

# Appel à projets PIRVE 2008

**Titre du projet :** *Formes urbaines, modes d'habiter et climat urbain dans le périurbain toulousain. Projet exploratoire de recherche interdisciplinaire.(18 mois)*

**Responsable scientifique :**

HAOUES-JOUVE Sinda

Maître de Conférences

Laboratoire Interdisciplinaire Solidarités, Sociétés, Territoires (LISST, UMR 5193)

Université de Toulouse II – Le Mirail

Maison de la Recherche

5, Allées Antonio Machado

F-31058 Toulouse cedex 9

Téléphone : 05 61 50 35 74

Fax : 05 61 50 49 61

Courriel : [sinda.haoues-jouve@univ-tlse2.fr](mailto:sinda.haoues-jouve@univ-tlse2.fr)

**L'équipe de recherche :**

L'équipe du projet est composée de membres de plusieurs laboratoires de SHS, SDU et SI situés à Toulouse :

- **CNRM/ GAME** : Groupe d'étude de l'Atmosphère Météorologique, URA 1357, Météo-France/CNRS

- **GEODE** : Géographie de l'Environnement, UMR 5602, CNRS/Université Toulouse 2 le Mirail

- **LRA** : Laboratoire de Recherche en Architecture, Ecole Nationale d'Architecture de Toulouse.

- **LISST** : UMR 5193, CNRS/Université Toulouse 2 le Mirail/EHESS

Ce laboratoire participe au projet au titre de ses de trois composantes : le LISST-CIEU (Centre Interdisciplinaire d'Etudes Urbaines), le LISST-CERS (Centre d'Etudes des Rationalités et des Savoirs) et le LISST-Centre d'Anthropologie Sociale.

- **LMTG** : Laboratoire des Mécanismes et Transferts en Géologie, UMR 5563, UR 154, CNRS/IRD/UPS

**Composition de l'équipe et qualité de ses membres :**

ADOLPHE Luc	LRA, Professeur à l'Ecole Nationale d'Architecture de Toulouse (ENSA)
ALBERT-LLORCA Marlène	LISST-Centre d'Anthropologie Sociale, Professeur d'anthropologie
BECERRA Sylvia	LMTG, Chargée de recherche CNRS en sociologie
BERINGUIER Philippe	GEODE, MC géographie et aménagement
DESAILLY Bertrand	GEODE, MC de géographie et aménagement
DESBORDE Françoise	LISST-CIEU, Ingénieur d'études cartographe
HAOUES-JOUVE Sinda	LISST-CIEU, MC en géographie et aménagement
HOUET Thomas	GEODE, Chargé de recherche CNRS en géographie
LEMONSU Aude	CNRM-Météo France, Chercheur
MASSON Valery	CNRM-Météo France, Chercheur
PIGEON Grégoire	CNRM-Météo France, Chercheur
ROUYER Alice	LISST-CIEU, MC de géographie et aménagement
SAÏDI Sonia	LISST-Cers, Doctorante en sociologie
TOUHAMI Slimane	LISST-Centre d'Anthropologie Sociale, Docteur en anthropologie

**Organismes partenaires du projet :**

AUAT	Agence d'Urbanisme et d'Aménagement du Territoire Toulouse et aire urbaine
DIREN Midi-Pyrénées	Direction Régional de l'Environnement
ARPE Midi-Pyrénées	Agence régionale pour l'Environnement

## TABLE DES MATIERES

<b>INTRODUCTION .....</b>	<b>4</b>
1. L'ÉVOLUTION DU QUESTIONNEMENT SCIENTIFIQUE .....	4
2. RETOUR SUR CERTAINS CONCEPTS CLES DU PROJET.....	6
3. DEMARCHE GENERALE ET ARCHITECTURE DU RAPPORT.....	7
<b>PARTIE 1 : METHODES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE MULTI-SCALAIRES .....</b>	<b>9</b>
1 L'ECHELLE MACRO : L'AGGLOMERATION .....	9
1.1. <i>Caractérisation de l'hétérogénéité climatique à l'échelle de l'agglomération : l'îlot de chaleur urbain</i> .....	9
a. Les données de la campagne CAPITOUL et leur exploitation .....	9
b. Les données satellitaires et leur exploitation .....	10
c. Des avantages et des inconvénients des deux sources de données climatiques disponibles.....	11
1.2. <i>Caractérisation paysagère à l'échelle macro : des formes urbaines aux paysages des stations CAPITOUL</i> .....	13
1.3. <i>Caractérisation des modes d'occupation autour des stations CAPITOUL par télédétection</i> .....	16
1.4. <i>Caractérisation de l'hétérogénéité sociodémographique à l'échelle de l'agglomération</i> .....	18
a. Une approche globale à partir d'un choix raisonné d'indicateurs .....	18
b. Un parti-pris de réduction de la complexité par la mise en avant des articulations climat/formes urbaines pour la sélection des zones ateliers.....	18
1.5. <i>Convergence interdisciplinaire pour la sélection des zones ateliers</i> .....	19
2. L'ECHELLE MESO : LES ZONES ATELIERS .....	23
2.1. <i>Définition collective des circuits à l'intérieur des zones ateliers</i> .....	23
2.2. <i>Les mesures météorologiques à l'échelle méso</i> .....	24
2.3. <i>L'analyse paysagère à l'échelle méso</i> .....	29
2.4. <i>Une enquête qualitative pour cerner les interactions entre climat et modes d'habiter</i> .....	34
a. Un parti-pris d'analyse qualitative pour mieux cerner et affiner les déterminants sociologiques des perceptions, représentations et pratiques.....	34
b. Profils sociodémographiques des deux zones ateliers .....	34
c. Le protocole de l'enquête qualitative.....	35
3. L'ECHELLE MICRO : .....	37
3.1. <i>L'analyse paysagère à l'échelle micro : typologie des interfaces le long des parcours de mesure</i> .....	37
3.2. <i>Mesures météorologiques à l'échelle micro</i> :.....	40
3.3. <i>Conclusion</i> : .....	41
<b>PARTIE 2 : ANALYSE ET RESULTATS CROISES .....</b>	<b>42</b>
1. QUANTIFICATION DE L'IMPACT DES PAYSAGES ET DE L'OCCUPATION DES SOLS SUR LE CLIMAT A L'ECHELLE MACRO .....	42
1.1. <i>Paysages urbains / périurbains : d'une classification experte à une classification standardisée.</i> .....	42
1.2. <i>Comportement climatique des paysages urbains et périurbains</i> .....	45
a. Comportement des températures de l'air des UCZ.....	45
b. Comportement des températures de surface des UCZ .....	48
1.3. <i>Hypothèses sur les facteurs explicatifs des comportements climatiques</i> .....	49
a. Comportement climatique des stations atypiques : impact de l'environnement .....	49
b. Des faubourgs plus chauds en été que le centre-ville historique ? .....	50
c. Des comportements climatiques différents pour les zones aéroportuaires, industrielles et commerciales suivant le type de données utilisées.....	50
2. QUALIFICATION DES EFFETS DES PAYSAGES URBAINS SUR LE CLIMAT : .....	52
2.1. <i>Signature climatique des paysages à l'échelle méso</i> .....	52
a. Zone atelier de Saint Orens .....	53
b. Zone atelier de Blagnac .....	54
2.2. <i>Variabilité micro de la signature climatique</i> .....	56
a. Variation des caractéristiques internes de l'unité paysagère.....	58
b. Interaction entre paysages.....	58
2.3. <i>Conclusions et perspectives</i> .....	58
3. QUALIFICATION DES INTERACTIONS ENTRE CLIMAT URBAIN ET MODES D'HABITER : .....	59
3.1. <i>De la perception des microclimats urbains à la construction des référentiels climatiques</i> .....	59
a. Des corps sensibles.....	60
b. Des mises à l'épreuve très diverses.....	60

c. Une expérience globale de l'environnement.....	61
3.2. <i>Quels dispositifs de régulation du confort climatique à face aux variations météorologiques?</i> .....	62
a. S'habituer le corps.....	62
b. Bonnes conduites .....	63
c. Adapter l'habitat.....	63
d. Agir sur le climat à l'échelle de la ville et du quartier.....	64
3.3. <i>La sensibilité à l'enjeu du changement climatique</i> .....	65
a. Cycles saisonniers et perturbation de l'ordre naturel .....	65
b. Le réchauffement climatique : entre croyances et mises à l'épreuve.....	66
c. Quand le l'enjeu climatique interroge l'ordre politique .....	67

<b>CONCLUSION</b> .....	<b>69</b>
1. L'INTERDISCIPLINARITE COMME LIEU D'AJUSTEMENT DES QUESTIONNEMENTS .....	69
2. L'INTERDISCIPLINARITE COMME LIEU DE CAPITALISATION PARTENARIALE.....	70

<b>REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES</b> .....	<b>72</b>
--	-----------

# INTRODUCTION

La recherche exploratoire conduite durant 18 mois par notre équipe dans le cadre du PIR Ville et Environnement s'inscrit au croisement de deux questions scientifiques vives : le climat urbain dont une meilleure compréhension s'avère stratégique dans la perspective du changement climatique, et l'espace périurbain qui, en sa qualité d'espace de frottement à l'interface de la ville et de l'espace rural, est perçu à la fois comme un espace à problèmes (environnementaux), mais aussi comme un espace potentiel de résolution de ces problèmes.

Dans un premier temps, il semble nécessaire d'opérer un retour sur le questionnement scientifique qui a fondé cette recherche, dans la mesure où celui-ci a sensiblement évolué tout au long du projet sous les effets conjugués du dialogue interdisciplinaire et du caractère incrémental de la construction méthodologique. Dans un second temps, nous proposons de revenir sur les concepts clés utilisés afin d'en préciser les contenus retenus dans le cadre de ce projet. Enfin, nous présenterons rapidement l'architecture générale du rapport, en articulation avec le déroulement de la recherche proprement dite.

## 1. L'évolution du questionnement scientifique

### *Le pari du dialogue interdisciplinaire*

Pour construire cette recherche, nous sommes partis des interrogations générés par les travaux de l'équipe de climatologie urbaine de Météo-France autour du dispositif expérimental CAPITOUL (Masson et *al.*, 2008). Rappelons qu'en 2004-2005, cette équipe avait implanté dans les rues de l'agglomération toulousaine un réseau de 26 stations météorologiques enregistrant, toutes les 12 minutes, la température et l'humidité relative de l'air. Les données ainsi recueillies pendant une année ont permis d'étayer l'hypothèse de l'existence d'hétérogénéités climatiques à l'échelle de l'agglomération.

A partir de ce constat, les météorologues interpellent des spécialistes de la ville issus de différentes disciplines des SHS (géographie urbaine et environnementale, sociologie, anthropologie, etc.), de l'architecture et de l'ingénierie de la ville afin de comprendre en quoi ces hétérogénéités climatiques peuvent s'expliquer par des productions, des dynamiques et des pratiques urbaines spécifiques. C'est ainsi que nous avons initialement construit le projet de recherche autour d'un double objectif :

- la caractérisation expérimentale des variabilités climatiques à l'échelle de l'agglomération,
- l'identification et l'évaluation du rôle des formes urbaines (en tant qu'expression de la matérialité de la ville) et des modes d'habiter (en tant qu'expression de la spatialité des acteurs urbains) dans la production de ces variabilités.

Le dialogue interdisciplinaire a conduit, dans un deuxième temps, à interpréter et à reformuler le questionnement afin de lui conférer une dimension plus heuristique, dans une perspective tant disciplinaire qu'interdisciplinaire. Un important effort d'acculturation réciproque, de « traduction » des savoirs et d'ajustement de démarches scientifiques différenciées, a conduit progressivement l'équipe à construire des objectifs scientifiques et un dispositif méthodologique communs. Ce pari de l'interdisciplinarité repose sur une conviction : la richesse de la recherche sur le fait urbain provient majoritairement aujourd'hui, non du cœur des disciplines invoquées, mais de leurs marges et de leurs interactions. Il repose aussi sur une méthode : une mobilisation au sein de petits collectifs à géométrie variable en fonction des étapes de la recherche, et des interactions fondées sur l'intersubjectivité et inscrites dans la durée et le respect mutuel.

De fait, l'originalité de la recherche que nous proposons repose sur la volonté délibérée d'affronter et d'affiner collectivement un jeu de relations complexes entre phénomènes d'ordre climatiques, artefacts urbains et pratiques urbaines. Cette posture nous conduit à considérer que les relations entre les variabilités climatiques, les formes urbaines et les modes d'habiter se déclinent plutôt en termes d'interactions qu'en termes d'impacts ; ce qui implique de sortir des logiques de causalités linéaires pour s'inscrire dans une logique résolument systémique.

## Le pari de l'approche multi-scalaire

Outre le pari de l'interdisciplinarité, nous avons fondé notre recherche sur un parti méthodologique fort : celui d'introduire une dimension pluri-scalaire dans l'observation et l'analyse de ces interactions. Trois échelles sont systématiquement prises en compte tout au long du déroulement du projet (Fig.1) :

- macro : correspondant globalement au périmètre de l'agglomération
- méso : correspondant aux quartiers IRIS et/ou aux zones concernées par les stations météorologiques de la campagne CAPITOU
- micro : correspondant à l'échelle de la rue ou du segment de rue.

La prise en compte d'échelles multiples nous permet :

- D'interroger et de mieux cerner les variabilités climatiques -mesurées et lissées à l'échelle de l'agglomération- en les mettant à l'épreuve des jeux d'échelles (quartier, rue, segment de rue...) ; l'objectif étant ici à la fois d'enrichir la compréhension de l'îlot de chaleur (échelle macro), mais aussi de dépasser ce phénomène désormais classique de la météorologie urbaine en le confrontant à d'autres variabilités thermiques mesurées à des échelles plus fines (méso et micro).
- D'affiner par cette approche multi-scalaire la compréhension des relations entre la matérialité de l'environnement urbain, observée et décrite à différentes échelles, et les variabilités climatiques, mesurées elles aussi à différentes échelles.
- De mieux cerner la manière dont les échelles spatiales (couplées aux échelles temporelles) interviennent dans la construction des référentiels climatiques des individus.

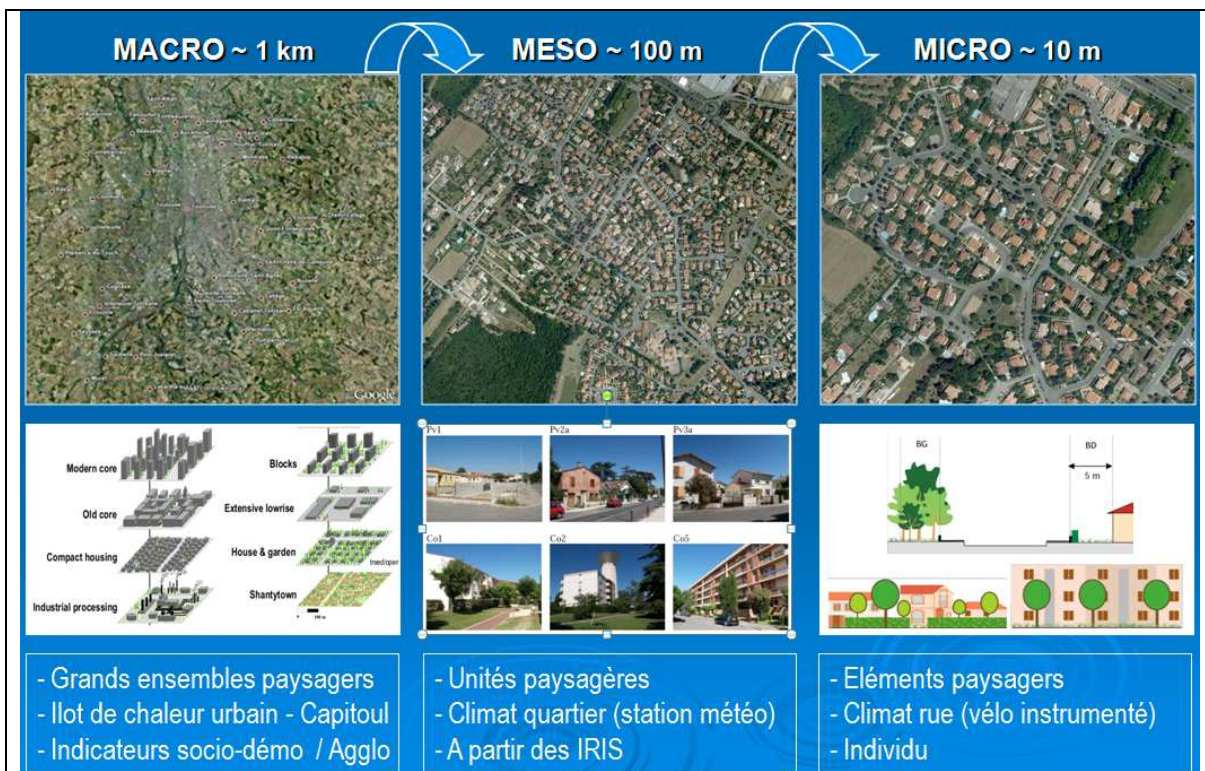


Figure 1- Les trois échelles d'observation et d'analyse du projet (macro, méso et micro)

### ***Le pari d'articuler interactions objectivables et registre du sensible***

Au final, le projet de caractériser les interactions entre variabilités climatiques, formes urbaines et modes d'habiter nous conduit à interroger les articulations entre ce qui est de l'ordre des interactions objectivables (comme par exemple l'effet de la végétation sur le rafraîchissement de l'atmosphère), et ce qui est de l'ordre des perceptions et des représentations climatiques (comme le sentiment de confort ou d'inconfort climatique). Dans le cadre de ce projet exploratoire, nous nous sommes rapidement démarqués de l'idée de dégager un rapport de causalité direct entre les modes d'habiter et les variabilités climatiques -telles que mesurées-. Néanmoins, il n'en demeurerait pas moins pertinent de questionner les interactions entre le climat local -tel qu'il est perçu- et les modes d'habiter, en prêtant une attention particulière aux comportements visant à s'assurer un meilleur confort climatique. Cet intérêt pour les pratiques, notamment autour des dispositifs de régulation du confort climatique, doublé d'une prise en compte des systèmes d'opportunités et de contraintes ainsi que des représentations dominantes qui structurent la relation des habitants à leur lieu de vie, nous paraissent de nature à contribuer à une posture scientifique prometteuse du côté des SHS, en particulier dans la perspective d'un redéploiement de la recherche sur la question des vulnérabilités et de l'adaptation au changement climatique.

### ***Reformulation des hypothèses :***

Les principales hypothèses sous-jacentes à notre projet peuvent être ainsi reformulées :

- Il est possible de déceler dans l'espace périurbain des hétérogénéités climatiques –notamment de nature thermique- à diverses échelles spatiales, ce qui permet de dépasser la seule approche de l'îlot de chaleur urbain.
- Il est possible de mettre en relation ces hétérogénéités observées avec des configurations territoriales spécifiques, tant du point de vue des formes urbaines -appréhendées ici à partir des paysages urbains et des modes d'occupation des sols-, que du point de vue des modes d'habiter -entendus ici comme les pratiques et représentations qui fondent la relation des habitants à leur(s) lieu(x) de vie-.
- L'affinement du jeu de relations complexes entre climat(s) urbain(s), formes urbaines et modes d'habiter permet de mieux identifier les leviers et les freins qui facilitent ou au contraire limitent ou entravent l'amélioration du confort climatique des habitants. Cette réflexion sur le confort climatique urbain, à l'articulation des registres du sensible et des conditions objectives, et avec une visée opérationnelle, est à approfondir dans une perspective plus large de réflexion sur l'adaptation au changement climatique.

## **2. Retour sur certains concepts clés du projet**

Le dialogue interdisciplinaire et la confrontation des objectifs scientifiques et des cadres méthodologiques propres à chaque discipline ont progressivement conduit à préciser le sens conféré collectivement aux concepts clés mobilisés dans le cadre de cette recherche. Nous reviendrons plus particulièrement sur trois de ces concepts dont les contours ont été sensiblement réajustés par rapport à ceux énoncés dans le texte de notre réponse à l'AAP : le périurbain, les formes urbaines et les modes d'habiter.

### ***Un recentrage sur le périurbain proche :***

Rappelons d'abord le pourquoi de cette focale sur le périurbain. L'idée première -qui demeure d'actualité- était d'enrichir et de dépasser l'approche désormais bien connue de l'îlot de chaleur urbain en observant et en interrogeant un espace considéré a priori comme homogène du point de vue climatique.

Au vu de la polysémie du terme<sup>1</sup>, quel périurbain avons-nous au final retenu comme périmètre d'investigation ? Le choix - que nous justifions plus loin<sup>2</sup>- de fonder l'analyse de la variabilité climatique à l'échelle macro sur les données issues de la campagne de mesures météorologiques CAPITOU, a de fait circonscrit le périmètre du périurbain auquel nous nous intéressons dans le cadre de ce projet et que l'on pourrait qualifier de périurbain proche. En effet, les 26

---

<sup>1</sup> Voir le texte du projet en réponse à l'AAP 2008 du PIRVE.

<sup>2</sup> Voir le paragraphe 1.1.1- Caractérisation de l'hétérogénéité climatique à l'échelle de l'agglomération.

stations météorologiques du dispositif CAPITOU ont couvert un espace qui s'étend depuis l'hyper-centre jusqu'à certaines communes de banlieue au développement récent telles que Blagnac, Colomiers, Saint-Orens ou Labège. La station la plus excentrée était implantée sur la commune de Villeneuve-Tolosane, à 17Km du centre de Toulouse. L'espace ainsi couvert s'inscrit à l'intérieur du territoire de l'agglomération comprise au sens morphologique du terme.

### ***Des formes urbaines aux paysages et à l'occupation des sols :***

Les réflexions sur les diverses connaissances de la forme urbaine conduisent à identifier plusieurs niveaux d'analyse possibles : morphologie des tissus, morphologie des tracés, morphologie de l'espace social, morphologie de l'espace bioclimatique, et morphologie de l'espace plastique (Levy et al, 1992). Dès lors, cette complexité polysémique de la forme urbaine fait entrer « dans un monde flou, où se côtoient les constructions matérielles, les pratiques concrètes, les représentations des habitants et les idéologies des concepteurs » (Burgel, 1993). Pour autant nous avons investi cette notion, en considérant que la ville peut être observée et discriminée à travers la diversité de ses formes, limitée ici à la matérialité de la ville - composition et organisation- dont l'approche paysagère et celle de l'occupation des sols sont à même de rendre compte. La forme urbaine renvoie, dans une certaine mesure, à des concepts théoriques de l'écologie du paysage (Burel and Baudry, 1990), et les paysages urbains, par leur composition et leur structure, revêtent des propriétés et des fonctionnalités différenciées qui interagissent avec l'hétérogénéité climatique.

Il n'existe pas, à notre connaissance, de méthode générique pour qualifier finement les différentes formes urbaines. Des inventaires à dire d'experts existent, mais restent bien souvent dépendants de la ville étudiée, et leur spatialisation exhaustive à une agglomération peut s'avérer fastidieuse et difficile, tant la diversité peut être grande. Nous avons donc privilégié deux approches – l'approche par les paysages et celle par les modes d'occupation du sol - en raison des nombreuses complémentarités qu'elles présentent : entre le qualitatif et le quantitatif, entre les composants et leur agencement spatial, et entre les niveaux scalaires d'observation qu'elles mettent en jeu (l'échelle fine à travers des enquêtes de terrain par exemple et les échelles plus vastes par le biais de la télédétection). Si la caractérisation des paysages permet une précision toute relative à l'observateur, elle intègre néanmoins des descripteurs diversifiés et nuancés qui ne peuvent être saisis par l'approche de l'occupation des sols. Cette dernière offre quant à elle l'avantage de réaliser de façon quantitative la caractérisation et la description d'éléments composants le paysage tels les éléments boisés, les types de bâtiments, les espaces bitumés, etc.

### ***Des modes d'habiter limités aux seuls acteurs habitants :***

Si les formes urbaines renvoient à la matérialité de la ville, l'entrée par les modes d'habiter nous permet de saisir le champ des pratiques et des représentations qui « font » la ville, et ce faisant peut-être -c'était notre hypothèse- contribuent à expliquer l'hétérogénéité climatique à l'échelle urbaine. Rejoignant J. Levy et M. Lussault selon lesquels l'habiter serait « la spatialité typique des acteurs »<sup>3</sup> et qu'il ne saurait se réduire à la seule fonction résidentielle, nous avons dans un premier temps donné à cette expression une acception large qui recouvre les pratiques et les représentations spatiales des acteurs de l'urbain dans leur grande diversité (habitants, décideurs, professionnels de la ville, etc.).

L'horizon temporel court du projet nous a cependant incités à réduire momentanément le périmètre des acteurs urbains aux seuls habitants. Dans cette perspective, les modes d'habiter renvoient aux relations que les individus entretiennent à leur(s) lieu(x) de vie, à différentes échelles, au travers de représentations et de pratiques que l'on a cherché à saisir en lien avec les systèmes d'opportunité et de contraintes dans lesquels ces individus évoluent.

## **3. Démarche générale et architecture du rapport**

Le caractère exploratoire et radicalement interdisciplinaire de ce projet justifie notre choix de valoriser dans le rapport autant les résultats produits que la démarche de recherche elle-même. En effet, dans la mesure où l'un des principaux objectifs de la recherche est de concevoir un dispositif méthodologique permettant de faire travailler ensemble des chercheurs appartenant à des champs disciplinaires éloignés, les frontières entre méthodes et résultats ont tendance à s'estomper. Néanmoins, dans un but de clarté, nous avons structuré ce rapport en deux parties :

La première est de nature méthodologique et vise à décrire le processus de la recherche. Nous l'avons structurée de manière à mettre l'accent, d'une part sur le jeu des changements échelles - conçues à la fois comme des niveaux d'observation et d'analyse -, et d'autre part sur l'alternance d'étapes de travail disciplinaire avec des étapes de travail

---

<sup>3</sup> Voir la définition de l'habiter dans : Levy J., Lussault M., 2003, Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés, Paris : Belin, p.441.

interdisciplinaire, lesquels ont pris plusieurs formes : mise en débat de résultats d'étapes, définition collective de nouveaux protocoles d'observation, choix multicritères de zones d'études, interprétations croisées de résultats, etc.(fig.2).

La seconde partie, plus analytique, s'attache à interpréter les résultats de croisements opérés entre des mesures climatiques (à partir des données CAPITOUL et des données satellitaires), des classifications paysagères (à plusieurs échelles et selon plusieurs approches) et les perceptions climatiques des habitants (saisies au travers une enquête par entretiens). Nous avons structuré cette partie selon trois axes : le premier tente d'évaluer l'impact des paysages et de l'occupation des sols sur la variabilité climatique mesurée à l'échelle macro ; le second axe fait écho au premier en déclinant ces impacts aux échelles méso et micro ; enfin, le troisième axe part de la perception par les habitants de la variabilité climatique à différentes échelles, pour interroger les dispositifs et les stratégies de régulation du confort climatique et les sensibilités à l'enjeu du changement climatique.

La figure 2 ci-dessous est une tentative de synthèse, à la fois de la démarche collective de recherche et de l'organisation du rapport.

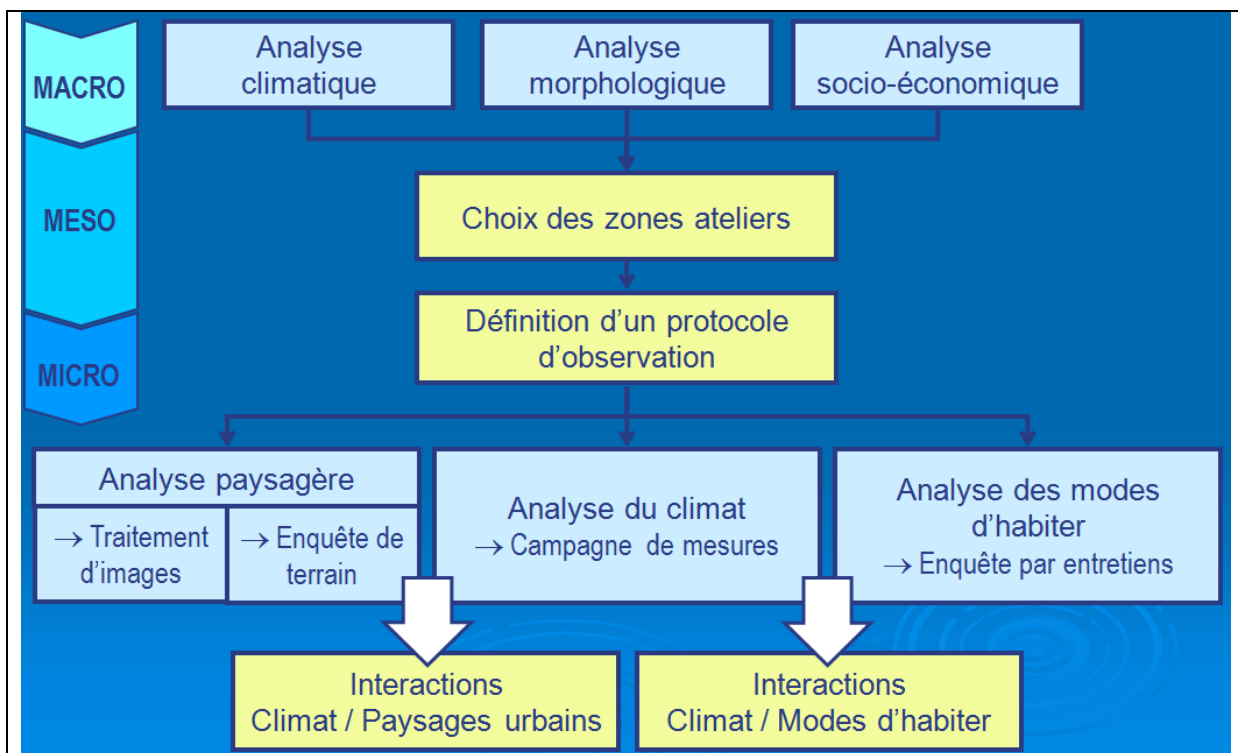


Figure 2- Déroulement du projet : une descente en échelle ponctuée d'analyses croisées



# PARTIE 1 : METHODES D'OBSERVATION ET D'ANALYSE MULTI-SCALAIRES

## 1. L'échelle macro : l'agglomération

Cette partie vise dans un premier temps à décrire l'ensemble des démarches entreprises à l'échelle de l'agglomération pour réaliser des diagnostics macro. La mise en œuvre de ces diagnostics a été dans une large mesure disciplinaire (WP1), mais leur construction méthodologique a été nourrie et parfois fortement infléchie par les échanges interdisciplinaires lors des nombreuses mises en débat au sein de la communauté du projet. Ces diagnostics visent à caractériser, à l'échelle de l'agglomération, des hétérogénéités de nature différente :

- **Hétérogénéités climatiques**, essentiellement à partir de l'analyse des données de la campagne de mesures météorologiques CAPITOU (Masson *et al.*, 2008).
- **Hétérogénéités paysagères**, en combinant des données antérieures issues de l'atlas des paysages et de l'occupation du sol et de la BD carto de l'IGN, complétées par l'interprétation de photographies aériennes et des visites sur le terrain.
- **Hétérogénéités sociales**, en privilégiant un certain nombre d'indicateurs sociodémographiques renseignés à partir de la base de données IRIS.

Dans un second temps, cette partie entend expliciter le processus de croisement interdisciplinaire qui a conduit au choix collectif des zones ateliers.

### 1.1. Caractérisation de l'hétérogénéité climatique à l'échelle de l'agglomération : l'îlot de chaleur urbain

L'objectif initial de l'analyse des variations climatiques à l'échelle **macro** était de construire une cartographie spatialement « continue » des zones climatiques. Pour cela, il était envisagé de travailler, soit sur des images satellites qui restituent la température de surface à partir du rayonnement infrarouge, soit sur les mesures in-situ au sol issues de la campagne CAPITOU qui a été conduite à Toulouse par le GAME en 2004 et 2005.

#### *a. Les données de la campagne CAPITOU et leur exploitation*

Pendant cette expérience de terrain qui s'est déroulée en 2004-2005, un réseau de **26** systèmes mesurant la température et l'humidité relative de l'air sous abri a été implanté dans les rues de l'agglomération toulousaine (fig.3). Les systèmes étaient fixés à 6 mètres de hauteur et écartés des parois latérales pour limiter leur influence sur la mesure (fig.4). Ce protocole expérimental permet d'obtenir des mesures représentatives du climat moyen des rues (Nakamura and Oke 1988) pour une zone de 500 m environ autour de la station selon Oke (2004). Les systèmes étaient programmés pour faire un enregistrement toutes les **12 minutes** pendant **une année** complète, ce qui a permis d'avoir une très bonne couverture temporelle des variations climatiques au cours des saisons. L'exploitation des données a été menée sur les saisons estivale (juin, juillet et août) et hivernale (décembre, janvier et février). Pour chacune des stations, les températures journalières minimales et maximales ont été extraites pour calculer la différence de température par rapport à une station de référence située en centre ville de Toulouse (fig.5). A partir de ces échantillons de mesures, des analyses statistiques ont été réalisées pour évaluer les différences climatiques entre les stations.

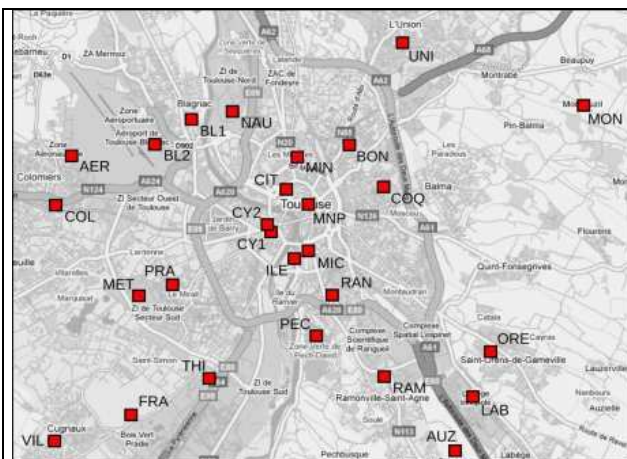


Figure 3 : Carte de la location des stations du réseau de mesure de la température et de l'humidité sur l'agglomération de Toulouse.



Figure 4 : Exemple de système de mesure implanté dans les rues de l'agglomération.

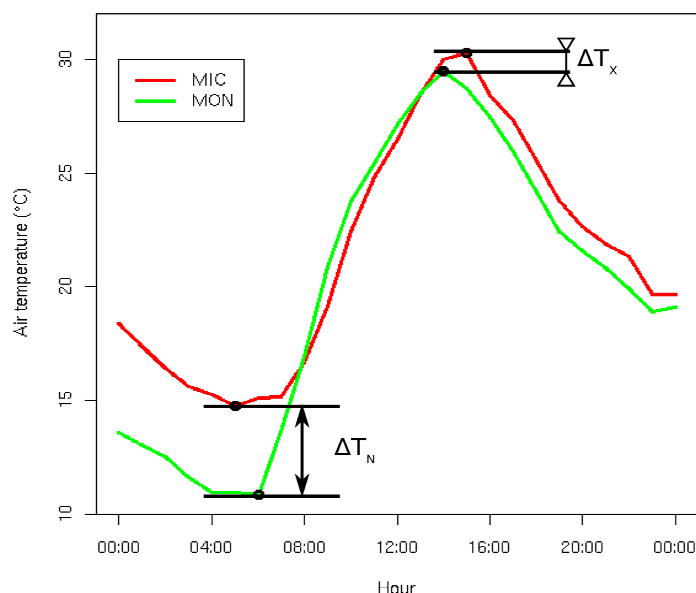


Figure 5 : Exemple de calcul des différences de température journalière minimale et maximale entre une station (MON) et la station de référence (MIC) (voir Figure 3 pour la position de ces stations).

