



**HAL**  
open science

**L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens : pour une mobilité durable.  
Modélisations et aide à la décision.**

Pascale Saint-Amand

► **To cite this version:**

Pascale Saint-Amand. L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens : pour une mobilité durable. Modélisations et aide à la décision.. Géographie. Université Nice Sophia Antipolis, 2010. Français. NNT: . tel-00565919

**HAL Id: tel-00565919**

**<https://theses.hal.science/tel-00565919>**

Submitted on 15 Feb 2011

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

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

2010

LA CORSE

VALLÉE  
DU LOUP

CAGNES  
SUR  
MER

NICE

ANTIBES

SOPHIA-ANTIPOLIS

CAP D'ANTIBES

ILES DE LERINS

CANNES

Université Nice Sophia Antipolis
   
 UMR ESPACE 6012
   
 ADEME
   
 Agence de l'Environnement et de la Matière de l'Energie
   
 CNRS
   
 Directeur de Recherche

Ecole Doctorale Lettres, Arts, Sciences Humaines et Sociales
   
**Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Nice-Sophia Antipolis en Géographie et Aménagement du Territoire**

**Pascale SAINT-AMAND**
  
 sous la direction de Madame Christine VOIRON-CANICIO

**L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens : pour une mobilité durable. Modélisations et aide à la décision.**

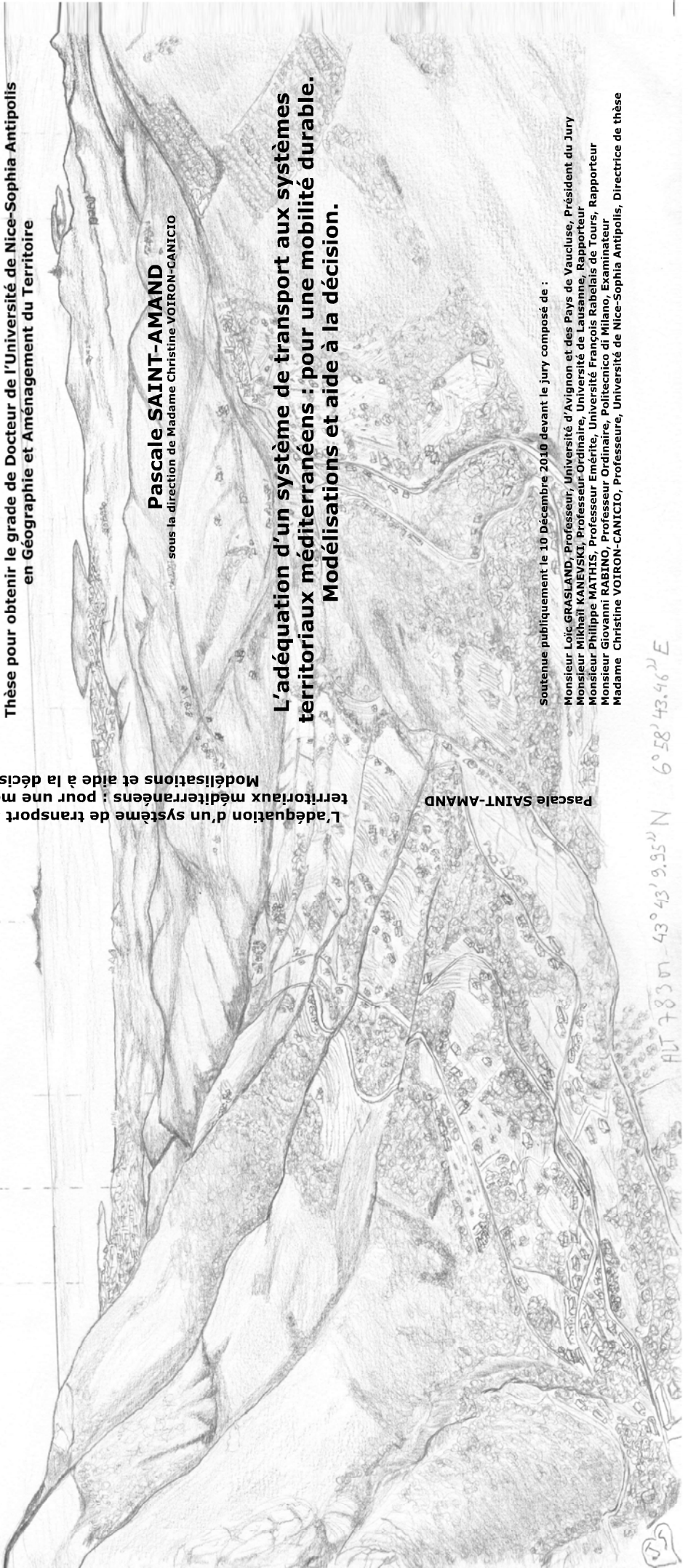
**L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens : pour une mobilité durable. Modélisations et aide à la décision.**

