est l'endroit (s) que vous appréciez le plus dans la place ? Pourquoi ?</b>	..... ..... ..... .....		
<b>Parmi ces conditions climatiques, à votre avis quelle est celle qui limite le plus vos activités dans cette place ? est ce que c'est plutôt : (donnez un seul choix svp)</b>	<input type="checkbox"/>	Un fort ensoleillement	
	<input type="checkbox"/>	Un ciel couvert	
	<input type="checkbox"/>	Une humidité élevée	
	<input type="checkbox"/>	Un vent fort	
	<input type="checkbox"/>	Une basse température	
	<input type="checkbox"/>	Autres (précisez) : .....	
<b>Maintenant et à cet endroit même où on se trouve, est ce que vous trouvez qu'il fait :</b>	<input type="checkbox"/>	Très chaud	
	<input type="checkbox"/>	Chaud	
	<input type="checkbox"/>	Légèrement chaud	
	<input type="checkbox"/>	Bon	
	<input type="checkbox"/>	Légèrement frais	
	<input type="checkbox"/>	Frais	
<b>Habillement et observations diverses</b>	.....		
	.....		
	.....		
	.....		
	.....		
	.....		

## 10.4 Annexe 4 : Graphes détaillés des mesures microclimatiques

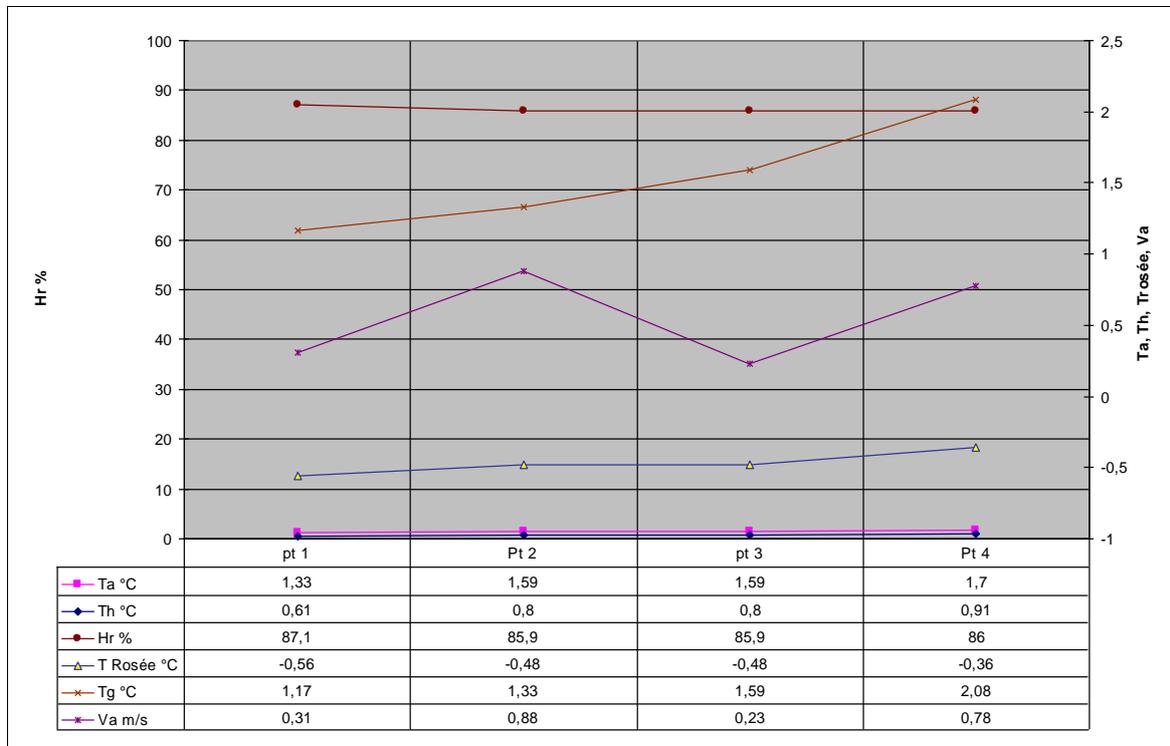


Figure 57. Place de l'église, période froide, première session.

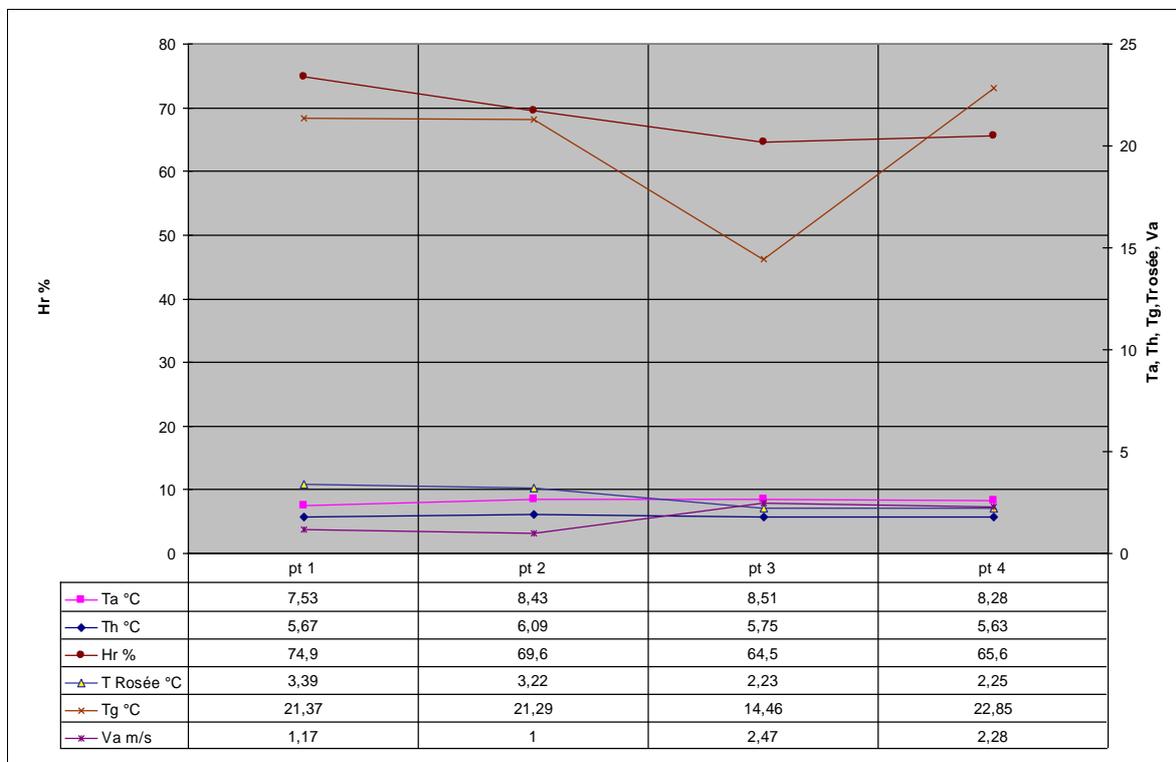


Figure 58. Place de l'église, période froide, deuxième session.