### b. Les données satellitaires et leur exploitation

L'utilisation de la télédétection thermique pour caractériser et suivre l'évolution des climats urbains a connu d'importants progrès au cours des 15 dernières années liés à l'amélioration des résolutions spatiales et temporelles des images acquises et des méthodes de traitement. Seule la télédétection aéroportée ou satellitaire permet un suivi spatialement exhaustif du climat aux interfaces « urbain / rural » (Weng & Quattrochi 2006). La télédétection permet de mesurer et de cartographier les températures de surface qui contribuent à la modulation de la température de l'air, sont utiles pour déterminer l'ambiance climatique des bâtiments et affectent le confort des populations urbaines (Voogt & Oke 2003). La caractérisation des températures de surfaces sur l'agglomération toulousaine a été réalisée à partir de données ASTER (Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer) acquises de jour (11h UT) en été (archives acquises les 24/07/2006 ; 28/08/2007 et 30/08/2008). De plus, une campagne d'acquisitions a été réalisée pour obtenir durant la durée de ce programme des images de jours et de nuit en été et en hiver. Du fait des conditions météorologiques lors du passage du satellite (couverture nuageuse), aucune image exploitable n'a pu être prise en

compte. Les températures de surface présentent une précision absolue de 1 à 4K et une résolution spatiale de 90m (Gillespie & al 1998). L'estimation des températures de surfaces des données ASTER est une des plus précises comparativement aux autres données satellitaires disponibles (Gillespie & al 2003). Les données ont été converties en degré Celsius et géocorrigées pour être superposables aux autres données géographiques (fig.6).

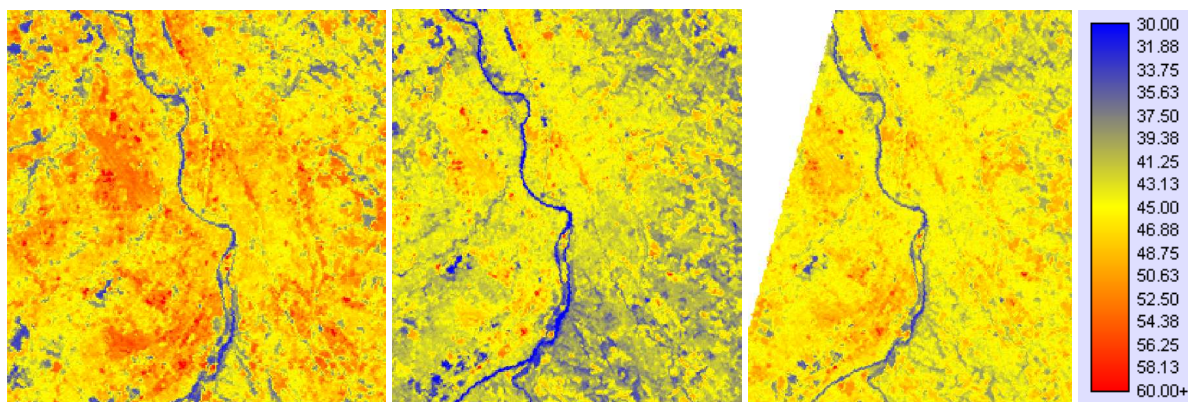


Figure 6 : Données de températures de surfaces (en degrés Celsius) acquises par le satellite ASTER respectivement les 24/07/2006, 28/08/2007 et 30/08/2008

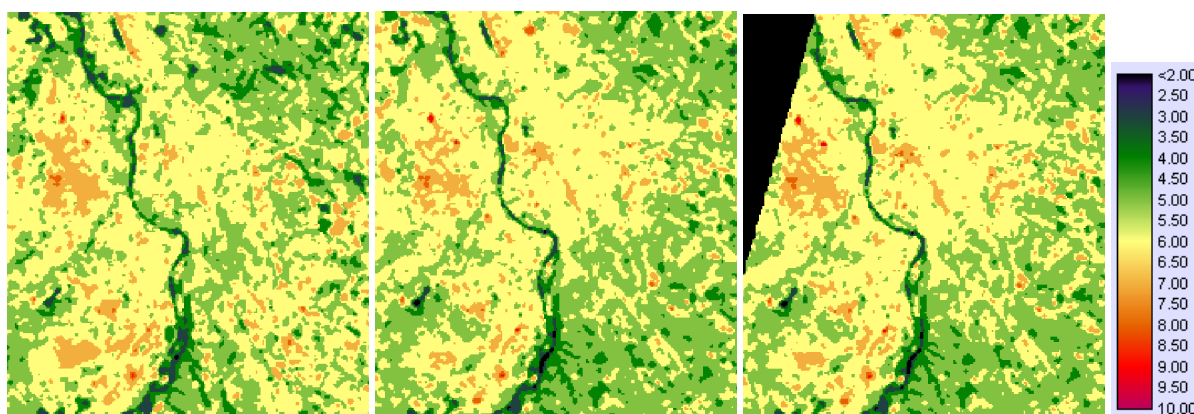


Figure 7 : Données de températures normalisées et reclassées (10 classes successives par tranche de +/-0.1°C par rapport à la moyenne) et lissées par un filtre médian (3x3) pour les données des 24/07/2006, 28/08/2007 et 30/08/2008

Les données de températures ont été normalisées (fig.7), reclassées (10 classes successives par tranche de +/-0.1°C par rapport à la moyenne journalière) et lissées par un filtre médian (3x3). Une analyse comparative simple permet de mettre en évidence une structure spatiale similaire de l'hétérogénéité climatique (température de surface) quelque soit la situation (plus ou moins chaude). Par rapport à la Garonne, nettement visible (températures les plus froides), des zones chaudes apparaissent clairement dans le quart Nord-ouest (zone de Blagnac), Sud-ouest (zone Francazal – Thibault), ainsi que depuis le centre-ville de Toulouse en direction du Nord.

### c. Des avantages et des inconvénients des deux sources de données climatiques disponibles

Les températures de surface et températures de l'air diffèrent parfois sensiblement les unes des autres (Byrne, 1979). La première réfère à la température d'une portion de la surface terrestre qui, du fait de sa structure et composition, peut être très différente d'une portion de surface voisine. La température de l'air renvoi à une notion de température ambiante d'un milieu, résultat du mélange des flux de chaleur émis par les activités humaines et surtout les objets (ou portions de surfaces terrestres) environnant. Toutefois, si les recherches actuelles ont démontré un fort besoin de mieux mettre en relation les températures de surfaces avec des descripteurs quantitatifs (propriétés physiques) du paysage urbain (Voogt & Oke, 2003), il reste nécessaire de mieux mettre en relation les mesures (pixels) de températures de surfaces et les phénomènes d'îlots de chaleur (amplitude thermique, extension spatiale et point central), et donc de les relier plus fortement avec les paysages urbaines (forme et composition) et les températures de l'air (Weng & Quattrochi, 2006).

En comparaison avec les mesures in-situ de la campagne CAPITOUL, les mesures satellitaires présentent a priori l'avantage d'accéder à une bonne couverture spatiale de l'agglomération avec une résolution spatiale acceptable (90 m pour le capteur ASTER par exemple). Cependant, la couverture temporelle des données s'est montrée assez faible puisque seules 3 images d'archive de bonne qualité ont pu être obtenues sur la zone de l'agglomération. De plus, la mesure ne permet d'accéder qu'à la température de surface qui est significativement différente de la température de l'air - au final plus proche de celle ressentie par les personnes - et qui présente une échelle spatiale caractéristique plus petite et une variabilité spatiale plus grande. D'autre part, la température de surface n'est pas mesurée directement par le satellite mais calculée par inversion de la mesure du rayonnement infrarouge émis par la surface. Cette approche requiert une bonne connaissance des propriétés d'émissivité des matériaux constitutifs de la surface. Ainsi, sur la Figure 8, on constate une différence importante de température de surface entre le revêtement de la place du Capitole et la croix métallique située au centre de la place. En réalité, les températures de ces deux surfaces sont identiques mais l'émissivité du métal dans l'infrarouge étant largement inférieure à celle du pavé, le rayonnement infrarouge qu'il émet est beaucoup plus faible. Le même type de confusion peut apparaître à l'échelle de l'agglomération du fait de la grande hétérogénéité de revêtements. Heureusement, les méthodes de prétraitement des données s'améliorent. Pour les données ASTER, la correction des effets de l'émissivité permet d'obtenir des températures de surfaces précises à moins 10% quelque soit les matériaux.

Enfin, la complexité géométrique du milieu urbain entraîne un problème de représentativité spatiale de la mesure de rayonnement, dépendant de la géométrie de prise de vue du capteur et de la position du soleil au moment de la prise de vue. La Figure 9 illustre ce problème : si le capteur est dans l'alignement de la Terre et du Soleil, il verra une fraction plus grande de façades ensoleillées, plus chaudes que la moyenne de la surface. Bien choisir les données satellitaires est donc primordial dès lors que cette technique est utilisée pour caractériser l'hétérogénéité climatique.

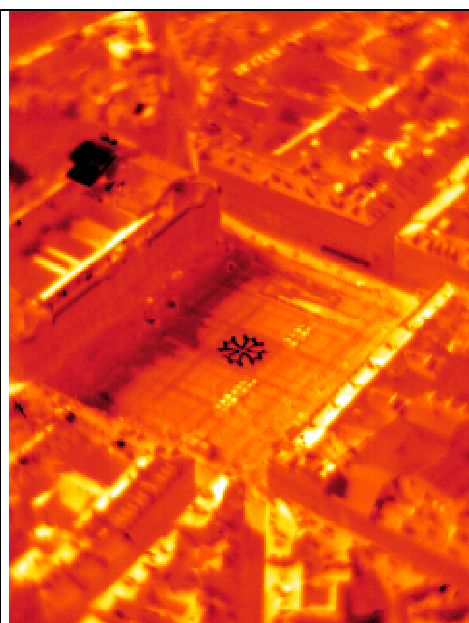


Figure 8 : Prise de vue infrarouge de la place du Capitole à Toulouse. L'échelle de couleur indique la température de surface calculée à partir de cette mesure.

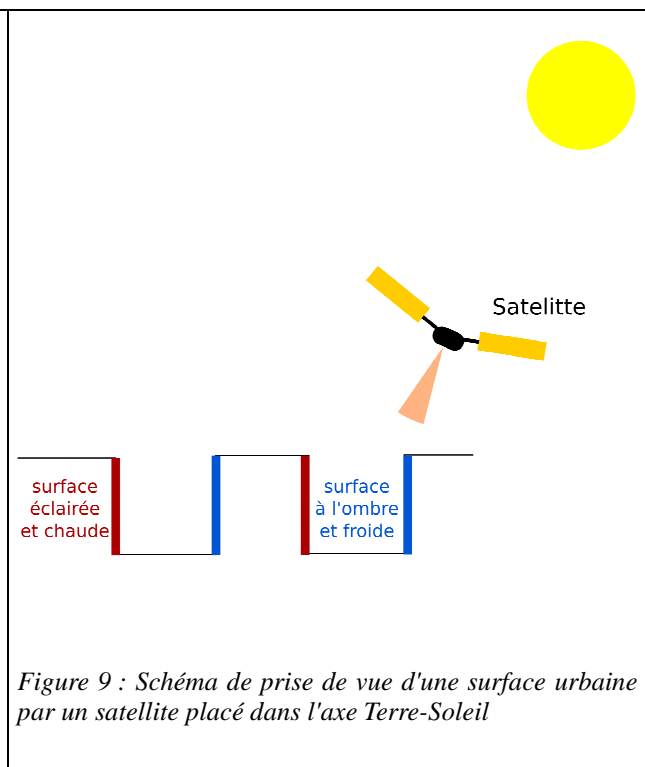


Figure 9 : Schéma de prise de vue d'une surface urbaine par un satellite placé dans l'axe Terre-Soleil

Pour l'ensemble de ces raisons, le choix a été fait de fonder l'analyse des variations climatiques à l'échelle macro sur les données issues de la campagne de mesures météorologiques CAPITOUL (Masson et al, 2008).

## 1.2. Caractérisation paysagère à l'échelle macro : des formes urbaines aux paysages des stations CAPITOUL

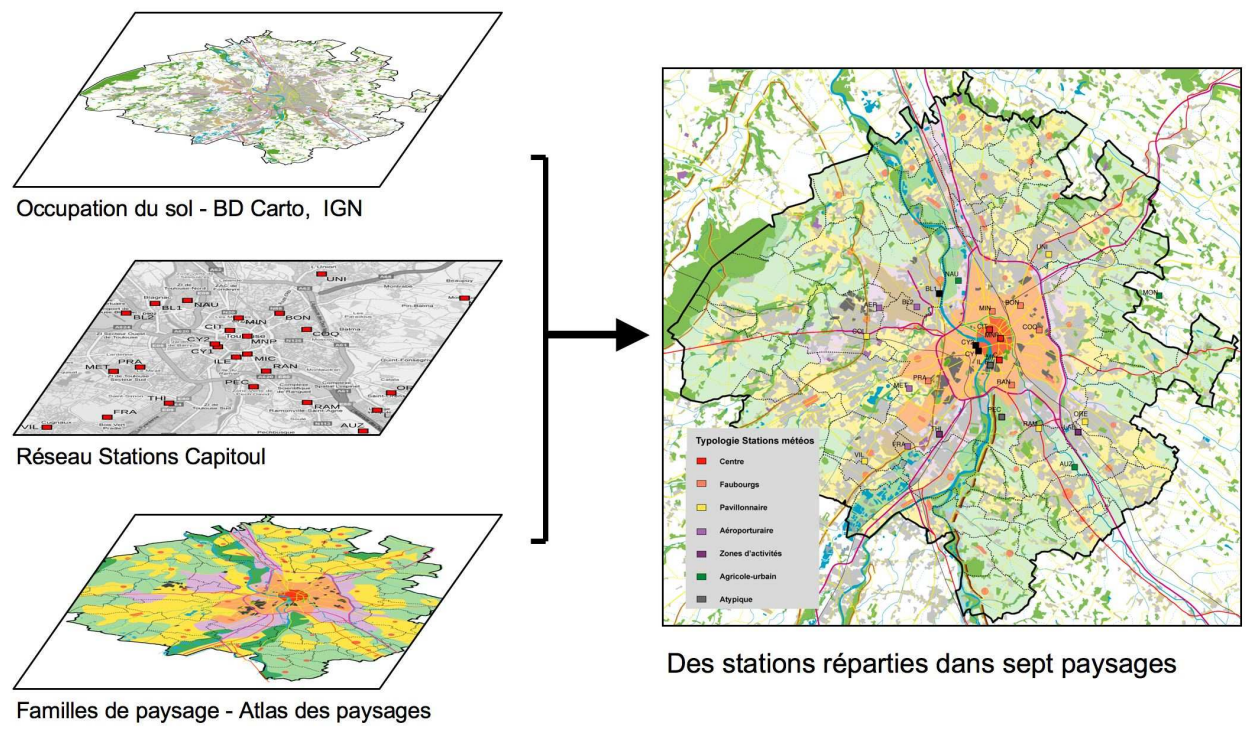
L'objectif était de catégoriser l'environnement des stations CAPITOUL à partir de la caractérisation des formes urbaines et des paysages afin de mettre en évidence leur hétérogénéité. Une première catégorisation a été réalisée en exploitant des données antérieures (atlas des paysages et occupation du sol - BD carto de l'IGN) sur la base d'un croisement spatialisé correspondant au report cartographique du réseau des stations CAPITOUL sur les grandes formes urbaines de l'agglomération toulousaine – *Centre, Faubourg, Pavillonnaire, etc.* (fig.10). Par la suite, cette catégorisation a été affinée à partir d'une grille d'analyse faisant intervenir des critères de morphologie urbaine : densité, continuité et hauteur du bâti; densité, largeur et encaissement de la voirie ; densité et surface végétale, surface minéralisée ; usage dominant habitat – activité – agricole. A cette grille de lecture, ont été rajoutés le relief et la présence de cours d'eau (cf. coupes paysagères, fig.11). Cette approche a été nourrie de la connaissance que nous avons des paysages des stations CAPITOUL, et complétée par des visites sur le terrain et l'interprétation des photographies aériennes (résolution de 50 cm) (*Perspectives ville*, n° 115, « Les signes de la diversité toulousaine », INSEE-AUAT, nov. 2008).

Au final, ce premier travail propose de classer les 21 stations Capitoul selon 6 catégories principales : « Centre », « Faubourg », « Banlieue pavillonnaire », « Aéroportuaire et assimilé », « Zone industrielle ou commerciale », « Agricole/urbain ». Les deux stations St-Cyprien se situent entre Centre et Faubourg en raison de leur caractère hybride. Une 7<sup>ème</sup> catégorie, dénommée « Atypique », regroupe deux stations considérées comme singulières : la Station *Ile du Ramier* au regard de son inscription dans le paysage fluvial de la Garonne, et la station *Pech David* pour sa topographie marquée et ses paysages relevant de la « nature urbaine » (Tab.1).

Catégorie	Descriptif rapide	Station CAPITOUL
Centre	Bâti dense, continu, hauteur assez élevée (R+4/5), boulevards et rues canyon	Monoprix (MNP) St-Michel (MIC) Cité administrative (CIT)
entre Centre et Faubourg	Zone de contact	St-Cyprien 1 et 2 (CYP)
Faubourg	Bâti continu, petits jardins, R+1 à R+3, petits et moyens collectifs, rues étroites hors axes des faubourgs	Rangueil (RAN) Bonney (BON) la Coquille (COQ) Minimes (MIN) Pradettes (PRA)
Banlieue pavillonnaire	Bâti discontinu, jardin, R ou R+1, voirie importante et large	Blagnac 1 (BL1) L'Union (UNI) Colomiers (COL) St-Orens (ORE) Ramonville (RAM) Villeneuve (VIL)
Aéroportuaire et assimilé	Importantes surfaces enherbées et minéralisées (tarmac, parkings, voirie), hangars et grands bâtiments assez espacés	Aérospatiale (AER) Francazal (FRA) Météo (MET) Blagnac 2 (BL2)
Zone industrielle ou commerciale	Très minéral, hangars et entrepôts proches les uns des autres, parkings, voirie dense et large	Thibaut (THI) Labège (LAB)
Agricole/urbain	Cultures, quelques arbres et haies, habitat dispersé	Naubalette (NAU) Auzerville (AUZ) Mondouzil (MON)
Atypique	Lit de la Garonne, ripisylve, grands parkings  Singularité topographique	Ile du Ramier (ILE)  Pech David (PEC)

Tableau 1- Catégorisation paysagère de l'environnement des stations CAPITOUL

Figure 10 - Des formes urbaines, des paysages : approche de la diversité



Les stations Capitoul selon leur appartenance aux catégories de paysage

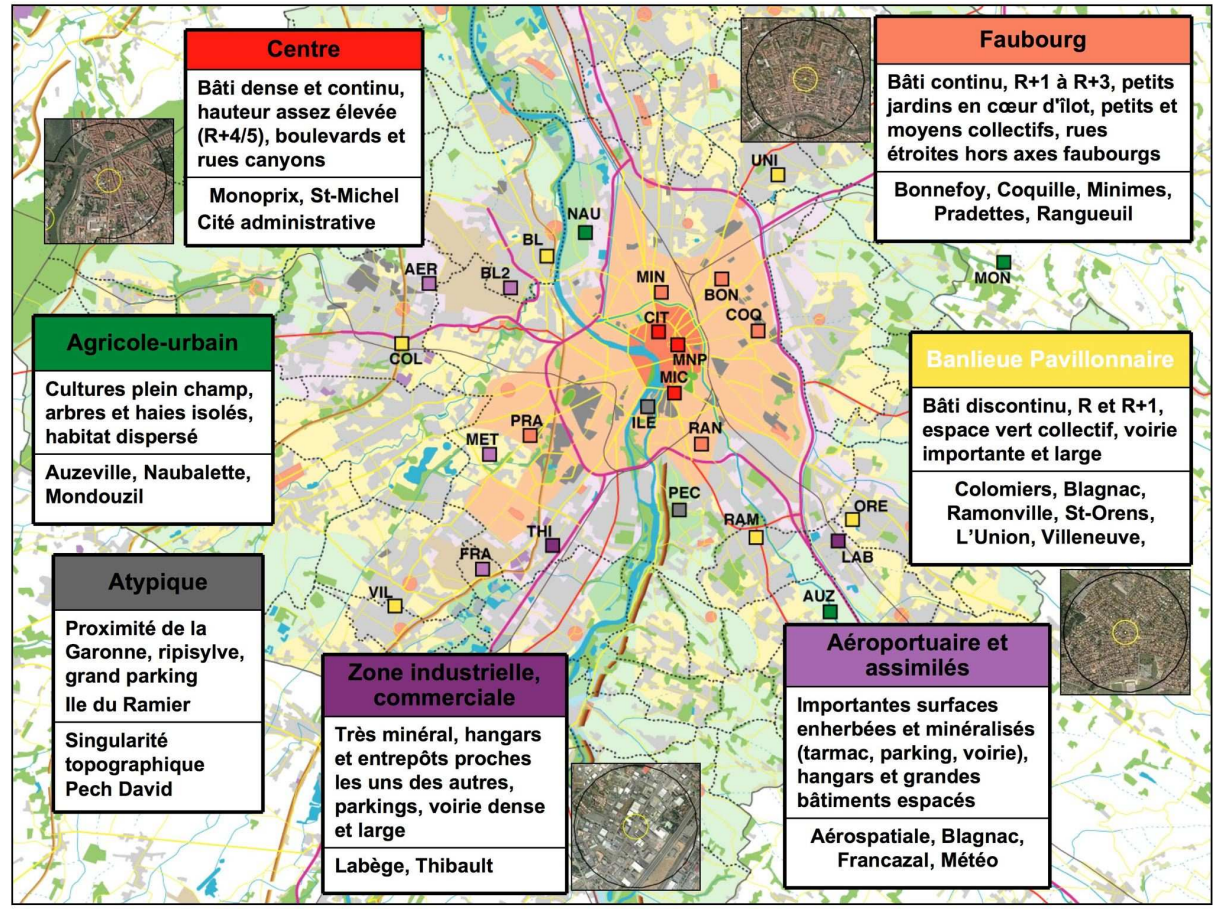
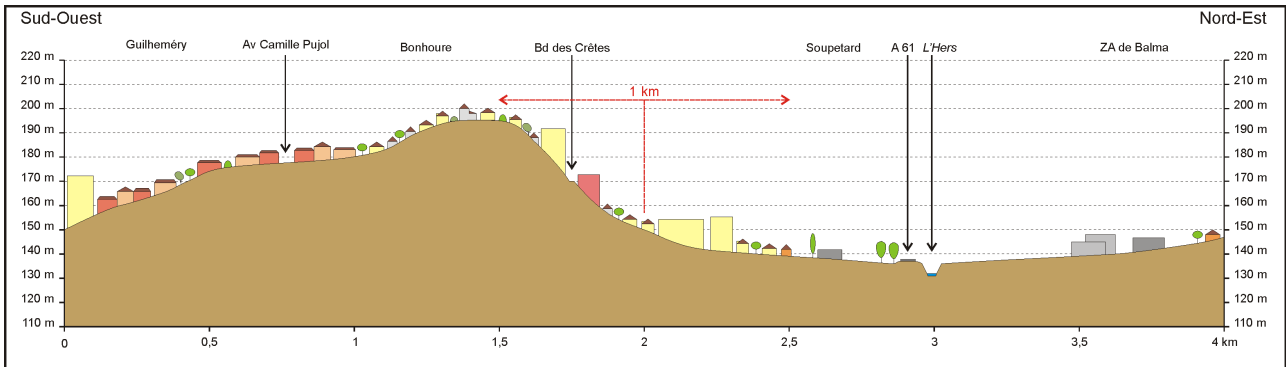
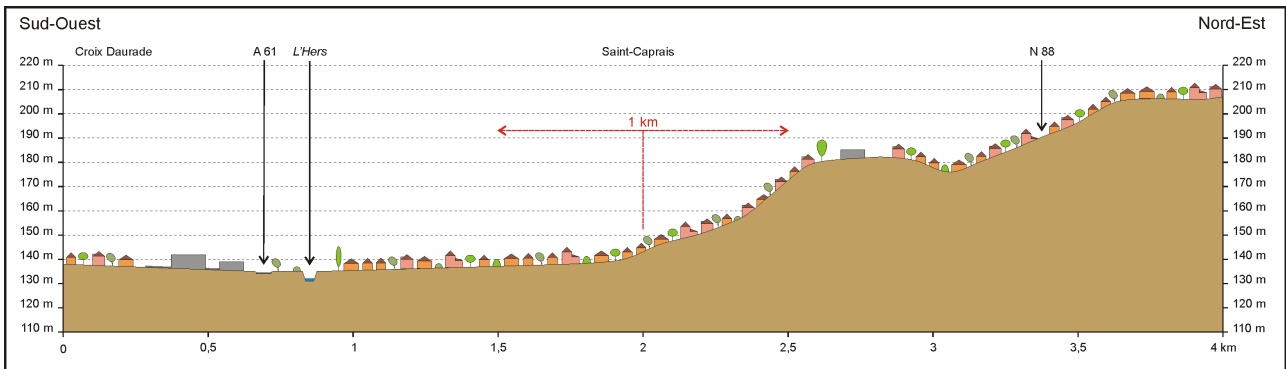


Figure 11 – Exemples de coupes paysagères

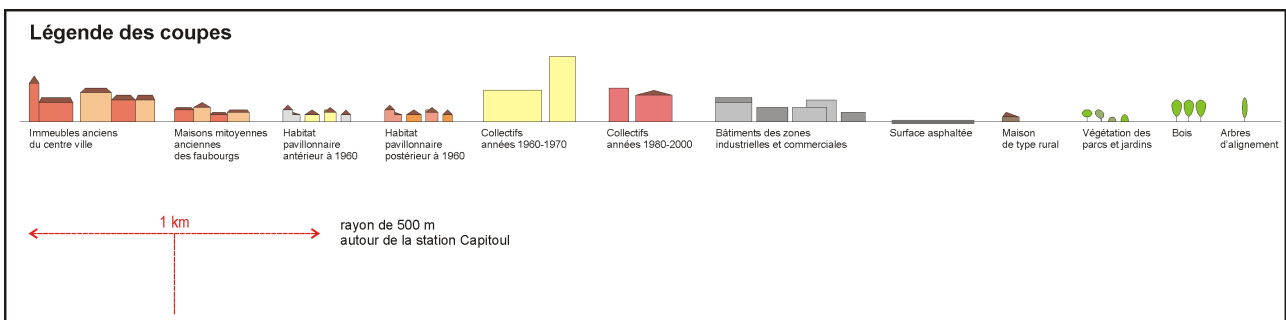
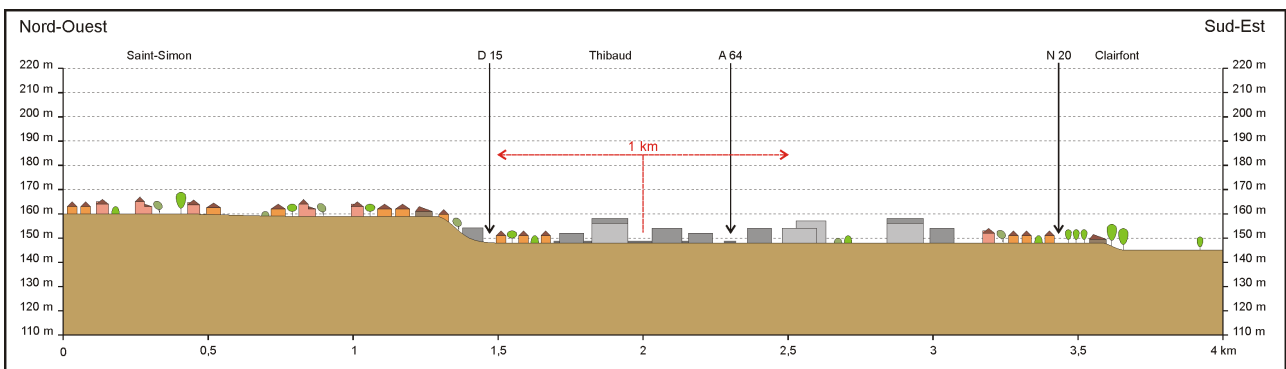
Type Faubourg : Coquille



Type Banlieue pavillonnaire : L'Union



Type Zone industrielle et commerciale : Thibaud



### 1.3. Caractérisation des modes d'occupation autour des stations CAPITOUL par télédétection

L'objectif est de caractériser finement les types d'occupation du sol à partir de données de télédétection multi-sources. En effet, si les photographies aériennes présentent une résolution spatiale adaptée pour distinguer certains objets, les images satellites possèdent une meilleure résolution spectrale. La complémentarité de ces deux types de données a été exploitée ici pour caractériser finement les types d'occupation des sols à partir desquels sera calculé un certain nombre d'indicateurs : fraction de végétation, fraction de bâtis, fraction urbanisée, etc. Les données utilisées sont un orthophotoplan et des images SPOT 5 supermode (2,5 m) acquises en 2004. Les premières ont été mises à disposition par la Mairie de Toulouse. Les secondes ont été acquises auprès de Spot Image dans le cadre d'un programme ISIS / CNES (dossier n°145).

La méthodologie mise en œuvre s'appuie sur une approche orientée-objet effectuée grâce au logiciel Definiens Developer (<http://www.ecognition.com/>). Une méthode de classification automatique utilisant des données multi-sources (SIG, photographies aériennes, scène SPOT) a donc été élaborée, certains types d'occupation étant plus facilement discriminés à partir de l'une ou l'autre de ces données : l'eau, les piscines, les types de toitures (tuiles ou assimilées, toits sombres ou clairs assimilés le plus souvent à des toits terrasses), la végétation arborée et herbeuse et les surfaces minérales sombres et claires. Cette méthode est appliquée sur une zone couvrant au minimum un rayon de 500 m autour des stations CAPITOUL (fig.12). Au final, 13 des 26 stations ont été traitées de façon à avoir au moins deux stations correspondant à chacun des grands ensembles paysagers identifiés préalablement à l'échelle macro. Il s'agit des stations Saint-Michel, Monoprix (*Centre*) ; Coquilles, Bonnefoy et Minimes (*Faubourg*) ; Saint-Orens, l'Union, Villeneuve et Blagnac 1 (*Banlieue pavillonnaire*) ; Labège et Thibault (*Zone industrielle et commerciale*) ; Blagnac 2 et Francazal (*Aéroportuaire et assimilé*).

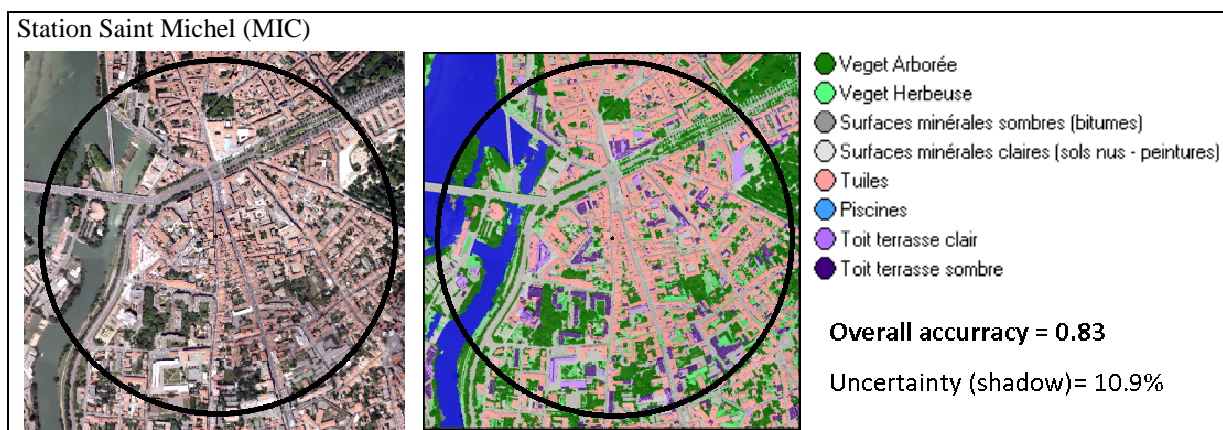
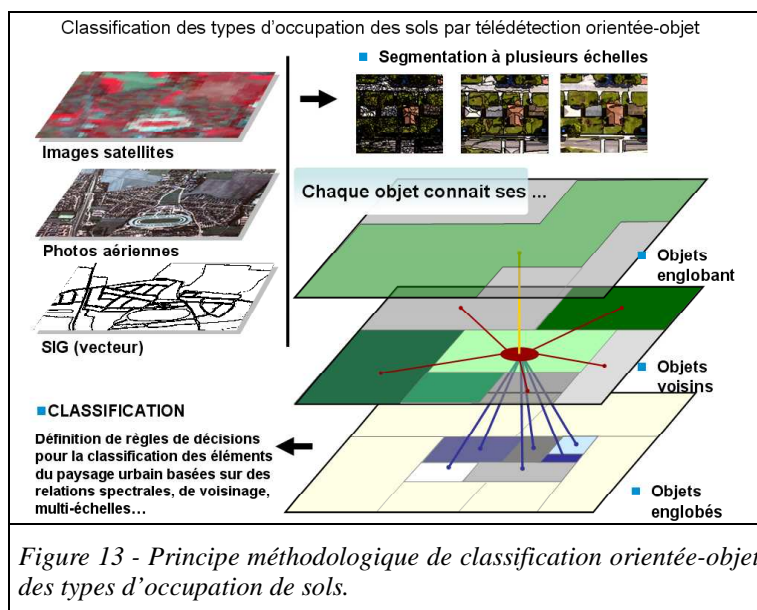


Figure 12 : Exemple de classification d'une station CAPITOUL (500 m de rayon).

Le principe général repose sur une caractérisation d'un objet (polygone) à partir de ses propriétés spectrales, texturales, de forme et de voisinage avec des objets mitoyens, englobant et/ou englobés (fig.13). L'approche reste malheureusement empirique, et son aspect générique requiert des développements complémentaires. Toutefois, à partir de la même chaîne de traitement, il a été possible de réaliser l'ensemble des classifications ci-après.

Les résultats se présentent sous la forme de cartographies. Les ombres ont été considérées comme une classe à part, du fait de leurs propriétés spectrales. Les occupations du sol présentes dans l'ombre ont été déduites à partir de propriétés spectrales et de voisinage, mais avec une incertitude. Il est donc possible d'estimer la part de l'incertitude relative à chacune des classes du fait de leur présence dans l'ombre... mais également d'estimer la proportion de l'image pour laquelle il n'y a pas d'incertitude. La qualité des résultats est évaluée à l'aide d'indicateurs (Overall Accuracy, matrice de confusion) mais aussi des niveaux de confusion entre les différentes classes.





Les résultats des classifications sont présentés dans la Figure 14. Les résultats obtenus peuvent être considérés de très bonne qualité, avec des valeurs de Kappa comprises entre 0.83 et 0.94 – la valeur de 1 correspondant à une classification parfaite. Les traitements réalisés ont au final été effectués individuellement pour chacune des stations (échelle méso). L'analyse comparative des stations (inter / intra classes des formes urbaines) participera à la qualification des interactions climat / occupation des sols à une échelle macro, englobante.