Pascale SAINT-AMAND

Soutenue publiquement le 10 Décembre 2010 devant le jury composé de :

- Monsieur Loïc GRASLAND, Professeur, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Président du Jury
- Monsieur Mikhail KANEVSKI, Professeur Ordinaire, Université de Lausanne, Rapporteur
- Monsieur Philippe MATHIS, Professeur Emérite, Université François Rabelais de Tours, Rapporteur
- Monsieur Giovanni RABINO, Professeur Ordinaire, Politecnico di Milano, Examinateur
- Madame Christine VOIRON-CANICIO, Professeure, Université de Nice-Sophia Antipolis, Directrice de thèse

ALT 783 m 43° 43' 9.55" N 6° 58' 43.46" E



Dessin de couverture :  
*Vue sur la Baie des Anges depuis Gourdon, village perché des Alpes-Maritimes.*  
Joël Sirvente, 2010.







Ecole Doctorale Lettres, Arts, Sciences Humaines et Sociales

**Thèse pour obtenir le grade de Docteur de l'Université de Nice-Sophia Antipolis  
en Géographie et Aménagement du Territoire**

**Pascale SAINT-AMAND**

sous la direction de Madame Christine VOIRON-CANICIO

**L'adéquation d'un système de transport aux systèmes  
territoriaux méditerranéens : pour une mobilité durable.  
Modélisations et aide à la décision.**

Soutenue publiquement le 10 Décembre 2010 devant le jury composé de :

**Monsieur Loïc GRASLAND, Professeur, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, Président du Jury**

**Monsieur Mikhaïl KANEVSKI, Professeur Ordinaire, Université de Lausanne, Rapporteur**

**Monsieur Philippe MATHIS, Professeur Emérite, Université François Rabelais de Tours, Rapporteur**

**Monsieur Giovanni RABINO, Professeur Ordinaire, Politecnico di Milano, Examineur**

**Madame Christine VOIRON-CANICIO, Professeure, Université de Nice-Sophia Antipolis, Directrice de thèse**



**L'adéquation d'un système de transport aux systèmes territoriaux méditerranéens :  
pour une mobilité durable. Modélisations et aide à la décision.**

**Résumé**

Premier émetteur de CO<sub>2</sub> en France, le secteur des transports est aussi à la source de nombreuses nuisances économiques et sociales, ce qui contrarie fortement la perspective d'un développement urbain durable. L'augmentation effrénée – actuelle et prévue – de la circulation automobile au sein des espaces urbains accroît encore les enjeux auxquels doivent faire face les gestionnaires du territoire.

Dans ce contexte, la réduction du trafic automobile et la mise à la disposition des usagers d'alternatives crédibles à l'automobile constituent de véritables défis pour les collectivités territoriales auxquelles ces tâches incombent.

Cette thèse se fonde sur le postulat selon lequel les systèmes territoriaux entretiennent d'étroites interrelations avec les systèmes de transport et interviennent directement sur la performance et l'efficacité de chacun des modes.

L'hypothèse principale réside dans l'énoncé suivant : la configuration spatiale des territoires est un déterminant majeur pour l'utilisation potentielle des différents modes de transports. Et pour démontrer ce rôle prépondérant de la matérialité de l'espace dans la performance de chacun des modes de transport, la thèse s'applique sur un champ d'étude singulier – au cœur du département des Alpes-Maritimes – où les enjeux décrits plus haut se révèlent particulièrement accrus, et s'appuie sur une démarche d'analyse spatiale et morphologique grâce à laquelle l'espace est replacé au centre de la réflexion. Après l'établissement d'un diagnostic territorial extrêmement détaillé, un système expert est mobilisé afin d'identifier le ou les modes de transports qui sont à privilégier selon le territoire traversé. Ce système à base de connaissance intervient à la fois pour identifier les capacités potentielles des territoires à recevoir un système de transport durable, et pour aider les décideurs dans leurs projets de territoire.

**Mots clés :** système – transports durables – mobilités douces – analyse spatiale – morphologie mathématique – système expert – aide à la connaissance – aide à la décision.

**Fitting of transport system to Mediterranean regional systems:  
for a sustainable mobility. Modelisation and decision support.**

**Abstract**

First CO<sub>2</sub> emitter in France, the transport sector is also the source of many economic and social perturbations, which strongly oppose a view to sustainable urban development. The increase – current and projected – of traffic in urban areas also increases the challenges for planners.

In this context, reducing traffic, and making credible alternatives to the car available to users are real challenges for local authorities which have these tasks.