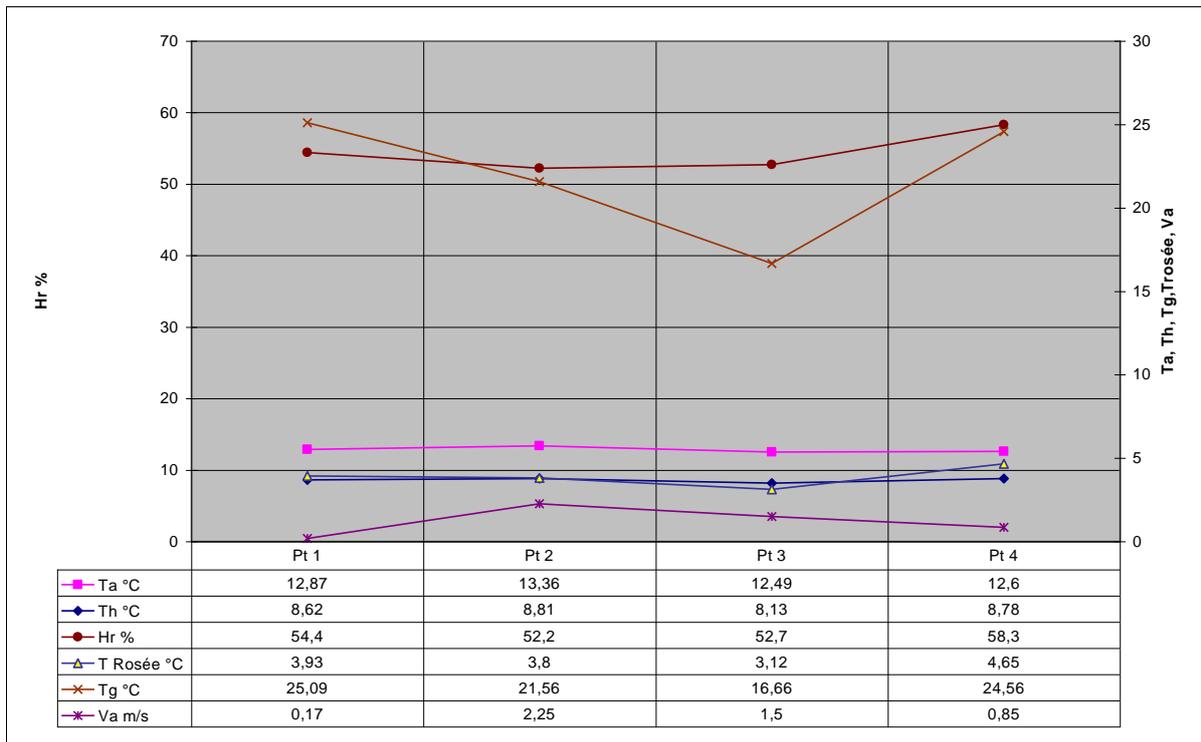


Figure 59. Place de l'église, période froide, troisième session

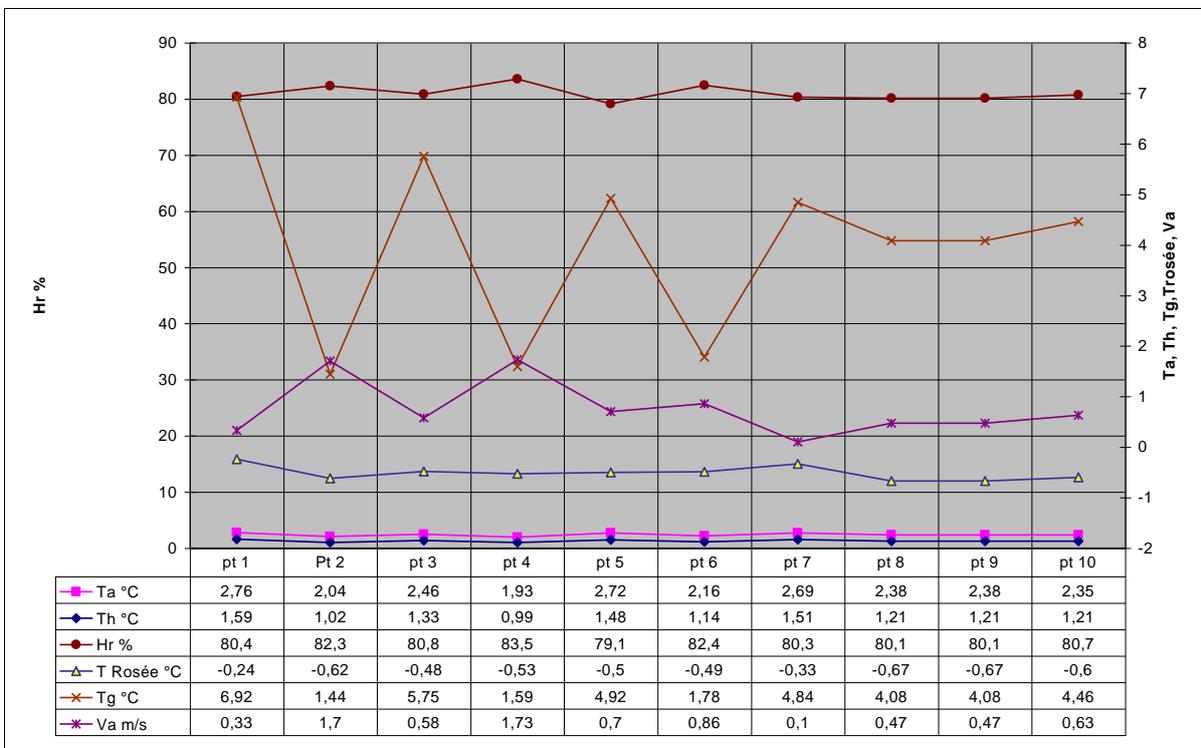


Figure 60. Place de la Mairie, période froide, première session

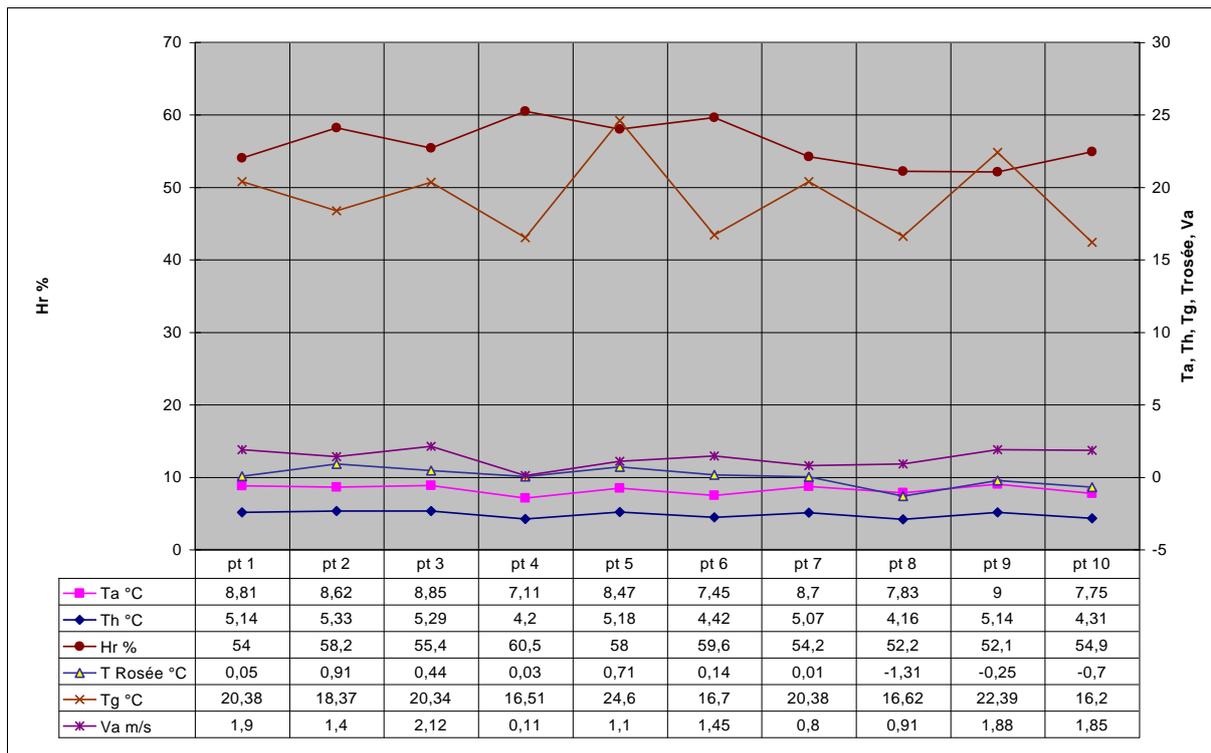


Figure 61. Place de la Mairie, période froide, deuxième session

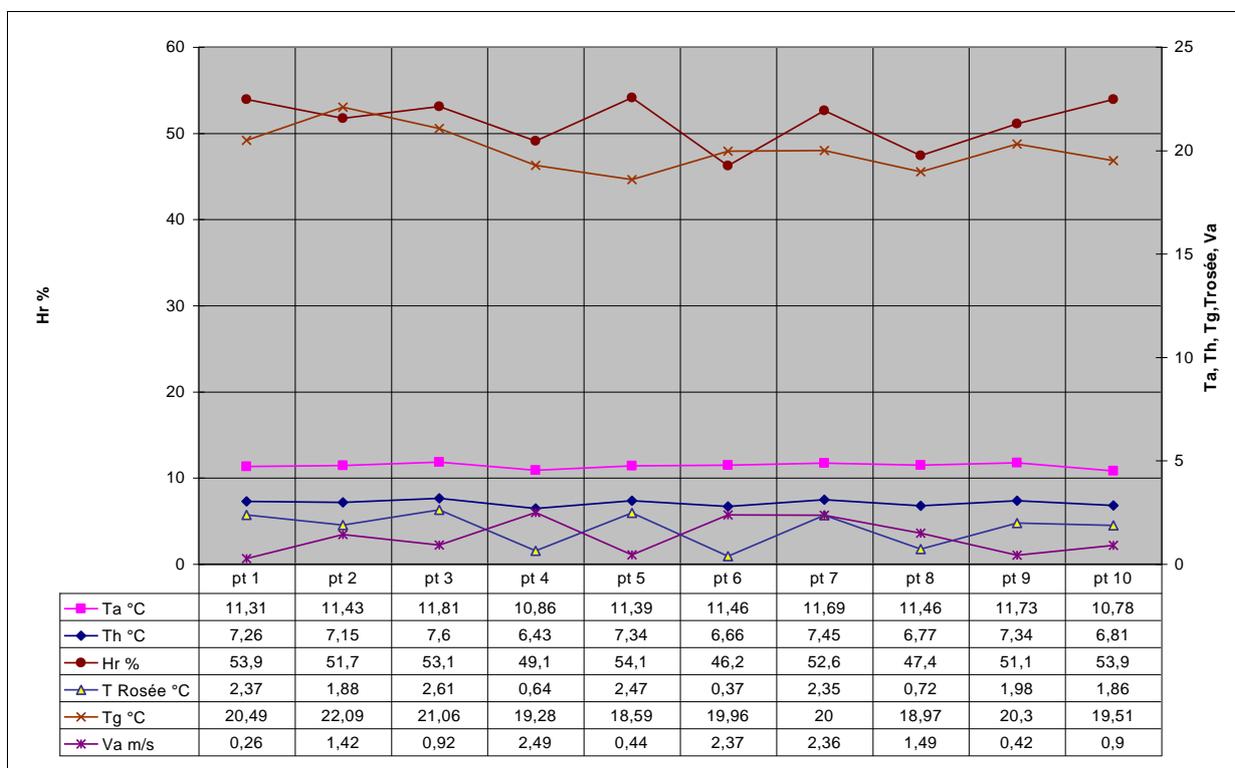


Figure 62. Place de la Mairie, période froide, troisième session

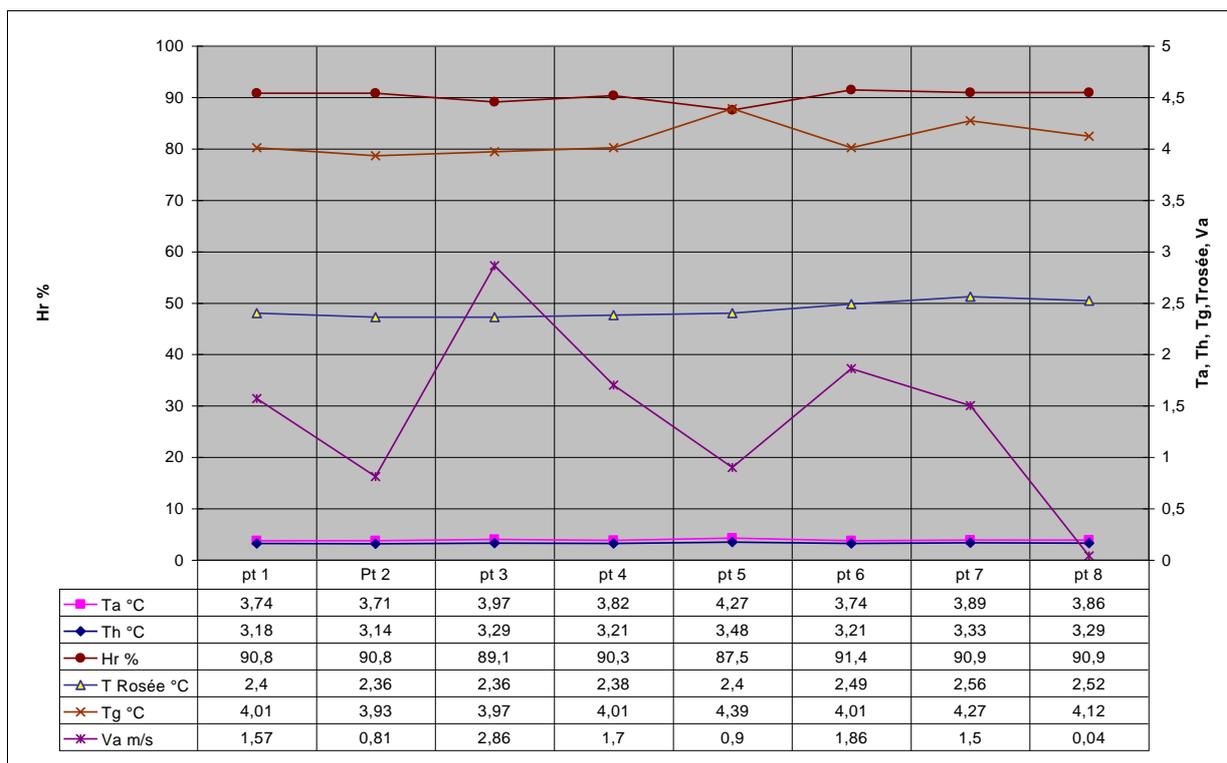


Figure 63. Place des Marronniers, période froide, première session