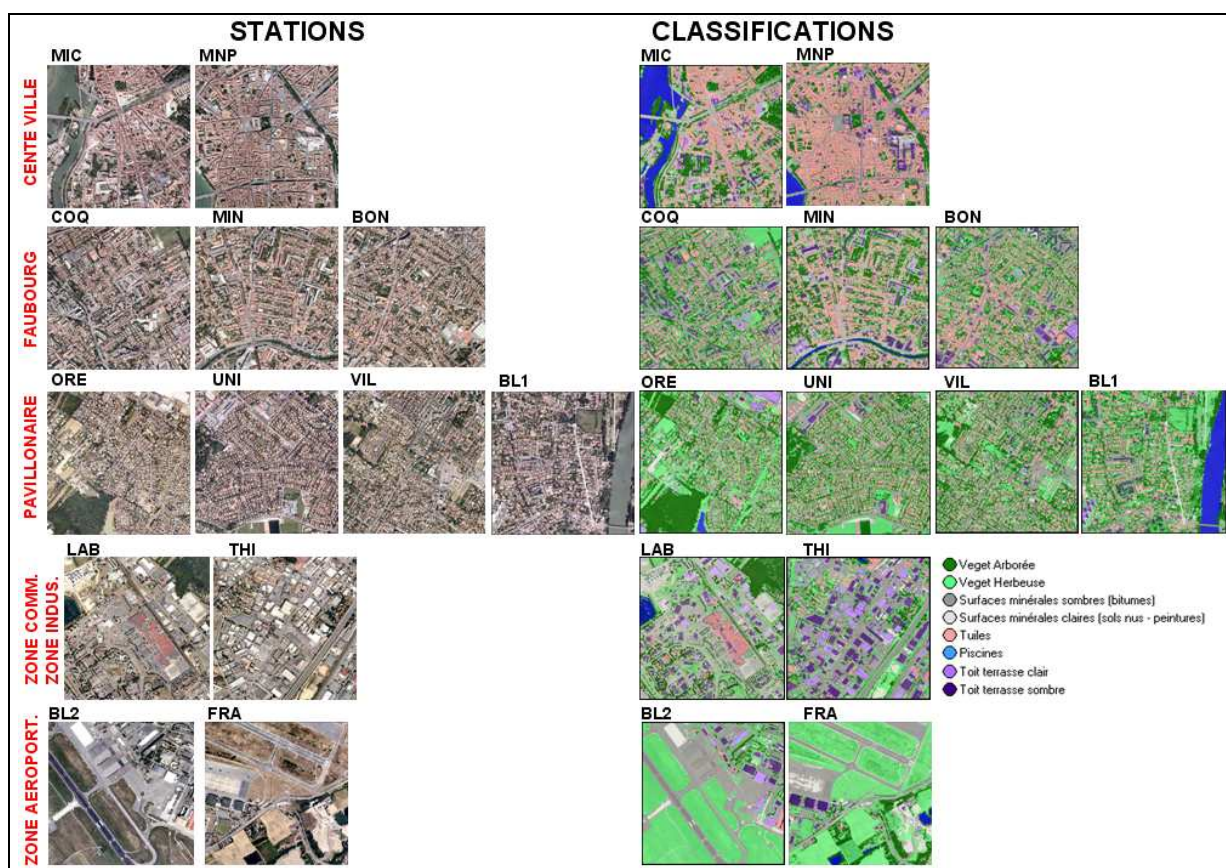
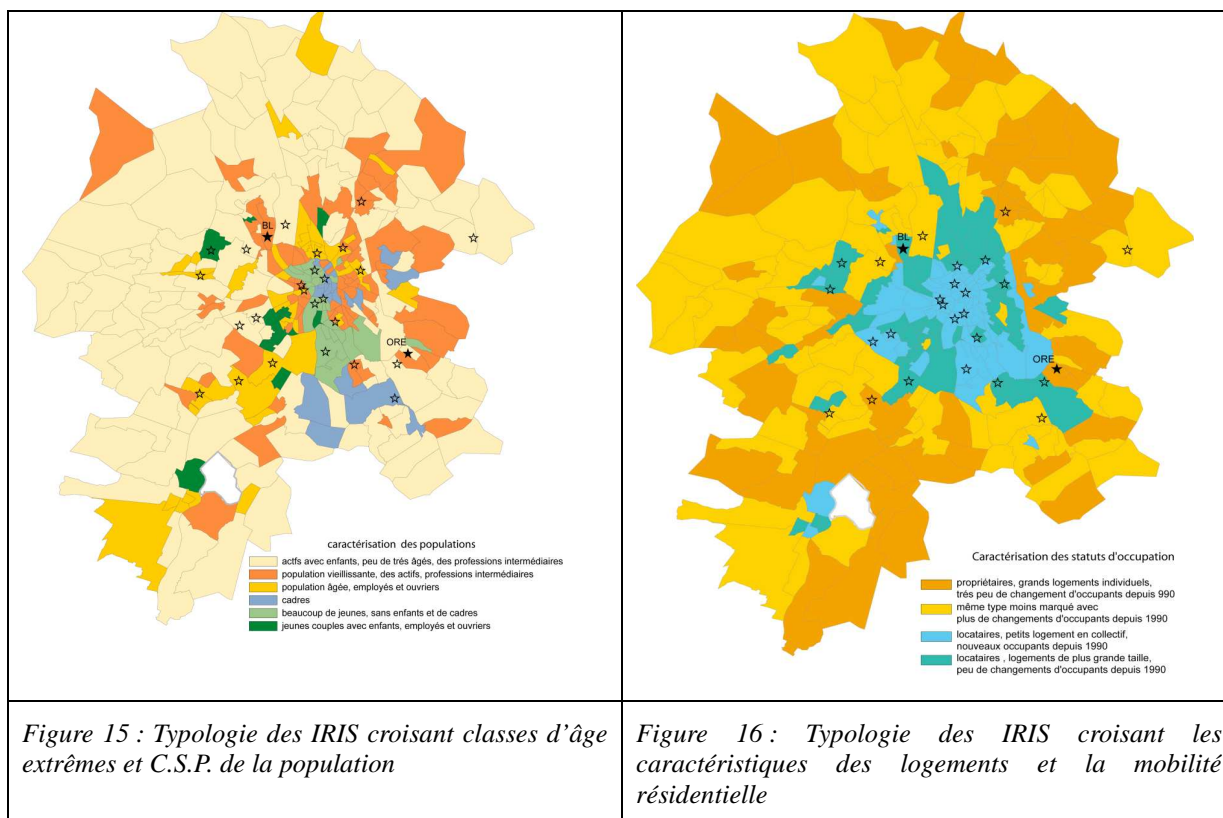


Figure 14 - Classifications des types d'occupation de sols pour les stations CAPITOUL retenues.

## 1.4. Caractérisation de l'hétérogénéité sociodémographique à l'échelle de l'agglomération

### a. Une approche globale à partir d'un choix raisonné d'indicateurs

Une première description sociodémographique à l'échelle de l'agglomération a été réalisée à partir des données du recensement 1999<sup>4</sup>, rapportées aux IRIS<sup>5</sup>. Cette analyse visait à mettre en exergue les grandes oppositions qui caractérisent la composition sociale de l'agglomération (fig. 15 et 16). Les descripteurs retenus ont été réajustés à l'issue de l'analyse qualitative menée à l'échelle méso (cf. infra). Ils privilégient, en premier lieu, la caractérisation des populations à partir de l'âge, des catégories socioprofessionnelles, du statut d'activité et des migrations intercentrales. En second lieu, ils prennent en compte certaines caractéristiques du logement disponibles dans la base de données IRIS (date de construction, type de logement, nombre de pièces) et le statut d'occupation.



### b. Un parti-pris de réduction de la complexité par la mise en avant des articulations climat/formes urbaines pour la sélection des zones ateliers

L'analyse macro préliminaire visait à contribuer à la caractérisation des différentes zones CAPITOUl définies par nos collègues météorologues. Cependant, nous avons vite été confrontés à une difficulté importante : les périmètres d'observation CAPITOUl, définis dans un rayon de 500 m autour des stations météorologiques, ne correspondent pas aux périmètres IRIS. Ils ne s'y inscrivent pas non plus<sup>6</sup>, nous obligeant à prendre en compte, le plus souvent, plusieurs IRIS et parties d'IRIS pour les décrire (c'est ce qui est mis en évidence par les aplats de couleur sur la Figure 17). De ce

<sup>4</sup> Au moment du traitement, les données du recensement 2006 rapportées aux IRIS n'étaient pas encore disponibles.

<sup>5</sup> Les îlots regroupés pour l'information statistique, définissent des « quartiers » ayant une certaine unité du point de vue fonctionnel : habitat, activité et « divers ». Les IRIS « habitat » recouvrent un ensemble d'îlots homogènes quant au type d'habitat regroupant entre 1800 et 5000 habitants. Les IRIS « activités » sont définis en fonction d'un seuil de 1000 salariés et d'un nombre d'emplois salariés au moins double de celui de la population résidente. Les IRIS « divers » désignent des territoires importants à usage particulier (parc, zone portuaire, etc.).

<sup>6</sup> A l'échelle de l'agglomération de Toulouse, le découpage des IRIS d'habitat, dont la population se situe en général entre 1800 et 5000 hab., fait qu'en zone dense, les IRIS ont souvent une faible superficie.

fait, la projection de données IRIS sur les périmètres CAPITOUL auxquels elles correspondent très mal, jointe à l'ancienneté des informations statistiques, se conjuguent pour produire au final des résultats peu utilisables.

Ainsi, il nous semblait très hasardeux de vouloir, à partir des descripteurs statistiques disponibles, construire un « profil sociodémographique » à l'échelle des zones CAPITOUL, et plus encore, qui puisse être mis en relation avec un comportement collectif significatif, voire explicatif de la variabilité climatique à l'échelle de l'agglomération. Dès lors, à cette échelle du moins, nous avons considéré que les trois approches disciplinaires ne pouvaient prendre une part équivalente dans la sélection des zones ateliers. Par conséquent, nous avons favorisé, dans un premier temps, le croisement entre les typologies climatique et paysagère. En effet, ce croisement offrait l'opportunité de s'appuyer sur des hypothèses consolidées, en raison de la disponibilité de travaux portant sur des corrélations avérées entre configurations paysagères et profils climatiques (Oke, 2004). La caractérisation de la composition sociale des espaces ainsi choisis est intervenue dans un second temps, pour d'une part compléter le diagnostic pluridisciplinaire de ces zones, et d'autre part pour mieux cibler le contexte de l'enquête qualitative que nous voulions réaliser sur ces zones (cf. analyse à l'échelle méso).

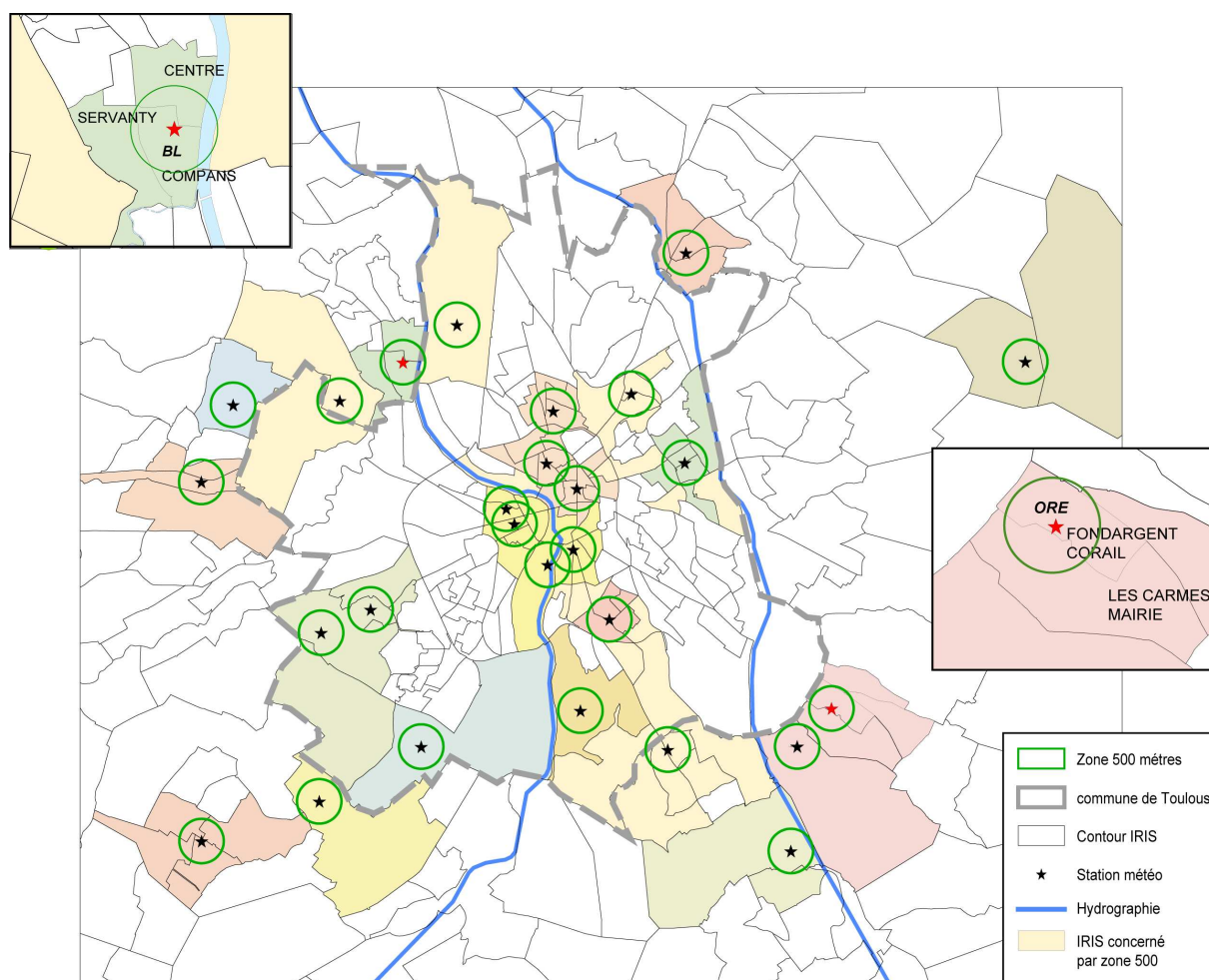


Figure 17 : Superposition des découpages des quartiers IRIS et des zones de 500 m autour des stations CAPITOUL

### 1.5. Convergence interdisciplinaire pour la sélection des zones ateliers

L'objectif était d'identifier, à partir d'une réflexion interdisciplinaire, un nombre limité de zones ateliers caractéristiques de l'hétérogénéité climatique observée et traduisant la variété des paysages urbains ; ces zones ateliers devant permettre de produire des analyses approfondies, à partir des diagnostics disciplinaires, des interactions entre formes urbaines, modes d'habiter et hétérogénéité climatique. La sélection des zones ateliers a été réalisée en deux

temps : d'abord ont été retenues les quatre catégories de grands ensembles paysagers significatifs des comportements climatiques urbains, puis, au sein de ces types, ont été choisies les stations Capitoul les plus pertinentes au regard de l'hétérogénéité climatique.

Nous avons conduit une analyse interdisciplinaire des données thématiques relatives à : (i) la caractérisation synthétique des comportements climatiques (arbres hiérarchiques) ; (ii) les caractéristiques paysagères des stations (fig.20)

- (i) les arbres de classification hiérarchique (fig. 18 et 19) représentent le comportement des stations en fonction des températures minimales et maximales journalières enregistrées durant les 4 saisons (8 arbres hiérarchiques). Il a été néanmoins décidé de laisser de côté les classifications des intersaisons (automne et printemps) en raison de leur faible caractère discriminant. L'interprétation des quatre diagrammes arborescents ( $T_{\max[\text{été}]}$  et  $T_{\min[\text{été}]}$ ,  $T_{\max[\text{hiver}]}$  et  $T_{\min[\text{hiver}]}$ ) permet de mesurer la plus ou moins grande similitude de comportement des stations en fonction de la plus ou moins grande « proximité » de leur position dans l'arbre (verticale et horizontale). L'observation des positions des différentes stations conduit à évaluer dans quelle mesure des stations appartenant au même grand ensemble paysager peuvent avoir le même « comportement climatique » et inversement, des stations dont le comportement climatique est proche peuvent présenter des caractéristiques paysagères voisines. Cependant la position horizontale des branches de l'arbre ne permet pas d'évaluer le climat des stations (stations chaudes, froides, etc.). A chaque fois, un retour vers des histogrammes des écarts de température avec une station de référence (section 1.1.1) a été fait pour déterminer le comportement dominant (fig. 18 et 19).

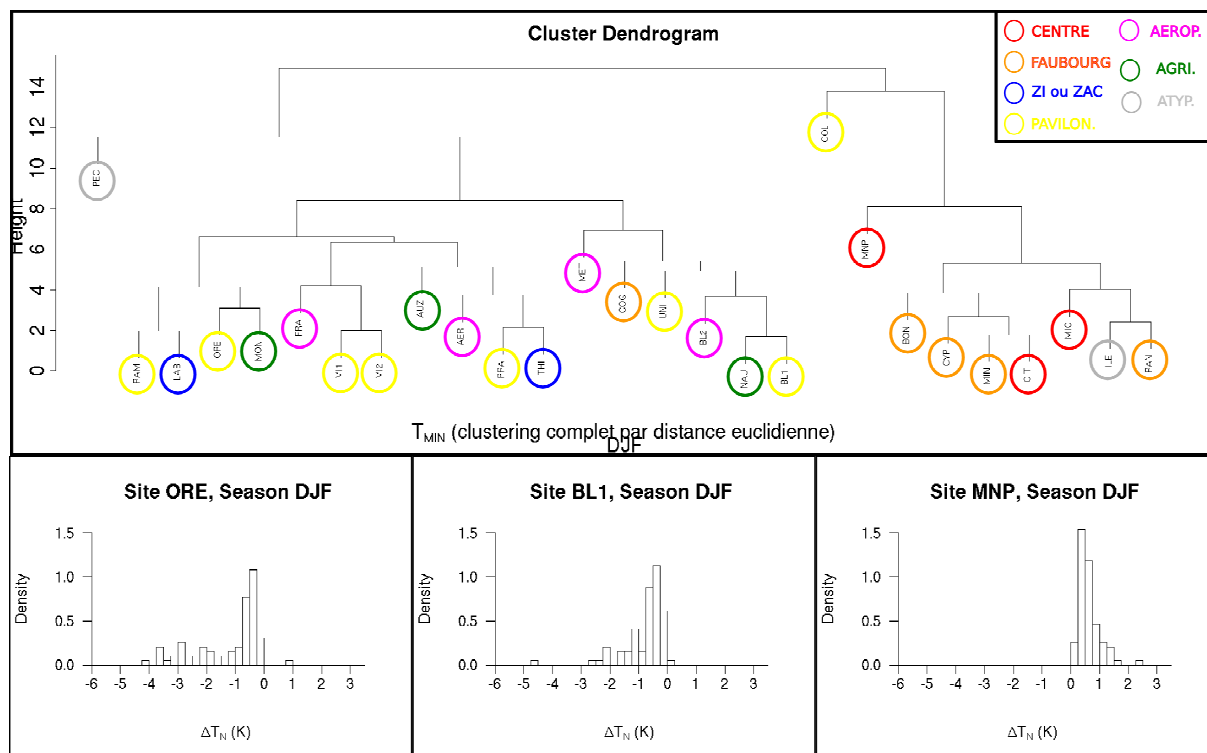
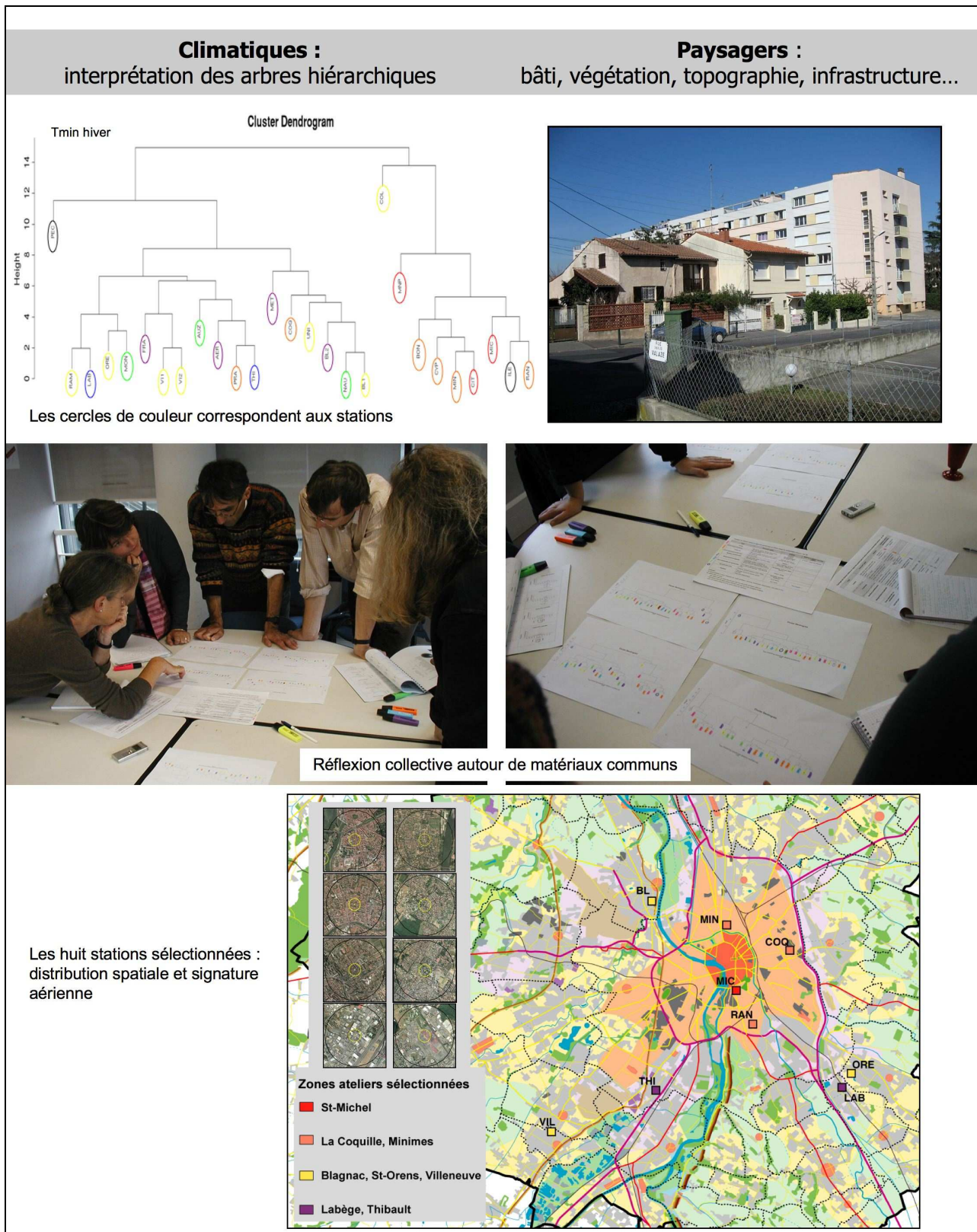


Figure 18 - En haut : arbre de classification hiérarchique des stations CAPITOUL selon leurs températures minimales journalières pendant la saison d'hiver. En bas : histogrammes des écarts de températures minimales journalières avec une station de référence (MIC, ensemble paysager Centre) pendant la saison d'hiver pour 3 stations représentatives des branches principales de l'arbre.

- (ii) à l'intérieur des grands ensembles paysagers, les données des stations CAPITOUL ont été analysées de façon à mettre en évidence l'hétérogénéité interne à chaque ensemble paysager. Les critères les plus discriminants sont l'hydrographie, la topographie, l'homogénéité du bâti (âge et forme), la présence de végétation arborée, la proximité et l'importance des infrastructures routières et la distance au centre.



Figure 20 - Démarche et critères de sélection des stations CAPITOUL



## 2. L'échelle méso : les zones ateliers

Suite à l'analyse réalisée à l'échelle macro, et à la sélection des zones ateliers, un protocole expérimental a été mis en œuvre sur la base d'une réflexion interdisciplinaire, afin de documenter au sein de ces deux zones :

- les hétérogénéités climatiques, grâce à une campagne de mesures avec des vélos instrumentés
- la variabilité paysagère, à partir de relevés in situ à différentes échelles spatiale
- la perception et le vécu climatiques de la population, au travers d'entretiens semi-directifs menés auprès d'un échantillon d'habitants des deux quartiers étudiés

### 2.1. Définition collective des circuits à l'intérieur des zones ateliers

La méthodologie adoptée pour les observations météorologiques aux échelles méso et micro imposait de définir, au sein de chaque zone atelier, le circuit le long duquel seraient effectuées les mesures de température et d'humidité. Le vélo instrumenté (cf. ci-dessous, 1.2.2) a cependant ses limites, évidentes : impossibilité de pénétrer dans les jardins privés ou de franchir les clôtures, et par conséquent impossibilité de réaliser les mesures le long de transects rectilignes, nord-sud ou est-ouest.

La définition de l'itinéraire (fig.21) s'est faite lors d'une réunion en présence de deux météorologues, un géographe et un architecte. Le résultat témoigne d'un compromis entre plusieurs attentes exprimées à cette occasion :

- « couvrir » la majeure partie de chaque zone atelier, sans trop laisser de zones blanches.
- traverser des espaces urbains diversifiés au niveau paysager, dont on pouvait attendre *a priori* des comportements climatiques spécifiques, avec le souci d'une certaine exhaustivité à l'échelle de chaque zone atelier. On a tiré parti de la proximité de la zone atelier de Blagnac avec le noyau ancien de la ville, à la morphologie originale (petites maisons en briques, ruelles étroites). L'itinéraire s'échappe donc ici du cercle de 500 mètres de rayon pour pénétrer dans le centre ancien.
- emprunter différents types de voies (grandes artères, rues, ruelles, chemins, etc.), parfois au sein d'un même type d'espace urbain, pour évaluer leur éventuel impact sur les mesures.
- exploiter les variations topographiques propres à chaque site, même si ces dernières se révèlent mineures (une quinzaine de mètres de dénivellation) : lit majeur de la Garonne et terrasses alluviales étagées à Blagnac, point haut au nord-est de Saint-Orens correspondant à l'amorce des coteaux molassiques du Lauragais.
- au sein de chaque grand type de paysage urbain, effectuer quelques boucles serrées susceptibles de révéler une hétérogénéité climatique à l'échelle micro : façade nord et façade sud d'une barre d'immeuble (le regard de l'architecte), sommet de digue en bord de fleuve et parc en contrebas de la digue, etc.
- enfin, le choix d'emprunter quelques impasses a été guidé par le souci d'apprécier les caractères climatiques au cœur des grands îlots délimités par la voirie principale.

Les itinéraires ont ensuite été testés, sans instrumentation embarquée sur le vélo, afin de repérer des difficultés ponctuelles (voies privées, travaux). Seules des modifications mineures ont été apportées aux choix initiaux.

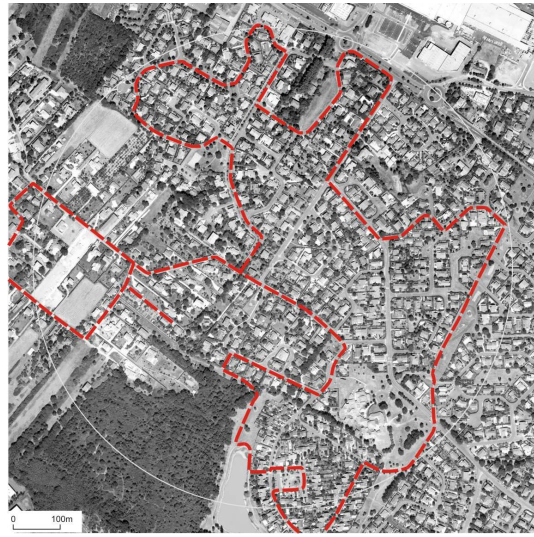


Figure 21 - Parcours de mesures à vélo à Blagnac (gauche) et à Saint Orens (droite).

## 2.2. Les mesures météorologiques à l'échelle méso

Le réseau de stations de la campagne CAPITOU a mis en évidence des variabilités climatiques à l'échelle macro, et en particulier des différences climatiques entre Toulouse et les banlieues. Cette approche s'est appuyée sur une méthodologie adaptée à l'échelle d'étude par le choix du protocole expérimental et du protocole d'analyse des données. Toutefois, il existe au sein même de chaque zone atelier une variabilité climatique interne qui peut être liée par exemple à la topographie locale, aux hétérogénéités paysagères, ou encore à des effets météorologiques de fine échelle. La caractérisation de cette variabilité d'échelle méso requiert une nouvelle méthodologie consistant à :

- effectuer un grand nombre de mesures à l'intérieur d'une même zone atelier à des localisations variées ;
- réaliser ces mesures simultanément afin de s'affranchir des effets temporels et de se concentrer sur la variabilité spatiale ;
- sélectionner des situations météorologiques favorisant les variabilités climatiques, i.e., des journées estivales chaudes avec un fort ensoleillement et peu de vent.

Pour répondre au mieux à ces objectifs, nous avons organisé une campagne de mesures basée sur l'utilisation de vélos instrumentés (fig. 22.a), équipés d'un GPS et de capteurs mesurant la température et l'humidité de l'air (à une hauteur de 1,50 m environ). Ce système expérimental à vélo présente deux avantages. D'une part, il autorise une plus grande latitude dans le choix du tracé qu'un véhicule automobile, permettant notamment d'accéder à des zones interdites à la circulation (espaces verts, chemins, etc.). D'autre part, il permet de parcourir le circuit suffisamment rapidement (environ 30 minutes) pour limiter au maximum l'évolution temporelle de température et d'humidité durant la période de mesure.

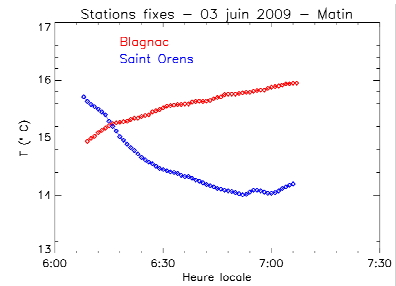
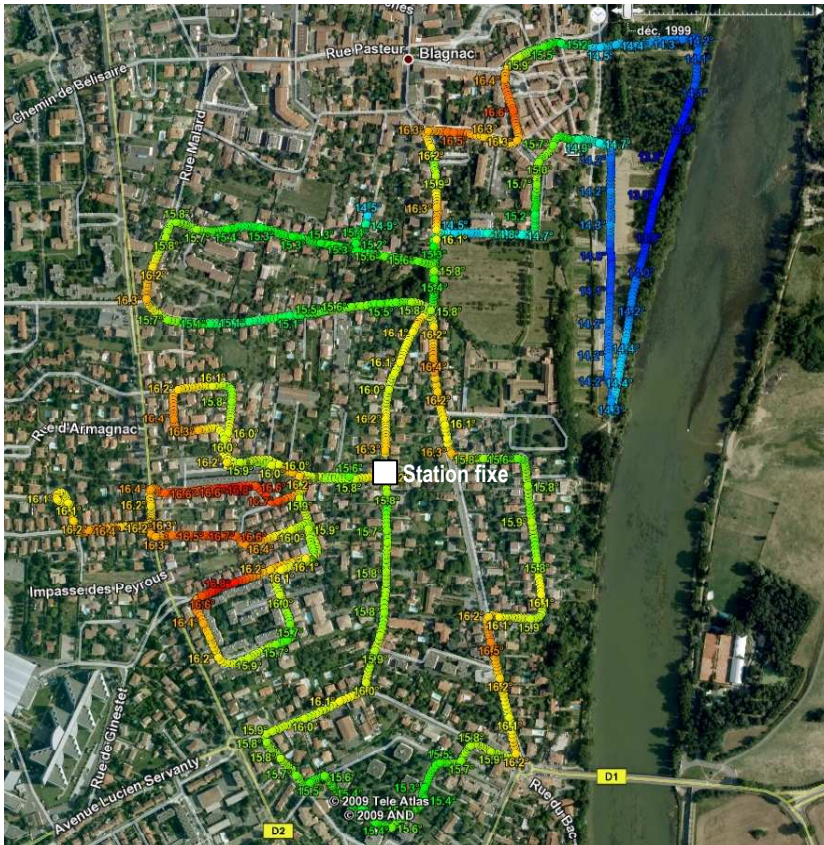


Figure 22 – a : Vélo instrumenté, équipé d'un capteur mesurant la température et l'humidité de l'air, et d'un GPS (gauche). b : Station météorologique fixe mesurant la température, l'humidité et le vent (droite).



La campagne de mesures a eu lieu le 03 juin 2009 car les conditions météorologiques étaient particulièrement bien adaptées à nos objectifs : journée anticyclonique ensoleillée et très chaude favorisant les variabilités climatiques. Nous avons parcouru le circuit prédéterminé à l'intérieur de chaque zone atelier, simultanément sur les deux sites (cf Section 1.2.1.). Ce parcours a été réalisé à 3 moments de la journée, i.e. au lever du soleil (6h00), en milieu de journée lorsque la température est maximale (15h00), et au coucher du soleil (21h00). Une station météorologique fixe (fig. 22.b) également été installée, sur chaque site, à l'emplacement du départ du circuit afin d'enregistrer le vent, la température et l'humidité de l'air durant toute la durée des mesures à vélo. Elle a ainsi servi de station de référence, notamment pour quantifier les éventuelles dérives temporelles des paramètres météorologiques et corriger les mesures à vélo si nécessaire.

L'ensemble des résultats de la campagne de mesures est présenté en Figures 23, 24 et 25, pour les parcours du matin, de l'après-midi et du soir. Les mesures collectées en milieu de journée présentent, aussi bien à Blagnac qu'à Saint Orens, une très forte variabilité spatiale sans structure cohérente apparente (fig. 24). La plupart de ces fluctuations de température est très probablement générée par une forte turbulence atmosphérique. Les parcours du matin (fig. 23) et du soir (fig. 25) mettent également en évidence des variations importantes de température, de 3 à 5 degrés au maximum sur un même parcours. Il est intéressant de noter que ces différences sont comparables aux intensités des îlots de chaleur observées à l'échelle de l'agglomération entre les stations situées en zone pavillonnaire et le centre-ville de Toulouse (cf. Section 1.1.5). A ces périodes de la journée, la turbulence atmosphérique est beaucoup moins forte, et on s'attend à ce que ces variations de température soient plutôt liées aux caractéristiques paysagères et d'occupations du sol. Ceci sera discuté par la suite en Partie 2.