This thesis is based on the assumption that territorial systems have close interrelationships with transportation systems, and act directly on the performance and effectiveness of each mode.

The main hypothesis is the following: the spatial configuration of territories is a determinant element for the potential use of different transportation modes. To demonstrate this role of the materiality of space in performance of each transportation mode, the thesis is applied on a particular study area – in the middle of Alps-Maritimes Province (France) – where the challenges described above are particularly strong, and it builds on a process of spatial and morphological analysis, whereby space is placed at the centre of reflection. After the extremely detailed territorial diagnosis, an expert system is implemented to identify the transportation modes which are adapt for the crossed territory. This knowledge-based system acts both to identify potential capacity of territories to receive a sustainable transport system, and to assist policymakers in their territorial projects.

**Key words:** system – sustainable transportation – non motorized mobility – spatial analysis – mathematic morphology – expert system – knowledge support – decision support.

**L'adattamento del sistema dei trasporti ai sistemi territoriali mediterranei:  
per una mobilità sostenibile. Modellizzazione e supporto alle decisioni.**

**Riassunto**

Primo emettitore di CO<sub>2</sub> in Francia, il settore dei trasporti è anche la fonte di molte perturbazioni economiche e sociali, che si oppongono fermamente alla prospettiva di sviluppo urbano sostenibile. L'aumento – attuale e previsto – del traffico nelle aree urbane aumenta anche le sfide per i pianificatori territoriali.

In questo contesto, la riduzione del traffico e la messa a disposizione per gli utenti, di alternative credibili all'auto, sono vere sfide per le autorità locali che hanno tali compiti. Questa tesi si basa sul presupposto che i sistemi territoriali abbiano stretta interrelazione con i sistemi di trasporto e che agiscano direttamente sulle performance e sull'efficacia di ciascuna modalità.

L'ipotesi principale è la seguente: la configurazione spaziale dei territori è un elemento determinante per l'uso potenziale di diversi modi di trasporto. Per dimostrare questo ruolo della materialità dello spazio nello svolgimento di ciascuna modalità di trasporto, la tesi si applica su di un'area di studio particolare – tra la provincia delle Alpi Marittime (Francia) – in cui le sfide sopra descritte sono particolarmente importanti, e costruisce un processo di analisi spaziale e morfologica in cui lo spazio è posto al centro della riflessione. Dopo una diagnosi iniziale estremamente dettagliata del territorio, è stato implementato un sistema esperto per individuare le modalità di trasporto che più si adattano al territorio attraversato. Questo sistema, basato sulla conoscenza, interviene sia nell'identificare le potenziali capacità dei territori di ricevere un sistema di trasporto sostenibile, sia nell'assistere i politici responsabili nei loro progetti territoriali.

**Parole chiave:** sistema – trasporti sostenibili – mobilità dolce – analisi spaziale – morfologia matematica – sistema esperto – supporto alla conoscenza – supporto alle decisioni.

## AVANT-PROPOS

Cette recherche doctorale a été financée à 100% par l'Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie (ADEME).

Elle a été effectuée au sein de l'UMR ESPACE – CNRS 6012 Équipe de Nice.

\*\*\*\*\*

### **Coordonnées du Laboratoire :**

#### **UMR ESPACE**

*Directrice : Christine Voiron-Canicio*

UMR ESPACE - Université de Nice-Sophia Antipolis

98, boulevard Édouard Herriot

BP 3209

06204 Nice Cedex 03 - France

Tél. +33 (0)4 93 37 54 64 - Fax +33 (0)4 93 37 55 34

<http://www.unice.fr/umr-espace.org>

Contact : [www.voiron@unice.fr](mailto:www.voiron@unice.fr)

\*\*\*\*\*

Adresse mail de l'auteur :

[www.pascale.saint-amand@unice.fr](mailto:www.pascale.saint-amand@unice.fr)





## REMERCIEMENTS

Comment adresser de justes remerciements à une personne à laquelle on doit tout ? N'était-ce pas Jean-Jacques Rousseau qui dénonçait cette trahison du langage, le piège implacable dans lequel les vocables nous enferment par leur faiblesse au regard des émotions, que nous, êtres humains, éprouvons ? Madame Christine Voiron-Canicio connaît mes pensées : je n'ai eu de cesse que de les lui confier et elle n'a eu de cesse que de les écouter. Verser dans l'euphémisme au cours de ces quelques lignes protocolaires est inutile. D'autre part, la force et la profondeur de ma gratitude à son endroit engagent la pudeur, je ne développerai donc pas plus.

Je tiens à exprimer mes remerciements à Monsieur Loïc Grasland, qui me fait l'honneur de présider ce jury de soutenance de thèse ainsi qu'à Messieurs Mikhaïl Kanevski, Giovanni Rabino et Philippe Mathis qui ont accepté de se pencher sur mon travail.