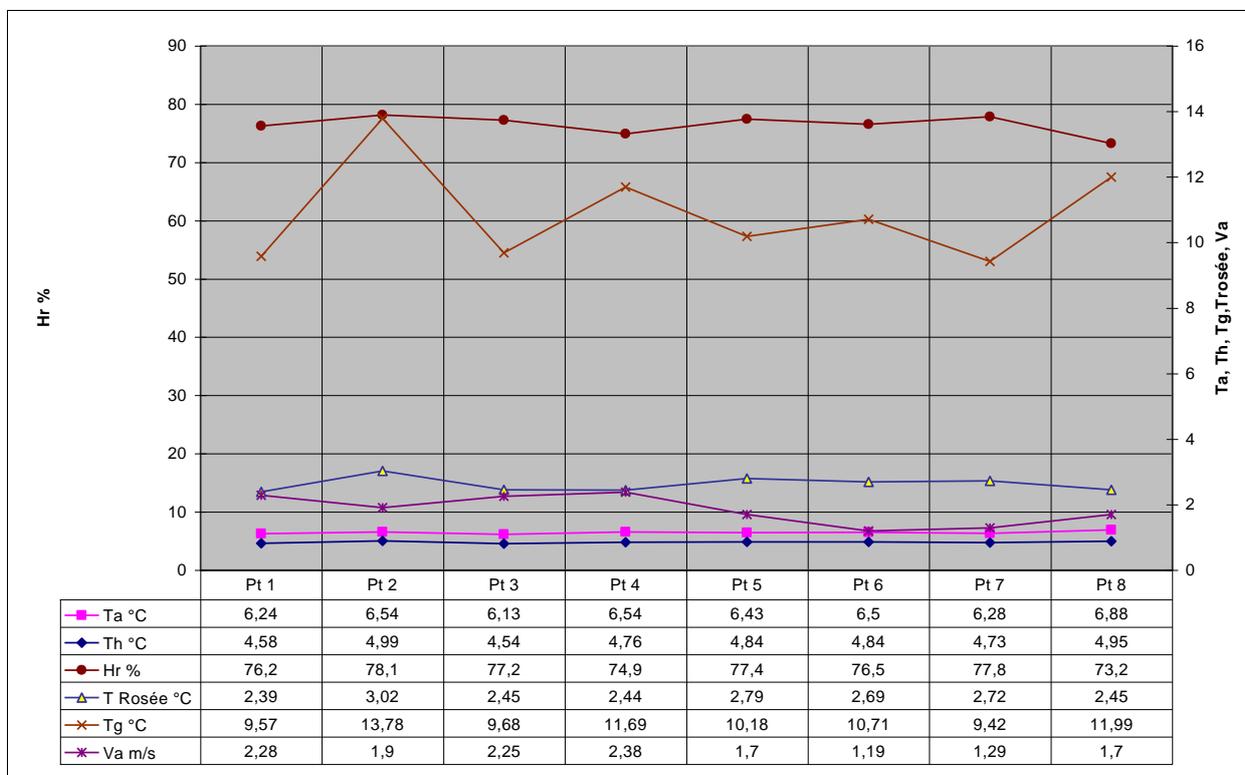


Figure 64. Place des Marronniers, période froide, deuxième session

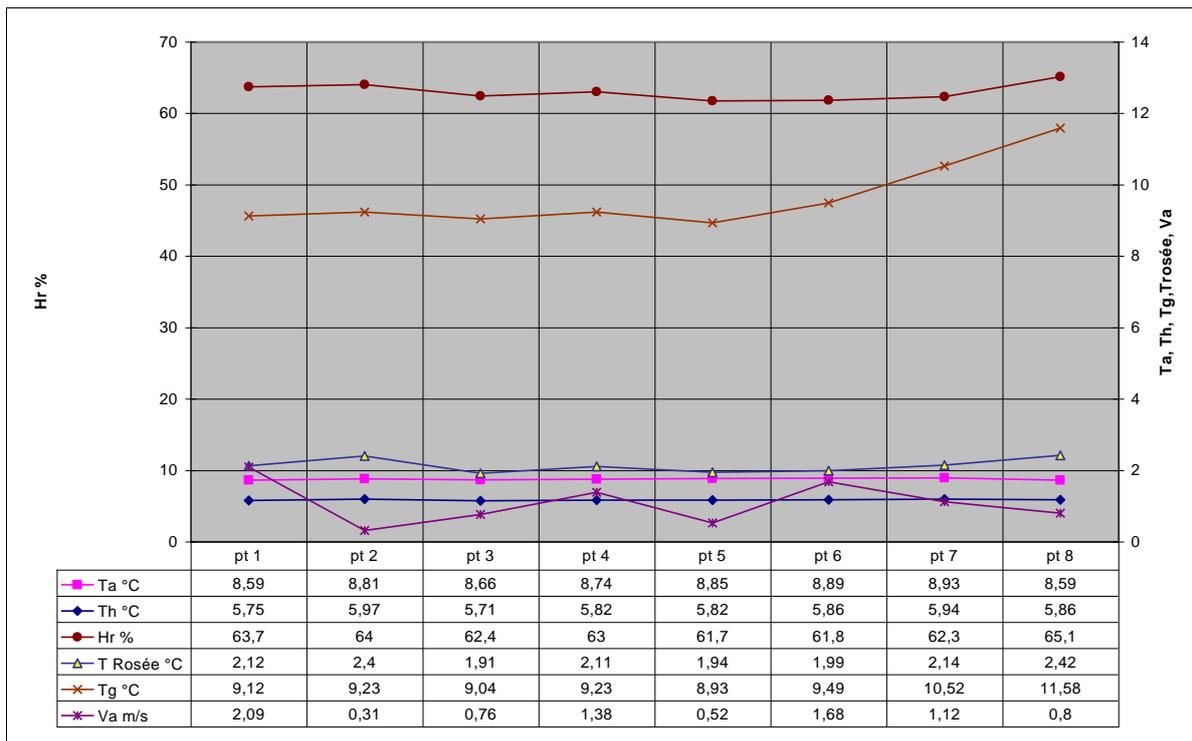


Figure 65. Place des Marronniers, période froide, troisième session

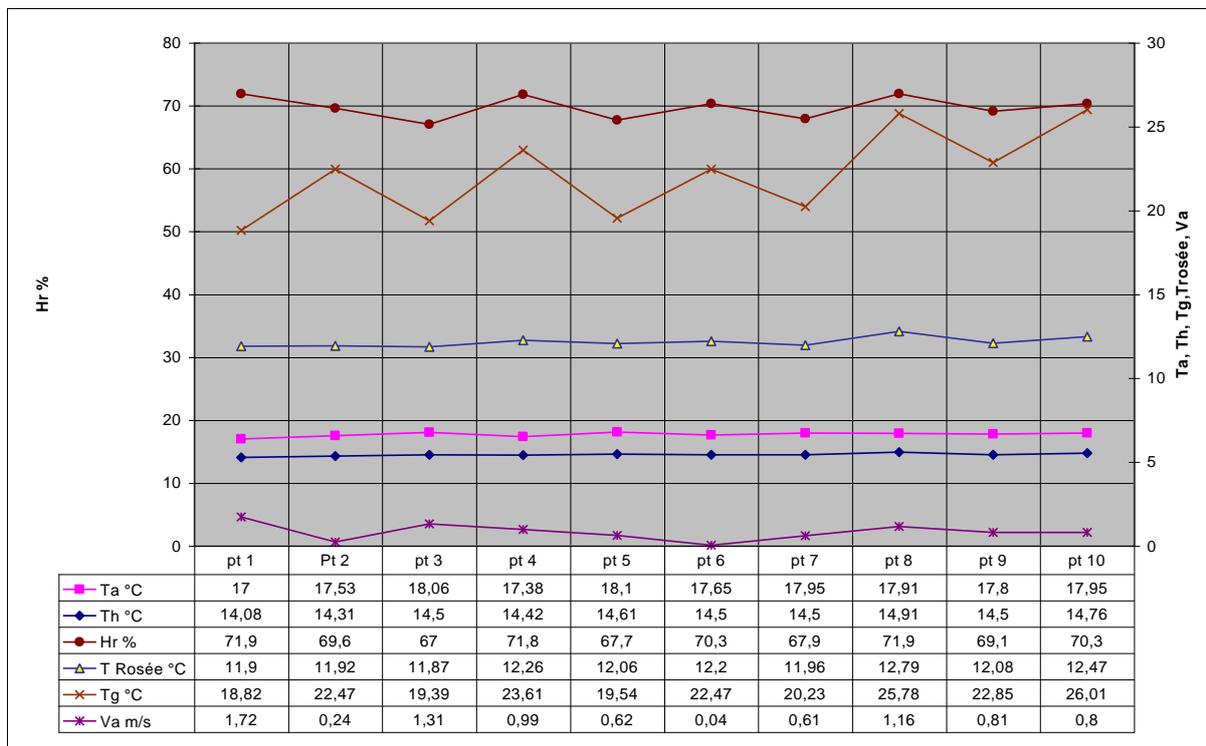


Figure 66. Place de la Mairie, Période chaude, première session

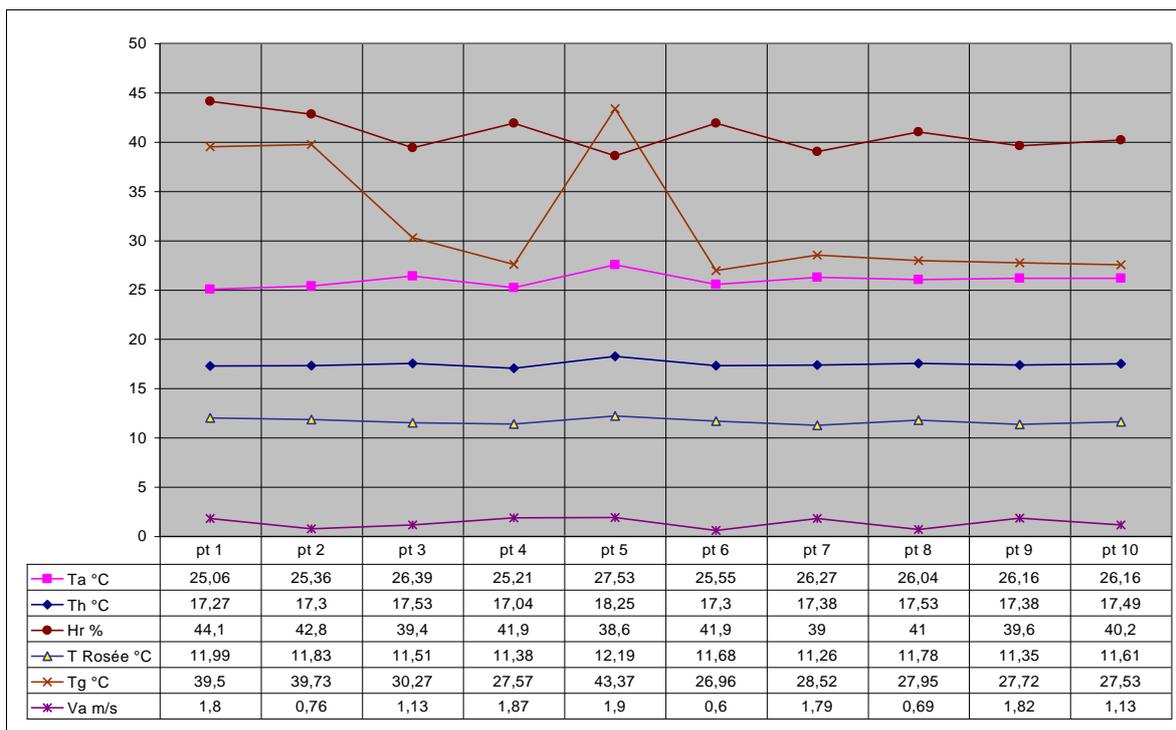


Figure 67. Place de la Mairie, période chaude, deuxième session

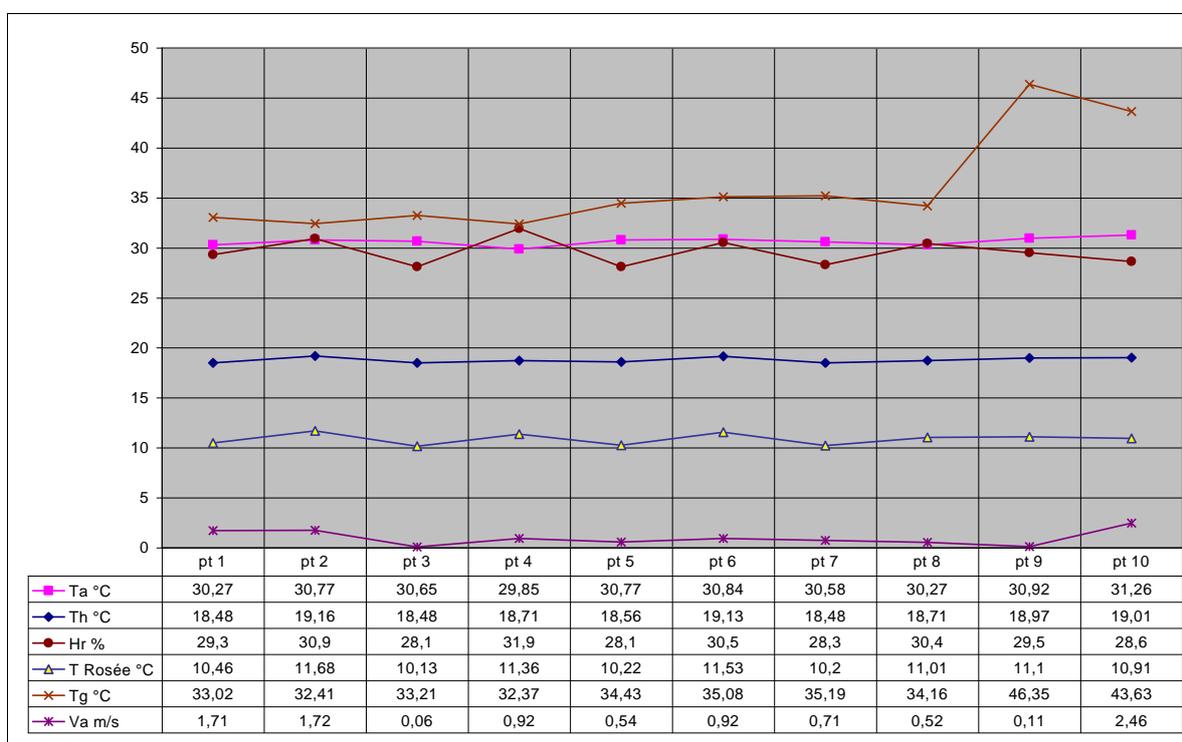


Figure 68. Place de la Mairie, période chaude, troisième session