Blagnac	
$T_{\min}$	= 16,87°C
$T_{\max}$	= 13,83°C
$\Delta T_{\max}$	= 3,04°C

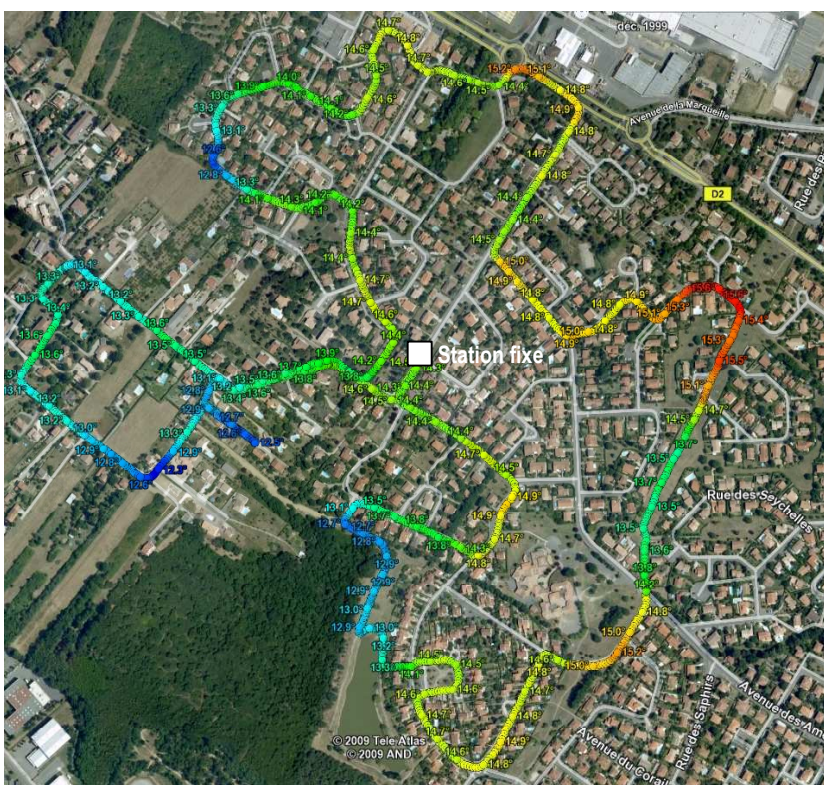
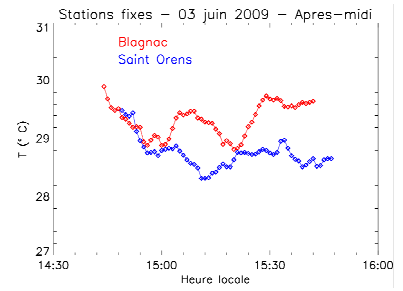
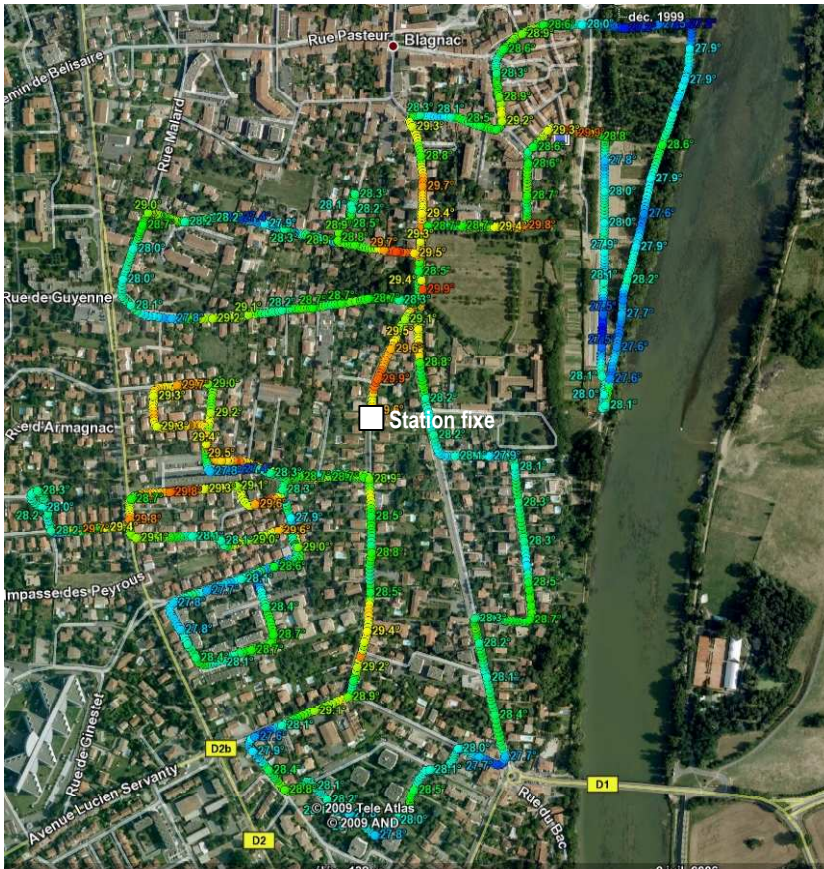


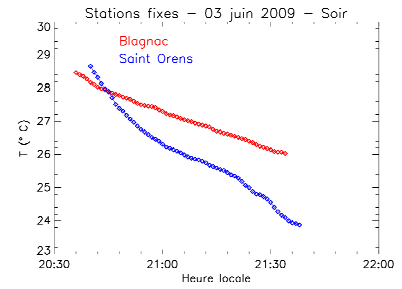
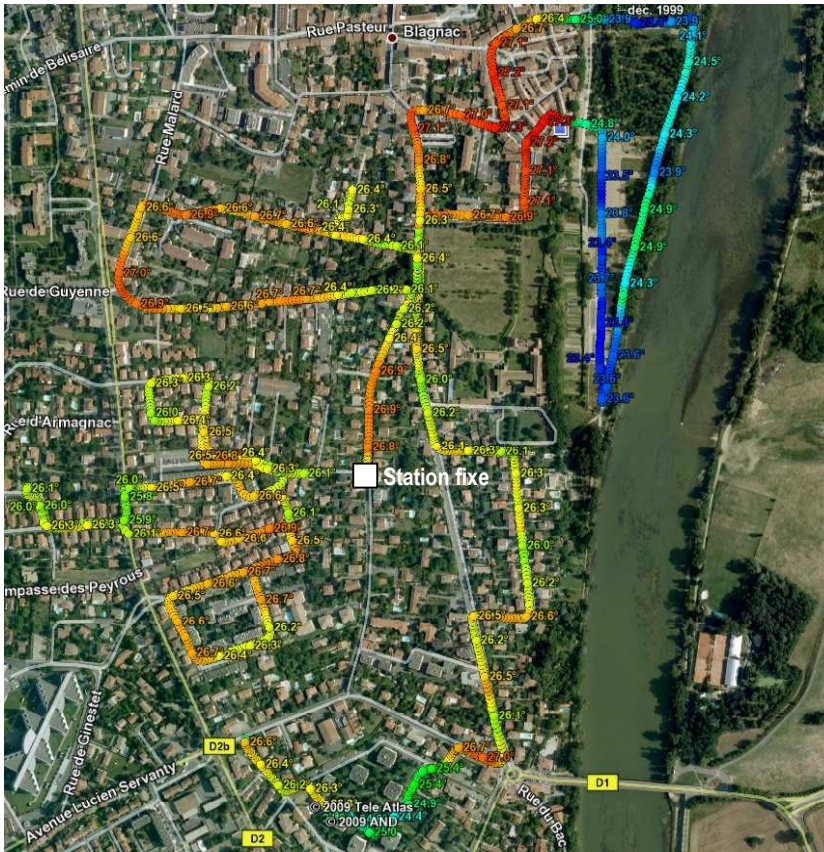
Figure 23- Gauche : température de l'air mesurée à vélo à Blagnac (haut) et Saint Orens (bas), le matin 3 juin 2009. Droite : température de l'air mesurée par les stations fixes de Blagnac et Saint Orens. Le tableau présente les amplitudes maximales de température enregistrées par les vélos sur les deux sites.



<b>Blagnac</b>	
$T_{\min}$	= 27,16°C
$T_{\max}$	= 30,19°C
$\Delta T_{\max}$	= 3,03°C



Figure 24 – Même légende que pour la Figure 23, pour le parcours effectué l'après-midi du 3 juin 2009.



<b>Blagnac</b>	
$T_{\min}$	= 23,26°C
$T_{\max}$	= 27,40°C
$\Delta T_{\max}$	= 4,14°C



Figure 25 – Même légende que pour la Figure 23, pour le parcours effectué le soir du 3 juin 2009.

### 2.3. L'analyse paysagère à l'échelle méso

L'objectif était de réaliser une cartographie des paysages urbains des deux zones ateliers (cercles de 500 mètres de rayon autour des stations CAPITOU de Blagnac et de Saint-Orens). L'interprétation des photographies aériennes (résolution 12,5cm) associée à des observations *in situ* a permis de délimiter sur chaque terrain des espaces présentant une certaine homogénéité sur le plan paysager. La grille d'analyse comprenait notamment les caractéristiques suivantes : composition, hauteur et densité de la végétation, largeur de la voirie, type générique de bâti (pavillonnaire, collectifs), âge approximatif de celui-ci, couleur des façades, type de couverture. Ces deux derniers éléments ont été intégrés sur les recommandations des météorologues. A l'inverse, on a renoncé à prendre en compte certains paramètres, tels que la pente des toits ou l'importance des surfaces vitrées, dont l'estimation correcte aurait nécessité beaucoup de temps. Le coefficient d'emprise au sol (CES) a constitué un élément discriminant supplémentaire pour les ensembles pavillonnaires. Il s'avère relativement facile à calculer grâce aux informations fournies par le cadastre (<http://www.cadastre.gouv.fr/>).

Ce premier travail d'identification a débouché sur l'élaboration d'une typologie paysagère. On a distingué, au total, 24 types d'unités paysagères, susceptibles d'être regroupées en 7 grandes familles de paysages, définie chacune à partir d'une « dominante » (végétation, habitat pavillonnaire, habitat collectif...). Il convient cependant de préciser que cette dominante ne renvoie pas à un rapport de surface calculé. Les surfaces végétalisées (jardins privés, espaces verts) peuvent l'emporter sur les surfaces bâties dans certains paysages classés à dominante « pavillonnaire » ou « collectifs ».

Tableau 3 : Typologie des paysages au sein des zones ateliers de Blagnac et de Saint-Orens

Grandes familles de paysages Types d'unités paysagères	Code	Présence à Blagnac	Présence à Saint-Orens
<b>Paysages à dominante aquatique</b>			
1. Lit mineur de la Garonne.	Ea1	x	
2. Etang	Ea2		x
<b>Paysages à dominante végétation</b>			
3. Pelouse entretenue. Quelques arbres et massifs d'arbustes.	Vg1		x
4. Prairie non fauchée. Vieux arbres fruitiers.	Vg2	x	
5. Parc. Pelouses, massifs d'arbustes, bosquets d'arbres feuillus et résineux.	Vg3	x	
6. Bois. Taillis de chênes, sous bois abondant.	Vg4	x	x
7. Ripisylve des bords de Garonne. Arbres élevés (peupliers et saules), sous-bois abondant.	Vg5	x	
<b>Paysage à dominante agricole</b>			
8. Parcelles agricoles plus ou moins en friche.	Ag		x
<b>Paysages à dominante pavillonnaire</b>			
9. Pavillonnaire lâche en voie de densification. CES ≈ 0,10. Quelques maisons anciennes, pavillons récents et en chantier, parcelles non bâties type terrain vague.	Pv1	x	x
10. Pavillonnaire densité moyenne. CES ≈ 0,20. Maisons de l'entre-deux-guerres aux années 1980. Architecture hétérogène. Le plus souvent : grandes villas R+1, toits tuiles. Maisons implantés sur rue avec grand jardin arboré à l'arrière, piscines fréquentes. Quelques arbres résineux élevés (cèdres, pins parasol) dominant le bâti. Largeur voirie 10-12m.	Pv2a	x	
11. Pavillonnaire densité moyenne. CES ≈ 0,20. Maisons généralement postérieures à 1980 (quelques maisons années 1970). Architecture hétérogène. Le plus souvent : grandes villas, R ou R+1 ; toits tuiles. Jardins arborés, piscines fréquentes. Maillage de haies séparatives (Cyprès de Leyland, Laurier-cerise). Largeur voirie 10-15m, quelques arbres d'alignement (tilleuls, érables).	Pv2b		x
12. Pavillonnaire densité moyenne. CES ≈ 0,20. Maisons postérieures à 1980. Architecture homogène : maisons en bande, R+1, façades claires, toits tuiles. Jardins en longueur à l'arrière. Largeur voirie 10m.	Pv2c		x
13. Pavillonnaire dense. CES ≈ 0,28. Maisons années 1960. Architecture homogène : petits pavillons de forme carrée, R+1, toits tuiles. Petits jardins entourant la maison, surfaces minérales importantes (dallages), arbres inférieurs à la hauteur du faîte. Largeur voirie 8m.	Pv3a	x	
14. Pavillonnaire dense. CES ≈ 0,26. Maisons postérieures à 1980. Architecture homogène : maisons sans étage, façades sombres, toits tuiles. Petits jardins entourant la maison avec arbres inférieurs à la hauteur du faîte. Largeur voirie 10-13m.	Pv3b		x
<b>Paysages à dominante collectifs</b>			
15. Immeubles années 1990 et 2000. R+2, forme carrée ou rectangulaire, façades claires, toits tuiles. Résidences fréquemment fermées. Espaces verts avec massifs d'arbustes et arbres de petite taille.	Co1	x	
16. Immeubles années 1970. R+4, forme carrée, façades claires, toits-terrasses. Immeubles dispersés dans parc avec arbres élevés (cèdres, pins parasol, peupliers).	Co2	x	

17. Immeubles années 1970. R+3, façades brique avec loggias, toits-terrasses. Bâtiments implantés en quadrilatère autour d'un espace vert central. Arbres élevés (cèdres, peupliers).	Co3	x	
18. Immeubles années 1970. R+2 à R+3, forme carrée, façades brique et peinture claire, toits-terrasses. Espaces verts réduits. Grands parkings en pied d'immeuble.	Co4	x	
19. Immeuble années 1960. R+4, forme en barre, façade brique et peinture sombre avec loggias coté sud, façade claire coté nord, toits-terrasses. Espaces verts réduits. Grands parkings en pied d'immeuble.	Co5	x	
Paysages spécifiques à dominante bâti			
20. Bâtiments brique XVIIe-XIXe siècles du monastère de Blagnac. Pelouses et arbres élevés.	Sp1	x	
21. Groupe scolaire de Saint-Orens. Bâtiments récents sans étage, couleur sombre, toit tuile. Surfaces artificielles importantes (cour de récréation).	Sp2		x
22. Centre ancien de Blagnac. Maisons mitoyennes anciennes en brique, R+1. Eventuellement petits jardins à l'arrière. Rues étroites.	Sp3	x	
Paysages à dominante voirie			
23. Carrefour urbain majeur, bâti dense, forte densité de circulation.	Vo1	x	
24. 2x2 voies avec terre-plein central et bas cotés gazonnés et plantés, giratoires, forte densité de circulation.	Vo2		x

Les deux zones ateliers présentent des différences notables, tant au niveau de la configuration des sites (proximité de la Garonne à Blagnac) que des formes d'urbanisation (lotissements récents à Saint-Orens, habitat pavillonnaire plus ancien avec quelques collectifs à Blagnac). Aussi, seul un petit nombre d'unités paysagères se retrouvent à la fois sur les deux terrains.

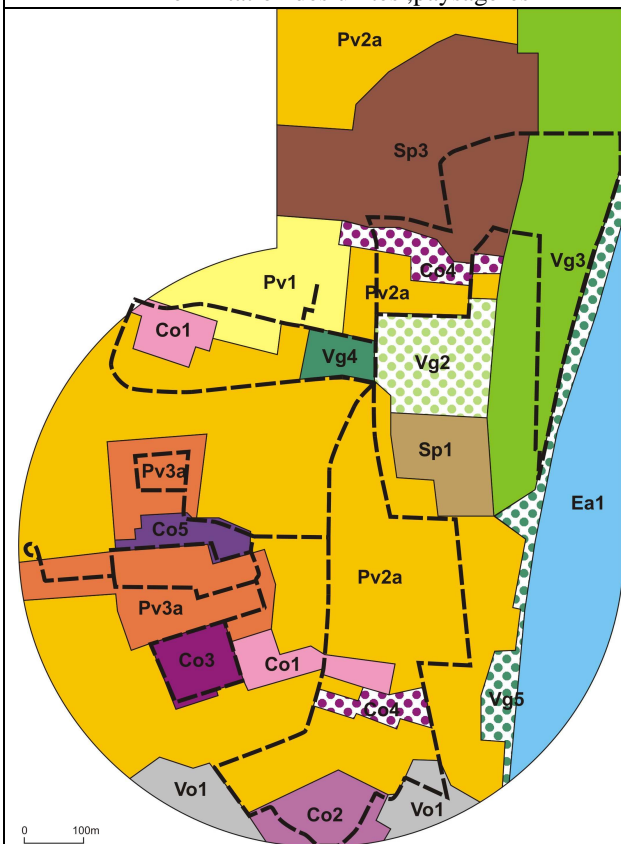


Figure 26 : Quelques types d'unités paysagères

Figure 27 : Les paysages de la zone atelier de Blagnac



Délimitation des unités paysagères



### Commentaire

La matrice est constituée par un tissu pavillonnaire fait de villas remontant pour les plus anciennes à l'entre-deux-guerres (Pv2a). La zone atelier présente cependant trois secteurs plus hétérogènes au niveau paysager :

- au nord-est, où le lit majeur de la Garonne a été aménagé en parc public (Vg3). Le centre historique de Blagnac (Sp3), les bâtiments anciens du monastère (Sp1) et la vaste prairie attenante (Vg2) occupent le sommet du talus de terrasse.

- à l'ouest, où l'on observe une imbrication étroite entre différentes formes de collectifs (Co1, Co3, Co4, Co5) et un habitat pavillonnaire dense, fait de petites maisons carrées des années 1960 (Pv3a).

- au sud, marqué par la présence de carrefours routiers importants (Vo1) et d'un groupe d'immeubles des années 1970 éparpillés dans un parc arboré (Co2).

#### Paysages à dominante aquatique

- Ea1** Lit mineur de la Garonne
- Ea2** Etang

#### Paysages à dominante végétation

- Vg1** Pelouse entretenue
- Vg2** Prairie non fauchée
- Vg3** Parc
- Vg4** Bois
- Vg5** Ripisylve des bords de Garonne

#### Paysages à dominante agricole

- Ag** Parcelles agricoles

#### Paysages à dominante voirie

- Vo1** Carrefour urbain majeur
- Vo2** 2x2 voies avec terre-plein central, giratoires

#### Paysages à dominante pavillonnaire

- Pv1** Pavillonnaire lâche en voie de densification
- Pv2a** Pavillonnaire densité moyenne. Maisons entre-deux-guerres aux années 1980
- Pv2b** Pavillonnaire densité moyenne. Maisons postérieures à 1980
- Pv2c** Pavillonnaire densité moyenne. Maisons en bande postérieures à 1980
- Pv3a** Pavillonnaire dense. Petits pavillons années 1960
- Pv3b** Pavillonnaire dense. Maisons sans étage postérieures à 1980

#### Paysages à dominante collectifs

- Co1** Petits immeubles années 1990-2000, R+2
- Co2** Immeubles années 1970, R+4, dans parc arboré
- Co3** Immeubles années 1970, R+3, quadrilatère autour d'un espace vert central
- Co4** Immeubles années 1970, R+2 à R+3, espaces verts réduits
- Co5** Immeubles années 1960, R+4, forme en barre

#### Paysages spécifiques à dominante bâti

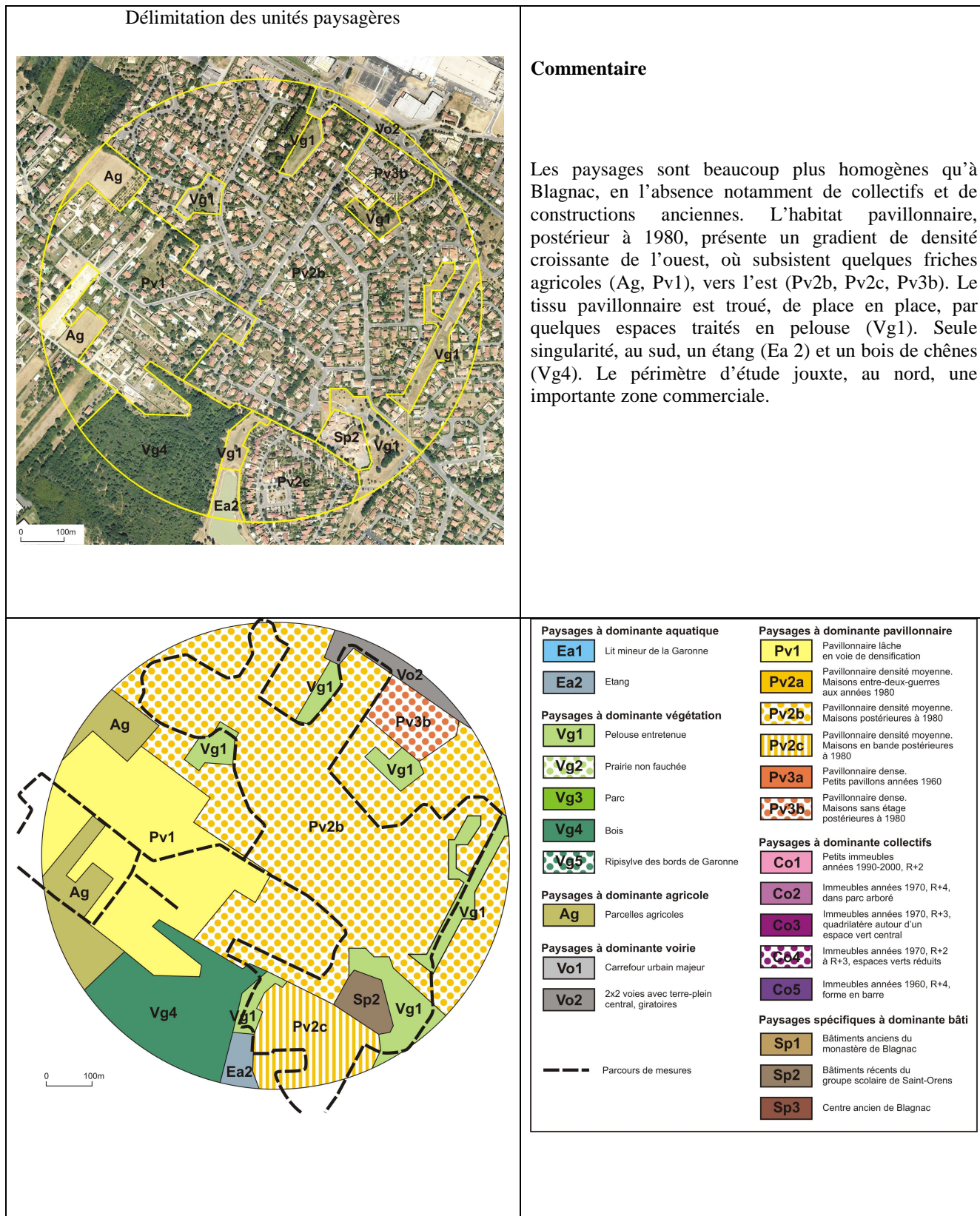
- Sp1** Bâtiments anciens du monastère de Blagnac
- Sp2** Bâtiments récents du groupe scolaire de Saint-Orens
- Sp3** Centre ancien de Blagnac

--- Parcours de mesures





Figure 28 : Les paysages de la zone atelier de Saint-Orens



## 2.4. Une enquête qualitative pour cerner les interactions entre climat et modes d'habiter

### a. *Un parti-pris d'analyse qualitative pour mieux cerner et affiner les déterminants sociologiques des perceptions, représentations et pratiques.*

L'hypothèse d'un lien entre micro-variations climatiques et modes d'habiter supposait de déterminer, à partir d'échanges entre chercheurs SHS et météorologues, un ensemble de pratiques supposées interférer avec le climat. Deux types de pratiques susceptibles d'impacter le climat local ont été rapidement identifiés :

- les pratiques de mobilité (dégagement de chaleur lié au trafic routier)
- les pratiques liées aux régulations thermiques des bâtiments.

D'autres éléments possibles relatifs aux modes d'habiter pouvaient s'y ajouter, particulièrement dans le périurbain : les pratiques liées à l'arrosage et à l'aménagement des jardins, voire à l'entretien d'une piscine.

Nous avons fait le choix d'écarter l'observation des pratiques de mobilité, dans la mesure où elles supposaient des techniques de comptage et d'évaluation de trafic, méthodologies qui dépassaient le cadre d'un projet exploratoire. Dès lors, nous nous sommes focalisés sur les pratiques relatives à l'environnement direct, par une approche concentrique à partir du logement.

L'autre terme de l'exploration que nous souhaitions mener portait sur l'influence du climat local, tel que perçu par les populations, sur les modes d'habiter. Ceci supposait de travailler, d'une part sur les « référentiels » climatiques des habitants, et d'autre part sur les pratiques de régulation de leur confort climatique. En outre, il nous fallait prendre en compte le fait que, dans le contexte actuel, toute interrogation portant sur la relation au climat convoquait inexorablement la référence au changement climatique. Dès lors, nous avons pris de front la question en intégrant dans notre grille d'entretien les représentations que cette question suscite et ses effets supposés sur les pratiques.

### b. *Profils sociodémographiques des deux zones ateliers*

Rappelons que le choix des deux zones ateliers (Saint-Orens et Blagnac) s'est appuyé prioritairement sur des critères relatifs à la forme urbaine et au profil climatique (cf. la section 1.1.4). L'analyse conduite à l'échelle macro à partir des statistiques IRIS nous permet à présent d'esquisser à grands traits le profil sociodémographique de ces deux zones. Du point de vue des critères que l'on a privilégié (tranches d'âge, CSP, logement, mobilité résidentielle, etc.), et en se basant sur les écarts à la moyenne de l'ensemble de l'agglomération, les deux zones ateliers semblent présenter d'importantes similitudes, à savoir :

- une population plutôt vieillissante<sup>7</sup>
- une nette prédominance de classes moyennes illustrée par une surreprésentation des CSP cadres et professions intermédiaires

Néanmoins, les 2 zones se distinguent aussi l'une de l'autre sur au moins deux points. En effet, à Saint-Orens, la plupart des ménages sont propriétaires de leur logement (85% à l'échelle des deux IRIS), alors qu'à Blagnac on retrouve une proportion importante de locataires (environ 50% à l'échelle des 2 IRIS, soit une proportion très proche de la moyenne de l'agglomération). Cette différence de statut d'occupation recoupe parfaitement la différence de types de logement, puisqu'il n'y a quasiment que des pavillons à Saint-Orens (à 95% environ), alors que Blagnac se caractérise de ce point de vue par une plus grande hétérogénéité : on y trouve du pavillonnaire certes (autour de 40%), mais aussi des immeubles (dans le vieux bourg) et des petits collectifs, pour certains anciens et pour d'autres plus récents issus d'opérations de renouvellement urbain. Ces données sont aussi confortées par le fait que l'on constate une grande stabilité résidentielle intercensitaire à Saint-Orens (environ 35% de mobilité résidentielle entre 1990 et 1999), alors que Blagnac fait l'objet d'une mobilité résidentielle plus importante (environ 60%).

---

<sup>7</sup> Ce trait est encore plus accusé dans l'échantillon des personnes enquêtées du fait des conditions de conduite de l'enquête (probabilité plus importante de trouver des inactifs à domicile dans la journée).

### c. Le protocole de l'enquête qualitative

Une enquête qualitative (fig. 29) a été conduite au sein des deux zones ateliers, auprès d'une soixantaine de personnes (30 à Saint-Orens et 30 à Blagnac), sur la base d'entretiens semi-directifs. Les personnes enquêtées ont été interviewées à domicile, après un premier passage des enquêteurs pour la prise de rendez-vous.

Figure 29 - Grille d'entretien

<p style="text-align: center;"><b>PIRVE - Guide d'entretien semi-directif</b></p> <p style="text-align: center;"><i>Climats urbains et modes d'habiter</i></p> <p><b>A- Economie générale du guide :</b></p> <p>Proposition de structuration en 4 items introduits chacun par une consigne :</p> <ol style="list-style-type: none"><li>1- Les référentiels climatiques</li><li>2- Les modes de régulation pour un meilleur confort climatique</li><li>3- Représentations en matière de microclimats urbains</li><li>4- Sensibilité aux injonctions (DD, Economies d'énergies, Réchauffement climatique, etc.)</li></ol> <p>Les différents items – et plus particulièrement les deux premiers - seront dans la mesure du possible déclinés selon les 3 sphères :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- L'espace domestique intérieur</li><li>- L'espace intermédiaire : balcon, terrasse, jardin...</li><li>- L'espace public : rues, places, square...</li></ul> <p><b>B- Structuration du guide :</b></p> <p><b>1- Consigne 1 : « Quelle est votre sensibilité au temps qu'il fait ? »</b></p> <p><i>Objectifs</i> : Identifier les différents modes de sensibilité des individus (notion de référentiels climatiques) au temps qu'il fait et à la variabilité climatique, qu'elle soit spatiale ou temporelle ; Comprendre ce qui sous-tend ces modes de sensibilité ; Comprendre comment ces référentiels se construisent...</p> <p>➔ Quels sont les vecteurs de sensibilité et de vigilance au temps qu'il fait ? Qu'est-ce qui nous amène à être attentifs à la météo ?</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- Le corps baromètre : sensibilité plus ou moins grande à la température, à l'humidité, au vent... en fonction de nombreux paramètres : genre, âge, histoire, état de santé, pratiques ou relation au dehors et au dedans (jardinage, marche à pied, loisirs de plein air, confinement...)</li><li>- Des métiers plus ou moins météo sensibles : différence entre une personne qui travaille dans un bureau et un maçon par exemple</li><li>- Des loisirs plus ou moins météo sensibles : jardinage, sports de plein air...</li><li>- Des pratiques de mobilités plus ou moins météo sensibles : marche à pied, deux roues, ...</li><li>- Autres registres d'information et de perception climatique : médias...</li></ul> <p><b>2- Consigne 2 : « Comment faites-vous pour vous adapter au temps qu'il fait ? »</b></p> <p><i>Objectifs</i> : Décrire les pratiques et les stratégies développées pour s'ajuster aux contraintes climatiques et pour améliorer son confort climatique. Ces pratiques sont à décliner dans les 3 sphères : la sphère domestique, les espaces intermédiaires et les espaces publics. Différencier ce qui relève des :</p> <ul style="list-style-type: none"><li>- <b>habitudes</b> : pratiques quotidiennes pour améliorer son confort climatique et celui de sa maison : habillement, douches/bains pour se rafraîchir ou se réchauffer, gestion de l'ombrage pour la fraîcheur, usage du chauffage/climatiseur/ventilateur, arrosage de la terrasse en fin de journée, adaptation du rythme de vie à la saison (exp. sieste, coucher tôt en hiver, etc.)</li><li>- <b>stratégies d'équipement</b> : amélioration du chauffage/climatisation, renforcement de l'isolation de la maison, construction de véranda, auvent, piscine, douche ou tuyau d'arrosage, plantation d'arbres pour ombrage, ...</li><li>- <b>Autres stratégies</b> : les mobilités « climatiques » ou tourisme saisonnier (villégiature mer/montagne, séjour au soleil en hiver...), l'adaptation des modes de déplacement au temps qu'il fait (véhicule climatisé, métro, bus, etc.), fréquentation d'équipements réputés pour leur confort climatique (ciné, centres commerciaux, etc.)...</li></ul> <p><b>3- Consigne 3 : « Pouvez-vous nous décrire le climat de votre quartier ? »</b></p> <p>Relance : « Est-ce qu'il y a selon vous dans l'agglomération toulousaine des endroits avec des climats différents (de celui de votre</p>
--

quartier)? »

*Objectifs* : faire qualifier les différenciations climatiques à différentes échelles : quartier, commune, agglomération, au-delà. Comprendre si la notion de microclimat est familière à la personne ou si elle lui paraît saugrenue. Comprendre si la personne intériorise une géographie (voire une cartographie) climatique à l'échelle de l'agglomération. Faire énoncer des éléments explicatifs relatifs à ces différenciations climatiques spatiales (relief, densité plus ou moins forte, hauteur des bâtiments, proximité du fleuve...).

Subsidiairement, comprendre ce qu'est un « bon » climat selon la personne interrogée : douceur des températures, absence de vent, d'humidité...

**4- Consigne 4:** « *Est-ce que le problème du changement climatique a un impact sur vos pratiques ?* »

*Objectifs* : Mesurer la sensibilité des pratiques (en matière de confort climatique) à un certain nombre de leviers : ici prise de conscience écologique

→ Relancer sur les autres leviers possibles : économique, fiscal, etc.

Plus généralement, comprendre si les injonctions et les divers dispositifs (campagnes de communication, fiscalité incitative/coercitive...) en matière de développement durable, de changement climatique, d'économie d'énergie... ont des effets sur les pratiques de confort climatique (pratiques de chauffage, de climatisation, isolation...)? Comment se font les changements de pratiques et qu'est-ce qui les motive en premier lieu ?

On peut reprendre les thèmes précédents :

- Habitudes : pratiques quotidiennes de chauffage/clim
- Equipement de la maison : isolation, chauffage solaire, etc.
- Autres pratiques : mobilité, etc.

**5- Consigne conclusive :** « *Pensez-vous que cette dimension (confort climatique) est prise en compte par les pouvoirs publics ?* » ; « *par votre commune en particulier ?* »

Relancer : « *Comment selon vous les pouvoirs publics pourraient-ils améliorer ce confort climatique ? A l'échelle des espaces publics (aménagement spécifiques, verdissement, etc.) ? A l'échelle de l'espace privé (subvention d'équipements ou de travaux d'isolation...)?* »

*Objectifs* : permettre l'expression d'attentes, de solutions par l'habitant expert parce que usager de son espace de vie ; faire énoncer des leviers possibles pour l'action publique ; évaluer les compétences habitantes et les savoirs ordinaires, etc.

### 3. L'échelle micro :

#### 3.1. L'analyse paysagère à l'échelle micro : typologie des interfaces le long des parcours de mesure

L'objectif était de construire et de cartographier une typologie fine des interfaces entre la voirie et les îlots (parcelles) le long des parcours de mesures météorologiques des deux zones ateliers. A ce niveau d'observation, l'hypothèse sous-jacente était de fournir une information détaillée et précise permettant de repérer des singularités, des régularités entre les types d'interfaces et les mesures de température aux différentes périodes de la journée afin de mettre en évidence des corrélations.

La méthodologie mise œuvre comporte deux temps : l'élaboration d'une typologie générique d'éléments paysagers, puis l'analyse proprement dite des interfaces des deux zones ateliers (fig.30).

En partant de l'élaboration d'une typologie d'éléments paysagers distinguant « **végétal** » et « **minéral** » ou « **bâti** » correspondant à des catégories génériques, puis de leur croisement, il a été réalisé une cartographie qui s'appuie sur un travail d'interprétation des photographies aériennes de 2005 (résolution de 12,5 cm) et d'observation *in situ* des deux sites.

La catégorisation de l'élément « végétal » prend en compte la stratification (dimension verticale), la fermeture et la disposition (dimension horizontale) ainsi que la composition (homogénéité ou diversité spécifique).

L'élément « minéral ou bâti » est décrit à partir de sa continuité, de son alignement, de son espacement, de sa hauteur, de son type générique.

Au cours de l'analyse des interfaces, les deux catégories sont croisées, en se focalisant sur une bande (buffer) d'une largeur de 5 mètres représentant l'interface décrite entre les îlots et la voirie. Cette analyse conduit à une cartographie des types d'interfaces (Figures 31 et 32)

Cette méthodologie, assez lourde à mettre en œuvre, n'a été testée que sur trois boucles de mesure des zones ateliers de Blagnac (boucle 4 ouest et boucle 1 nord-ouest) et de St-Orens (partie nord de la boucle 2). Cette restriction a été décidée collectivement en fonction de la diversité des types de paysages parcourus (approche paysagère méso) et des variations des mesures météo.