Qu'il soit mentionné ici, avant même que le lecteur ne commence à tourner les pages de cette thèse, que sans Nathalie Dubus, ce travail n'aurait pas été possible. Sans jamais compter son temps, elle m'a fait profiter de son savoir sur la modélisation à l'aide des systèmes experts. Véritable spécialiste en la matière, rare géographe française à utiliser ces méthodes, Nathalie m'a prise sous son aile et m'a transmis son savoir. Elle a corrigé mes erreurs, m'a réexpliqué plusieurs fois les points essentiels et a été présente à toutes les étapes de la construction du modèle. C'est ensemble que nous avons travaillé, et c'est ensemble que nous avons donné un nom à ce modèle. Enfin, c'est aussi ensemble que nous avons tissé une belle amitié.

Certaines rencontres n'ont pas de prix. Celle-ci en fait partie, résolument.

J'exprime toute ma reconnaissance aux experts déplacements-transports de la CASA avec qui j'ai noué un partenariat étroit au cours de cette thèse. Laurence Ristori-Marin, Rémi Bonnefoy et Catherine Ringelstein ont permis à cette recherche d'analyse spatiale d'être menée dans de constants allers-retours avec le terrain. La géographe que je suis ne peut qu'en être comblée.

Je n'oublie pas Benjamin Mathieu du Conseil général des Alpes-Maritimes qui m'a apporté une aide précieuse dans ma recherche de données.

Être doctorant à l'UMR ESPACE est une véritable chance, parce que tous les moyens sont mis en œuvre pour pouvoir effectuer une recherche de géographie théorique et quantitative de haut niveau, et ce dans les meilleures conditions. Et au-delà de l'intérêt scientifique que j'ai eu à côtoyer quotidiennement les membres de l'équipe de Nice, je tiens à adresser ici un mot de reconnaissance pour chacun d'entre eux :

Karine Emsellem pour vos encouragements et la relecture très rigoureuse de cette thèse.

Fabrice Decoupigny pour ta relecture et tes précieux conseils.

Gilles Mignant pour tes conseils en mathématiques, ton aide précieuse pour la mise en page de cette thèse et surtout pour ton amitié.

Giovanni Fusco pour tes discussions très intéressantes autour du thème des transports.

Sandra Perez, Olivier Léonard, Touria Hlimi et Véronique Gibello pour vos encouragements et votre véritable écoute.

Pierre-Alain Manoni pour ton aide en SIG.

Matteo Caglioni pour ton aide en italien, ta gentillesse et tes encouragements.

Jean Morschel pour ton amitié.

Dennix Fox qui dirige l'UFR Espaces et Cultures pour m'avoir permise d'acquérir une expérience d'enseignement au sein du Département de Géographie, Aménagement & Environnement Durables.

Je souhaite aussi la bienvenue aux Maîtres de Conférences recrutés cette année : Diego Moreno Sierra et Julien Andrieu.

Et bien entendu, tous les doctorants de l'équipe de Nice car nous avons la chance d'être très proches. Chacun d'entre vous a apporté un petit quelque chose dans ma recherche ou dans mon cœur : Dorian Souliès qui a retravaillé toutes les illustrations de cette thèse, Floriane Scarella qui a relu mon travail de manière très rigoureuse, Yanis Oussalem, Sophie Liziard et Alexis Conesa, et enfin Juste Ndayishimiye.

Les doctorants qui gravissent avec moi les marches de l'Université depuis la première année : Nicolas Martin, fraîchement recruté Maître de Conférences. Je suis si fière de toi Nico.

Reine-Maria Basse qui a partagé avec moi toutes les étapes jusqu'à la soutenance (bonne chance pour la semaine prochaine !). Tu as beaucoup de mérite, je suis admirative de ton parcours.

Et ceux qui partagent ma vie :

Marie Sevenet

Merci pour ton écoute et ton soutien pendant toutes ces années.

Didier Martini

J'ai rarement été honorée d'un tel don de soi. Ton amitié est telle que j'entends les partager : inconditionnelle et absolue. Merci d'être toi.

Jérôme Dutozia,

Je te l'ai déjà dit Jérôme : je crois aux Rencontres...

Et puis mes amis de toujours :

Christophe,

Tu es devenu l'adulte que j'attendais de toi. Tu es même plus que ça...

Alice,

La vie nous a donné rendez-vous il y a 17 ans. Puisse-t-elle nous donner rendez-vous éternellement...

Enfin, puisque tu m'as aimée et soutenue de toutes tes forces, et puisqu'il faut rendre à César ce qui lui appartient : à toi Joël. Joyeux anniversaire. Avec dix ans de retard...