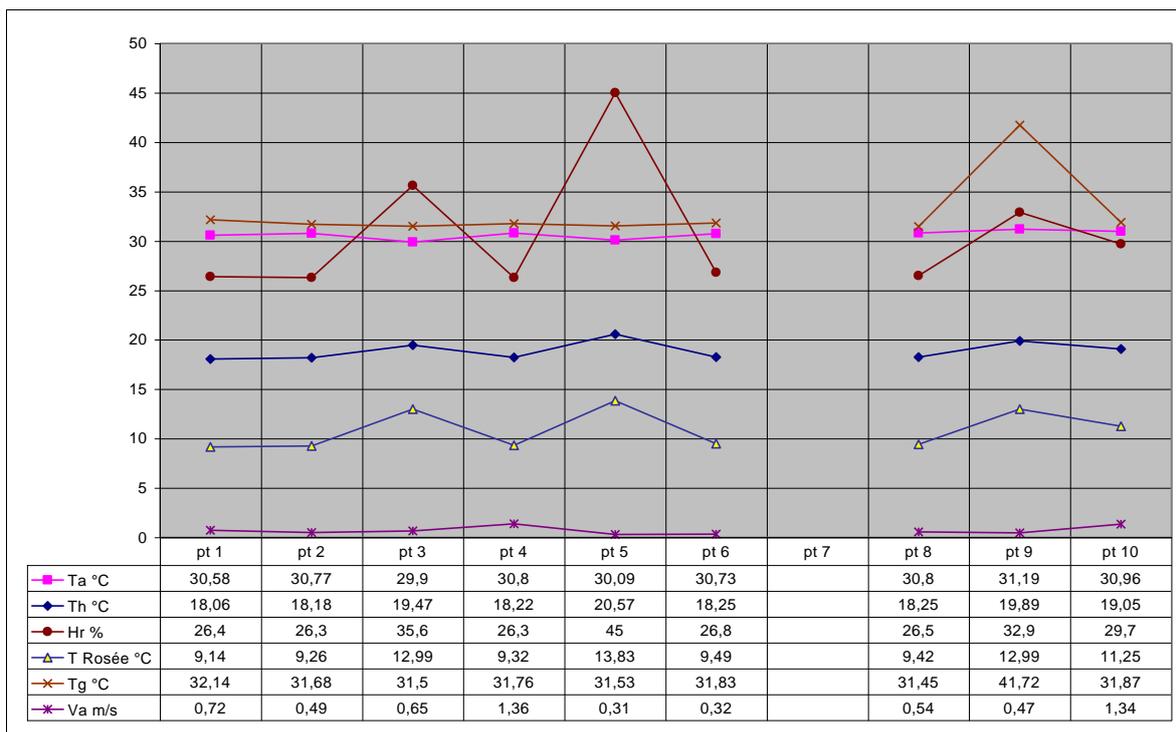


Figure 69. Place de la Mairie, période chaude, quatrième session

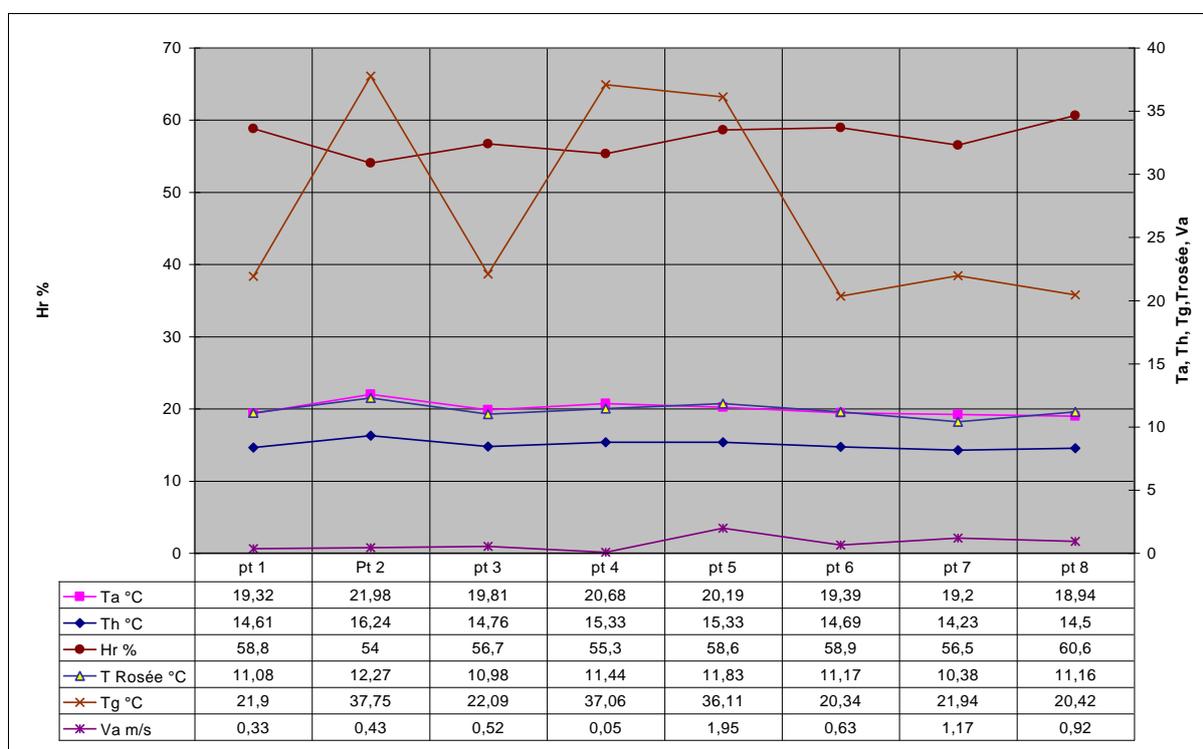


Figure 70. Place des Marronniers, période chaude, première session

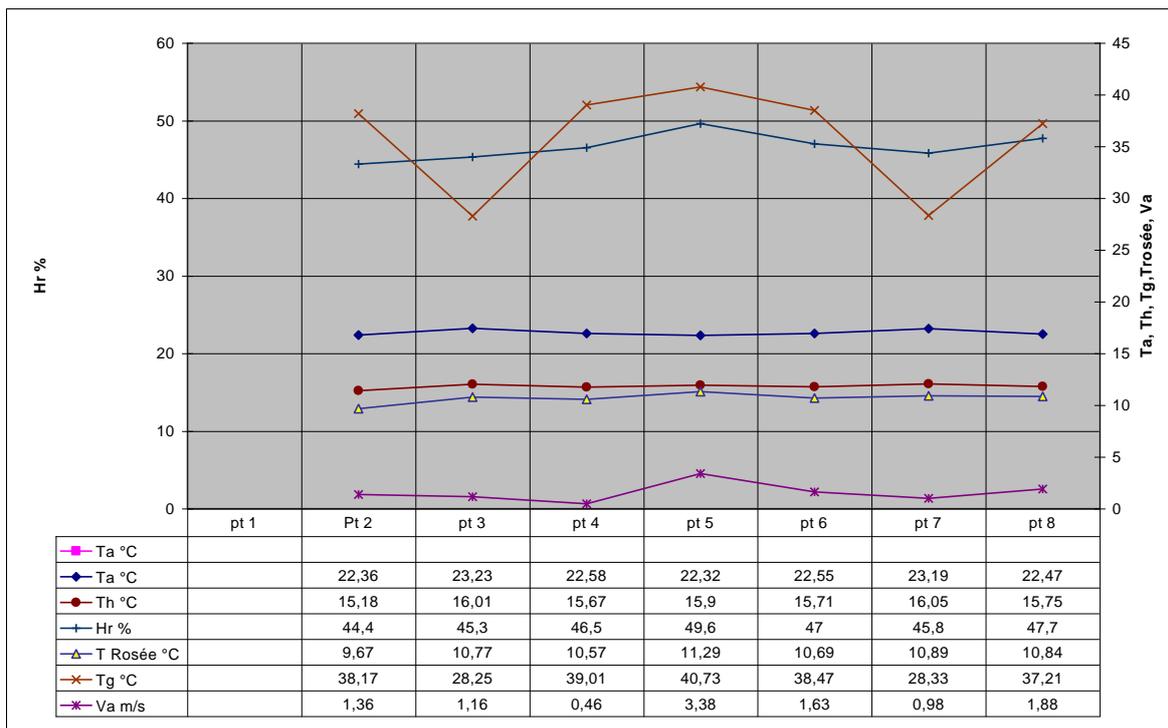


Figure 71. Place des Marronniers, période chaude, deuxième session

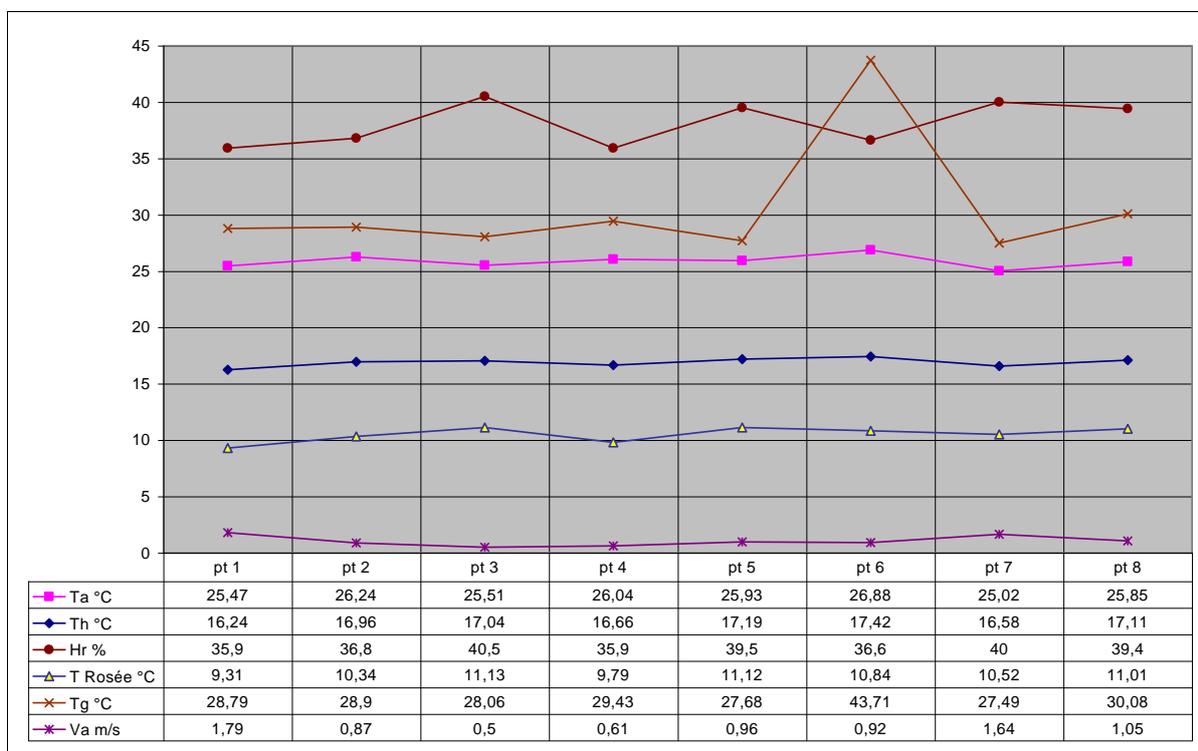


Figure 72. Place des Marronniers, période chaude, troisième session

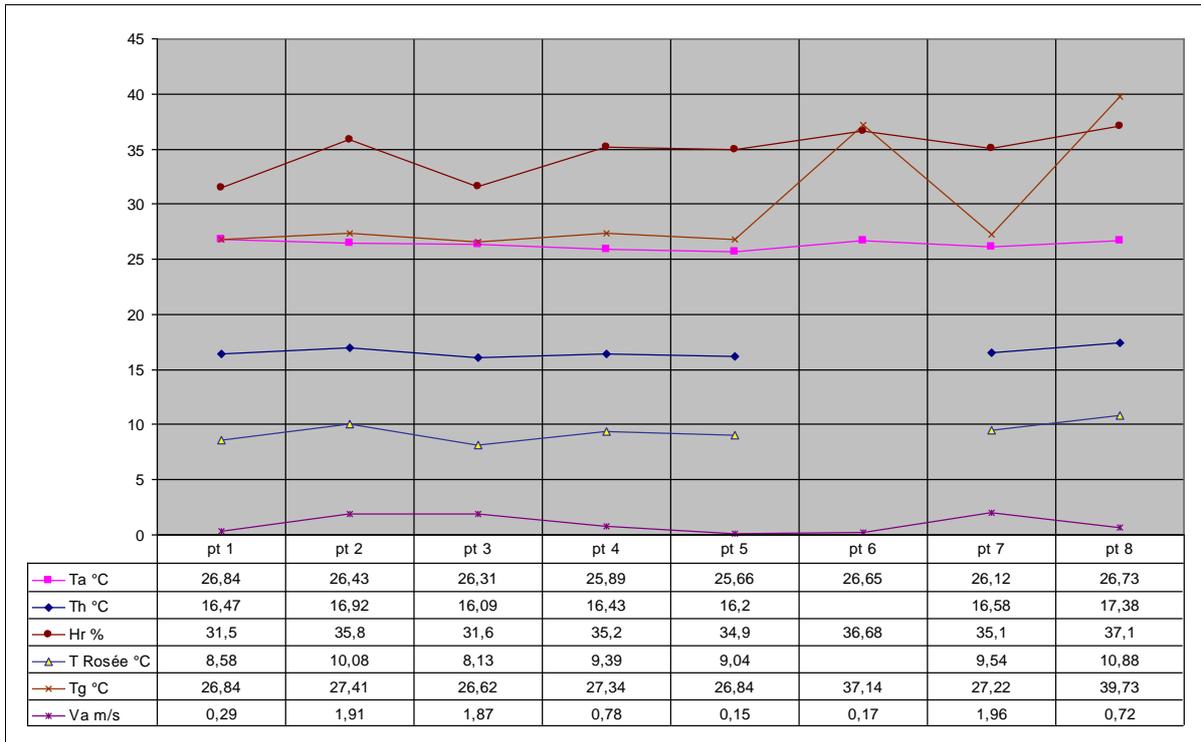