On obtient au final une vingtaine de types d'interfaces dont les deux tiers sont communs aux trois boucles étudiées. Ces types élémentaires d'interfaces peuvent être regroupés selon trois dominantes « végétale », « mixte », « bâti ». La représentation graphique qui utilise une gamme de couleurs allant du vert (interfaces à dominante végétale) au marron et au violet (interfaces à dominante bâti) facilite cette lecture simplifiée. Le nombre d'interfaces et les dominantes traduisent le caractère pavillonnaire plus homogène de St-Orens et des paysages urbains plus composites et hétéroclites à Blagnac, par ailleurs mis en évidence aux échelles macro et méso.

Figure 30 - Principes d'analyse des interfaces paysagères

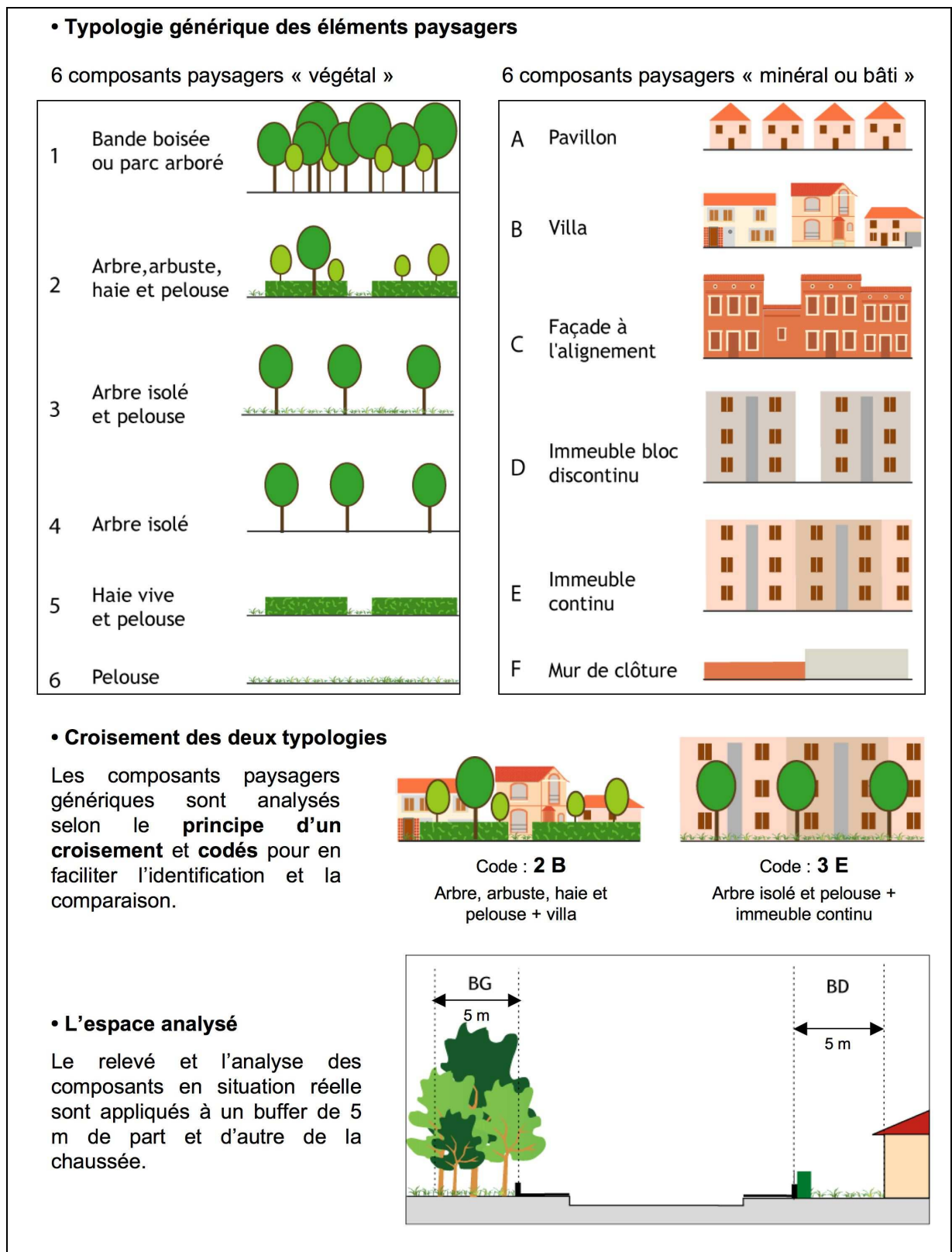


Figure 31- Spatialisation des interfaces paysagères de la boucle 1 et 4 à Blagnac

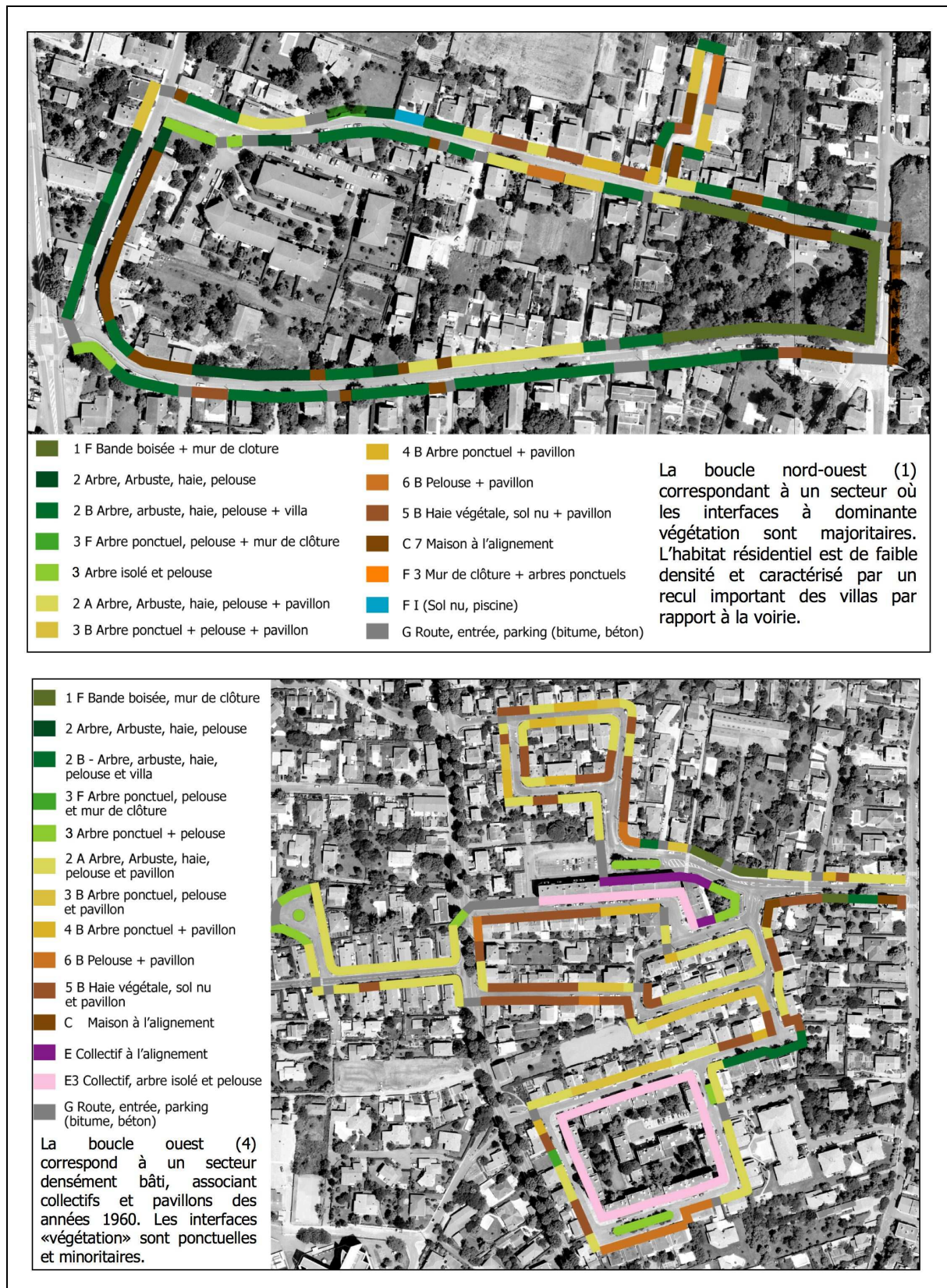
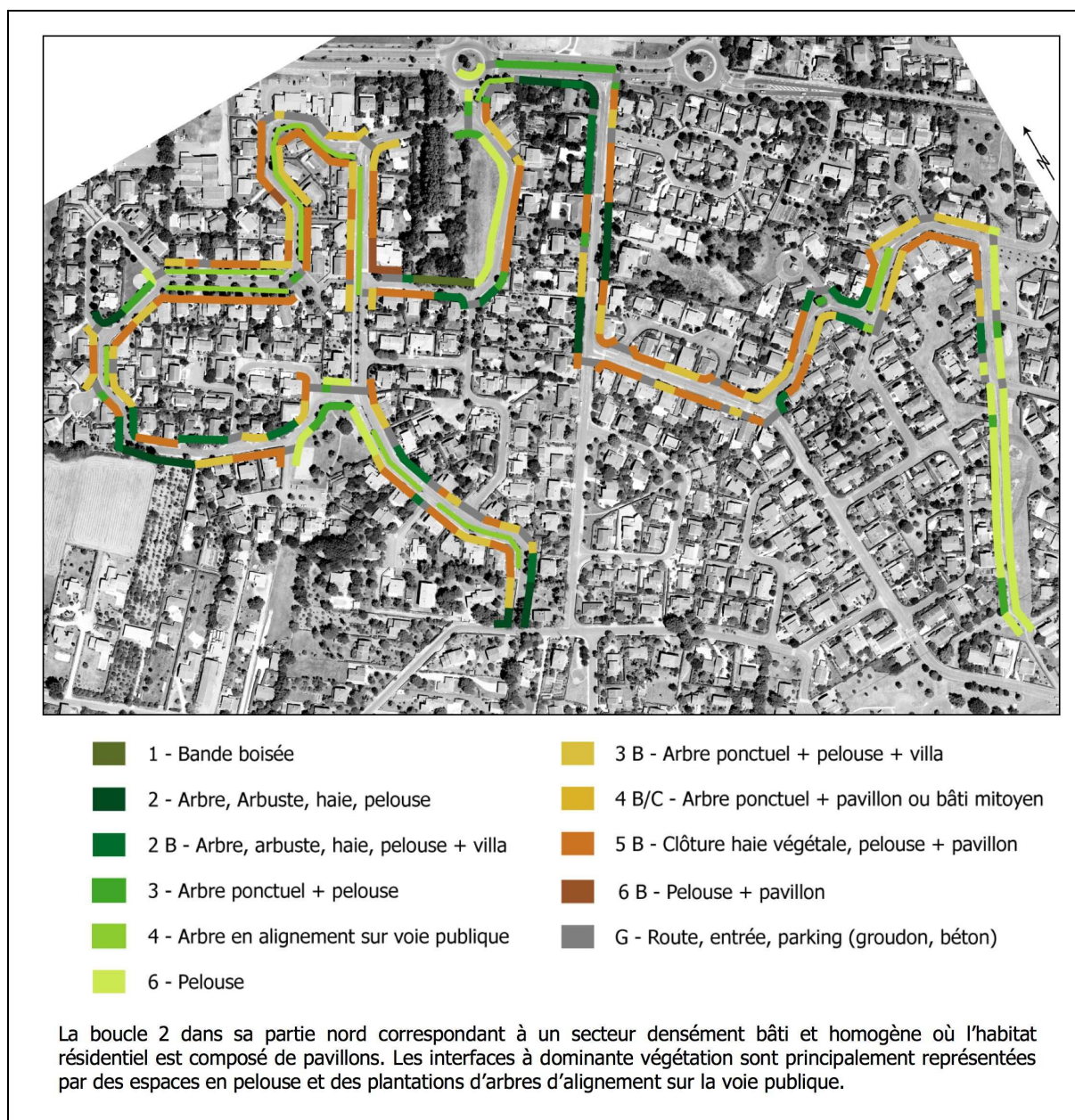


Figure 32 - Spatialisation des interfaces paysagères de la boucle 2 à St-Orens



### 3.2. Mesures météorologiques à l'échelle micro :

A l'échelle micro, on cherche à étudier les interactions entre le microclimat, les éléments du paysage et les modes d'habiter à l'échelle de l'espace urbain. On cherche donc à mesurer conjointement les variabilités paysagères et climatiques sur des distances de l'ordre de la dizaine de mètres. Pour atteindre cet objectif, l'équipe instrumentale du GAME a développé un système spécifique de mesure de la température à haute cadence (1Hz) pour pouvoir enregistrer le plus finement possible les variations de températures de l'air le long du trajet.

Les mesures obtenues permettent donc de décrire la variabilité des températures à l'échelle micro, mettant en évidence des fluctuations de températures relativement importantes sur de très courtes distances. Ces fluctuations peuvent être soit purement liées aux processus météorologiques (on s'attend à une forte turbulence intrinsèque de l'atmosphère en milieu de journée, pouvant mener à des fluctuations aléatoires), soit induites par des variations



fin des espaces urbains (au sein d'une même unité paysagère), en particulier en situations calmes (sans vent) le matin ou le soir.

### **3.3. Conclusion :**

Cette première partie avait pour objet de présenter, à l'interface de nos différentes approches disciplinaires, les protocoles que nous avons mis en œuvre. Elle a montré de quelle façon, à l'échelle macro, certains choix méthodologiques disciplinaires vont interagir avec les protocoles mis en œuvre dans une autre discipline. Ainsi, le choix argumenté des météorologues de faire reposer, à l'échelle macro, l'analyse de la variation climatique sur la comparaison des mesures des températures ambiantes réalisées au cours de la campagne CAPITOUL a amené les collègues de Géode à une caractérisation de la variations des formes urbaines à partir de périmètres d'étude constituant l'environnement immédiat des stations (rayon de 500m). Une analyse de données de télédétection multi-source a ainsi permis de dégager une première typologie de stations.

L'exercice de classification des « hétérogénéités sociales » s'avérait plus difficile, en raison de données existantes rapportées aux périmètres IRIS. Au-delà de ces questions de méthode, il semblait discutable de vouloir définir à l'échelle de ces périmètres d'observation un profil « sociodémographique » que l'on supposerait corrélé à un comportement collectif significatif. Il semblait ici plus judicieux de faire émerger de l'analyse qualitative des hypothèses de profils idéaltypiques, qui puisse dans une phase de recherche ultérieure orienter la construction d'un appareil statistique plus adapté. En outre, le cheminement commun nous a permis de déplacer les enjeux de la recherche : il ne s'agissait plus de chercher une corrélation entre des comportements collectifs rapportés à un espace prédéfini, et un profil climatique associé (la validité même de ces profils déterminés à l'échelle macro est remise en question par l'investigation à des échelles plus fines). Il nous paraissait plus intéressant de travailler sur l'adaptabilité des comportements et des pratiques liées à l'habitat dans la perspective d'une accentuation des variations climatiques liée aux changements globaux. Nous avons en effet rapidement fait le constat que la prise en compte des mobilités exigeait la mise en œuvre de méthodologies peu réalistes dans le cadre de cette recherche exploratoire.

La sélection des zones-ateliers, à l'échelle méso, Blagnac et saint-Orens, s'est ainsi principalement bâtie, dans la concertation, sur la confrontation des classifications climatiques et paysagères. Les expérimentations sur vélos instrumentés devaient pouvoir affiner aux échelles méso et micro, des hypothèses de corrélations entre descripteurs paysagers et climatiques. Nous avons conscience que les résultats de cette démarche exploratoire nous permettrait de progresser dans la construction d'un protocole transdisciplinaire reproductible plus judicieux. L'importance des variations observées rapidement à l'intérieur de ces périmètres nous a confortés dans notre choix de mettre en œuvre un protocole pluriscale. Sans présager des résultats que nous allons maintenant exposer, elles nous invitaient déjà à questionner la signification de la référence aux îlots de chaleurs en terme de confort thermique des populations. L'analyse des entretiens allaient bientôt étayer nos doutes...

## PARTIE 2 : ANALYSE ET RESULTATS CROISES

### 1. Quantification de l'impact des paysages et de l'occupation des sols sur le climat à l'échelle macro

Cette partie regroupe les résultats et l'interprétation de la variabilité climatique et paysagère à l'échelle macro. L'analyse a été menée en croisant les mesures climatiques avec la classification paysagère et la classification de l'occupation des sols (voir Section 1.1) de l'environnement des stations Capitoul.

#### 1.1. Paysages urbains / périurbains : d'une classification experte à une classification standardisée.

Les stations ont été classifiées selon deux méthodologies : (1) la typologie réalisée dans le cadre du projet des grands paysages urbains de l'agglomération toulousaine, présentée dans la partie précédente (section 1.1.3) ; (2) la typologie en « Urban Climate Zones » proposée par Oke (2006).

La classification des stations a tout d'abord été faite en partant d'une analyse paysagère d'une zone d'un rayon de 500 m entourant les stations. Notre démarche nous a ensuite conduits à évaluer si l'analyse paysagère à dire d'expert réalisée dans le cadre du projet était également en bon accord avec certaines caractéristiques quantitatives issues de la classification de Oke (2006). Pour un échantillon plus restreint de stations, l'occupation des sols a été estimée finement (voir Section 1.1.3 pour la méthodologie employée). Des indicateurs dérivés de ces données ont été calculés (fraction d'urbanisation – c'est à dire la somme des surfaces de bâti, de routes ou parkings) et confrontés avec les valeurs de référence indiquées dans la classification de Oke (2006).

Le tableau 4 rassemble ainsi l'ensemble des stations selon ces deux typologies du paysage urbain. Pour notre jeu de données, les deux classifications donnent une segmentation identique. Les valeurs de fraction d'urbanisation corroborent ces résultats.

*Tableau 4 : description du paysage autour des stations et classification selon une typologie existante sur Toulouse (réalisée avec une finalité d'étude géographique), des classifications des modes d'occupation des sols et de celle de Oke (réalisée avec une finalité d'étude climatique).*

Station	Description dans un rayon de 500 m	Grand ensemble paysager <sup>1</sup>	Urban climate zone (Oke, 2006)	Fraction d'urbanisation <sup>2</sup>
MNP	Immeubles mitoyens de 4-6 étages, largeur des rues entre 10 et 15 m, petit parc (50x50 m <sup>2</sup> ) à 100 m au nord.	Centre	UCZ2	0,65 / 0,80
MIC	Immeubles mitoyens de 2 à 5 étages, largeur des rues entre 10 et 30 m, végétation rare, présence du fleuve Garonne à 300 m à l'ouest.			0,85 / 0,87
CIT	Hauts immeubles espacés (50 m) et aire de stationnements bitumés entourés par des immeubles mitoyens de 4-5 étages. Largeur des rues entre 10 et 20 m.			0,71
CY1, CY2	Immeubles mitoyens de 1 à 3 étages (très rarement jusqu'à 10 étages). Largeur des rues entre 10 et 20 m. Petits jardins (5x5 m <sup>2</sup> ). Quelques rues avec des alignements d'arbres.	Faubourg	UCZ3	0,6
RAN	Maisons de 1 à 2 étages. Largeur des rues entre 10 et 30 m, quelques alignements d'arbres. Petits jardins (10x10 m <sup>2</sup> ).			0,5
BON	Maisons mitoyennes de 1-2 étages. Largeur des rues entre 15 et 30 m avec quelques alignements d'arbres. Petits jardins (5x5 m <sup>2</sup> ). Parfois immeubles de 3 à 5 étages en hangars.			0,61 / 0,62
COQ	Maisons (1 ou 2 étages) ou immeubles (3-5 étages) isolés. Petits jardins (5x5 m <sup>2</sup> ). Largeur des rues entre 15 et 30 m.			0,58 / 0,59
MIN	Maisons mitoyennes de 1-2 étages. Petits jardins (5x5 m <sup>2</sup> ). Largeur de rue entre 10 et 20 m. Plusieurs immeubles de 3 à 8 étages.			0,64 / 0,69
THI	Entrepôts métalliques espacés, aires de stationnement bitumées. Très rare végétation. Largeur des rue de 20 à 30 m.	Zone industrielle ou commerciale	UCZ4	0,73 / 0,82

LAB	Entrepôts métalliques espacés, aires de stationnement bitumées. Très rare végétation. Largeur des rue de 20 à 30 m.			0,68 / 0,81
ILE	Île sur le fleuve Garonne. Station située à 60 et 200 m des 2 rives. Ensemble compact d'immeubles de bureaux et d'entrepôts. Aires de stationnement bitumées.	Atypique		0,43
BL1	Ensemble compact de maisons à 2 étages et immeubles de 3 à 4 étages. Jardins (10x10 m <sup>2</sup> ). Fleuve Garonne à 300 m à l'est. Largeur de rue entre 15 et 20 m.	Banlieue pavillonnaire	UCZ5	0,38 / 0,46
UNI	Maisons non mitoyennes à 2 étages. Jardins (15x15 m <sup>2</sup> ). Largeur de rue entre 15 et 20 m.			0,46 / 0,47
COL	Maisons non mitoyennes à 2 étages. Jardins (10x10 m <sup>2</sup> ). Voie rapide à 50 m au nord. Complexe de loisirs avec grande pelouse (100x100 m <sup>2</sup> ).			0,42
ORE	Maisons non mitoyennes de 1-2 étages. Jardins (20x20 m <sup>2</sup> ). Largeur de rue entre 15 et 20 m. Quelques parcelles agricoles, une zone boisée et un étang à l'ouest et au sud-ouest.			0,37 / 0,43
RAM	Maisons mitoyennes à 2 étages et immeubles de 4-8 étages. Jardins ou zones de pelouse (30x30 m <sup>2</sup> ). Zone boisée à 200 m au nord-est et au sud-ouest. Immeubles de bureaux à l'est.			0,45
VII, VI2	Maisons non mitoyennes de 1-2 étages. Jardins (30x30 m <sup>2</sup> ). Largeur de rue entre 15 et 20 m.			0,46 / 0,45
PRA	Maisons non mitoyennes de 1-2 étages. Jardins (15x15 m <sup>2</sup> ). Largeur des rues entre 15 et 30 m. Complexe de loisirs avec grande pelouse (100x100 m <sup>2</sup> ).			0,43
AER	Grands entrepôts métalliques isolés. Pistes bitumées de l'aéroport. Pelouses.			Aéroportuaire et assimilé
BL2	Grands entrepôts métalliques isolés. Pistes bitumées de l'aéroport. Pelouses.	0,53 / 0,50		
FRA	Grands entrepôts métalliques isolés. Pistes bitumées de l'aéroport militaire. Pelouses et quelques parcelles agricoles.	0,37 / 0,28		
MET	Immeubles de bureaux isolés. Grandes pelouses (100x100 m <sup>2</sup> ). Voie rapide à 200 m à l'ouest.	0,12		
NAU	Quelques maisons isolées au milieu de parcelles agricoles.	Agricole périurbain	UCZ7	0,16
AUZ	Parcelles agricoles. Bâtiments de bureaux et stationnement bitumé à 200 m au sud-ouest. Canal à 100 m à l'est (Canal du Midi).			0,01
MON	Quelques maisons isolées au milieu de parcelles agricoles.			0,03
PEC	Sommet de coteaux de 270 m. Pelouses et zones boisées. Bâtiments de bureaux et stationnement bitumé à 200 m à l'est-nord-est.	Atypique		0,15

<sup>1</sup> Classification à dire d'expert réalisée dans le cadre du projet

<sup>2</sup> Fraction d'urbanisation calculée à partir des classifications des modes d'occupation des sols. Cette fraction évoluant avec la taille du rayon autour de la station étudiée, deux valeurs ont été calculées : la première correspond à celle pour un rayon de 500 m autour de la station, la seconde à celle pour un rayon de 250 m. Quand une seule valeur apparaît, la fraction d'urbanisation a été estimée uniquement à partir d'une analyse semi-automatique des images aériennes qui présentent un taux d'erreur plus important.

Les stations MNP, MIC et CIT sont représentatives du grand ensemble paysager *Centre*, avec une forte densité de bâti (2 à 6 étages) et de surfaces non végétalisées. Elles appartiennent à la classe *UCZ2* dont la fraction d'urbanisation théorique est supérieure à 80%. Sur la Figure 33 qui représente la fraction surfacique cumulée de bâtiments et de routes, agrégée par classe (pour le jeu restreint de stations), on constate que pour ces zones du centre de Toulouse, cette variable est typiquement comprise entre 80 et 90%, en accord avec la proposition de Oke (2006).

Les stations CYP, BON, RAN, COQ et MIN, de type *Faubourg*, correspondent à la classe *UCZ3*. Elles présentent les mêmes formes de bâti (petits immeubles ou maisons mitoyennes de 1 à 3 étages, assez denses) et des pourcentages d'urbanisation comparables avec une dispersion un peu plus grande que la valeur de 70% suggérée par Oke puisque les valeurs relevées s'échelonnent entre 60 et 80% pour Toulouse (fig. 33).

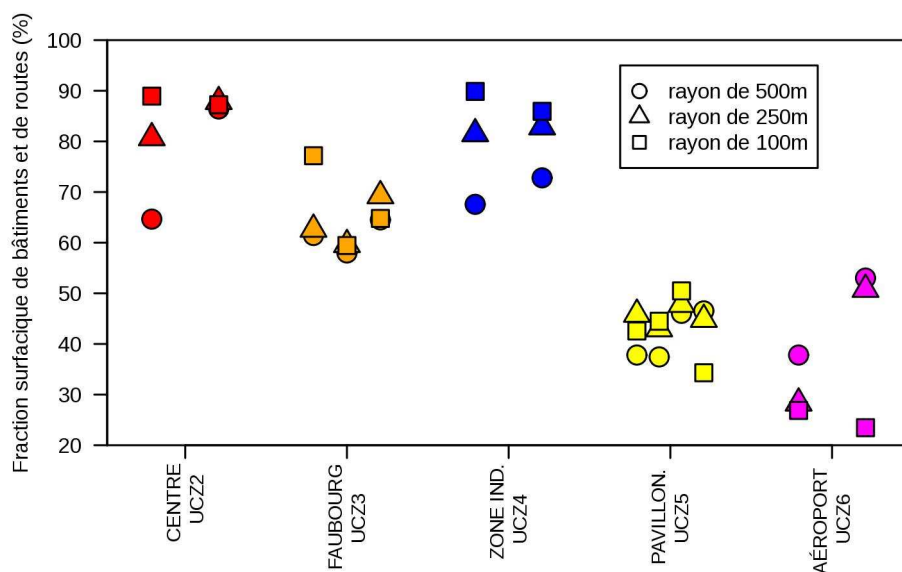


Figure 33 : fraction surfacique d'urbanisation (bâtiments et routes) estimée à partir de photos aériennes et d'images satellite (Section 1.1.3) pour 3 zones concentriques autour des stations.

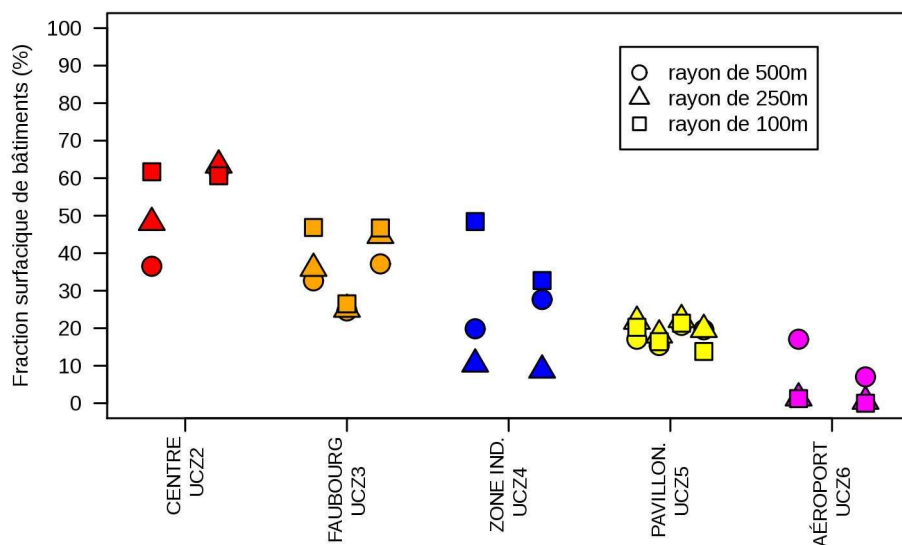


Figure 34 : fraction surfacique de bâtiments estimée à partir de photos aériennes et d'images satellite (Section 1.1.3) pour 3 zones concentriques autour des stations.

Les stations THI et LAB correspondent au type UCZ4 (Zone commerciale ou industrielle) où le pourcentage d'urbanisation devrait varier de 75 à 95%. Dans notre cas, les valeurs sont légèrement inférieures et varient entre 70 et 90%.

Les stations BL1, UNI, COL, ORE, RAM, VIL et PRA de type Banlieue pavillonnaire correspondent à la classe UCZ5 de Oke (2006) : zones peu denses en bâtiments, avec des maisons individuelles à 1 ou 2 étages. Le pourcentage d'urbanisation varie de 30 à 50% (fig. 33) légèrement inférieur à la valeur théorique pour ce type de paysage (entre 35 et 65%).

Les stations AER, BL2, FRA et MET sont similaires d'un point de vue paysager (*Zone aéroportuaire et assimilée*) et appartiennent à l'UCZ6. Le pourcentage théorique d'urbanisation est inférieure à 40% alors que dans notre cas, il est plus variable et s'échelonne entre 30 et 50% avec probablement des valeurs encore plus faibles puisque la station MET (non présentée ici) présente un pourcentage d'urbanisation de 12%. La dispersion de notre variable à des échelles entre 100 et 500 m n'est pas surprenante en regard de la grande taille des éléments constitutifs de ce type de paysage (grande zones bitumées, enherbées ou grands hangars).

Enfin, les stations NAU, AUZ, MON de type *Agricole périurbain* correspondent à l'UCZ7. La fraction d'urbanisation théorique y est inférieure à 10%.

Pour chacun des paysages urbains, la fraction surfacique de bâtiments a été calculée et reportée sur la Figure 34. Les différentes classes semblent mieux segmentées en fonction de cette variable que selon la précédente. Par exemple, il n'y a plus de confusion entre centre urbain et zone industrielle et grâce à la forte variabilité de cette variable entre une estimation à une échelle de 100 m et 500 m dans le cas de l'ensemble paysager *Zone industrielle ou commerciale*, on peut le différencier des paysages de type *Faubourg* ou *Banlieue pavillonnaire*.

Néanmoins, deux critères seulement sont quantifiés ici alors que d'autres grandeurs caractéristiques du paysage sont différentes comme la morphologie des rues (encaissement ou prospect notamment) ou les matériaux de construction souvent métalliques qui réfléchissent mieux le rayonnement solaire et des structures légères avec peu d'inertie thermique.

Seules deux stations se différencient mais plutôt pour leur environnement atypique que pour les caractéristiques de leur urbanisation :

- la station ILE qui se situe sur l'île du Ramier, une île sur la Garonne proche du centre de Toulouse,
- la station PEC qui se situe au sommet de coteaux du sud toulousain et qui par conséquent a une altitude supérieure de 100 m par rapport aux autres stations.

## 1.2. Comportement climatique des paysages urbains et périurbains

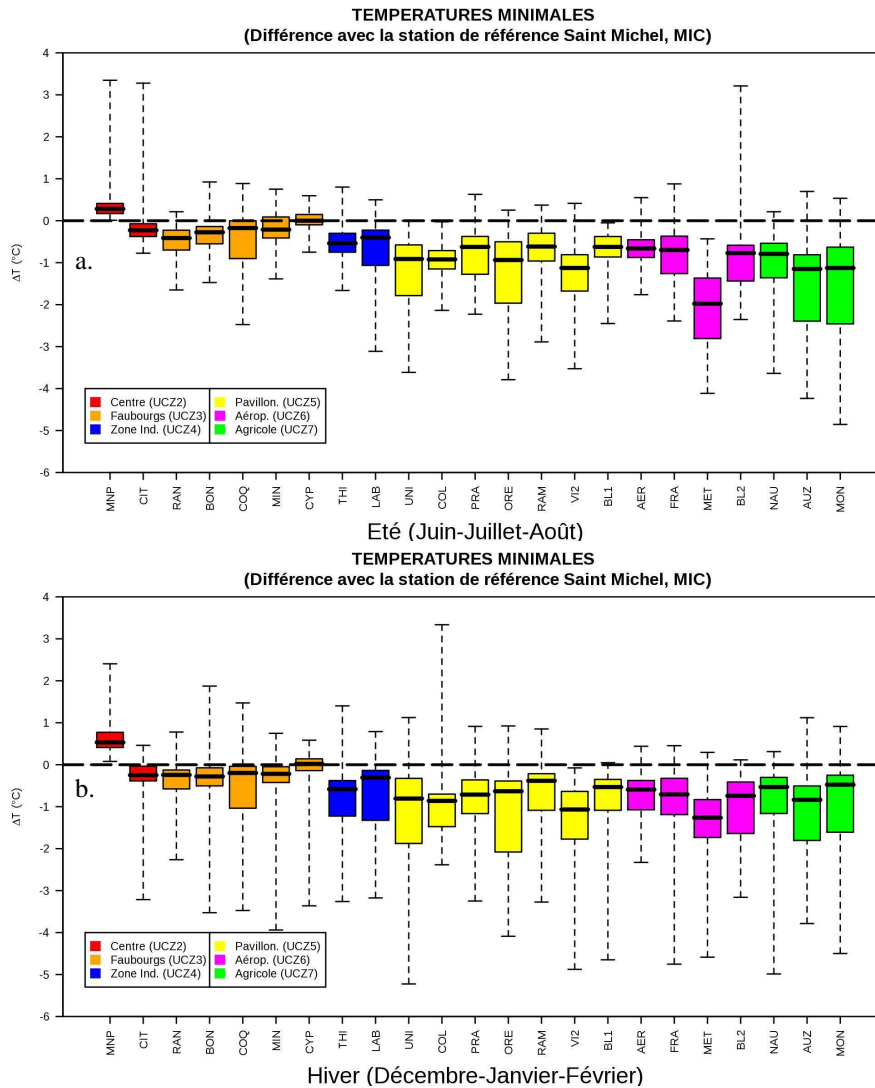
Le comportement climatique des stations est étudié à partir de deux types de données de température : des températures de l'air issues du programme CAPITOUL et des températures de surfaces issues de données satellitaires (ASTER) présentées dans le paragraphe 1.1.1. Les températures moyennes de surface ont été extraites pour chacune des stations CAPITOUL.

### a. Comportement des températures de l'air des UCZ

La Figure 35 présente les distributions de la différence des températures de l'air minimales journalières et maximales journalières entre chacune des stations CAPITOUL et la station de référence située dans le centre-ville de Toulouse (MIC, voir Section 1.1.1) pour les saisons estivale et hivernale. Cette représentation permet de faire ressortir l'intensité des îlots de chaleur urbains entre différents points de l'agglomération. A partir de ces graphiques, on peut constater que les écarts sont plus importants pour les températures minimales -médianes les plus basses autour de -2°C- que pour les températures maximales -médianes les plus basses autour de -1°C. Ce résultat est tout à fait en accord avec la plupart des observations acquises dans d'autres villes (Arnfield, 2003) qui relèvent des îlots de chaleur urbains plus intenses la nuit que le jour.