À l'homme de ma vie : mon père,  
À la femme de la vie : ma mère,  
Aux prunelles de mes yeux : mes deux sœurs Laurence et Stéphanie.





## SOMMAIRE

REMERCIEMENTS.....	9
SOMMAIRE.....	13
LISTE DES SIGLES.....	17
<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>19</b>
<b>PREMIÈRE PARTIE – LES INTERRELATIONS ENTRE SYSTÈME TERRITORIAL ET SYSTÈME DE TRANSPORT.....</b>	<b>25</b>
CHAPITRE PREMIER – CONFIGURATION TERRITORIALE ET EFFICACITÉ DES MODES DE TRANSPORT.....	27
CHAPITRE 2 – LE SYSTÈME TERRITORIAL REÇOIT LE SYSTÈME DE TRANSPORT.....	53
CHAPITRE 3 – LA MOBILITÉ DURABLE AU SEIN DES TERRITOIRES NORD-MÉDITERRANÉENS.....	73
<b>DEUXIÈME PARTIE – UNE DÉMARCHE D’ANALYSE SPATIALE DANS UN ENVIRONNEMENT DE RÉOLUTION DE PROBLÈMES.....</b>	<b>91</b>
CHAPITRE 4 – UNE DÉMARCHE GLOBALE POUR APPRÉHENDER LA COMPLEXITÉ DES INTERRELATIONS ENTRE SYSTÈME TERRITORIAL ET SYSTÈME DE TRANSPORT.....	93
CHAPITRE 5 – PORTRAIT DU TERRITOIRE D’ÉTUDE ET EXAMEN DES BESOINS DE MOBILITÉ.....	115
<b>TROISIÈME PARTIE – MESURER L’ADÉQUATION D’UN TERRITOIRE À UN SYSTÈME DE TRANSPORT DURABLE.....</b>	<b>159</b>
CHAPITRE 6 – UNE DÉMARCHE SPATIO-MORPHOLOGIQUE POUR UNE RÉGIONALISATION ET UN DIAGNOSTIC DU TERRITOIRE.....	161
CHAPITRE 7 – L’INTÉGRATION DE LA MATÉRIALITÉ DE L’ESPACE AU CŒUR DU SYSTÈME EXPERT.....	217
<b>QUATRIÈME PARTIE – À LA RECHERCHE D’UNE ADÉQUATION ENTRE LES DEUX SYSTÈMES : POUR UNE MOBILITÉ DURABLE.....</b>	<b>243</b>
CHAPITRE 8 – ARCHITECTURE DU RAISONNEMENT SOUS SYSTÈME EXPERT.....	245
CHAPITRE 9 – LA MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE MOBI-EXPERT – MODÉLISATION DU RAISONNEMENT.....	281
CHAPITRE 10 – RAISONNER « EN SYSTÈME ».....	323
<b>CONCLUSION GÉNÉRALE.....</b>	<b>353</b>
BIBLIOGRAPHIE.....	359
ANNEXES.....	379
LISTE DES FIGURES.....	451
LISTE DES TABLEAUX.....	458
LISTE DES FICHES DE SYNTHÈSE.....	460
TABLE DES MATIÈRES.....	461



*« Vous pouvez tout faire, penser ou croire,  
posséder toute la science du monde, si  
vous n'aimez pas, vous n'êtes rien. »*  
Marcelle Sauvageot.