Figure 73. Place des Marronniers, période chaude, quatrième session

## **10.5 Annexe 5 : Cartes récapitulatives des observations**



Figure 74. Place de l'église, période froide, première session

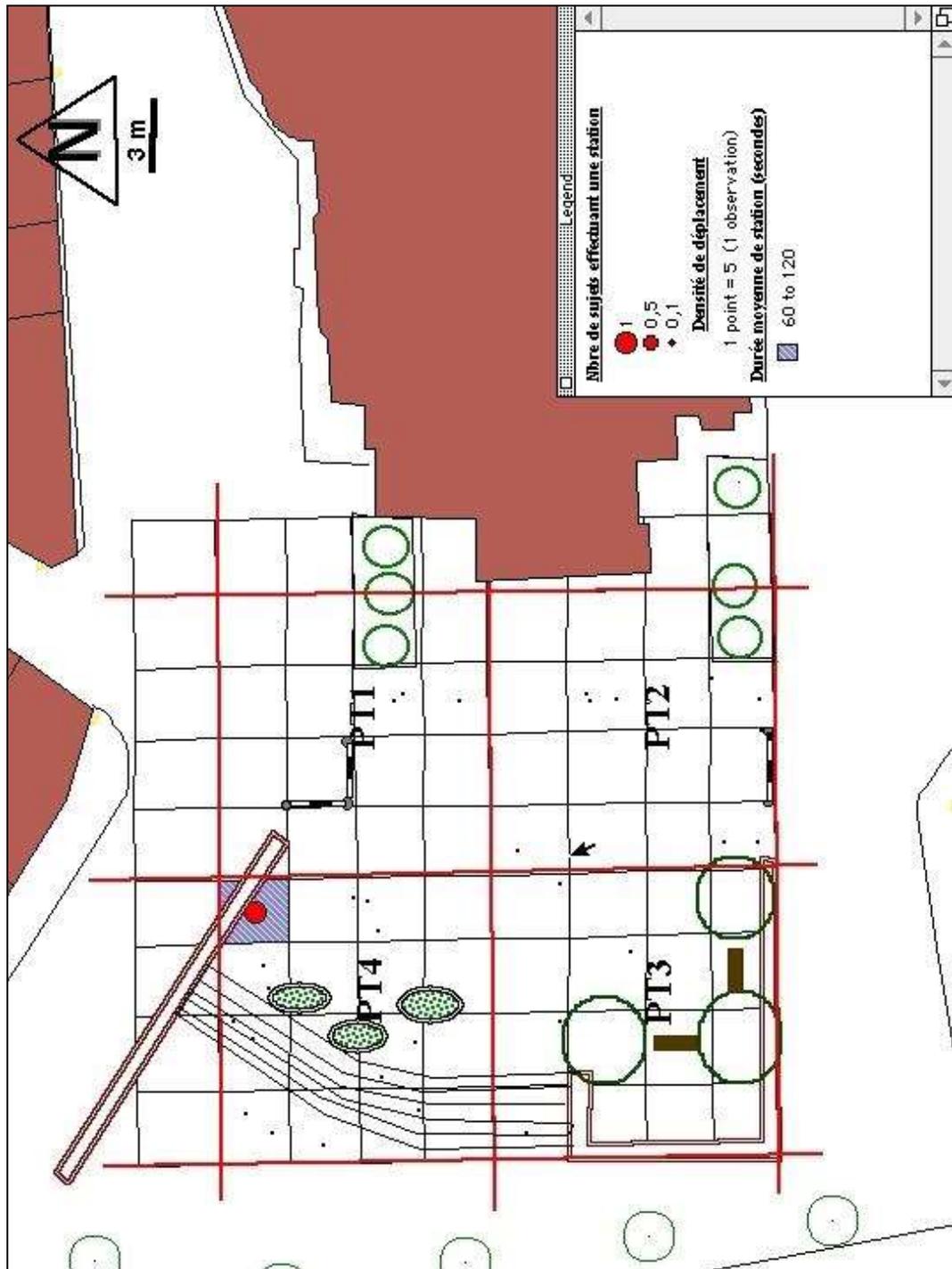


Figure 75. Place de l'église, période froide, deuxième session

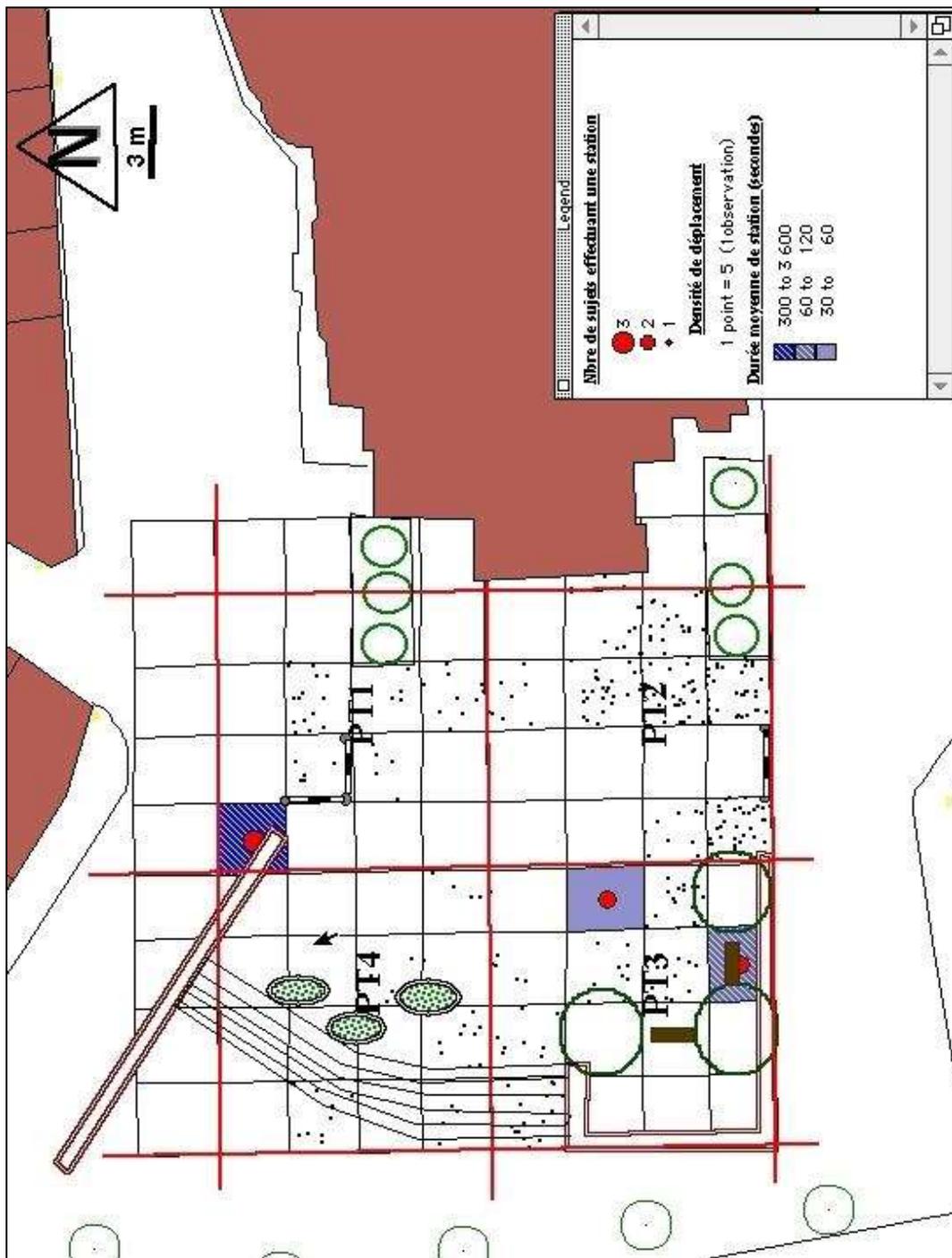


Figure 76. Place de l'église, période froide, troisième session



Figure 77. Place de la Mairie, période froide, Première session



Figure 78. Place de la Mairie, période froide, deuxième session.