Les écarts des températures de l'air minimales en été (Figure 35a) montrent un signal en lien avec les classes d'urbanisation. Les stations de la classe *Centre* ou UCZ2 -en rouge sur les graphiques- sont globalement plus chaudes que les stations de *Faubourg* ou UCZ3 -en orange sur le graphique- puis que les stations de *Zone industrielle ou commerciale* ou UCZ4 -en bleu- puis que les stations de *Banlieue pavillonnaire* ou UCZ5 -en jaune- qui, enfin, sont plus chaudes que les stations du milieu *Agricole ou péri-rural* -en vert. Par contre, les stations du milieu *Aéroportuaire et assimilé* ou UCZ6 -en violet- semblent plus difficiles à segmenter. Hormis la station MET, les distributions des températures minimales des 3 autres stations de la classe sont assez proches de

celles de la classe *Banlieue pavillonnaire*. La station MET se différencie des autres stations de sa classe également pour l'écart de température minimale en saison d'hiver (fig. 35b) et pour l'écart de température maximale pour les 2 saisons (fig. 35c,d). Cependant, la fraction d'urbanisation (bâtiments et routes) dans un rayon de 500 m autour de cette station est nettement plus faible (12%) que pour les autres stations (30 à 50%) de la même classe. Ce comportement un peu extrême de cette station en comparaison avec les autres stations de sa classe illustre bien la variabilité climatique intra-classe que l'on retrouve de manière globale. L'analyse des écarts de température minimale en hiver (fig. 35b) conduit à la même segmentation que pour l'été, pour les stations appartenant aux classes UC22, UC23, UC24 et UC25 même si globalement les écarts sont réduits. De plus, on n'observe pas de séparation entre la classe UC25 et les deux classes suivantes.



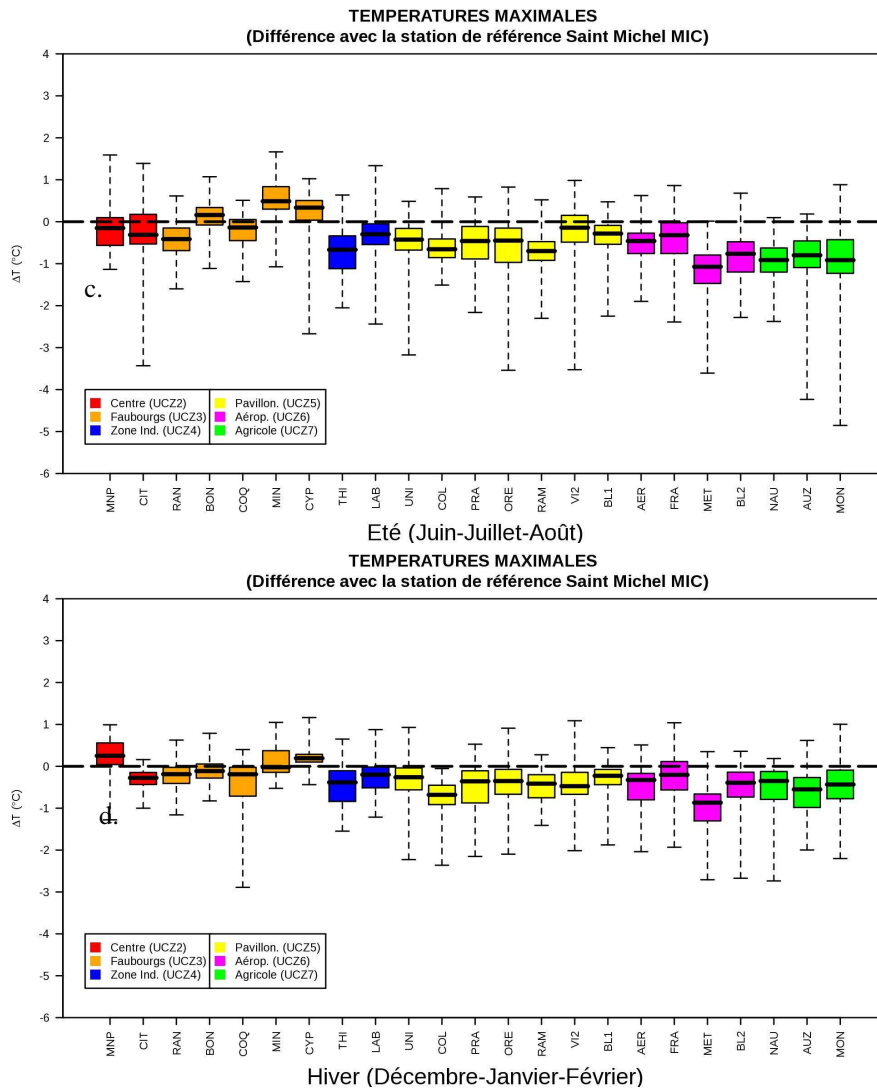


Figure 35 - Diagrammes de boîtes à moustache de l'écart entre les températures minimales des stations et de la station de référence pour les périodes d'été (a) et d'hiver (b) et entre les températures maximales pour les périodes d'été (c) et d'hiver (d). Pour chaque diagramme sont représentés la valeur minimale, le percentile 25%, la médiane, le percentile 75% et la valeur maximale

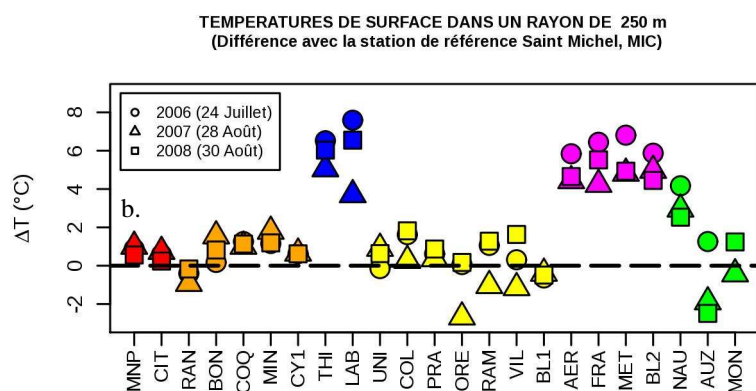
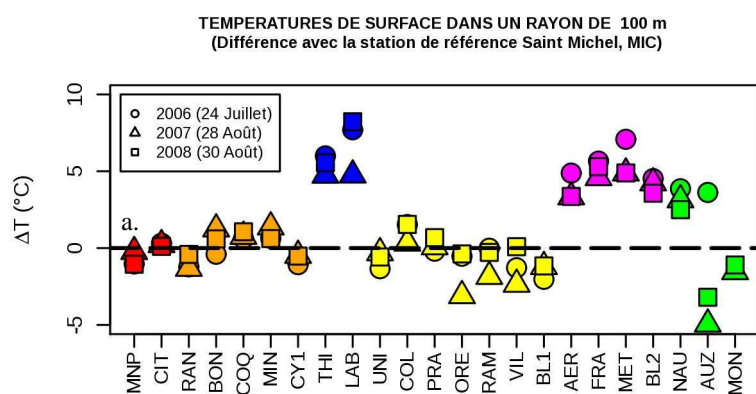
La segmentation pour les températures maximales journalières d'été est différente (fig. 35 c). Les stations les plus chaudes (BON, MIN, CYP) sont cette fois issues du milieu *Faubourg* (UCZ3, orange). Ensuite, 3 classes présentent des résultats suffisamment homogènes pour se distinguer entre elles : les classes UCZ2 (rouge), UCZ5 (jaune) et UCZ7 (vert). Pour les autres classes, la variabilité interne est aussi grande que les écarts avec les autres classes et il est plus délicat de conclure. L'observation du caractère plus chaud -en température journalière maximale- des stations de la classe UCZ3 (*faubourgs*) en été est originale et ne transparaît pas dans la littérature. Ces stations présentent une fraction d'urbanisation généralement entre 60 et 70% (fig. 33) contre 80 à 90% pour les stations du *Centre*. Ainsi la variation de cet indicateur entre ces deux classes va à l'encontre de ce qu'on observe avec les autres classes. Par contre, une mesure de l'encassement des rues (non disponible dans le cadre du projet) pourrait être un indicateur plus pertinent. Les rues du centre-ville de Toulouse sont fortement encassées avec des hauteurs typiques de bâtiments entre 15 et 20 m et des largeurs de rue entre 10 et 15 m, alors que dans la zone des faubourgs, les hauteurs sont plus fréquemment autour de 7 m avec des largeurs similaires. Ainsi la pénétration solaire est largement favorisée. Cette différenciation climatique des classes s'amenuise pendant la saison d'hiver (fig. 35d) pendant laquelle de manière globale les écarts médians entre les stations sont beaucoup plus faibles.

Ainsi l'analyse climatique, en température de l'air, en fonction de la typologie paysagère du milieu urbain révèle une bonne concordance entre ces deux approches pour certaines classes :

- les paysages du *Centre* ou *UCZ2* présentent des températures de l'air minimales et maximales élevées, respectivement de l'ordre de 1 à 3°C plus chaude que les stations rurales environnantes en permanence et jusqu'à 4 ou 5°C,
- les paysages de *Faubourg* ou *UCZ3* ont des températures de l'air maximales d'été plus élevées et les autres températures légèrement plus faibles que celles enregistrées pour la classe précédente (*Centre*), avec des écarts fréquemment supérieurs à 1°C,
- le milieu périurbain de Toulouse dans lequel sont mélangés les paysages des classes *UCZ4* à *UCZ7*, est globalement plus froid que les deux classes précédentes, mais présente une variabilité climatique plutôt dominée par une variabilité intra-classe que par une séparation significative entre les différentes classes.

### b. Comportement des températures de surface des UCZ

La figure 36 présente la répartition des stations à partir des données de température de surface acquises les 24/07/2006, 28/08/2007 et 30/08/2008 qui sont assimilables à des températures maximales d'été, mesurées dans des rayons de 100m, 250m et 500m.





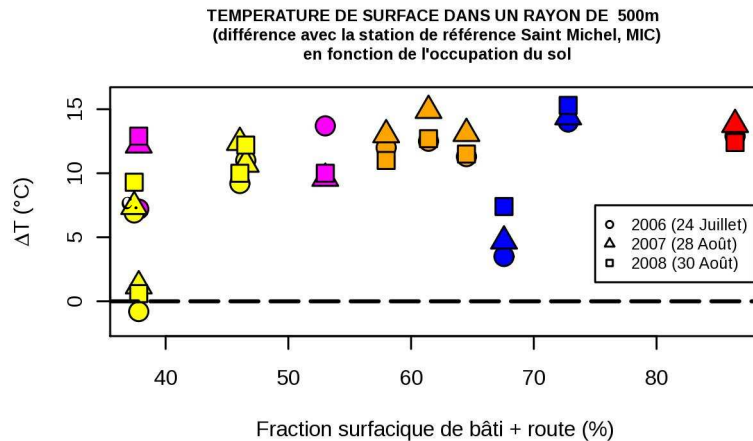


Figure 36 : températures de surface estimées à partir des mesures du satellite ASTER pour 3 dates différentes dans un rayon de 100m (a), 250m (b) et 500m (c) autour des stations CAPITOUL.

Les résultats montrent :

- une bonne segmentation des UCZ pour des données mesurées dans des rayons de 100m. En revanche, la confusion est plus grande dès lors que l'on augmente le rayon sur lequel la température de surface est moyennée. Notamment, lorsqu'on utilise une zone d'un rayon de 500m, on peut constater un niveau d'écart très différent lié à la présence de quelques points de Garonne dans la zone entourant la station de référence,
- un comportement climatique relatif similaire à celui observé pour les températures de l'air pour les UCZ 2, 3 et 5. Par contre, les comportements des UCZ 4 et 6 présentent des différences très fortes avec ceux observés avec des données de températures de l'air.

### 1.3. Hypothèses sur les facteurs explicatifs des comportements climatiques

#### a. Comportement climatique des stations atypiques : impact de l'environnement

L'environnement a un impact conséquent sur les relevés climatiques des deux stations atypiques. La station PEC enregistre régulièrement (5 à 10 épisodes par mois) des températures nocturnes plus élevées que l'ensemble des autres stations incluant des stations situées dans des environnements très urbanisés. Par exemple sur la Figure 37a, l'évolution des températures de toutes les stations est présentée pour la journée du 14 décembre 2004. De 0h00 à 9h00 (TU), la station PEC (ligne continue grise avec des points) est plus chaude que toutes les autres stations et l'écart atteint même 2°C avec la station suivante la plus chaude. En analysant des mesures acquises sur la verticale avec des ballons sondes, on constate que cette situation résulte d'une très forte stratification de l'atmosphère qui se met en place la nuit lors de situations de vent faible et de ciel clair. L'air qui se refroidit au contact de la surface et le long des pentes des coteaux s'accumule en contrebas au dessus de la ville. Ainsi, la station PEC située en bordure du plateau se retrouve fortement influencée par les couches de l'atmosphère, plus chaudes, qui se situent 100 m au dessus de la ville (fig. 37b). La spécificité climatique de la station PEC est probablement intéressante à connaître pour certains acteurs, mais dans la mesure où elle résulte plutôt de la situation topographique de la zone que de son urbanisation, nous n'avons pas poussé plus loin notre analyse de cette station.

Pour la station ILE, la spécificité climatique concerne plutôt les maxima journaliers de température qui se retrouvent à des niveaux plus bas que ceux auxquels on s'attend pour une station de cette classe d'urbanisation. Les maxima sont du même ordre de grandeur que ceux des stations les moins urbanisées. Ceci résulte de la présence de la Garonne qui tempère le climat de cette station.

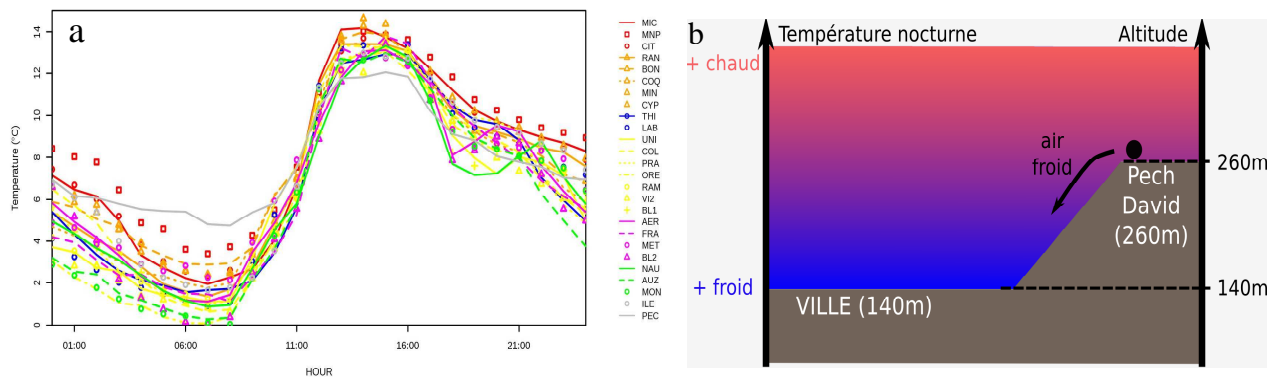


Figure 37 – (a) Evolution de la température de l'ensemble des stations le 14 décembre 2004. (b) Coupe transversale depuis la ville jusqu'à la station de Pech David située sur les hauteurs de Toulouse. Le dégradé de couleur représente la variation de la température (bleu pour des températures froides, rouge pour des températures plus chaudes) sur la verticale pendant la nuit.

### b. Des faubourgs plus chauds en été que le centre-ville historique ?

Au moins deux hypothèses peuvent être posées quand à l'explication du comportement des faubourgs en température maximale en été. La première concerne plutôt les interactions entre la géométrie de ce type de quartier avec le rayonnement solaire. En comparaison avec le centre ville, ces quartiers présentent des bâtiments moins haut et donc des rues dont le prospect ou l'encaissement (rapport entre la hauteur des bâtiments et la largeur de la rue) est plus faible. Ainsi le rayonnement solaire y pénètre plus facilement. La deuxième concerne plutôt les interactions entre la géométrie et les écoulements turbulents. En plein été, à l'heure où les températures sont maximales, les toits sont probablement très chauds et peuvent générer en haut du canyon urbain une couche plus chaude que le bas de rue. Cette stratification particulière pourrait alors limiter les échanges entre le bas et le haut de la rue.

### c. Des comportements climatiques différents pour les zones aéroportuaires, industrielles et commerciales suivant le type de données utilisées

Deux hypothèses également seront à explorer pour comprendre les comportements différents en température de l'air et en température de surface des zones aéroportuaires, industrielles et commerciales. Tout d'abord, ces zones qui concentrent une plus grande fraction de bâtiments à revêtement métallique ont-elles une émissivité correctement estimée. Les matériaux métalliques ont généralement des émissivités plus faibles ce qui conduit à une moindre émission infrarouge pour des températures similaires. Par ailleurs, il s'agit également de matériaux dont les propriétés thermiques (conductivité et capacité thermiques) les conduisent à avoir une inertie plus faible.

## 1.4. Eléments de conclusion de l'analyse croisé climat / paysage / occupation du sol à l'échelle macro

Ainsi la variabilité climatique du milieu urbain semble davantage contrainte par la structure macro de ce milieu, depuis le centre vers le périurbain en passant par les faubourgs, que par une différenciation plus fine des paysages qui constituent le périurbain. Cependant, la variabilité de l'occupation du sol entre les différentes classes du périurbain est forte et devrait conditionner les échanges d'énergie entre la surface et l'atmosphère. Ainsi, ce milieu mérite une étude plus fine pour comprendre pourquoi une telle variabilité de l'occupation du sol n'engendre pas des comportements climatiques plus distincts.

Le centre élargi (centre historique et faubourgs) est reconnu comme la zone la plus chaude sur des données satellitaires et les mesures de l'air in situ comparativement aux zones périurbaines (pavillonnaires). Cette étude confirme et quantifie les écarts climatiques en jeu. Elle les affine même car elle fait apparaître des comportements qui n'étaient pas encore identifiés, comme le fait que les faubourgs soient plus chauds en

température maximale d'été que le centre historique de Toulouse. Pour les zones aéroportuaires et industrielles, l'étude fait apparaître des différences en fonction du type de données utilisées (température de l'air ou de surface).

Ces résultats sont essentiels pour le suivi des îlots de chaleur et leur prise en compte dans le cadre de l'aménagement de l'espace urbain. Les principaux facteurs explicatifs, qui restent à démontrer, relèveraient de la stratification verticale et de la géométrie et morphologie (plus ou moins dense) du centre-ville et des matériaux des bâtiments. On peut faire l'hypothèse par exemple que les logements les plus hauts du centre ville sont sujets à des températures plus élevées que ceux situés dans les faubourgs. Le couplage de données satellitaires et de mesures *in situ* doit donc être envisagé pour identifier et diminuer le plus efficacement possible les risques relatifs aux îlots de chaleur urbains (amélioration des consommations énergétiques des logements, gestion des épisodes de canicules, identification des zones de risques d'inconfort etc.). Par exemple, si l'hypothèse du rôle des interactions entre la géométrie et l'ensoleillement était confirmée pour expliquer les fortes températures maximales enregistrées dans les faubourgs, l'implantation d'arbres ou de parcs arborés à Toulouse devrait être préférentiellement envisagée dans ces zones pour réduire les températures en augmentant les effets d'ombrage.

La classification des zones d'étude par UCZ (Urban Climate Zone) selon la typologie de Oke a été réalisée à partir de données SIG et validée à partir d'indicateurs. Au-delà du caractère robuste et reproductible de la méthode, chaque UCZ mérite une étude plus fine pour comprendre pourquoi une telle variabilité de l'occupation du sol n'engendre pas des comportements climatiques plus distincts. Cependant, une cartographie exhaustive de l'agglomération toulousaine selon cette typologie pourrait être un premier outil d'appréciation des risques d'îlot de chaleur pour les acteurs.

## 2. Qualification des effets des paysages urbains sur le climat

### 2.1. Signature climatique des paysages à l'échelle méso

L'objectif est d'analyser la signature climatique des unités paysagères identifiées à l'échelle *méso* pour chacune des deux zones atelier, à partir des mesures météorologiques collectées par les vélos instrumentés.

Pour chaque unité paysagère de chaque zone atelier, nous avons extrait les données de température enregistrées sur le tronçon du parcours traversant l'unité paysagère considérée (Figure 38), et ce pour les trois périodes d'observation (matin, après-midi, soir). Nous avons calculé, pour chaque jeu de données, les valeurs minimale ( $T_{\min}$ ) et maximale ( $T_{\max}$ ) de la température, la médiane ( $T_{50}$ ), et les quartiles 0.25 ( $T_{25}$ ) et 0.75 ( $T_{75}$ ). Ces résultats sont présentés sous forme de diagrammes *boîtes à moustaches* (fig. 39 et 40).

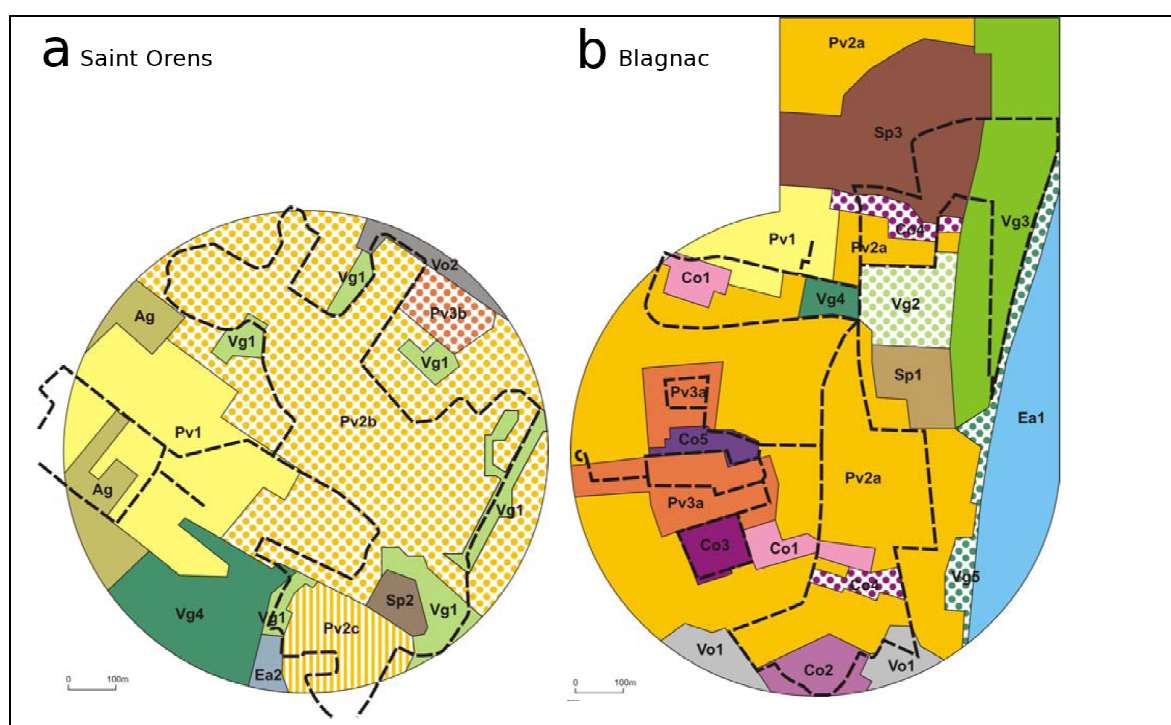


Figure 38 – Délimitation des unités paysagères des zones atelier de Saint Orens (gauche) et de Blagnac (droite). Le trait pointillé noir représente le parcours effectué dans chaque zone avec les vélos instrumentés.

Nous nous concentrerons ici sur l'analyse des résultats pour les parcours du matin et du soir. D'une part, certaines données sont manquantes pour le parcours de l'après-midi sur le site de Saint Orens. D'autre part, les processus météorologiques turbulents influencent fortement la température de l'air en milieu de journée et rendent d'autant plus complexe l'analyse de la signature climatique des unités paysagères : les turbulences atmosphériques, induites par le réchauffement de la surface dû au fort ensoleillement, apportent (d'à côté ou d'au dessus) de l'air tantôt plus chaud, tantôt plus froid. Elles génèrent ainsi une variabilité aléatoire des températures qui se superpose à l'éventuelle variabilité qui serait créée par les unités paysagères elles-mêmes. En moyenne cependant, les turbulences tendent (par brassage de l'air) à homogénéiser la température.

Lors des journées anticycloniques, le vent devient rapidement très calme lorsque le soir tombe, ce qui fait que les influences des unités paysagères peuvent commencer à se faire sentir. Toutefois, comme on le verra, les températures sont encore assez homogènes en moyenne. La nuit, le vent reste nul, et les unités paysagères modifient alors localement la température tout au long de la nuit, ce qui conduit au petit matin à de fortes hétérogénéités spatiales de la température de l'air.

### a. Zone atelier de Saint Orens

Sept unités paysagères ont été étudiées pour Saint Orens (fig. 38.a) :

- Paysages à dominante voirie : Vo2 2x2 voies avec terre plein centre
- Paysages à dominante pavillonnaire : Pv2b Pavillonnaire densité moyenne (>1980), maisons non mitoyennes  
Pv2c Pavillonnaire densité moyenne (>1980), maisons mitoyennes
- Paysages à dominante agricole : Ag Parcelles agricoles
- Paysages à dominante végétation : Vg1 Pelouses entretenues  
Vg4 Bois

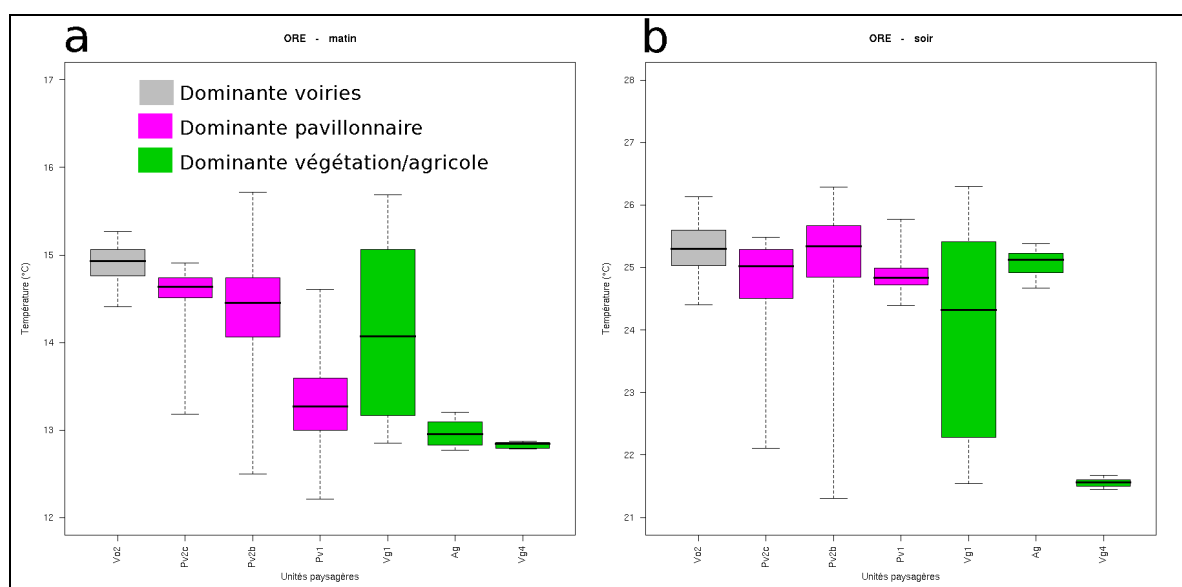


Figure 39– Boîtes à moustaches pour les mesures de température associées aux unités paysagères de Saint-Orens pour le parcours du matin (a) et du soir (b). Les bords haut et bas des boîtes représentent les quartiles 0.25 et 0.75 (resp.) et le trait épais la médiane. Les extrémités haute et basse des moustaches correspondent aux températures maximale et minimale (resp.).

Sur la Figure 39, les diagrammes sont présentés en classant les paysages depuis le plus minéral vers le plus végétalisé. Notons que ce classement a été simplement estimé à partir de l'analyse visuelle de la photo aérienne. Comme précisé plus haut, la variabilité liée au paysage est plus importante le matin (fig. 39). Le comportement thermique des diverses unités paysagères se distingue nettement. D'une manière générale, plus la présence de végétation est importante, plus la température est basse.

On observe cependant des comportements atypiques :

- L'unité paysagère de forêt Vg4 est toujours associée à des températures beaucoup plus froides que toutes les autres unités paysagères le soir (d'au moins 3°C).
- L'unité paysagère de pelouse Vg1 présente la plus forte variabilité de température.
- Les unités paysagères agricole Ag et à dominante pavillonnaire Pv1 sont caractérisées par un fort refroidissement au cours de la nuit.
- L'unité paysagère de voirie Vo2 est systématiquement la plus chaude.

- La comparaison des deux unités paysagères à dominante pavillonnaire Pv2b et Pv2c indique que Pv2b se refroidit plus que Pv2c au cours de la nuit.

L'unité paysagère de forêt Vg4 est systématiquement plus froide, probablement pour plusieurs raisons : la végétation qui limite le réchauffement par évapotranspiration au cours de la journée, la proximité du lac, et bien sûr l'ombre des arbres.

La forte variabilité observée pour l'unité paysagère de pelouse Vg1 peut être liée au fait que diverses petites entités de ce paysage sont réparties, à l'échelle *méso*, sur l'ensemble de la zone d'étude (fig. 1.a). Ainsi, une partie de cette forte variabilité peut être expliquée par l'influence des unités paysagères alentours et un effet de taille (les 2 espaces Vg1 à l'est) : la zone Vg1 près de l'étang est la plus froide (presque comme le bois Vg4), alors que d'autres zones Vg1 situées au milieu de secteurs pavillonnaires sont plus chaudes (rappelons que les règlements d'urbanisme imposent un certain pourcentage d'espaces verts publics au sein des lotissements, ici sous la forme de petits îlots de pelouse). Toutefois, une variabilité intrinsèque au sein d'une même zone Vg1 peut aussi s'expliquer par des effets *micro* (cf. partie suivant).

Les zones agricoles Ag et la zone pavillonnaire Pv1, qui sont intimement liées géographiquement (fig. 38a), se situent dans la partie la plus basse du quartier, pas très loin du fond de la vallée de l'Hers (144m). Cette particularité topographique pourrait expliquer le refroidissement nocturne (l'air froid s'accumulant en fond de vallée est un phénomène bien connu en montagne, qui s'applique aussi, par les nuits sans vent, à des collines même peu élevées). La différence d'altitude entre le point le plus haut (162 m au nord-est) et le point le plus bas (149 m à l'ouest) de la zone d'étude reste cependant modeste. Point intéressant : cette particularité topographique et son effet sur le climat semblent perçus comme tels par quelques habitants du quartier. En effet, deux interviewés de Saint-Orens qui habitent pour l'un rue Fondargent et pour l'autre rue de l'Argentière –très proches nous ont affirmé que leur quartier, situé « *dans le creux* », « *dans le bas fond* », est plus humide et plus froid que le quartier de la Mairie situé plus haut. Ils mettent en relation cette caractéristique climatique avec le nom de la rue Fondargent : « *Très certainement, c'était humide et il y avait du blanc de gelée. Je crois* » (cf. section 2.3.1.b).

Les fortes températures observées pour l'unité paysagère de voirie (Vo2) sont liées à la chaleur accumulée par le bitume le soir et probablement (mais cela mériterait des mesures nocturnes pour confirmer l'hypothèse) par le fait que la route, rapidement ensoleillée, chauffe dès le lever du soleil. Le trafic, assez faible le soir et le matin aux heures des mesures, ne nous semble pas avoir un impact déterminant sur la température, mais sans certitude cependant. En revanche, la présence d'une unité paysagère de type zone commerciale -donc fortement artificialisée- de l'autre côté de la route peut aussi avoir une incidence sur les températures mesurées.

Enfin, l'unité paysagère Pv2b présente des températures plus basses que Pv2c le matin car les parcelles comportent des jardins privés plus grands, et sans doute plus arborés, favorisant le refroidissement nocturne.

### **b. Zone atelier de Blagnac**

Dix unités paysagères ont été étudiées pour Blagnac (fig. 38.b) :

- Paysages spécifique à dominante bâti :	Sp3	<i>Centre ancien de Blagnac</i>
- Paysages à dominante collectifs :	Co2	<i>Immeubles R+4 dans parc arboré</i>
	Co3	<i>Immeubles R+3 autour d'un espace vert</i>
	Co5	<i>Immeubles R+4 (barres)</i>
- Paysages à dominante pavillonnaire :	Pv1	<i>Pavillonnaire lâche en voie de densification</i>
	Pv2a	<i>Pavillonnaire densité moyenne (1930-1980)</i>
	Pv3a	<i>Pavillonnaire dense (1960)</i>
- Paysages à dominante végétation :	Vg2	<i>Prairie non fauchée</i>
	Vg3	<i>Parc public paysagé</i>
	Vg4	<i>Petit bois privé</i>

L'analyse des données (fig. 40) a permis d'identifier certains comportements spécifiques :

- L'unité paysagère à dominante collectifs Co2 présente des températures systématiquement plus basses que les autres types de collectifs, mais aussi qu'une partie des unités paysagères à dominante pavillonnaire.
- De fortes disparités sont observées entre les unités paysagères à dominante végétation. Pour Vg2 et Vg4, les températures sont relativement comparables à celles observées dans les zones pavillonnaires. Les températures sont beaucoup plus froides pour Vg3.
- Certaines unités paysagères se démarquent particulièrement le soir. Vg3 reste bien plus froid que les autres unités paysagères. Co2 est également plus froid.
- Le centre ancien de Blagnac Sp3 est l'unité paysagère la plus chaude en soirée. Au contraire, il est plus froid d'environ 0.5°C que la plupart des autres zones bâties le matin.

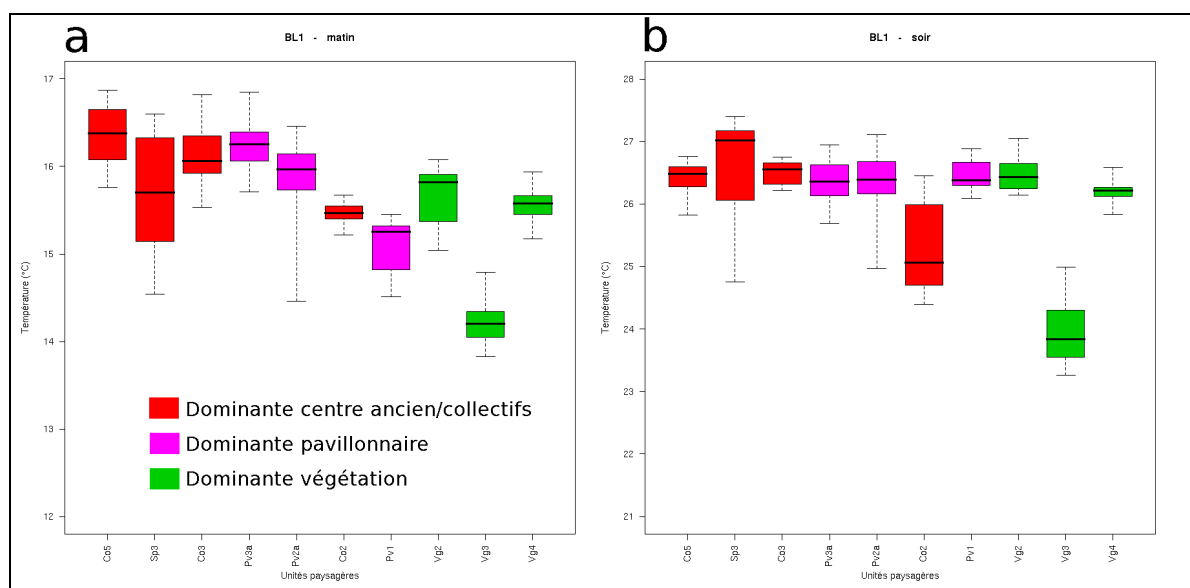


Figure 40 – Boîtes à moustaches (cf. Figure 39) pour les mesures de température associées aux différentes unités paysagères de Blagnac pour le parcours du matin (gauche) et du soir (droite).