## LISTE DES SIGLES

ADAAM : Agence de Déplacements et d'Aménagement des Alpes-Maritimes  
ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie  
AOT : Autorité Organisatrice des Transports  
AOTU : Autorité Organisatrice des Transports Urbains  
APDD : Association pour les Pratiques de Développement Durable  
AUTEC : Association des Usagers des Transports en Commun de la CASA  
AVEM : Association Avenir du Véhicule Electrique Méditerranéen  
BHNS : Bus à Haut Niveau de Service  
BTT : Budget Temps de Transport  
BV : Bassin de Vie  
CANCA : Communauté d'Agglomération Nice-Côte d'Azur (jusqu'au 29/12/2008)  
CASA : Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis  
CERTU : Centre d'Etudes et de Recherche sur les Transports et l'Urbanisme  
CETE : Centre d'Etudes Techniques de l'Equipement  
CG 06 : Conseil Général des Alpes-Maritimes  
CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique  
CNRS : Centre National de la Recherche Scientifique  
CSA : Institut de sondages d'opinion et d'études de marché en France et en Europe  
CSP : Catégorie Socio-Professionnelle  
CUS : Communauté Urbaine de Strasbourg  
EMD : Enquête ménages-déplacements  
EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale  
DDE 06 : Direction Départementale de l'Equipement des Alpes-Maritimes (jusqu'au 31/12/2009)  
DDTM : Direction Départementale des Territoires et de la Mer (depuis le 1/01/2010)  
DIREN PACA : Direction Régionale de l'ENvironnement Provence Alpes Côte d'Azur  
DTA : Directive Territoriale d'Aménagement  
GART : Groupement des Autorités Responsables des Transports  
GES : Gaz à Effet de Serre  
IFP : Institut Français du Pétrole  
IFEN : Institut Français de l'Environnement  
IFOP : Institut Français d'Opinion Publique  
IGN : Institut Géographique National  
INSEE : Institut National de la Statistique et des Etudes Economiques  
LH2 : Institut de sondages et d'études de marché Louis Harris  
LOTI : Loi d'Orientations des Transports Intérieurs (30/12/1982)  
LAURE : Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie (30/12/1996)  
LET : Laboratoire d'Economie des Transports  
LMCU : Lille Métropole Communauté Urbaine  
MM : Morphologie Mathématique  
MNT : Modèle Numérique de Terrain  
NCA : Communauté Urbaine Nice-Côte d'Azur (depuis le 29/12/2008)  
OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques  
OD : Origines-Destinations  
PACA : Provence Alpes-Côte d'Azur  
PDA : Plan de Déplacements des Administrations  
PDE : Plan de Déplacements Entreprise  
PDES : Plan de Déplacements Etablissement Scolaire



PDIE : Plan de Déplacements Inter-Entreprises  
 PDU : Plan de Déplacements Urbains  
 PLU : Plan Local d'Urbanisme  
 PREDIM : Plate-forme de Recherche et d'Expérimentation pour le développement de l'Information Multimodale  
 PREDIT : Programme de Recherche Et D'Innovation dans les Transports terrestres  
 PTU : Périmètre de Transports Urbains  
 RGP : Recensement Général de la Population  
 RP : Résidences Principales  
 RTT : Réduction du Temps de Travail  
 SCOT : Schéma de COhérence Territoriale  
 SES : Service Economique et Statistique  
 SIG : Système d'Informations Géographiques  
 SIMBAD : SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable  
 SMILE: Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment  
 SNCF: Société Nationale des Chemins de fer Français  
 SRU: Loi Solidarité et Renouvellement Urbains (13/12/2000)  
 SYMITAM : SYndicat MIXte de Transport des Alpes-Maritimes  
 SYTRAL : Syndicat mixte des Transports pour le Rhône et l'Agglomération Lyonnaise  
 TAD : Transports A la Demande  
 TAM : Transports des Alpes-Maritimes  
 TC : Transports Collectifs  
 TCR : Transports Collectifs Routiers  
 TCSP : Transports Collectifs en Site Propre  
 TER : Transport Express Régional  
 TGV : Train à Grande Vitesse  
 TMJA : Trafic Moyen Journalier Annuel  
 TNS Sofres : Institut d'études marketing et d'opinion international  
 TRAVISIA : TRAVailler et VIVre à Sophia Antipolis  
 UMR ESPACE : Unité Mixte de Recherche Etude des Structures, des Processus d'Adaptation et des Changements de l'Espace  
 UMR THÉMA : Unité Mixte de Recherche THÉoriser et Modéliser pour Aménager  
 UNSA : Université de Nice-Sophia Antipolis  
 UTP : Union des Transports Publics  
 VIVA06 : Vivre en Ville Autrement dans le 06  
 VP : Véhicule Particulier

## INTRODUCTION GÉNÉRALE

*« Avant tout, il faut savoir poser les problèmes... C'est précisément ce sens du problème qui donne la marque du véritable esprit scientifique ».*

Gaston Bachelard, *La formation de l'esprit scientifique*.

En 2005, en France, le secteur des transports est le premier émetteur de CO<sub>2</sub> avec 26 % des émissions, devant les secteurs de l'industrie, l'agriculture et le résidentiel. Ces rejets liés aux transports ont connu la plus forte hausse entre 1990 et 2005 : + 22% » (CITEPA, 2007)<sup>1</sup>. Le volet environnemental du développement durable est largement mis à mal par ces statistiques qui, malheureusement, ne restituent pas l'ensemble des nuisances engendrées par les transports routiers. À la dégradation de la qualité de l'air, l'effet de serre et l'artificialisation galopante des sols, s'ajoutent des nuisances économiques et sociales, telles que la congestion de l'espace urbain, l'augmentation du stress et du nombre d'accident, *etc.*