Figure 79. Place de la Mairie, période froide, troisième session



Figure 80. Place de la Mairie, période chaude, première session



Figure 81. Place de la Mairie, période chaude, deuxième session

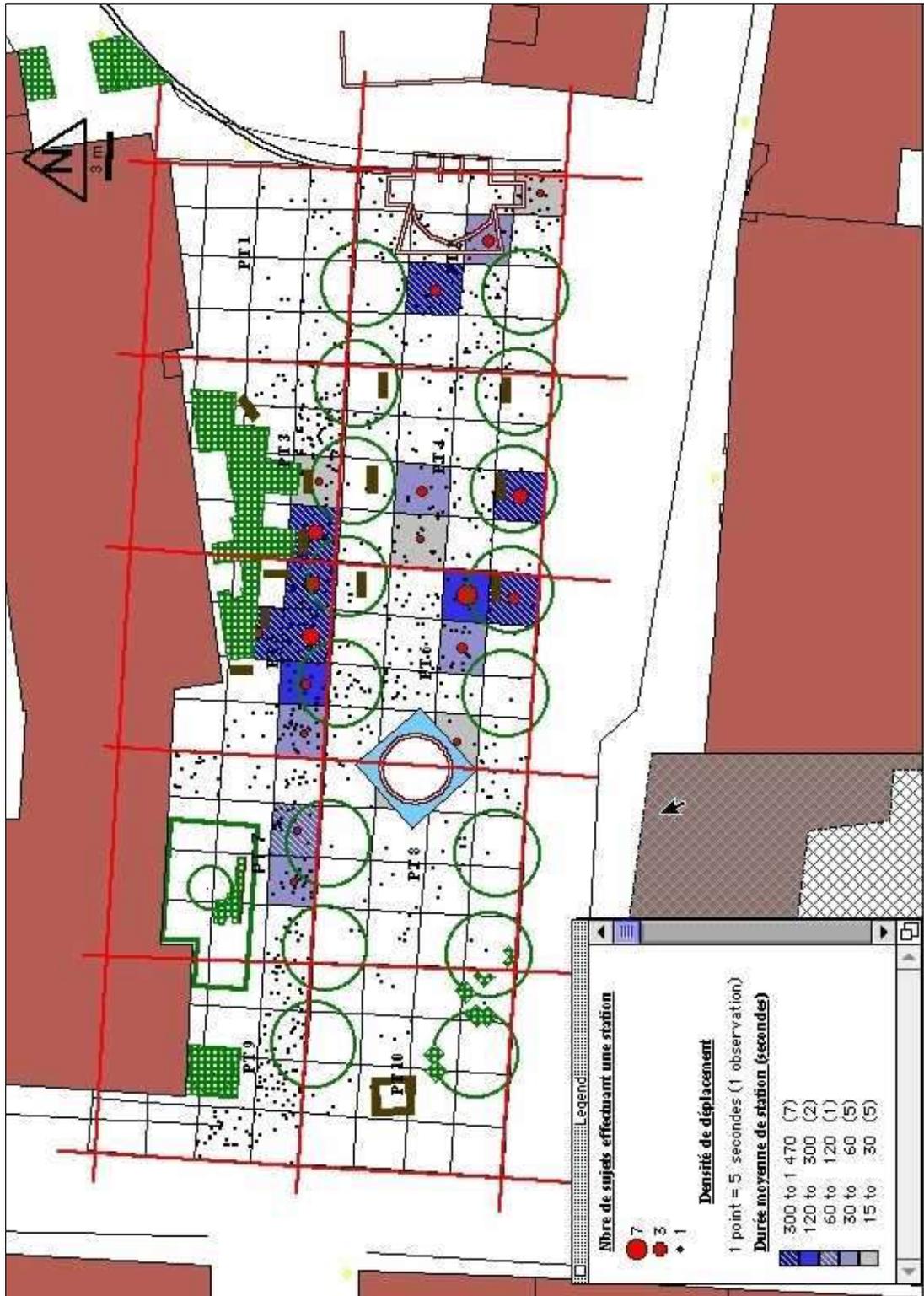


Figure 82. Place de la Mairie, période chaude, troisième session



Figure 83. Place de la Mairie, période chaude, quatrième session

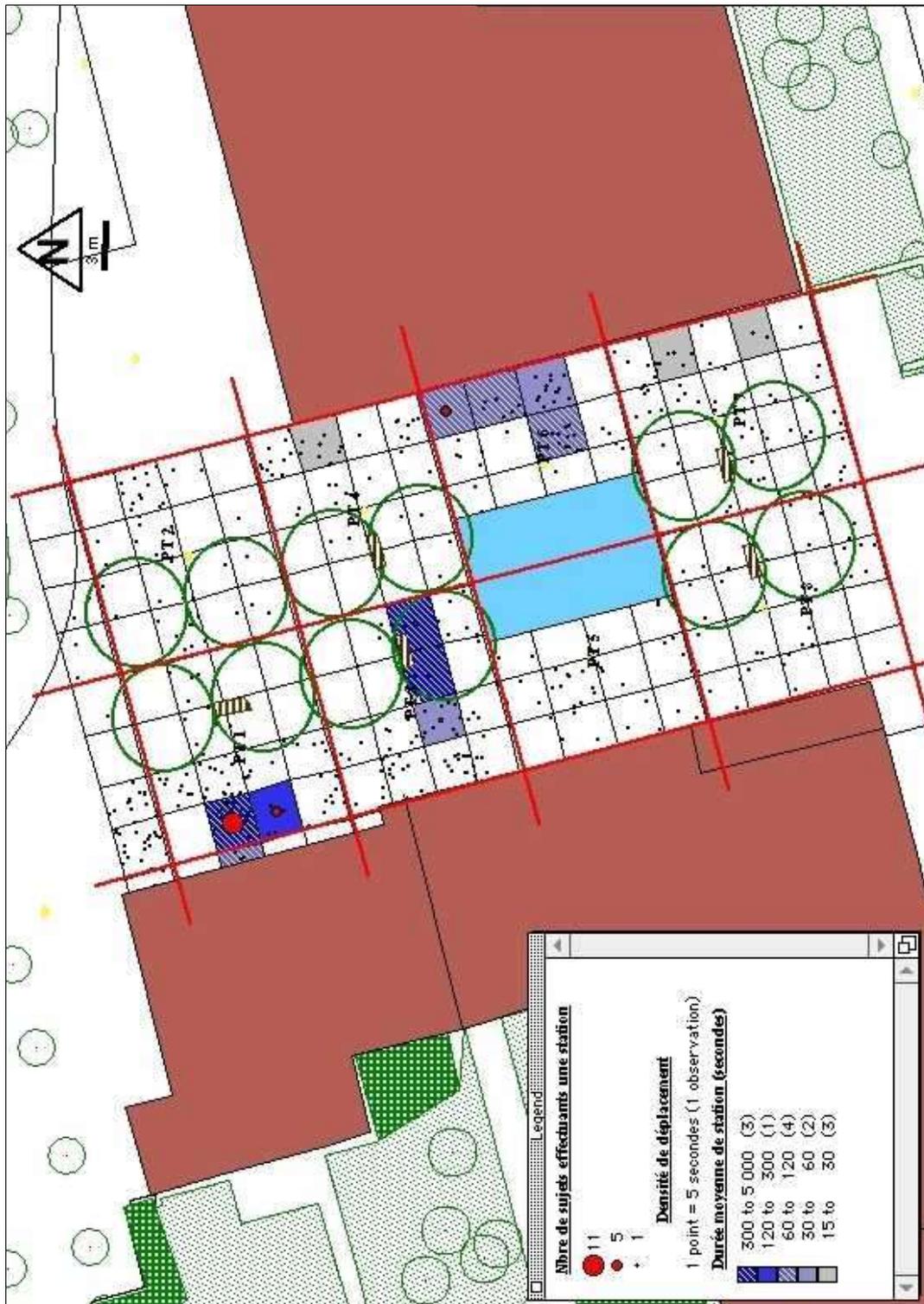


Figure 84. Place des Marronniers, période chaude, première session



Figure 85. Place des Marronniers, période chaude, deuxième session

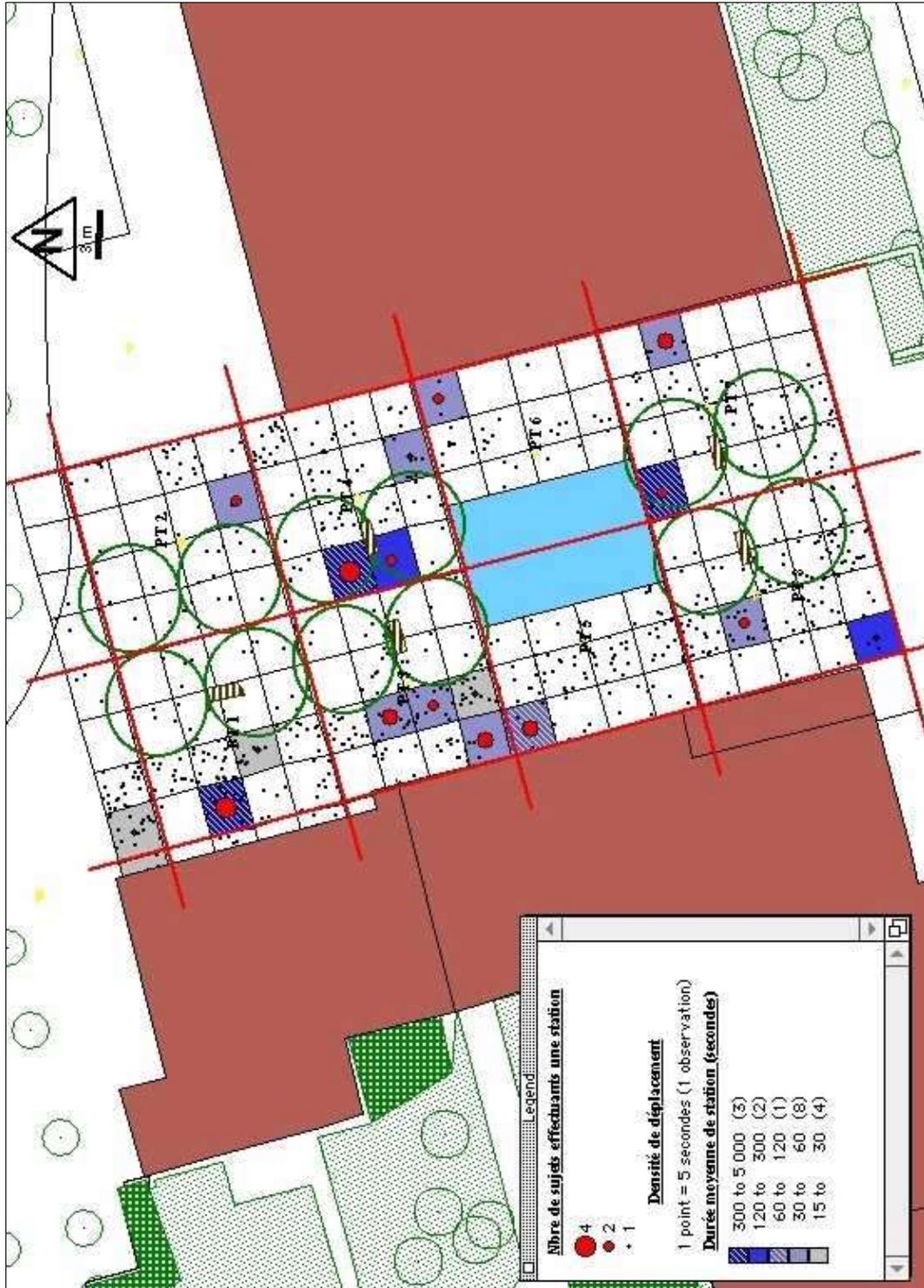


Figure 86. Place des Marronniers, période chaude, troisième session

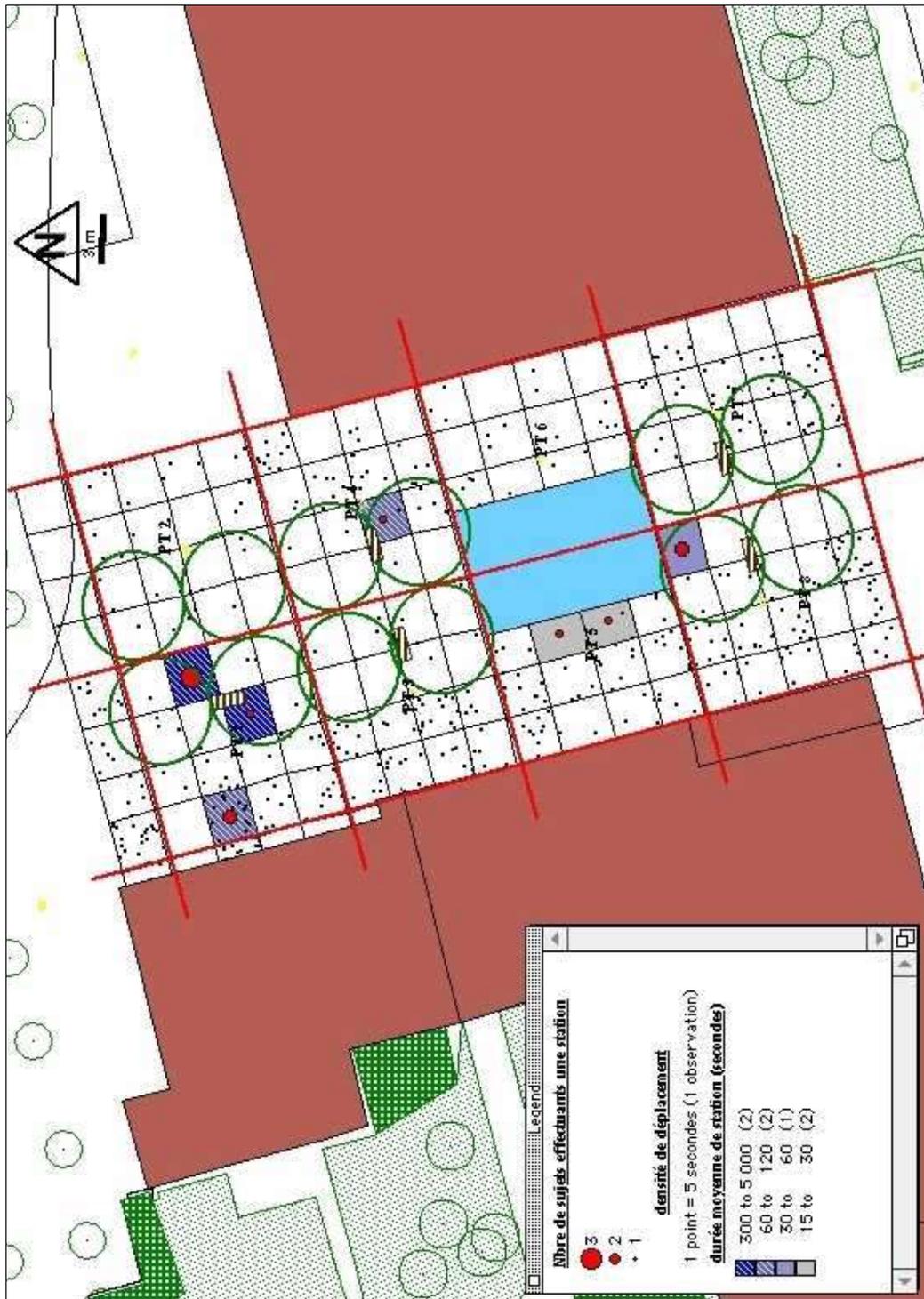


Figure 87. Place des Marronniers, période chaude, quatrième session



Figure 88. Place des Marronniers, période froide, première session

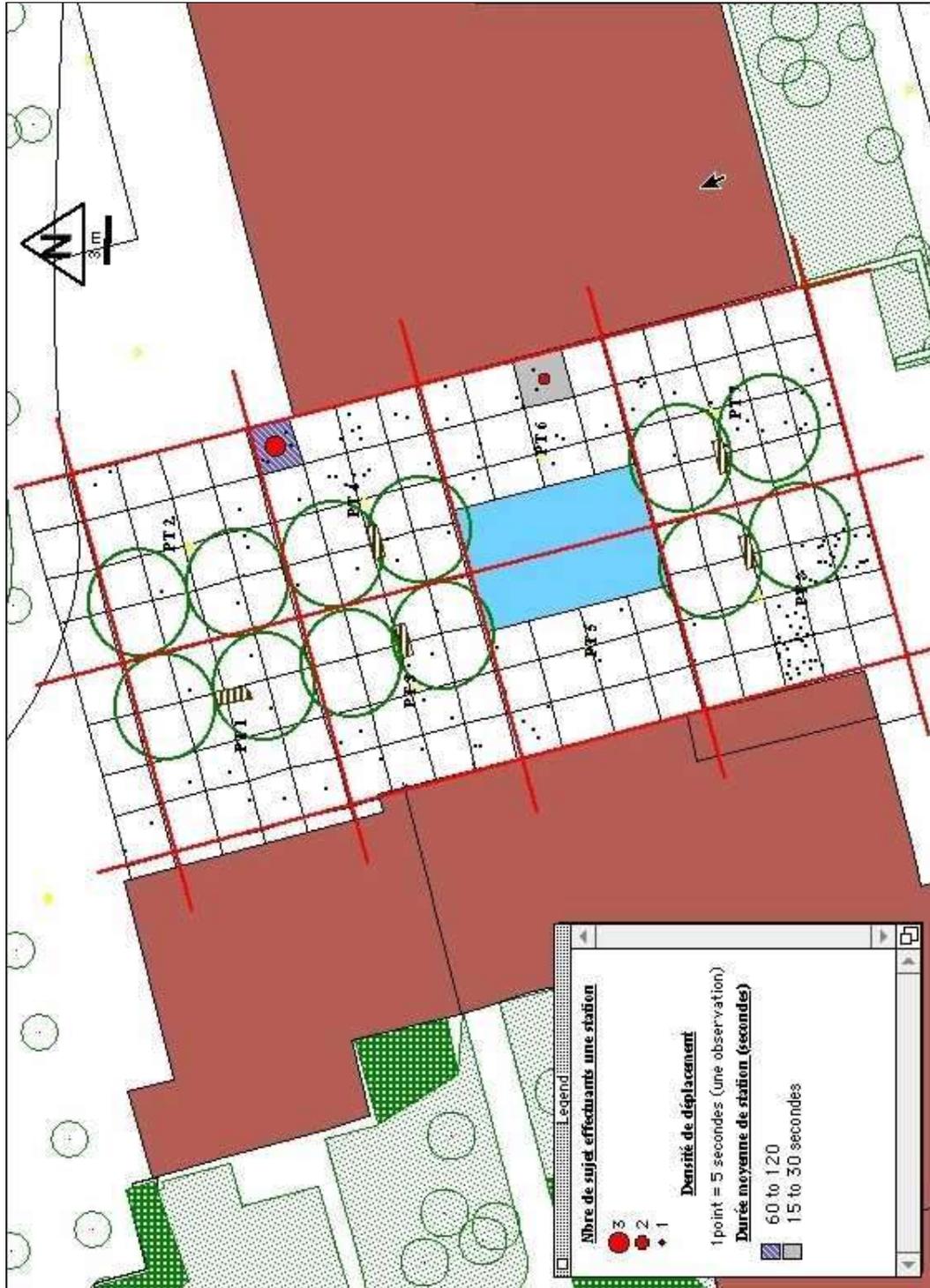