L'unité paysagère à dominante collectifs Co2 est plus froide que les autres types de collectifs et que certaines zones pavillonnaires car, bien qu'elle soit composée d'immeubles hauts, ceux-ci sont dispersés au sein de parcs très arborés (grands cèdres) qui limitent le réchauffement de l'air par les zones bâties le matin. Le fait qu'elle soit aussi froide le soir est toutefois assez surprenant car on s'attendrait à avoir le même effet pour Pv1 (ce qui n'est pas le cas) si cela était lié uniquement à l'influence de la végétation arborée. On peut nuancer en disant que les mesures concernant Pv1 ont été réalisées en limite de l'unité et que l'on observe en pénétrant à l'intérieur de Pv1, par le biais d'une impasse, des températures plus fraîches. Concernant Co2, une hypothèse serait que le parc ait été arrosé en fin de journée.

Les fortes disparités observées entre les unités paysagères de végétation s'expliquent probablement par leur taille et leur localisation. Vg2 et Vg4 couvrent des petits secteurs qui sont entourés de zones pavillonnaires. Leur signature climatique est par conséquent influencée par celles des paysages voisins (c'est pourquoi les températures sont comparables à celles des zones pavillonnaires). Dans le cas de Vg3, les températures très froides qui lui sont associées, aussi bien le matin que le soir, peuvent s'expliquer par la proximité de la Garonne qui tend à refroidir l'air et peut-être la position topographique en contrebas du reste de la ville (talus de terrasse).

La signature climatique particulière du centre ancien de Blagnac (Sp3), plus chaude le soir et plus froide le matin, est probablement induite par la très forte densité de bâtiments de ce paysage. En soirée, ces bâtiments rejettent la chaleur qu'ils ont emmagasinée pendant la journée, ce qui limite le refroidissement de l'air. Par

contre, le matin les rues étroites empêchent le soleil de pénétrer et sont donc encore majoritairement à l'ombre. C'est pourquoi Sp3 présente alors des températures plus basses que dans les autres unités paysagères bâties.

## 2.2. Variabilité micro de la signature climatique

L'étude à l'échelle *méso* de la signature climatique des unités paysagères montre l'existence de variations de température parfois très importantes au sein d'un même paysage. Quelques exemples de forte variabilité climatique à l'échelle *micro* ont été mis en évidence :

Comme cela été évoqué précédemment, pour la zone atelier de Saint Orens, l'unité paysagère Vg1 (pelouses entretenues) est associée à de très fortes variabilités de température aussi bien le matin que le soir. La Figure 41 présente le secteur où a été observée cette variabilité (jusqu'à 2°C de différence le matin et plus de 2.5°C le soir).



Figure 41 - Variabilité de température associée à Vg1, le matin (milieu) et le soir (droite) à Saint Orens. Le polygone vert représente la délimitation du paysage Vg1 et les points de couleur, les températures mesurées sur le parcours.

Pour la zone atelier de Blagnac, on constate de fortes variations de température, de 0.5 à 1°C, notamment pour l'unité paysagère Pv3a pour le circuit du matin (fig. 42).





Figure 42 - Variabilité de température associée à Pv3a, le matin à Blagnac. Les polygones de couleurs (gauche) représentent les unités paysagères et les points de couleur (droite) les températures mesurées sur le parcours.

Le centre ancien de Blagnac est une zone densément bâtie où l'on s'attend à observer des températures élevées. C'est le cas sur une partie du parcours, mais on constate la présence d'un très fort gradient de température est-ouest, aussi bien le matin que le soir (fig. 43).



Figure 43 - Influence du parc et de la Garonne sur la signature climatique du centre-ville de Blagnac le matin (milieu) et le soir (à droite). Les polygones de couleurs (gauche) représentent les unités paysagères et les points de couleur (droite) les températures mesurées sur le parcours.

En conclusion, les variations de température d'échelle plus fine (échelle *micro*) peuvent être liées à différents processus :

- 1- Des effets météorologiques indépendants des unités paysagères. En particulier, les phénomènes turbulents qui s'établissent préférentiellement pendant la journée peuvent induire des fluctuations aléatoires de température très complexes à analyser.
- 2- Des variations fines des espaces urbains intrinsèques aux unités paysagères. Par exemple, une unité paysagère à dominante pavillonnaire se compose d'un ensemble d'éléments bâtis (routes, maisons...) et végétaux (pelouse, arbres, chemins...), voire hydriques (piscine), chacun pouvant influencer localement la température de l'air. L'effet des éléments est favorisé lors de situations calmes (sans vent) en particulier le matin ou le soir. L'organisation spatiale des éléments à l'intérieur du paysage peut également jouer un rôle, par exemple l'orientation des rues, la largeur de la chaussée, l'agencement des bâtiments, etc.
- 3- Des interactions entre paysages ou des influences de paysages voisins. Notamment, plusieurs études (Ca et al. 1998, Chen and Wang 2005) ont établi que des parcs urbains assez grands peuvent étendre leur effet de refroidissement aux environnements bâtis situés à proximité sur quelques dizaines voire centaines de mètres.

### **a. Variation des caractéristiques internes de l'unité paysagère**

Le cas de Saint Orens (fig. 41) illustre bien l'impact des caractéristiques *micro* de l'unité paysagère. La photo aérienne montre que la partie nord du parcours, associée aux températures les plus élevées, est une route bitumée assez large, alors que la deuxième partie, associée à des températures beaucoup plus froides, est un chemin de terre étroit. Cette nature différente du sol semble influencer directement la température de l'air. Au niveau de la zone de transition route/chemin, on note des gradients de température très élevés, de l'ordre de 0.5 et 0.8°C sur 50 m le matin et le soir, respectivement.

La forte variabilité observée pour l'unité paysagère Pv3a le matin à Blagnac (fig. 42) semble directement liée aux différentes orientations des rues. En effet, les températures mesurées dans les rues préférentiellement orientées est-ouest, et donc ensoleillées dès le lever du jour, sont plus chaudes que celles mesurées dans les rues orientées nord-sud et donc le plus souvent à l'ombre.

### **b. Interaction entre paysages**

Les zones ateliers contiennent toutes deux des paysages très arborés et des étendues d'eau importantes (la Garonne à Blagnac et un étang à Saint Orens) qui influencent fortement les températures, notamment dans les unités paysagères qui les entourent. Ainsi, le fort gradient de température observé dans le centre ancien de Blagnac (fig. 43) se crée lorsqu'on se dirige vers la zone arborée (unité paysagère Vg3 sur la Figure 43) et la Garonne située à environ 250 m à l'est du centre ville. Ces deux zones sont suffisamment étendues pour influencer la température de l'air sur des distances de quelques dizaines à quelques centaines de mètres.

## **2.3. Conclusions et perspectives**

Cette étude a permis de mettre en évidence des résultats préliminaires intéressants :

- L'unité paysagère identifiée à l'échelle *méso* possède une signature climatique propre (en termes de température de l'air près du sol), principalement le matin après une nuit calme, certaines étant plus homogènes comme Vg4, et d'autres plus dispersées comme Vg1, Co2, Sp3. Cette signature est liée aux caractéristiques moyennes de l'unité paysagère, *e.g.*, les fractions de bâti et de végétation (en particulier arborée), la hauteur moyenne des bâtiments, l'agencement des volumes, etc.
- En milieu de journée, le mélange de l'air induit par la turbulence atmosphérique devient prédominant, ce qui affecte fortement la température de l'air. Dans ce cas, l'unité paysagère n'a plus de signature climatique significative.
- Malgré les signatures climatiques mises en évidence à l'échelle des unités paysagères, il existe une variabilité climatique interne importante. Cette variabilité peut être induite par l'influence locale des éléments proches à l'échelle *micro* ou par l'influence des unités paysagères voisines (en particulier, de grandes zones boisées, ou des étendues d'eau).

D'autres aspects restent encore à étudier. En effet, l'analyse de la signature climatique des unités paysagères s'est basée jusqu'à présent exclusivement sur les mesures de température de l'air enregistrées par les vélos instrumentés. Nous souhaiterions également exploiter les mesures d'humidité de l'air pour qualifier différemment la signature climatique de ces unités paysagères, sachant que ce paramètre est aussi très sensible aux caractéristiques des paysages (imperméabilité des surfaces, type de végétation, irrigation...).

Enfin, ce projet a montré qu'il reste encore des problématiques scientifiques à explorer, qui nécessiteront de nouvelles méthodologies expérimentales dans le cadre d'études futures :

- Les mesures de température n'ont pas permis d'échantillonner de la même façon toutes les unités paysagères. Certaines unités n'ont pas été traversées par les parcours à vélo (ou sur de très petites distances). Dans d'autres cas, les mesures ont été collectées à l'interface de deux unités paysagères entraînant des interactions entre signatures climatiques difficiles à analyser. Dans une future étude, il faudrait s'attacher à parcourir l'ensemble des unités paysagères en pénétrant en leur cœur. La cartographie des paysages devrait être un préalable à la définition des parcours (ce qui n'a pas été le cas

dans le cadre de cette étude exploratoire).

- Le relief étant comme on l'a vu susceptible de constituer un facteur explicatif des différences de températures, il serait souhaitable d'envisager des zones atelier ne présentant pas de différenciations à ce niveau, afin de mieux apprécier les impacts éventuels des formes urbaines *stricto-sensu*. Le même raisonnement peut s'appliquer à d'autres facteurs « perturbants » comme la proximité d'une masse d'eau importante (la Garonne à Blagnac).
- Des évolutions différentes de la signature climatique entre le soir et le matin se distinguent pour diverses unités paysagères. Dans certains cas, nous n'avons pu qu'avancer des hypothèses pour expliquer ces différences de comportement. Il faudrait effectuer aussi des mesures au cours de la nuit afin de documenter toute l'évolution nocturne des températures pour affiner ces hypothèses.

### **3. Qualification des interactions entre climat urbain et modes d'habiter :**

Même si l'on a vite abandonné l'idée de dégager un rapport de causalité entre les modes d'habiter et les variations climatiques à l'échelle du périurbain, il n'en demeure pas moins pertinent de questionner les interactions entre le climat local -tel qu'il est perçu- et les modes d'habiter, en prêtant une attention particulière aux comportements visant à s'assurer un meilleur confort climatique<sup>8</sup>.

L'analyse de ces interactions appelle ici un travail sur la perception. En s'appuyant sur l'héritage pragmatique et phénoménologique qui redonne son caractère central à la question de la perception, nous pouvons envisager la manière dont les caractéristiques et les événements climatiques prennent sens et donnent lieu à des comportements spécifiques. Comme le démontrent certains travaux de la recherche architecturale et urbaine (Thibaud, 2002 ; Augoyard et Thorgue, 1995), l'intérêt croissant pour l'expérience sensible permet de mieux saisir les relations entre les qualités physiques de l'environnement et la sensibilité humaine. La prise en compte de la perception, entendue comme située et incarnée, permet de prendre pour objet les interactions entre le *donné* (les structures physiques du climat et de l'espace) et *l'interprété* (impressions subjectives, interprétations). L'interprétation du climat ne peut se réduire à une simple impression subjective, ni à une simple appartenance géographique et culturelle de la personne percevante ; elle relève aussi d'une implication corporelle qui sélectionne des indices qui ne sont pas toujours explicites.

Ainsi, les représentations stabilisées et explicites ne peuvent suffire à expliquer les comportements qui n'échappent pas à leur caractère incarné et situé. La perception est au cœur de l'agir humain et de sa mise en sens et en valeur. L'interaction entre le climat et les modes d'habiter ne peut être saisie que par ce retour au concret, à l'analyse des pratiques et des perceptions, sans opposer a priori l'objectif au subjectif, le rationnel et le sensible.

#### **3.1. De la perception des microclimats urbains à la construction des référentiels climatiques**

Parallèlement aux investigations visant à affiner la compréhension des relations entre la matérialité de l'environnement urbain et les variabilités spatiales du climat urbain, l'enquête avait en partie pour objectif d'interroger la capacité des habitants à percevoir ces variabilités à différentes échelles (agglomération, quartier, rue, etc.) ; l'ambition sous-jacente était de mettre en regard les interactions mesurées avec les perceptions et les représentations recueillies à travers l'enquête.

De fait, les entretiens exploratoires nous ont rapidement conduits à relativiser la question de la perception de la variabilité climatique par les individus, du fait du mode de construction complexe des référentiels climatiques.

---

<sup>8</sup> Il faut toutefois souligner que, n'étant ni neurophysiologistes ni psychologues de l'environnement, nous allons essayer de restituer ce que les personnes interrogées disent de leur expérience en montrant en quoi celle-ci est influencée par des représentations, des perceptions et des savoirs socialement constitués.

La question s'en trouve déplacée et élargie à la compréhension des modalités d'appréciation et d'évaluation des qualités climatiques de l'environnement à différentes échelles.

### **a. Des corps sensibles**

La grande majorité des personnes interrogées se disent sensibles, voire très sensibles, au temps qu'il fait. Elles soulignent une sensibilité à la température (davantage à la chaleur qu'au froid d'ailleurs), mais encore plus aux contrastes brutaux de température (entre les saisons et au cours d'une même journée). Ces fortes amplitudes, mentionnées parmi les traits climatiques typiques de la région, paraissent davantage sources de désagrément que la chaleur ou le froid en soi.

Néanmoins, la question de la sensibilité au temps qu'il fait n'est pas réductible à la température ; elle convoque de manière quasi systématique le vent qui occupe une importance au moins égale. De ce point de vue, on note une différence entre les deux zones d'études. La majorité des personnes interrogées à Saint-Orens signale le vent comme une caractéristique du climat local, presque toujours présentée comme désagréable, voire insupportable<sup>9</sup>. Le vent plus précisément « marqué » est le vent d'autan, celui qui souffle du sud/sud-est. Il est qualifié comme un vent sec qui « assèche tout », voire qui « empêche la pluie », qui est « très chaud », qui augmente la chaleur en été et fait qu'il n'y a « pas d'hiver et des étés très chauds »<sup>10</sup>. Plusieurs personnes le qualifient de vent « mauvais », responsable de migraines et même de sciaticques. Par ailleurs, plusieurs personnes font état d'une grande sensibilité à la lumière, ainsi qu'à l'humidité qui aggrave la sensation de chaleur ou, à l'inverse, de froid.

Les corps ne sont pas uniformément sensibles aux éléments climatiques et font preuve de capacités de thermorégulation différenciées. En disant qu'ils craignent particulièrement les chaleurs excessives, ou au contraire le froid, de nombreux enquêtés attribuent cette sensibilité particulière à leur âge ou à une tendance naturelle que l'âge vient accentuer. Certaines personnes âgées souffrant d'arthrose et de douleurs articulaires, affirment d'ailleurs éprouver le climat corporellement, voire le prévoir à l'état de leur corps. D'autres personnes signalent la différence, dans leur couple, entre l'homme et la femme - pas toujours pour dire que la femme est plus frileuse que l'homme. Enfin, quelques enquêtés déclarent chauffer leur logement au-delà de ce qui serait nécessaire pour leur propre confort, afin de répondre aux besoins de membres du ménage qu'ils jugent particulièrement vulnérables, à savoir des personnes âgées ou des enfants en bas-âge.

L'évocation des sensations agréables ou désagréables associées aux divers paramètres du climat convoque plus ou moins spontanément un discours sur le temps « idéal ». Décrit le plus souvent comme un temps sec, lumineux, aéré mais non venteux, avec des températures proches de 25°C, il rejoint dans une certaine mesure la notion de confort climatique fondée sur l'idée de « neutralité thermique »<sup>11</sup> (Candas et Grivel, 1988) ; mais il va bien au-delà. En effet, le temps « idéal » semble être celui qui, en plus de garantir un certain confort climatique, permet de maintenir l'équilibre de l'ordre cosmique (Albert-Llorca, 1991). Ainsi, si Mr. SoGa affirme que « pour tout Toulousain, le soleil est primordial », il ajoute aussitôt « mais il faut aussi que les saisons soient marquées, avec un hiver bien rigoureux par exemple ». Cela peut sembler contradictoire mais l'est moins si l'on admet qu'il se réfère, ce disant, non plus à son confort personnel, mais à l'ordre cosmique : la disparition des saisons (un soleil permanent) signifierait que la survie du monde est menacée, l'existence de ce dernier étant intimement liée à celle du cycle des saisons<sup>12</sup>.

### **b. Des mises à l'épreuve très diverses**

Si l'attention au temps qu'il fait est une expérience sensorielle, elle n'est pas pour autant réductible au biologique. Les caractéristiques climatiques sont saisies en situation et leur perception est de ce fait soumise à des « épreuves » de natures très diverses.

En premier lieu, ces caractéristiques font l'objet d'une attention et d'apprentissages relatifs à des *activités*, quotidiennes ou intermittentes, lesquelles amènent à percevoir le temps qu'il fait comme un marqueur du temps

---

<sup>9</sup> A la différence des enquêtés de Blagnac où le vent semble moins présent, ou moins ressenti.

<sup>10</sup> Il est généralement opposé au vent d'ouest « qui amène la pluie ».

<sup>11</sup> Selon Candas et Grivel, la neutralité thermique apparaît lorsque l'organisme humain peut maintenir constante sa température corporelle (homéothermie), sans mettre en jeux d'une manière perceptible, donc désagréable, ses mécanismes instinctifs thermorégulateurs de lutte contre le chaud ou le froid.

<sup>12</sup> Il en va de même lorsque M. SoMa. 33 ans, de Saint-Orens, déclare que le climat idéal serait qu'il fasse soleil durant la journée et pleuve la nuit : « comme ça, l'équilibre est respecté », condition là encore de l'ordre cosmique.

et de l'espace. En effet, de nombreuses personnes opèrent des discriminations du temps à partir de la perception de variations des qualités climatiques de leur environnement. C'est nettement le cas par exemple avec les expériences et les indices qui permettent d'identifier le début ou la fin d'une saison<sup>13</sup>, ou avec la pratique de certains loisirs et activités professionnelles que l'on pourrait qualifier de « météo-sensibles ».

Par ailleurs, les personnes interrogées ont recours fréquemment et spontanément aux comparaisons pour mentionner des discontinuités spatiales qu'elles décèlent dans les qualités climatiques de leur environnement. Cependant, certaines échelles paraissent plus propices que d'autres à la perception de telles discontinuités. Les comparaisons les plus fréquentes sont liées aux mobilités résidentielles ; elles mettent en avant des différences climatiques sensibles entre le lieu de résidence actuel (ou principal) et d'autres lieux (en France, métropole ou outre-mer, ou dans des pays étrangers) où l'on a vécu précédemment, où l'on va pour les vacances, voire où réside un des membres de la famille. D'autres comparaisons mettent en jeu les pratiques quotidiennes de mobilité entre la ville-centre et la périphérie. Deux types de différences sont alors marquées : le fait, surtout récurrent dans les entretiens effectués à Saint-Orens, qu'il y a moins de vent en ville, le bâti faisant barrage ; et le fait qu'il y fasse plus chaud, la densité et la minéralité de la ville jouant cette fois un rôle négatif. Deux de nos interlocuteurs -qui se déplacent en moto- ont particulièrement souligné cette différence ; l'un d'eux a même parlé à ce propos d'une « barrière thermique » que l'on pourrait mettre en correspondance avec l'îlot de chaleur urbain<sup>14</sup>. En revanche, la perception d'écarts climatiques entre différentes zones du périurbain est très rarement mentionnée<sup>15</sup>, sans doute parce qu'elle peut difficilement être étayée par des épreuves ou des « situations » correspondantes. Enfin, les mentions de variations climatiques à des échelles très fines (rue, quartier) sont moins rares et témoignent de l'importance des apprentissages liés aux pratiques de proximité<sup>16</sup>.

En second lieu, la plupart des personnes enquêtées ont recours à la médiation *d'objets* qui permettent de faire remonter les propriétés météorologiques « objectives » de l'environnement. Il s'agit, soit d'objets concrets tels qu'un thermomètre, parfois même plusieurs placés à des endroits stratégiques de l'environnement (dedans/dehors, au nord/au sud, etc.), un baromètre qui autorise de plus des prévisions à court terme, ou une girouette qui indique force et direction du vent ; soit d'objets immatériels tels que les prévisions météorologiques, qu'elles aient comme support la télévision, l'ordinateur ou le téléphone portable. Le recours aux objets concrets permet de réaliser ses propres expériences, de conforter/confronter sa perception du temps qu'il fait par/à des données plus « objectives » car mesurées, de construire des repères ou des points fixes permettant la comparaison dans le temps et dans l'espace à différentes échelles. Il autorise aussi la confrontation aux « mesures » des autres - celles des voisins par exemple -, mais surtout aux prévisions des services météorologiques que l'on peut ainsi mettre à l'épreuve.

L'ensemble de ces objets, concrets et immatériels, permettent aussi la mise en commun localement (à l'échelle du couple, du ménage, du voisinage...) de l'expérience. Ce sont à ce titre des outils de diagnostic partagé et parfois même d'arbitrage. C'est ainsi que l'on peut interpréter par exemple les rôles conférés, d'une part au thermomètre pour l'évaluation du confort thermique domestique (il fait bon puisque le thermomètre indique 20°C) et la prise de décision concernant la régulation du chauffage, et d'autre part aux prévisions météorologiques locales pour programmer une activité de loisir ou un déplacement, ou plus simplement pour choisir les vêtements que les enfants auront à porter le lendemain.

### ***c. Une expérience globale de l'environnement***

Beaucoup d'interlocuteurs glissent spontanément dans l'entretien de la question du climat à celle de l'environnement en général. Ainsi, à la question : « Vous préférez le climat ici ou là-bas ? », une habitante de Saint-Orens répond : « Ici. Plus de soleil et plus d'espaces verts à côté ». Dans le même registre, un habitant de Blagnac déclare le climat chez lui « excellent » et précise : « Quand j'habitais derrière la gare [à Toulouse], c'était différent. Les émanations de fuel, tout ça ». Ce glissement résulte sans doute de l'idée - induite par le

---

<sup>13</sup> A ce propos, signalons le rôle que joue -dans le contexte de l'habiter périurbain où nous avons enquêté- le jardin, associé ou non aux pratiques de jardinage.

<sup>14</sup> Un habitant de Saint-Orens avance une différence de 2°C entre son quartier et Toulouse.

<sup>15</sup> Citons Mme SoDe. (Saint-Orens) qui assure qu'il y a plus de brouillard dans le sud-est de Toulouse, du fait de la présence de l'Hers (cours d'eau).

<sup>16</sup> Deux habitants de Saint-Orens (rue Fondargent et rue de l'Argentière) affirment que le quartier, situé « dans le creux », « dans le bas fond », est plus humide et plus froid que le quartier de la Mairie, et mettent en relation cette caractéristique avec le nom de « Fondargent » : « Très certainement, c'était humide et il y avait du blanc de gelée. Je crois ». Une habitante de Blagnac assure que « Il y a un courant d'air juste devant la maison ». Une autre signale, pour sa part, l'écart entre le centre de Blagnac où elle habite et où « il y a beaucoup d'arbres » et les « zones nouvelles » de la commune où l'on « crève de chaud ».

discours des médias sur le changement climatique - que ce changement est un effet de la pollution. Mais plus fondamentalement, il résulte de ce qu'est l'expérience commune immédiate : elle n'est pas une expérience de la température en tant que telle (isoler ce facteur suppose une opération d'abstraction), mais une *expérience globale*<sup>17</sup>. De fait, les qualités climatiques de l'environnement ne sont pas perçues isolément ; elles sont mises en relation avec d'autres éléments de l'environnement qui contribuent à créer, ensemble, une sensibilité plus globale aux *ambiances*.

En conclusion, si d'évidence les corps sont directement sensibles aux qualités météorologiques de l'environnement - et non pas climatiques -, il n'en demeure pas moins qu'ils ont une mémoire. Les personnes ne font pas spontanément de distinction entre climat et météo ; cette distinction est au demeurant une catégorie purement abstraite puisque résultant par convention d'une moyenne mathématique opérée sur une trentaine d'année. Néanmoins, en tant qu'individus socialisés, ils expérimentent l'un et l'autre aux travers d'expériences sensorielles et cognitives, quotidiennes et discontinues qui, en se sédimentant de manière sélective, construisent des référentiels climatiques complexes et singuliers.

### 3.2. Quels dispositifs de régulation du confort climatique à face aux variations météorologiques ?

#### a. *S'habituer le corps*

Face à la variation des conditions climatiques, qu'elles soient quotidiennes, saisonnières, relatives à des mobilités dans l'espace, ou encore supposées induites par des bouleversements climatiques de grande ampleur, l'adaptation du corps apparaît comme la première réponse au confort thermique. Ce potentiel d'accoutumance est en premier lieu référé à une capacité physiologique, la thermorégulation. C'est sa bonne performance qui permet de ne pas souffrir du froid, de la chaleur, des écarts thermiques. Il est cependant admis, nous l'avons vu, que chez certaines catégories de personnes perçues ou se désignant comme vulnérables, elle puisse être en défaut, en raison de la maladie<sup>18</sup> ou de l'âge<sup>19</sup> et parfois du sexe.<sup>20</sup> Par ailleurs, les enquêtés affirment souvent que les besoins physiologiques et la neutralité thermique du corps varient en fonction des rythmes diurnes et nocturnes : ainsi le sommeil s'accommode-t-il du froid mais peu de la chaleur.

L'adaptation du corps à la variation des situations climatiques est néanmoins aussi affaire de volonté. Elle est le signe d'un certain savoir être, d'un contrôle de soi, d'une capacité de résistance et d'effort « *On s'adapte, il faut se pousser !* » affirme Mme SoRo, « *Il faut s'habituer, le corps.* » (Mme SoExA). Dès lors, « résister » ou non relève aussi d'un bon/mauvais comportement qui peut, au choix, être associé à une génération<sup>21</sup>, à un sexe ou à un groupe culturel<sup>22</sup>.

Pour les voyageurs et les enquêtés les plus mobiles, la confrontation à certains climats peut même physiologiquement constituer un défi : « *Je suis allé en Libye aussi et là, il faisait 50 °. Je connais plein de gens qui disent faire un régime amaigrissant* » (M. SoPy.), mais ces situations s'inscrivent plus globalement dans un contexte de confrontation à l'altérité, à la variété du monde et des environnements. Ce faisant, le fait d'accepter le climat, sans « se plaindre », apparaît dans certains entretiens comme une marque de tolérance à l'encontre d'autres conditions de vie, d'autres manières de vivre.

---

<sup>17</sup> A ce titre, on pourrait traduire « il fait bon » par « la température est agréable », mais on pourrait y ajouter aussi « il y a du soleil, de l'air, des arbres, des oiseaux qui chantent, etc. ».

<sup>18</sup> « J'ai eu une petite opération cardiaque donc je ressens plus fort le froid » (Monsieur SoPy.)

<sup>19</sup> « [mes parents], ils sont âgés, ils ont toujours froid » (Mme SoExa) ; « on est plus frileux que quand on avait trente ans » (M. SoFa.) ; L'hiver, quand il y a les enfants, on augmente un peu la chaleur sinon, c'est pas la peine (M. BlaMe)

<sup>20</sup> « entre les dames et les hommes, c'est pas forcément la même chose. (Monsieur G.) ; « Les dames sont toujours un peu plus frileuses... » (Monsieur B), etc.

<sup>21</sup> « Il faut supporter, aujourd'hui on supporte plus rien ». (Monsieur SoBu)

<sup>22</sup> « Je vois que les anglais acceptent beaucoup leur météo alors que les français ne l'acceptent pas. Parce que les anglais, je vois on y a passé deux mois, dès qu'il y a un rayon de soleil, les gens se mettent sur les pelouses et c'est vrai qu'il pleut beaucoup, il fait beaucoup de vent. On était au-dessus d'Edimbourg, ils ne se plaignent pas trop, ils résistent bien au froid. Aussitôt qu'il fait un peu de temps correct, ils enlèvent tout, ils se mettent en Tee-shirt. Je ne sais pas si vous avez déjà vu. » (Monsieur SoPia.)

## **b. Bonnes conduites**

Le confort climatique repose encore sur l'adoption d'un ensemble de conduites appropriées. La plus importante est de contribuer à la thermorégulation au plus près du corps. Il s'agit de se rafraîchir, éventuellement de se baigner en été, mais avant tout de se vêtir de manière adéquate : « *on a froid, on se couvre* » (M. SoMe). Un autre aspect de ces conduites consiste à se mettre à l'abri du froid, de la chaleur, de la lumière ou du vent dans des lieux qui en soient préservés : « *Quand il fait trop chaud, je vais à l'ombre* » (M. SoPy) ; « *quand le vent souffle comme aujourd'hui, je fais un puzzle* » ; « *L'hiver je ne sors pas.* » (M. SoBu). En cela, l'existence de lieux frais ou climatisés (piscines, cinémas, galeries commerciales, médiathèques etc..) est appréciée en ce qu'elle permet durant les fortes chaleurs de ne pas confiner son espace de vie à la sphère domestique.

Certains interlocuteurs modifient également leur rythme de vie en fonction des saisons : faire la sieste en été afin d'éviter les chaleurs de la mi-journée (M. SoPy.), se lever plus tôt le matin (Mme SoDe), se confiner à l'intérieur (ou à l'ombre dans le jardin) durant la journée (Monsieur SoGa), ou encore, profiter de la fraîcheur du soir (M. SoPy, M SoBu.). Il faut, nous dit enfin M SoMe, « *adapter son activité au temps* » et aux saisons.

Les « bonnes conduites » ce sont aussi ces savoir-faire locaux qui semblent se transmettre et circuler comme la rumeur et apparaissent dans l'ensemble des entretiens, quelque soit l'origine géographique des interlocuteurs. Il s'agit, au plus fort des chaleurs estivales, de conserver la fraîcheur dans les maisons en ouvrant les fenêtres la nuit ou au petit matin pour « ventiler » et faire entrer la fraîcheur, puis de fermer fenêtres et volets durant la journée pour la conserver<sup>23</sup>.

Ces pratiques diverses dessinent les contours d'un comportement vertueux, visant à s'accommoder à l'environnement ambiant plutôt que de le modifier. Pour autant la régulation des conditions thermiques de l'habitat est omniprésente dans les entretiens. Elle se traduit par le fait de tempérer le logement. La médiation de dispositifs techniques de chauffage ou de climatisation apparaissent incontournables, mais rendent ces régulations coûteuses. Les « bonnes conduites » d'adaptation sont donc le plus souvent liées aux arbitrages budgétaires des ménages (M. SoGo : « *Le budget chauffage, on l'a senti passer* »). Leur première « vertu » est l'économie. Dès lors, lorsqu'il s'agit, par exemple, de réguler la température du logement, les thermomètres et thermostats se font indicateurs des seuils de consommation perçus comme raisonnables ou comme abusifs<sup>24</sup>. L'évocation récurrente des « 19-20 » degrés dans la plupart des entretiens indique l'existence d'une norme tacite et partagée.

## **c. Adapter l'habitat**

Les aménagements visant à réguler le confort thermique sont perçus comme les équipements de base de la maison. L'entretien amène souvent les interviewés à une évaluation réflexive de la performance thermique relative de ces dispositifs et à l'évaluation des arbitrages budgétaires qu'ils appellent. Ils se composent des équipements d'isolation, de chauffage et de climatisation. Dans la plupart des entretiens avec les propriétaires, les dispositifs mis en œuvre au moment de la construction de la maison ou de l'installation dans les murs des ménages (souvent dans les années 70 ou 80) sont jugés de bonne qualité. Ils reposent sur l'association d'une isolation en laine de verre ou laine de roche, de doubles vitrages, d'un chauffage central au gaz régulé par thermostat. La cheminée est souvent présente ; elle est associée à l'agrément, mais peu utilisée. Elle fait l'objet d'un jugement plutôt défavorable en raison de son faible rendement thermique<sup>25</sup>. La climatisation est également jaugée de façon négative. La plupart du temps, sa présence se justifie, dans la maison, en lien avec l'épisode caniculaire de 2003 : il s'agit de garantir le confort de membres les plus vulnérables du ménage mais elle s'avère peu utilisée. Elle est souvent considérée comme une dépense superflue, générant un environnement malsain<sup>26</sup>. Nous constatons paradoxalement la banalisation de la climatisation dans les véhicules des enquêtés, qui semble s'imposer comme un standard d'équipement et fait l'objet d'une évaluation plutôt favorable.

---

<sup>23</sup> « on ferme les volets, comme on fait dans la région » (M. BlaPu)

<sup>24</sup> « 19 au pire 20, on ne monte jamais plus. Quand on s'en va, on baisse Je fais attention sur tout (...) » (M. SoMa).

<sup>25</sup> De là l'idée selon laquelle « C'est pas écolo de faire du feu de bois » (M. SoPy)

<sup>26</sup> « Pour quelles raisons vous ne voulez pas de climatiseur? » « Je l'ai au bureau. Ça m'enrhume. C'est pas très sain. » (Madame SoDe)

La question de la performance thermique de ces dispositifs domestiques a cependant été rendue plus vive par l'élévation des coûts de l'énergie. Elle amène nos interlocuteurs à s'interroger sur leur optimisation. Or, si certains équipements moins conventionnels apparaissent dans les maisons, (inserts), la plupart des interviewés sont peu experts en la matière et ont peu de prises sur le champ des possibles. Sans conteste, le coût du renouvellement des équipements constitue un véritable obstacle et décourage les initiatives. Qu'il s'agisse de renforcer une isolation conventionnelle (M. SoTru.), de s'interroger sur la faisabilité d'une isolation par l'extérieur (Mme SoRo.) ou d'équipement en panneaux solaires (M. SoMe), ces transformations nécessitent des investissements que les ménages ne sont pas toujours en mesure d'engager et dont ils évaluent difficilement les retombées économiques à courts et moyens termes. Tandis que les plus âgés de nos interviewés se sentent peu concernés par une telle révolution de leur domicile: « moi je ne crois pas à mon âge que je vais investir la dedans » (Mme SoRo. à propos des panneaux solaires), les plus jeunes hésitent. Les trentenaires et quarantenaires qui sont engagés ou souhaitent s'engager dans un projet d'installation et d'accession sont confrontés à des arbitrages budgétaires<sup>27</sup> : Le coût, qui s'ajoute parfois au poids d'un investissement immobilier récent, peut les amener à prendre en considération leur stabilité dans les lieux : « on ne va pas rester toute notre vie dans la maison, donc cela ne sert à rien d'investir trop » (Mme SoSa.). Dès lors, pour les plus désireux d'adopter des formes de régulation de leur confort thermique plus économes et/ou plus conformes à leurs représentations d'une démarche écologique et qui souvent connaissent les aides dont ils peuvent bénéficier, « ce sont les banques », qui en refusant les prêts empêchent la concrétisation de leur projet (M. SoMa). Ils sont quelques uns à Blagnac, quartier où la population se renouvelle, à avoir engagé des rénovations en lien avec l'achat d'une maison ancienne, mais les dispositifs restent conventionnels (M BlaCo). Les locataires, également plus nombreux à Blagnac, font souvent le constat de la mauvaise volonté de leurs propriétaires à entreprendre les travaux nécessaires à une amélioration du confort thermique (et surtout de son rapport qualité/coût : Mme BlaPa ; M. BlaGi)

Formuler en termes d'équipements *ad hoc*, la question du confort climatique engage peu la prise en compte de la disposition et de l'environnement immédiat de la maison. Beaucoup de ménages constatent pourtant aisément la différenciation de « microclimats » domestiques en fonction de la disposition ou de l'étagement des pièces ; certains ont observé les changements générés par une véranda. Cette hétérogénéité des situations thermiques au sein de la maison est prise en compte dans des stratégies d'équipement différentielles (installation de la climatisation dans certaines pièces) et dans les pratiques quotidiennes (fréquentation différente des pièces)<sup>28</sup>. Néanmoins rares sont les interviewés à intégrer ces éléments dans une approche bioclimatique synthétique (disposition d'ensemble, exposition saisonnière, inertie des matériaux, etc.) susceptible de participer à part entière à une stratégie de régulation du confort domestique.