Devant ce constat, on comprend pourquoi les actions de sensibilisation des populations aux dommages environnementaux causés par le « tout automobile » se sont multipliées et pourquoi les collectivités locales, les villes en particulier, ont pris des mesures drastiques pour limiter ou interdire la circulation automobile dans certains périmètres. Cependant, force est de constater que le trafic automobile continue de croître – cette tendance ne se démentira pas dans les années à venir (Aguiléra, Mignot, 2003) – et que les populations adhèrent de manière très inégale aux modes de déplacements recommandés. Ainsi, en France, les populations des régions urbaines méditerranéennes se montrent conscientes des nuisances générées par l'automobile mais se déclarent « contraintes » d'utiliser ce mode de transport. Manifestement, aux yeux de nombreux usagers, les alternatives au « tout automobile » ne sont pas perçues comme étant en mesure de réduire les contraintes auxquelles ils font référence. Et il apparaît de toute manière « *illusoire de vouloir dissuader de l'usage de la voiture sans proposer dans le même temps des moyens de s'en passer* » (Genre-Grandpierre, 2007).

Dans le domaine des sciences sociales, la question des déplacements et de la mobilité durable a été principalement envisagée sous l'angle des nuisances environnementales générées par l'augmentation du trafic automobile et des coûts qui en résultent, tant du strict point de vue financier que des points de vue de l'aménagement du territoire et de la santé. Par ailleurs, les recherches se sont généralement focalisées sur un mode de transport particulier, transport collectif, transport à la demande, transport « doux ».

---

<sup>1</sup> CITEPA : Centre Interprofessionnel Technique d'Etudes de la Pollution Atmosphérique

Cependant, pour permettre de faire adhérer le plus grand nombre de personnes (élus ou populations) au concept de développement durable, les études sectorielles ne suffisent plus. L'enjeu actuel se situe dans la recherche d'une adéquation entre des modes de transports qui respectent les principes du développement durable et les besoins des usagers, les spécificités et les potentialités d'un territoire. Or, aujourd'hui, cette adéquation est peu ou mal prise en compte, ce qui ralentit le cheminement vers une durabilité de la mobilité.

Cette thèse a donc deux objectifs :

- rechercher les déterminants de la réceptivité d'un territoire en général, et méditerranéen en particulier, aux modes de transports durables ainsi que les conditions nécessaires à l'établissement d'interactions optimales entre un système territorial et un système de transports durables, chaînant différents modes de transport : automobile, transports en commun, bicyclette, marche à pied ;
- proposer une démarche d'aide à la décision pour les collectivités locales désireuses de mettre en place un système de transport en adéquation avec les attentes des populations, et avec les contraintes comme les potentialités de leur territoire.

### ***De l'existence de potentiels territoriaux à l'utilisation des modes de transports***

« En milieu urbain, la régression de la mobilité pédestre au profit des modes de transport motorisés semble inexorable car elle trouve sa source dans cette inadéquation entre nouvelles formes urbaines et mobilités non motorisées » (Piombini, 2006). Cette affirmation retient particulièrement l'attention. La relation qui unit morphologie urbaine et formes de mobilités est clairement établie et sous-tend que la configuration spatiale des territoires a une incidence sur les parts modales des transports. De ce constat émerge une interrogation majeure. Peut-on envisager de s'appuyer sur les configurations spatiales pour déterminer le (ou les) mode(s) de transport le(s) plus performant(s) par rapport au territoire traversé ?

Les liens d'interdépendance entre les composantes d'un système territorial et les éléments d'un système de transport sont multiples. Les configurations spatiales des territoires ainsi que certaines de ses composantes favorisent ou freinent l'utilisation des modes de transport. En ce sens, on peut formuler l'hypothèse selon laquelle il existe des pré-requis territoriaux pour l'utilisation des modes de transport. La recherche de ces pré-requis est fondamentale si l'on souhaite tendre vers des partages modaux plus équitables.

### ***Analyser les interrelations entre système territorial et système de transport***

L'efficacité des modes et la performance des systèmes de transport déterminent en partie les répartitions modales. Dans un contexte de réduction du trafic automobile, assurer le développement des mobilités non motorisées et des transports en commun est un enjeu majeur

(Genre-Grandpierre, 2005). Il apparaît alors essentiel de connaître les déterminants qui conditionnent l'usage de chacun des modes de transport, et au regard des nombreuses relations qu'entretiennent un système territorial et un système de transport, les **déterminants territoriaux** apparaissent fondamentaux.

La recherche de l'adéquation entre les composantes du système territorial et les éléments du système de transport s'appuie sur deux informations essentielles :

- une connaissance accrue des déterminants qui conditionnent l'utilisation de chacun des modes de transport ;
- un diagnostic territorial mettant en relief la présence ou l'absence de ces déterminants.

La mise en place d'un système de transport adapté aux spécificités du territoire est la clef de voûte d'une mobilité qui s'inscrit dans la durabilité. Par ailleurs, l'adhésion des populations à un système de transport se gagne en adaptant ce dernier aux attentes qu'elles expriment.