Figure 89. Place des Marronniers, période froide, deuxième session

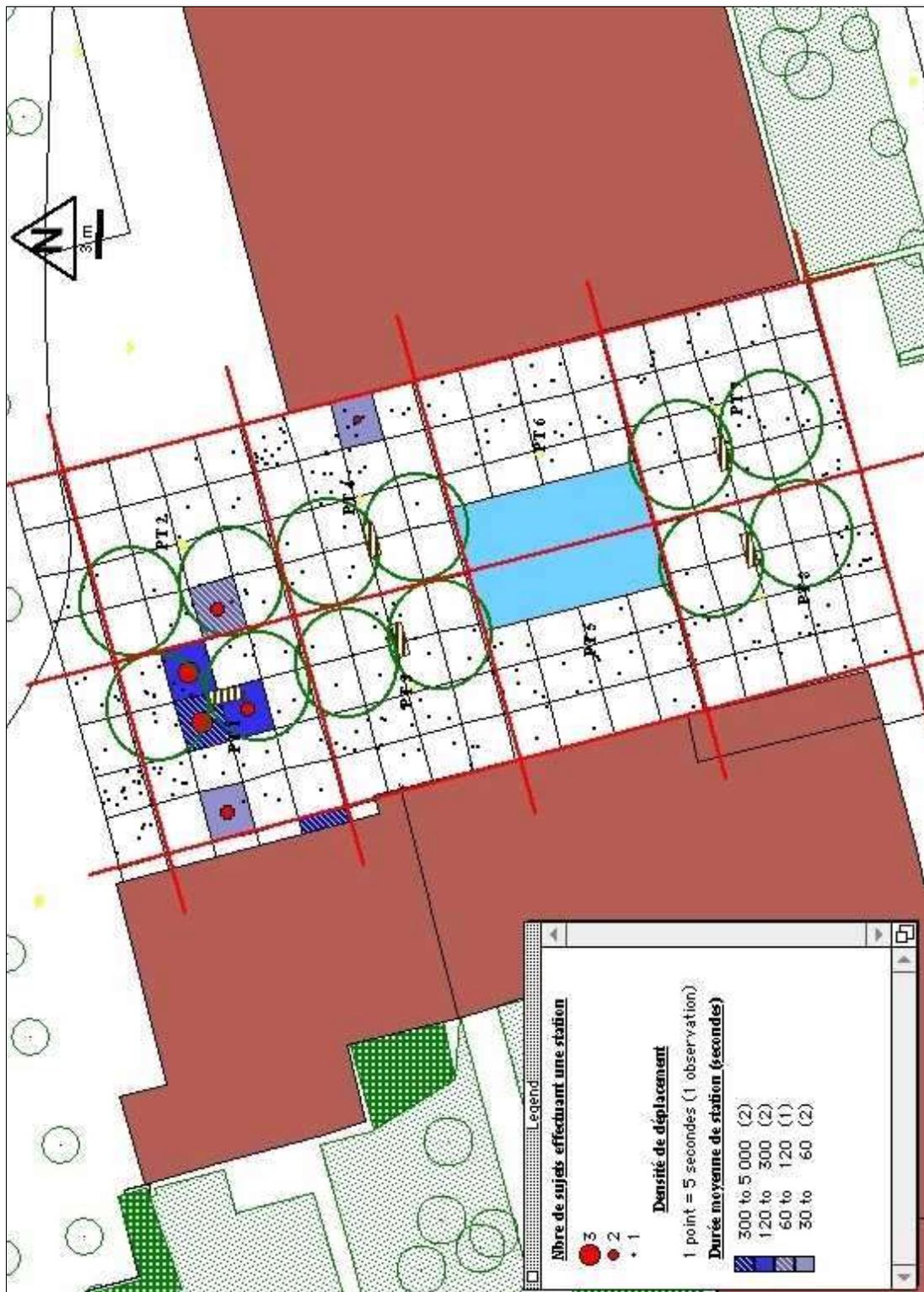


Figure 90. Place des Marronniers, période froide, troisième session



Figure 91. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude - première session)



Figure 92. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – deuxième session)

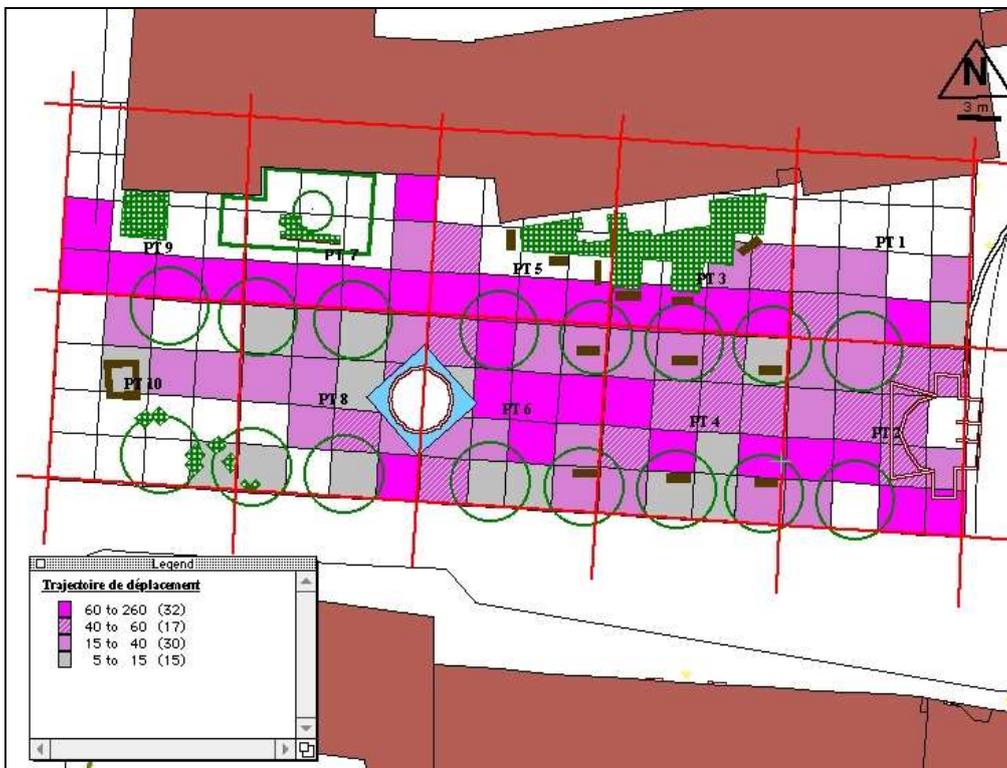


Figure 93. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – troisième session)

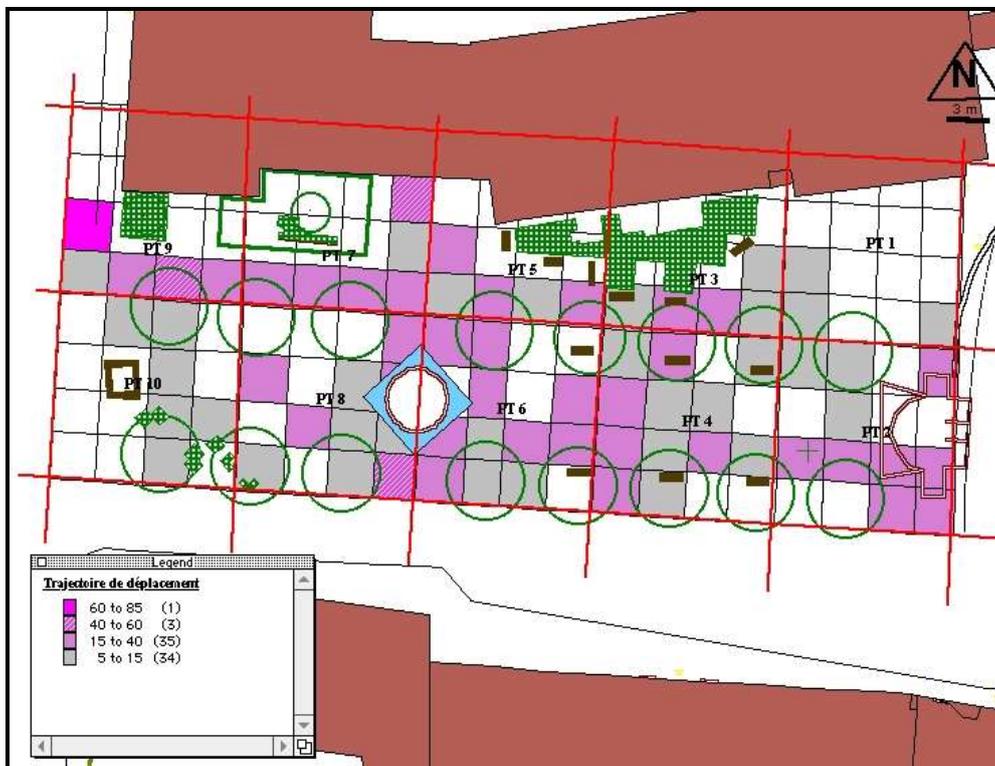


Figure 94. Récapitulatif des trajectoires (Place de la Mairie – période chaude – quatrième session)

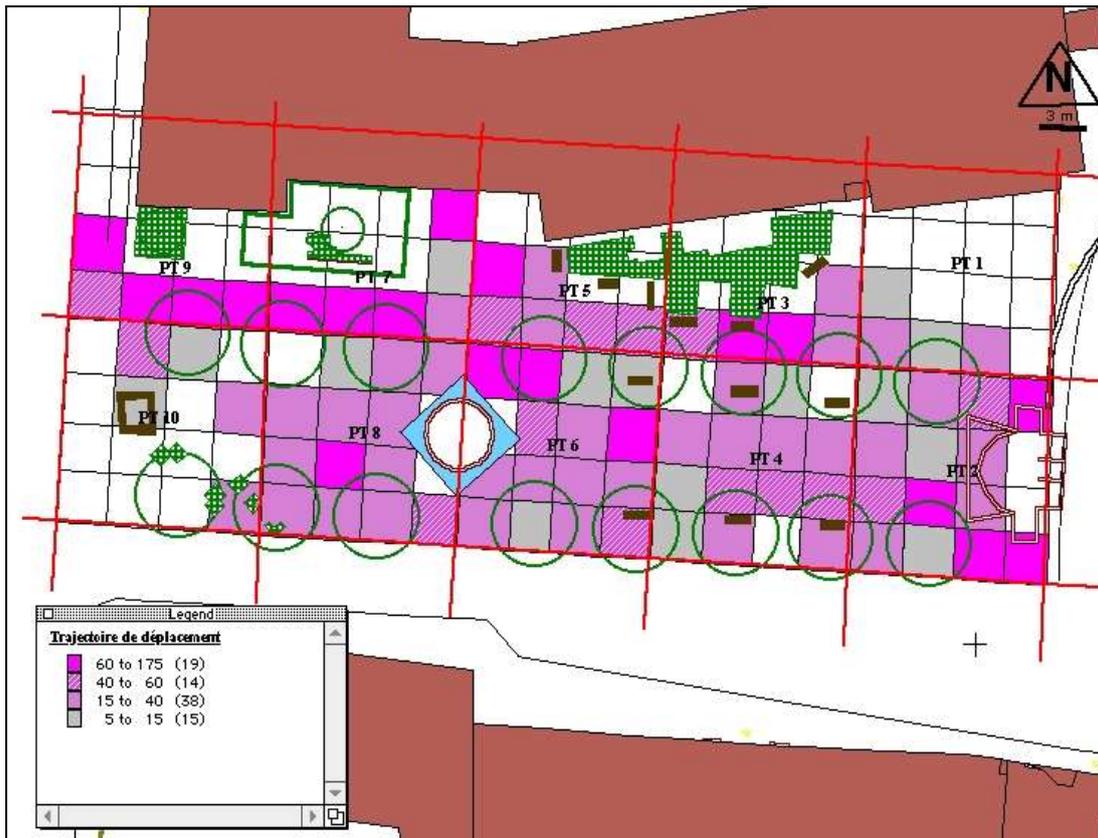


Figure 95. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – première session)

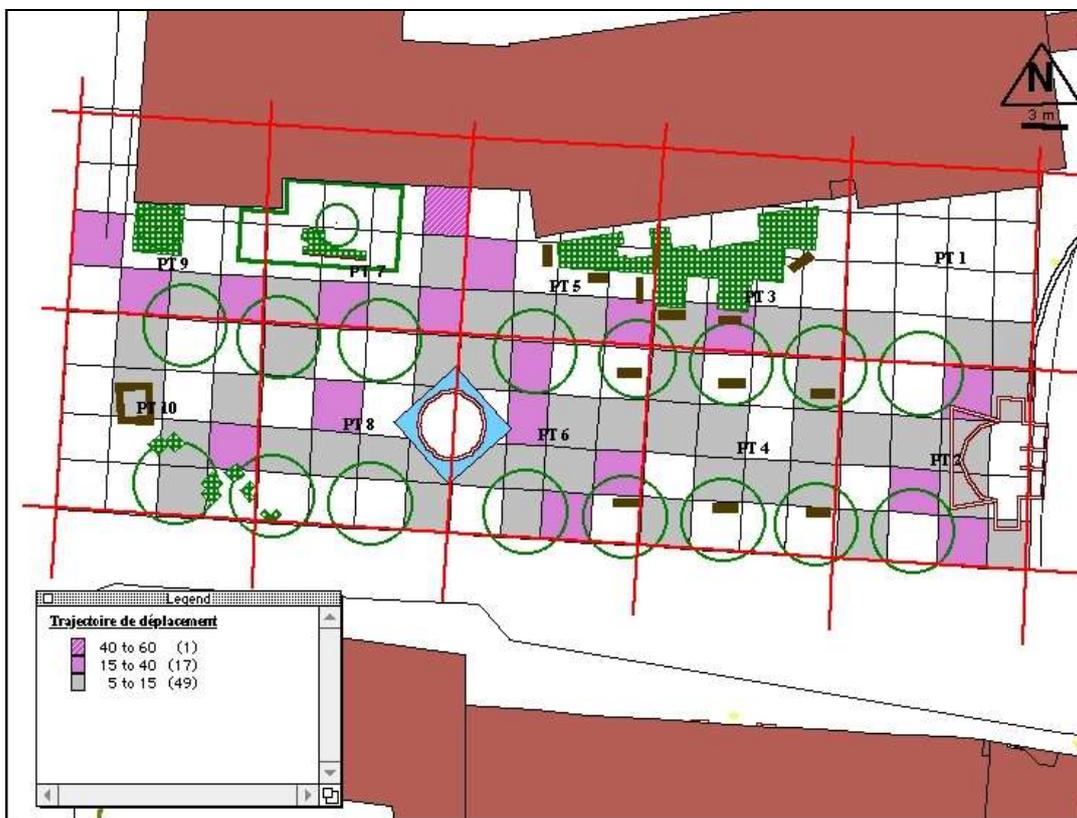


Figure 96. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – deuxième session)