Améliorer la qualité thermique de la maison appelle, nous l'avons vu, un contexte favorable à des investissements importants, qui correspondent pour les ménages à des moments particuliers de leur cycle patrimonial, le plus souvent, celui de l'accession. Ces circonstances singulières les prédisposent plus facilement à chercher les aides et les informations nécessaires à la réalisation de leurs projets. Dès lors, les époques de construction de l'habitat et la nature des équipements associés<sup>29</sup>, la stratification par âge des quartiers, les cycles de renouvellement des populations, le revenu des ménages, etc. sont des éléments à prendre en compte pour évaluer les conditions d'évolution des dispositifs de confort thermique à l'échelle d'un quartier. Si le motif essentiel de changement de ces équipements est à terme de générer des économies, le passage à l'acte n'est favorisé ni par les difficultés d'investissement des ménages ni par la facilité avec laquelle ils garantissent, en dépit de tout, une relative neutralité thermique de leur environnement domestique.

#### **d. Agir sur le climat à l'échelle de la ville et du quartier**

La régulation d'un confort climatique est assignée par nos enquêtés, sinon à la sphère domestique pour le moins aux espaces intérieurs, où elle est saisie principalement par le biais du confort thermique. Elle semble s'appréhender depuis le corps jusqu'aux bornes de l'espace domestique. Au-delà de cet *Umwelt* immédiat dans lequel les transactions avec l'environnement s'articulent autour de coquilles emboîtées et de structures cloisonnées où s'engagent des rapports d'intimité et de contrôle (Moles & Rohmer, 1978), il semble incongru de changer « le temps ». Cet *Aussenwelt* dont l'espace public, le quartier, la ville, sont des composantes, ne relève

<sup>27</sup> « même le double vitrage ce n'est pas rentable (...) Je n'amortirai pas la dépense » (M. SoTru). « Il y a certainement mieux, mais maintenant, il faudrait des travaux lourds pour pouvoir isoler aux normes d'aujourd'hui » (M. SoTho)

<sup>28</sup> « Après, on chauffe à 14, 15° dans les chambres, le salon la cuisine à 19, 20° » (M. BlaMe)

<sup>29</sup> « Tout le lotissement est au gaz de ville » (Mme SoDe)



pas des mêmes catégories de transactions. Aussi faut-il ici « *faire avec le temps comme il est* », ce temps dont l'appréhension sensible se fonde dans une relation plus globale aux ambiances.

L'idée d'une régulation « climatique » de ces espaces extérieurs par l'action publique tient dès lors de l'insolite<sup>30</sup>. Néanmoins, les enquêtés relèvent aisément des différenciations sensibles de microclimats qu'ils réfèrent à diverses composantes de l'environnement urbain. Elles concernent du reste essentiellement les épisodes de chaleur. Ainsi, la ville est-elle chaude « *parce que tout le monde chauffe* » en hiver, mais aussi en été car le béton « *relâche la chaleur accumulée dans la journée* » à l'opposé de la terre, à la campagne, ce qui expliquerait l'îlot de chaleur<sup>31</sup>. Le bitume, les chaussées ont, semble-t-il, des caractéristiques analogues. Plus généralement, la densification du bâti est tenue pour responsable de la hausse des températures. A l'inverse, la végétalisation, et plus particulièrement la présence des arbres, apparaissent comme des vecteurs de fraîcheur. Les lacs, les mares, la proximité de la Garonne ou encore la topographie (encaissement) sont également désignés comme des éléments notables d'amélioration du confort climatique. Enfin, lorsque les interviewés s'aventurent à proposer des équipements ou aménagements susceptibles d'apporter une contribution à la lutte contre un éventuel réchauffement de l'environnement urbain, ce sont les plantations d'arbres, les créations d'espaces verts ou de plans d'eau, l'aménagement de fontaines ou d'abribus confinés qui sont évoqués.

Que peuvent faire, dès lors, les collectivités locales pour le climat local ? La question amène généralement beaucoup d'hésitations et au mieux, une évaluation éclectique de l'action communale en matière d'environnement (gestion des espaces verts, recyclage des déchets, etc.) et d'habitat écologique (densification, HQE, mise aux normes d'isolation thermique et acoustique du logement social, etc.). Elle traduit d'une part, une représentation peu différenciée des problèmes publics environnementaux mais indique, d'autre part, qu'entre régulation domestique du confort thermique et lutte globale contre l'effet de serre, « l'agir sur le temps » fait peu sens aux échelles intermédiaires.

### 3.3. La sensibilité à l'enjeu du changement climatique

Dans le cadre de cette enquête, il nous aurait été difficile de ne pas aborder la très médiatisée question du réchauffement climatique. Nous avons ainsi intégré de façon assez spontanée cette thématique dans notre grille d'entretien afin de rendre compte de la manière dont le réchauffement climatique émerge aujourd'hui comme un nouvel enjeu social.

#### a. Cycles saisonniers et perturbation de l'ordre naturel

La majorité des enquêtés constate un dérèglement des cycles saisonniers, signe d'un bouleversement plus important du climat : « *Puisque le climat est perturbé, tout le monde le sait. L'été n'est pas forcément un été comme on a pu connaître, les hivers, ce n'est pas non plus le pôle nord, voilà. Donc, voilà, que les saisons ressemblent réellement aux saisons. Que l'été soit un vrai été et idem pour l'hiver, l'automne et le printemps* » La perte de régularité dans l'alternance des saisons est largement vécue comme problématique : « *Ca c'est dommage, c'est vraiment dommage, plus après le climat, tout le monde perd un peu ses repères* » Or les saisons apparaissent chez certains comme de véritables marqueurs de la vie sociale : « *(...) chaque saison, il y a des choses. Quand c'est l'hiver, on ramasse les feuilles, le printemps il faut tondre, et l'été on arrose et on tond...* » (M. BlaS). Chaque saison offre des particularités qui sont autant de possibilités d'activités « *on aime bien marquer les saisons, on aime bien aller à la neige, pas forcément pour faire du ski d'ailleurs. On aime bien aller se balader, voir la neige, profiter du froid, des avantages du froid* » (M. BlaS). A l'inverse, certains déplorent le manque de prise en compte de ces rythmes saisonniers dans les modes de vie urbain et l'ignorance qu'il trahit de l'ordre naturel : « *On le voit dans le commerce, on nous demande des tulipes presque au mois de juillet et maintenant on peut avoir ce que l'on veut presque au long de toute l'année. Les gens ne suivent plus les saisons* » (Mme SoSa, fleuriste)

Cependant, s'ils constatent un changement d'ordre climatique, les enquêtés n'adhèrent néanmoins pas toujours à l'idée qu'un réchauffement climatique anormal serait à l'œuvre. L'épisode de la canicule a été mobilisé à

<sup>30</sup> « Je vois pas bien ce que peut faire une mairie » (Monsieur SoTho) ; « Je ne vois pas comment elle [la mairie] pourrait le prendre [le climat] en considération (Monsieur Paglio).

<sup>31</sup> Madame Doigt.

plusieurs reprises comme un étalon permettant de mesurer ou relativiser l'ampleur du phénomène : « *Si vous voulez il y a eu cette période avant 2003 et après 2003 avec cette fameuse canicule. Qui a été un point de repère et on pensait que ça allait continuer. Mais en réalité, je m'aperçois que ça n'a pas continué. Ça a été un point et c'est pour cela que les gens ont du mal à comprendre les variations climatiques. Parce que l'on annonce en permanence le désastre. Certainement qu'ils ont raison, que le pôle nord il fond et tout ça, mais ce n'est pas si radical dans un endroit comme Toulouse* » (M. SoMa). Si le réchauffement climatique est un enjeu planétaire, il est difficile en revanche pour les enquêtés d'appréhender « le climat » comme une entité systémique globale. A l'inverse des scientifiques, les enquêtés ne disposent pas des modèles intégrateurs, des batteries de mesures, ni des mêmes possibilités d'abstraction. Le climat demeure largement associé aux manifestations qu'ils en saisissent directement dans leur environnement et relativement aux « prises » que leurs transactions quotidiennes avec cet environnement leurs permettent de construire. « Le climat » est donc en réalité, pluriel, local, discontinu, diffracté. Définir un « enjeu climatique » est en outre admettre la possibilité d'une influence humaine sur l'éventuelle perturbation de l'ordre climatique. Or, nous allons le voir, malgré (du fait de ?) la capacité des médias à construire les variations du climat en un « enjeu climatique », beaucoup de résistances s'expriment à ce sujet.

### **b. Le réchauffement climatique : entre croyances et mises à l'épreuve**

Les enquêtés ont tous accès à d'abondantes d'informations relatives à la question du réchauffement climatique. Les médias diffusent assez facilement les avis de la communauté scientifique et des politiques sur ce sujet. Les documentaires abondent et les tentatives de conventions internationales marquent régulièrement l'actualité. De fait, les enquêtés n'hésitent pas à donner leur avis : « *Je pense qu'il y a deux questions : est-ce que vous y croyez hein, et deux comment est-ce que vous estimez la contribution de l'homme dans l'évolution. Ce sont deux choses différentes, parce qu'effectivement, il y a une tendance forte. Moi je pense qu'effectivement il y a une tendance au réchauffement, il y a des signes nets... La fonte des glaces aux pôles, etc.* » (M. SoPia). Nous sommes ici dans le registre de la croyance et de l'opinion. Or la « croyance » de Monsieur SoPia sur le réchauffement climatique ne fait pas l'unanimité. Certains interlocuteurs se montrent bien plus sceptiques : « *Je me demande si on nous dit la vérité... Ce que je reproche un petit peu à toute cette, à comment dire, à cet état de fait, c'est qu'il n'y a pas de, il n'y a pas de controverses possibles. Ils nous assènent ça comme une vérité et les scientifiques qui veulent dire le contraire n'ont pas le droit à la parole ou alors sont ridiculisés... Disons que dire que le climat se réchauffe, mais sur une période de combien de temps... dire que dans soixante ans il va se réchauffer de 4 degrés, c'est une pure spéculation. Voilà, j'ai peut-être tort, mais il y a une chose dont je suis sûr, c'est que les gens qui affirment ça ne peuvent pas l'affirmer aussi fort qu'ils le disent... On est quasiment dans un débat, ce n'est plus scientifique, c'est quasiment religieux, on touche à quelque chose de sacré... je ne suis pas sûr que l'atmosphère se réchauffe, il y a des endroits où la glace régresse et d'autres où elle progresse, on a trouvé des villages vikings sous les glaciers, c'est bien que les vikings les avaient construits à un moment donné donc qu'il n'y avait pas de glace à ce moment là. Bon, je me pose des questions... Je ne comprends pas où ils veulent en venir, mis à part nous faire payer plus cher.* » (M. SoTru).

De manière générale, le discours scientifique et politique sur le changement climatique est bien intégré par les enquêtés. Toutefois, cela ne signifie pas qu'ils en fassent un enjeu planétaire. Les divergences relèvent des différences d'appréhension du « climat » entre local et global et de leur mise en tension. Si le climat est envisagé comme un système global, la fonte des glaces devient un indice du réchauffement. Si au contraire, le climat est sans cesse relocalisé dans le temps et l'espace, ses qualités plurielles, multifformes, discontinues dans la synchronie et la diachronie et d'un local à l'autre rendent difficile d'accepter l'idée d'un réchauffement climatique. Cette mise en récit de la variation n'est-elle pas alors un récit possible parmi d'autres ? L'ensemble des enquêtés replacent cependant la variabilité du climat global dans un ordre cosmique et une échelle temporelle plus large : « *...ça te recadre un peu dans un tout d'évolution, tu vois, voilà quoi, dans une chronologie. Puis, tu te dis que chacun, enfin l'histoire naturelle et le changement. Mais, il faut faire attention de ne pas précipiter les choses peut-être, donc.* » (Mme BlaHam), « *A présent, je pense que, c'est, dans l'histoire de l'humanité c'est, ça été cyclique, l'ère glaciaire, le réchauffement. Je pense que l'on va vers un réchauffement de la planète oui. La fonte des glaces qui va entraîner la disparition d'îles, de tout ça, mais que ça reviendra, alors bon il faudra des millénaires.* » (M. SoMe), « *Si ça m'inquiète, le réchauffement, ce que ça induit derrière. Tous les changements que ça induit derrière. Ceci dit la terre est amenée à évoluer et il faut faire avec. Mais bon, c'est vrai que les gaz à effet de serre qui font les trous dans la couche d'ozone et tout ça, je suis pour lutter contre, c'est sûr* » (M. BlaPe). Ainsi, au-delà de l'adhésion à certains modèles/récits scientifiques, la question du réchauffement appelle des interrogations sur la place de l'homme dans l'univers et les implications éthiques du rapport de l'humanité à l'ordre naturel : « *Et puis après il y a l'autre question qui est : quelle est la contribution de l'homme ? Et je dirais, si on considère qu'il y en a une importante, la troisième c'est : qu'est-ce que l'on peut y faire ?* » (M. SoPia).

### *c. Quand le l'enjeu climatique interroge l'ordre politique*

Face à l'urgence de la situation relayée par les médias, beaucoup d'enquêtés ont manifesté le souci d'adopter des pratiques plus respectueuses de l'environnement. La question du climat n'est pas autonome face à d'autres questions environnementales comme celle de l'eau, des énergies, etc. Ce que les enquêtés expriment le plus souvent est le désir de « préserver la nature ». En effet, les dispositifs de mesure permettent une construction scientifique de la variable climatique, mais pour nos interlocuteurs, nous l'avons vu, les dimensions « météorologiques » ne sont pas isolables du reste de l'environnement offert à leur expérience. De la même façon, « l'enjeu climatique » n'est pas isolable d'une inquiétude plus générale et plus diffuse quant au devenir de l'environnement planétaire, surtout, lorsque derrière les signes néfastes identifiés d'un changement (plus) global, se profile une responsabilité prométhéenne.

Assez inquiets, beaucoup de nos interlocuteurs souhaitent voir une mobilisation collective et politique s'emparer de ce qui est posé comme un « problème » et si possible le résoudre. Face à l'incertitude qu'occasionnent ces transformations climatiques, certains enquêtés refusent de voir la menace en replaçant le phénomène dans une continuité relative à l'ordre naturel. D'autres, au contraire, développent une conscience assez aiguë des risques encourus et de l'influence de l'action humaine sur les déséquilibres des cycles naturels. Ils ont tous connaissances des injonctions médiatiques pour encourager le changement des pratiques. Cependant beaucoup d'enquêtés trouvent cela insuffisant : « *Je pense que l'on y va vers le changement climatique, le réchauffement climatique, oui. Mais bon, on a beau prendre des petites mesures nous, en économisant l'énergie, c'est vraiment, même pas un goutte d'eau quoi. Ça ne peut être qu'une prise de conscience, c'est déjà ça.* » (M. SoMa). Certains d'entre eux se montrent critiques sur l'absence de plans d'action plus cohérent, tant au niveau des instances politiques nationales qu'internationales et l'absence d'efficacité et/ou de lisibilité des mesures visant à encourager des pratiques environnementales plus vertueuses.

Comment cependant définir les responsabilités ? Sur qui faire porter le coût de changements vertueux ? « Mais c'est vrai que sur le plan pratique, à notre échelle, on fait quand même attention à ce qu'il ne faut pas faire. Mais de toute façon la menace, c'est les gros groupes industriels qui polluent. Le réchauffement climatique, c'est là qu'il faudrait agir, c'est là, mettre en œuvre la convention de Kyoto. Il faudrait l'imposer aux grands groupes industriels qui polluent, le monoxyde de carbone, etc. Mais nous à notre échelle, c'est vrai on est sensible » (M. BlaS). Si beaucoup d'enquêtés disent faire de petits efforts (tri des déchets, économies d'eau, compostage, etc.), un certain nombre sont informés des dispositifs d'aide existants et se montrent déçus : « moi personnellement je pense que les dispositifs qui existent-ils sont très hésitants. Il y a des réductions d'impôts, mais ça ne vole pas haut... Les aides ne sont pas énormes, enfin je n'ai pas trouvé ça intéressant » (Mme BlaHam). D'autres se montrent critiques quant au coût de ces politiques et dénoncent la répartition des responsabilités : « Je ne comprends pas où ils veulent en venir, mis à part nous faire payer plus cher. Mon 4x4 est passé sur ma carte grise que j'ai été cherché aujourd'hui parce que l'on m'avait volé mes papiers, il est écrit véhicule polluant ; c'est ridicule, tous les véhicules sont polluants. Moi je fais 15 000 Km par an et je consomme 10 litres d'essences, de gasoil et il y a des gens qui font 20 000 Km qui consomment 5 litres et ils consomment comme moi, donc à la fin, la planète ils l'ont pollué de la même façon que moi. Pourquoi je paierais 1600 euros de taxe supplémentaire parce que j'ai un véhicule polluant, c'est... Je préférerais payer plus cher à pompe, ça serait plus juste. Oui, par contre effectivement, les gens qui n'ont pas beaucoup d'argent et qui ont une petite voiture et qui doivent faire beaucoup de Km, ils trouveraient ça beaucoup plus injuste. Après la justice sociale, comment dire, le monde, il y a ce qui est juste et il y a ce qui est social. Des fois, il y a un petit peu...ce n'est pas forcément la réalité, la frontière est un peu entre les deux » (M. SoTru).

La référence aux dispositifs publics visant à encadrer les comportements vertueux convoque une association forte des enjeux climatiques et énergétiques. Elle donne à voir également une approche très clivée des modes de régulations politiques susceptibles d'impulser une dynamique vertueuse. Certains pensent que c'est « le marché » et sa main invisible qui permettra un renouvellement des équipements et la démocratisation de dispositifs plus écologiques et économes: «... *le type qui est venu changer les tuyaux. On a parlé, il m'a dit c'est vrai, l'avenir, c'est les panneaux solaires, c'est... Je lui ai dit, oui, nous on veut mais la facture, la cuenta, ça va être trop cher. Il m'a dit c'est vrai qu'au niveau de l'installation. Je lui ai demandé : qu'est-ce qu'il y a comme aide ? Il m'a dit il n'y a que des crédits d'impôts, des réductions sur la feuille d'impôts et il m'a dit : en termes d'investissements, vous amortissez votre investissement sur dix ans... J'imagine qu'au fur et à mesure des années, ça va baisser, si réellement il y a une réelle volonté que ça baisse quoi... Mais de toute façon, que l'on veuille ou pas, ça devient un secteur porteur, qu'on le veuille ou pas avec les avantages que ça représente pour*

*l'environnement ça ne peut aller que dans le sens de formules » (M. Blas). D'autres regrettent cependant l'absence d'instances d'informateurs et de médiateurs permettant aux libres consommateurs d'effectuer un choix éclairé : «Après si tu veux, ce qui manque énormément, moi je trouve, bien qu'il y a une association sur Toulouse, pour avoir un autre regard, mais si tu veux... tu n'as pas de conseillers indépendants d'entreprises. On a un conseiller d'EDF qui vient certes, c'était il y a longtemps, je ne sais pas s'ils ont perfectionné le truc. Mais, à l'époque où ils sont venus, c'est oui d'accord, ils te présentent les systèmes et puis basta et après, ils te laissent la liste des artisans agréés. Mais, ils ne te donnent pas vraiment les outils pour comparer, tu vois enfin, voilà. On avait trouvé nous une association sur Toulouse qui te présentait les différents systèmes et puis voyait avec vous si c'est adapté avec votre habitat etc. Donc si tu veux c'est constructif ça. C'est une association hors public tu vois, moi j'ai regretté que ce ne soit pas EDF-GDF qui le fasse. Ils te larguent la liste des artisans et c'est tout, donc ça c'est embêtant. » (Mme BlaHam). Enfin, de manière générale, les enquêtés appellent une mise en cohérence des dispositifs d'action publique, même s'ils sont conscients de la multiplication des sphères d'intervention publique concernées et peinent à identifier les vecteurs de mise en cohérence de ces niveaux et secteurs d'action. La majorité d'entre eux est persuadée, du reste, que sans une dynamique sociétale qu'ils peinent à énoncer, leur bonne volonté ne suffira pas à assurer une réponse aux risques globaux qui provoquent leur inquiétude.*

# CONCLUSION

La recherche dont nous venons d'exposer les principaux résultats a été initiée dans un cadre temporel de 18 mois et s'était fixée un premier travail de réflexion et de construction méthodologique interdisciplinaires, à la croisée d'univers scientifiques ordinairement éloignés. Elle assumait dès lors une certaine prise de risque, puisqu'il s'agissait dans ce temps court et dans le cadre d'un dispositif associant plusieurs équipes peu habituées à collaborer, de produire une synergie et une montée en puissance, à même de conduire à une production de connaissances fructueuses.

Nous constatons avec plaisir que cet objectif a été atteint et que cette aventure commune a jeté les bases d'une collaboration à même de s'inscrire dans la durée et gage, à moyens termes, nous l'espérons, de recherches appliquées opératoires.

## 1. L'interdisciplinarité comme lieu d'ajustement des questionnements

L'étude proposée s'inscrivait dans le contexte d'une démarche globale dont l'objectif était d'identifier, comprendre et expliciter « notamment en les modélisant » les interactions entre climat, formes urbaines et modes d'habiter dans le périurbain toulousain. Le frottement interdisciplinaire a conduit progressivement à un infléchissement de cette démarche.

Un premier élément de cette évolution a été de décliner les interrelations entre variabilité climatique, formes urbaines et modes d'habiter en termes d'interactions systémiques et non plus en terme « d'impacts » dans une logique purement analytique privilégiant les chaînes de causalité linéaires. La démarche collective a dès lors favorisé une approche multiscale prenant en compte aussi les échelles et les résolutions les plus fines. En effet, envisager la recherche de corrélations entre descripteurs climatiques rapportés à un périmètre d'observation et descripteurs des formes urbaines appelaient à questionner les niveaux d'observation et les modalités de mesures.

Ainsi, l'analyse à échelle macro, à partir des données CAPITOUL, si elle permet de dégager des signatures climatiques évolutives en fonction d'un gradient centre-périurbain (densité et compacité du bâti), montre surtout la complexité des éléments susceptibles d'interagir sur la variabilité des températures (topographie, volumes des bâtis, nature des matériaux, type de végétation, etc..) et nous invite déjà à approfondir notre réflexion sur les modes de caractérisation, par observation et mesure de la « variabilité », tant de l'occupation du sol, des paysages que du climat. Les analyses méso et micro ont également souligné que s'il est possible de mettre en exergue une signature climatique propre par unité paysagère dans le périurbain, la variabilité interne demeure très importante. Dès lors, notre recherche a souligné les limites heuristiques de la notion « d'hétérogénéité » et nous a alertés sur les difficultés à vouloir réduire cette complexité à une articulation scalaire des interactions observées. Les observations conduites de la macro, à la méso et à la micro-échelle géographiques, n'ont pas pour enjeu d'induire abstraction ou spécialisation, donc additivité des effets, mais fonctionnent en abduction ou convolution, ce qui est plus conforme aux approches contemporaines de la complexité (Morin, 1990).

Le deuxième élément important d'infléchissement a été d'écarter d'entrée l'hypothèse d'une corrélation simple entre des « hétérogénéités climatiques » et des « hétérogénéités des modes d'habiter », ce qui postulait implicitement une caractérisation possible d'un comportement collectif observable à l'échelle d'un périmètre d'enquête et de mesure climatique. Il est apparu plus pertinent d'interroger avec finesse les représentations du climat et les « arts de faire avec », afin de mieux appréhender les marges d'adaptabilité des comportements et des stratégies aux variations (propres à l'hétérogénéité climatique urbaine) induites et accentuées par un changement climatique, voire de faire émerger, le cas échéant, quelques hypothèses quant à d'éventuels déterminants sociaux de la relation au climat.

L'évolution de notre démarche est révélatrice finalement d'un glissement sensible de notre problématique de départ : quittant les sables mouvants d'une caractérisation corrélée spatialement de l'hétérogénéité des interactions climat/formes urbaines/modes d'habiter, elle s'est progressivement déplacée vers une approche multiscale des « microclimats ». Cette notion a un double avantage. Le premier est de permettre une réintroduction plus claire de la dimension sensible, subjective et pragmatique de la relation au climat, sans enfermer la recherche dans la seule quête de différenciations objectivables, observées et/ou mesurées (si possibles corrélées). Elle nous permet également, de choisir une focale opératoire, dès lors qu'il s'agit de

contribuer à une amélioration du confort climatique de nos concitoyens et sans doute aussi de réinterpréter les enjeux de nos recherches en termes de vulnérabilités et résilience des environnements urbains.

Ceci étant, nous sommes parfaitement conscients des limites -voire des faiblesses- de ce travail exploratoire que nous avons essayé de souligner tout au long de ce rapport. Parmi ces limites, on rappellera pêle-mêle : la morphologie réduite aux seules approches du paysage urbain et des modes d'occupation du sol ; la typologie des espaces architecturaux et urbains à l'échelle micro qui reste à affiner à partir d'un ensemble plus complet d'indicateurs morpho-métriques ; la dimension confort urbain qui est finalement peu travaillée par rapport aux dimensions climat ou paysage ; le travail d'enquête qui est relativement lourd et son interprétation sur un panel peu significatif qui peut induire certaines limitations ; l'occultation des approches *mobilité*, etc.

## 2. L'interdisciplinarité comme lieu de capitalisation partenariale

Notre projet était basé sur une interdisciplinarité **radicale**.

La radicalité implique au sens d'Edgar Morin : « une reformulation des cultures thématiques dans un paradigme interdisciplinaire nouveau, en créant des ruptures de frontière disciplinaire, et n'occultant pas de réalités globales pour justifier de cette disciplinarité des connaissances [...]. Briser l'isolation des disciplines soit par la circulation des concepts ou des schèmes cognitifs, soit par des empiètements ou des interfaces, soit par des complexifications de disciplines en champs polycompétents, soit par l'émergence de nouveaux schèmes cognitifs et de nouvelles hypothèses, soit enfin par la constitution de conceptions organisatrices qui permettent d'articuler les domaines disciplinaires dans un système théorique commun». (Morin, 1990). De façon concrète, au jour le jour, elle signifie de grandes capacités d'écoute, un respect mutuel et un indéniable plaisir à travailler ensemble.

Forts de cette expérience, nous sommes convaincus de l'importance de parvenir à consolider ce rapprochement entre Sciences humaines et sociales, Sciences de l'Univers, Sciences de la Nature et Sciences de l'Ingénieur à l'échelle du site toulousain. Nous sommes conscients de la nécessité de fédérer un partenariat multidisciplinaire plus large et en cohérence avec des besoins identifiés, tant sur le plan thématique que technique ou méthodologique, et d'amorcer un partenariat actif avec les acteurs locaux de l'aménagement (AUAT, Grand Toulouse, DREAL, ARPE...).

Dans l'immédiat, nous souhaitons mettre à profit l'expérience et la dynamique de coopération/confrontation acquises dans le cadre du PIRVE selon deux perspectives complémentaires :

- construire un projet de recherche plus ambitieux pour le début de l'année 2011 dans le cadre des AAP de l'ANR. Il s'agira, sur la base des analyses que nous avons conduites, de développer un nouveau protocole à l'échelle de l'aire urbaine de Toulouse, en coopération avec certaines collectivités territoriales et des professionnels de l'aménagement qui ont d'ores et déjà manifesté leur intérêt pour la démarche de confrontation cognitive. En effet, nous avons présenté notre projet PIRVE en mars dernier dans le cadre du séminaire du PREDAT Midi-Pyrénées intitulé « Etat des lieux de la recherche urbaine en Midi-Pyrénées » ; les premiers résultats et les perspectives de recherche esquissés y ont reçu un accueil très favorable de la part des institutionnels et praticiens de l'urbanisme. La construction d'un nouveau projet de recherche vise à approfondir la réflexion sur le confort climatique urbain, toujours sur la base d'une articulation des registres du sensible avec les registres du mesurable, mais en élargissant la mesure du climat à d'autres paramètres que la température de l'air -ensoleillement, vent, humidité, etc.-, et en inscrivant résolument cette réflexion dans une perspective de réduction des vulnérabilités et d'adaptation au changement climatique.
- mettre en œuvre un « observatoire » urbain consacré à l'étude pluridisciplinaire des vulnérabilités et des potentialités d'adaptation des villes et des sociétés urbaines au changement climatique. Il s'agira de concevoir des protocoles pérennes et pluridisciplinaires (SHS, sciences de l'Univers, sciences de l'ingénierie, etc.) d'observation, de mesures et d'analyse des situations locales aux différentes échelles de l'urbain, en tenant compte non seulement d'un « état des lieux » et de scénarii de changements climatiques, mais aussi des dynamiques d'évolution propres au système urbain (peuplement, croissance spatiale, formes urbaines, mobilités et modes de vie, etc.). Ce projet d'observatoire pourra solliciter un adossement, d'une part au dispositif « Observatoires Hommes-Milieus » (OHM) du CNRS-INEE, et d'autre part à l'Institut de la Ville actuellement en cours de constitution sous la double tutelle du PRES Université de Toulouse et de la Communauté Urbaine du Grand Toulouse. Articulé à d'autres projets interdisciplinaires connexes (ACCLIMAT, MUSCADE, VURCA, etc.), il permettra à terme de

structurer une plateforme locale de ressources assurant la production et l'interaction des savoirs universitaires vers des savoir-faire utiles aux institutions et vers des outils d'aide à la décision pour la planification et l'aménagement urbains.

C'est bien dans ces différentes perspectives que nous pensons les prolongements à donner à ce projet, en facilitant l'échange, la coopération, l'articulation des savoirs et savoir-faire dans un projet commun. Nous espérons ainsi participer à l'émergence d'une connaissance en mouvement, qui progresse en allant des parties au tout et du tout aux parties.

## REFERENCES BIBLIOGRAPHIQUES

*N.b. : Seules les références apparaissant dans le texte du rapport sont indiquées dans cette bibliographie.*

Albert-Llorca M., 1991, L'ordre des choses. Les récits d'origine des animaux et des plantes en Europe, Paris : CTHS.

Allain R., 2005, Morphologie urbaine, A. Colin, 254 p.

Arnfield, A., 2003, Tow decades of urban climate research : a review of turbulence, exchanges of energy and water, and the urban heat island, in *International Journal of Climatology*, 23 : 1-26.

Atlas de l'aire urbaine de Toulouse, 2002, INSEE-AUAT.

Augoyard J.F., Henry T., 1995, A l'écoute de l'environnement. Répertoire des effets sonores, Marseille, Ed. Parenthèses, 174 p.

Béringuier P., Dérioz, P., Laques A-E., 2004, Physionomies, dynamiques et fonctionnement des paysages périurbains, Actes des Journées d'études ,3-4 octobre 2001, Université d'Avignon, UMR Espace.

Burel F., Baudry J., 2003, Landscape ecology : concepts, methods, and applications. Enfield, N.H., Science Publishers Inc., Enfield (USA), 362 p.

Burgel, 1993, La ville aujourd'hui, Hachette, Pluriel Référence, 224 p.

Byrne, G. F., 1979, Remotely sensed land cover temperature and soil water status – a brief review, *Remote Sensing of Environment*, 8: 291–305.

Ca V.T., Asaeda T., and Abu E.M., 1998, Reductions in air conditioning energy caused by a nearby park, *Energy and Buildings* 29 (1998), pp. 83-92.

Chen Y., Wong N.H., 2006, Thermal benefits of city parks, *Energy and Buildings* 38 (2006), pp. 105-120.

De la Soudière M., Tabeaud M., 2009, Introduction. Le ciel comme terrain, *Ethnologie Française* 2009 / 4, Tome XXXIX, pp. 581-585.

Géo-Action, 1995, Atlas cartographique et photographique des paysages urbains de l'agglomération toulousaine, 136 p.

Gillespie A.R., Rokugawa S., Hook S.J., Matsunaga T. and Kahle A., 2003, Temperature/Emissivity Separation Algorithm Theoretical Basis Document, Version 2.4, [http://eosps.nasa.gov/eos\\_homepage/for\\_scientists/atbd/docs/ASTER/atbd-ast-03.pdf](http://eosps.nasa.gov/eos_homepage/for_scientists/atbd/docs/ASTER/atbd-ast-03.pdf)

Gillespie, A. R., Matsunaga, T., Rokugawa, S., and Hook, S. J., 1998, Temperature and Emissivity Separation from Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer (ASTER) Images. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 36:1113-1126.

Levy J., Lussault M., 2003, Dictionnaire de la géographie et de l'espace des sociétés, Paris : Belin.

Levy, Spigai V, 1992, La Qualité de la forme urbaine. Problématiques et enjeux, Paris, IFU, 2 vol., 158p et 36p.

Masson, V.; Gomes, L.; Pigeon, G.; Lioussé, C.; Pont, V.; Lagouarde, J.-P.; Voogt, J.; Salmond, J.; Oke, T. R.; Hidalgo, J.; Legain, D.; Garrouste, O.; Lac, C.; Connan, O.; Briottet, X.; Lachéradé, S. and Tulet, P. The Canopy and Aerosol Particles Interactions in TOulouse Urban Layer (CAPITOU) experiment. *Meteorology and Atmospheric Physics*, 2008 , 102 , 135-157

Morin E., 1990, Sur l'interdisciplinarité, *Carrefour des sciences*, Actes du Colloque du Comité National de la Recherche Scientifique *Interdisciplinarité*, Paris : Éditions du CNRS.

Oke T.R., 2004, Urban observations, in *World Meteorological Organization*, IOM Report N° 81, WMO/TD N° 1250.



Oke T.R., 2006, Towards better scientific communication in urban climate, *Theoretical and Applied Climatology*, 84: 179-190.

Perspectives ville, n° 115, novembre 2008, *Les signes de la diversité toulousaine*, INSEE-AUAT.

Thibaud J.P., 2002, « L'horizon des ambiances urbaines », in *Communications*, N° 73, pp.185-201.

Voogt J.A. and Oke T.R., 2003, Thermal remote sensing of urban climates, *Remote sensing of Environment*, 86:370-384

Weng Q and Quattrochi D.A., 2006, Thermal remote sensing of urban areas: an introduction to the special issue, *Remote sensing of Environment*, 104:119-122.