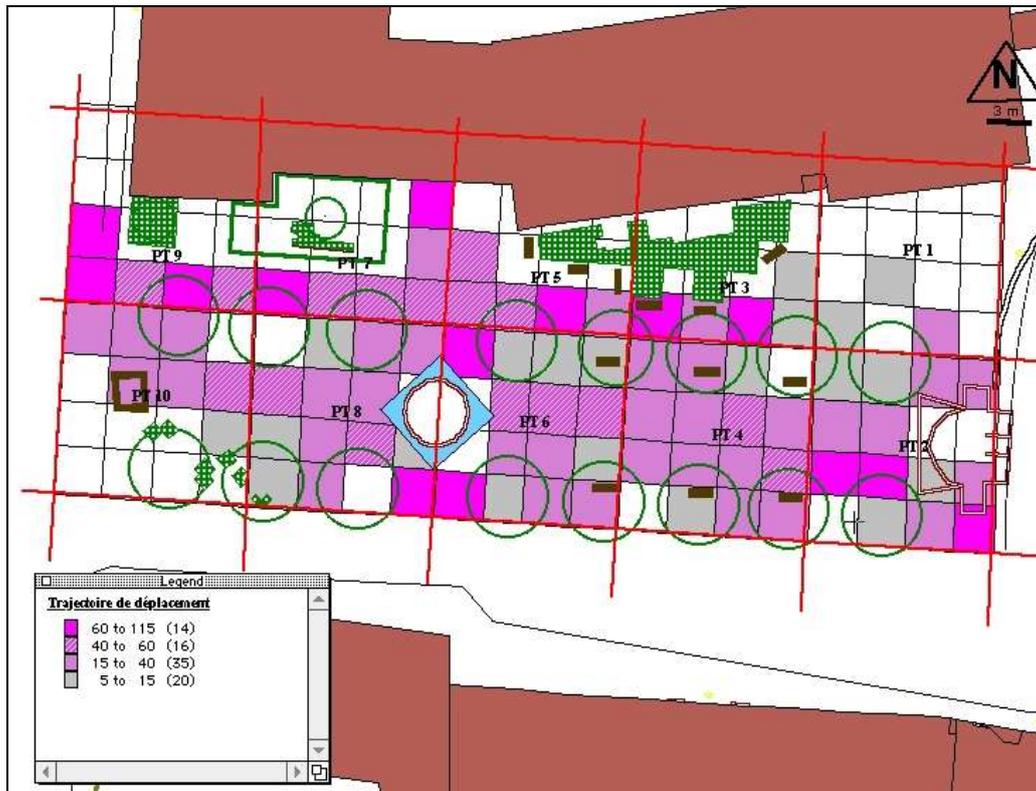


Figure 97. Récapitulatif des trajectoires (place de la Mairie – période froide – troisième session)



Figure 98. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – première session)



Figure 99. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – deuxième session)



Figure 100. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – troisième session).



Figure 101. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers – période chaude – quatrième session)



Figure 102. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – première session).



Figure 103. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – deuxième session).



Figure 104. Récapitulatif des trajectoires (Place des Marronniers - période froide – troisième session).

## 10.6 Annexe 6 : Programmes développés sous « VisualDbase »

### Programme : occupa.prg

Un programme fait sous VISUALDBase pour :

- le calcul du temps (en intervalle) de la présence sur la place,
- la sélection des sujets qui s'arrêtent pour OCCUPER un emplacement de l'une des places,
- calcul de la durée d'occupation des cases de la trame, dans le cas ou cette occupation est supérieure ou égale à 3 intervalles

---

```
CLOSE DATA
CLEAR MEMO
SET TALK OFF
CLEAR
```

```
STORE « « TO vsite, situation
```

```
@ 2,15 SAY « DEFINITION Des FICHER A traiter «
```

```
@ 7,10 SAY « SITE : »
```

```
@ 7,20 GET vsite PICTURE « aaa »
```

```
READ
```

```
STORE « ACT » + trim(vsite) to fichier1
```

```
STORE « POP » + trim(vsite) to fichier2
```

```
sele 2
```

```
use &fichier2 order codobs ALIAS POP
```

```
sele 1
```

```
USE &fichier1
```

```
SET RELATION TO CODOBS INTO POP
```

```
GO TOP
```

```
STORE CODOBS to usager
```

```
STORE TRAME to posi
```

```
STORE 1 TO nbposi
```

```
STORE 1 TO nbinter
```

```
STORE 0 TO numo
```

```
DO WHILE.NOT. EOF()
```

```
SKIP
```

```
IF CODOBS = usager
```

```
IF ACTSUPPORT <> « IB »
```

```

STORE 1 + nbinter TO nbinter
SELE 2
REPLACE DURSEQ WITH nbinter * 5
SELE 1
ENDIF

```

```

IF TRAME = posi
STORE 1 + nbposi TO nbposi
IF nbposi >= 3.AND. TRAME <> « ??? » .AND. TRAME <> « «
DO CASE
CASE nbposi = 3
STORE numo + 1 TO numo
STORE LTRIM(STR(numo)) TO num
SELE 2
REPLACE P&num WITH posi
REPLACE DURP&num WITH nbposi * 5
SELE 1
CASE nbposi >3
SELE 2
REPLACE DURP&num WITH nbposi * 5
SELE 1
ENDCASE
ENDIF

```

```

ELSE
STORE TRAME to posi
STORE 1 TO nbposi
ENDIF posi

```

```

ELSE
STORE CODOBS to usager
STORE TRAME to posi
STORE 1 TO nbposi
STORE 1 TO nbinter
STORE 0 TO numo
ENDIF usager

```

```

ENDDO

```

```

*REPLACE ALL DURSTA WITH durp1 + durp2 + durp3 + durp4 +durp5 + durp6 + durp7 + durp8 + durp9

```

```

CLOSE DATA
CLEAR MEMO
CANCEL

```

## Programme : caltrame.prg

C'est un programme que nous avons fait sous VISUALDBase pour :

- la sélection des cases des trames dans les trois places qui ont été occupées.
- le calcul de la durée d'occupation de chaque case.

Dans VisalDBase, chaque ligne correspondait à un usager que nous avons observé. Ce programme a permis de générer un autre type de fichiers utilisables dans le logiciel MapINFO où chaque ligne correspond à une (surface) case de la trame.

Pour chaque case, nous avons calculé cette durée en fonction de la période de la journée et également en fonction de la saison.

---

```
SELE 2
USE ACT3S
SET FILTER TO SITE=« C » .AND. SAISON=« E » .AND. SESSION=« D »
```

```
SELE 1
USE MARTRAME
```

```
SCAN
```

```
STORE TRAME TO vcase
```

```
SELE 2
COUNT FOR TRAME = vcase TO nbcase
```

```
SELE 1
REPLACE EOBSSOIR2 WITH nbcase*5
```

```
ENDSCAN
```

```
CANCEL
```

## Programme Statrame.prg

Un autre programme fait sous VISUALDBase pour :

- la sélection des cases des trames dans les trois places où les usagers ont effectué une station.
- le calcul de la durée moyenne de station dans chaque case.

Ce programme a permis de générer de fichiers utilisables dans le logiciel MapINFO. Pour chaque case, nous avons calculé la durée moyenne des stations effectuées et le nombre de personnes effectuant une station, en fonction de la période de la journée et également en fonction de la saison.

---

CLOSE DATA

CLEAR MEMO

SELE 2

USE [POP3S](#)

SET FILTER TO [SITE=<< C >> .AND. SAISON=<< E >> .AND. SESSION=<< D >>](#)

SELE 1

USE [MARTRAME](#)

SCAN

STORE [TRAME](#) TO vcase

SELE 2

COUNT ALL FOR [P1 = vcase.OR. P2 = vcase.OR. P3 = vcase.OR. P4 = vcase.OR. P5 = vcase.OR. P6 = vcase.OR. P7 = vcase.OR. P8 = vcase.OR. P9 = vcase](#) TO nbusager

SUM ALL [DURP1](#) FOR [P1 = vcase](#) TO dp1

SUM ALL [DURP2](#) FOR [P2 = vcase](#) TO dp2

SUM ALL [DURP3](#) FOR [P3 = vcase](#) TO dp3

SUM ALL [DURP4](#) FOR [P4 = vcase](#) TO dp4

SUM ALL [DURP5](#) FOR [P5 = vcase](#) TO dp5

SUM ALL [DURP6](#) FOR [P6 = vcase](#) TO dp6

SUM ALL [DURP7](#) FOR [P7 = vcase](#) TO dp7

SUM ALL [DURP8](#) FOR [P8 = vcase](#) TO dp8

SUM ALL [DURP9](#) FOR [P9 = vcase](#) TO dp9

STORE [dp1 + dp2 + dp3 + dp4 + dp5 + dp6 + dp7 + dp8 + dp9](#) TO vdur

SELE 1

REPLACE [ESUJESOIR2](#) with nbusager

REPLACE [EDURSOIR2](#) WITH vdur

ENDSCAN

CANCEL

---

## **RESUME en français**

Nombreuses sont les études qui ont tenté de vérifier et de mesurer les effets des aspects du cadre bâti sur les comportements et l'impression de bien-être (aménagement, éclairage, chauffage, ventilation, ambiances sonores et olfactives...). Cependant, l'incidence des caractéristiques microclimatiques a rarement été étudiée.

A une échelle locale et au niveau de l'espace public, à travers ce travail, nous avons tenté de mettre en œuvre une méthodologie permettant de vérifier l'impact des caractéristiques microclimatiques sur les modalités et les fréquences d'utilisation des lieux et les types d'activités qui s'y déroulent. C'est un travail qui s'inscrit dans la problématique qui traite de la prise en compte des facteurs environnementaux dans la pratique de conception architecturale et l'aménagement urbain. Il se situe au carrefour entre sciences de l'homme et de la société, et sciences pour l'ingénieur. Cela a impliqué la définition d'une méthodologie basée sur la discrétisation spatiale ainsi que sur un codage comportemental en collaboration avec le Laboratoire de Psychologie Environnementale (LPEnv : Paris V).

Notre objectif fondamental est d'examiner et de comprendre l'influence des éléments climatiques sur les comportements et les activités en espace public. Pour cela, nous avons pris comme terrain d'étude trois places dans la ville de Blagnac (31). Notre méthode revient à croiser des données morphologiques et climatiques urbaines avec les résultats d'enquêtes et de suivis (enregistrements vidéo) du comportement des usagers sur site. L'analyse des résultats a permis de repérer les emplacements de l'espace public qui sont le plus souvent occupés, et ceux dont la durée d'occupation au cours de la période d'observation est la plus importante. Elle a permis également de vérifier la stabilité d'occupation des espaces en fonction des différentes conditions climatiques (été, hiver).

---

## **TITRE en anglais**

A contribution to a characterisation of the microclimate incidence on the use and activities in urban outdoor space – a study in the city of Blagnac.

---

## **RESUME en Anglais**

Our objective is to contribute to a better understanding of how urban climate and microclimate take part in the relation between users and outdoor public spaces. Our fundamental objective in our study is to examine and to understand the influence of the microclimatic variations on behaviours and activities in public spaces. At a district scale, we examine whether microclimatic attributes affect the use in three squares in the town of Blagnac (31). We present the relation between microclimatic measure and some indicators of use describing occupation mode, density, and stability. In these three squares :

- We have performed microclimatic measurement (dry temperature, humidity, air velocity, globe temperature).
- We have used an observation method, which allowed the elaboration of behavioural indicators that might help to qualify and quantify the use of public space.
- We have elaborated and collected questionnaires about user's perception and evaluation of the space.

The analysis of observation results allowed to mark concentrations so thus appear to certain sites rather than of other, and to appreciate what sites of the public space are the most often occupied, and therefore, those of which the length of occupation during the period of observation is most important. It allowed verifying the stability of space occupation during the time, more precisely if the spatial distribution of users and their places of stop vary during the different climatic conditions (summer, winter).

---

## **Mots-clés :**

Espace public, microclimat urbain, morphologie urbaine, mesures microclimatiques, observation vidéo, modes d'occupation, perception du climat, enquêtes.

---

## **Discipline :**

Mécanique, Thermique et Génie Civil

---

**N° : ED 0367-033**