Le système de transports durables envisagé interconnecte différents modes de transports, en fonction des spécificités des territoires desservis. Si les transports collectifs sont privilégiés, l'automobile n'est pas exclue du système. En effet, dans certaines portions du territoire, notamment périurbaines ou rurales, l'automobile reste un moyen de déplacement incontournable. En revanche, une marge de manœuvre existe sur les modalités d'utilisation des véhicules particuliers. Le système doit tendre à limiter la portée des déplacements en automobile et à encourager les pratiques durables : le covoiturage, l'autopartage ainsi que les transports à la demande. En ce sens, il conviendra d'observer la manière dont les initiatives en matière de mobilité durable s'inscrivent au sein des territoires.

Cependant, ces « bonnes pratiques » mises en place dans certaines régions sont-elles pour autant applicables à tous les systèmes territoriaux ? Cette recherche entend mener une réflexion sur la manière de tirer partie des expériences réalisées dans différentes régions urbaines et examiner dans quelles mesures les solutions retenues peuvent être adaptables ou transposables aux territoires méditerranéens.

### *Le positionnement méthodologique*

Pour aborder cette problématique, la vision du territoire est globale et multidimensionnelle. Elle s'intéresse aux attentes exprimées par le territoire dans ses volets physique et humain. Par ailleurs, le rôle de la **composante spatiale** au sein des territoires retient principalement l'attention. C'est elle qui confère aux systèmes territoriaux leurs caractéristiques et leurs spécificités, et ces dernières sont particulièrement recherchées dans l'optique d'une mise en relation avec un système de transport.

Dans ce cadre, le projet et les méthodes de l'analyse spatiale sont mis en relief. Ils interviennent au début du processus d'analyse, afin de caractériser le système territorial. Il s'agit d'en détecter les structures, et d'en connaître l'organisation spatiale, afin d'observer la manière dont les liens entre ses composantes et les éléments du système de transport sont et seront tissés. Un système expert met ensuite en relation les connaissances acquises à la fois, sur le territoire et sur les facteurs qui conditionnent l'utilisation des modes transports, et détermine **le modèle de système de transport durable approprié aux spécificités territoriales de la zone d'étude**. Par l'intermédiaire d'un SIG, les solutions de transport fournies par le système expert sont ensuite restituées dans leur contexte spatial.

L'outil système expert est mobilisé tout d'abord pour *l'aide à la connaissance*<sup>2</sup> en révélant le **degré d'adéquation** entre le système territorial de la zone d'étude et le système de transport actuel. Le volet de *l'aide à la décision* permis par un tel outil est ensuite mis en œuvre : de nouvelles simulations sont effectuées afin de rechercher les lieux prioritaires pour l'implantation d'aménagements supplémentaires.

Défini comme un outil a-spatial, le système expert mobilisé dans cette recherche **intègre des connaissances sur l'espace, et raisonne en fonction des caractéristiques de l'espace**. Les possibilités d'une entrée spatiale dans les systèmes à base de connaissance sont testées au travers d'un couplage avec des méthodes de l'analyse spatiale.

L'ensemble des bases de connaissance construites ainsi que le couplage méthodologique constituent **la démarche d'aide à la décision** destinées aux collectivités locales.

### *Aire d'application de la méthode*

L'aire urbaine étudiée se situe au cœur du département des Alpes-Maritimes. Elle associe deux types de territoires : les espaces littoraux urbains et la zone périurbaine contigüe au principal pôle d'emplois du département, la technopole de Sophia Antipolis. Ce champ spatial étendu a été retenu car nous postulons que la manière d'habiter impacte fortement les manières de se déplacer. Par ailleurs, l'aire d'étude appartient aux systèmes territoriaux méditerranéens. C'est une région urbaine fortement contrainte dans ces aspects physiques, les densités de population y sont élevées, les enjeux fonciers et les conflits d'usage aigus. En cela, ces territoires représentent un laboratoire d'expérimentation du plus grand intérêt. De plus, ce sont dans ces zones périurbaines que sont enregistrées les croissances de trafic et de population les plus rapides (INSEE, 2009) et c'est aussi dans ces espaces que l'absence de

---

<sup>2</sup> L'expression **système d'aide à la connaissance** est particulièrement bien adaptée pour parler des systèmes experts. Elle est tirée du cours des Master II Recherche « Structures et Dynamiques Spatiales » et « Systèmes Territoriaux, Développement Durable, Aide à la Décision » dispensé par Nathalie Dubus à l'Université de Grenoble.



transports en commun est manifeste et que les modes doux sont les moins présents (Genre-Grandpierre, 2005 ; Noël, 2003).

### *L'opérationnalité de la démarche*

Cette recherche a été financée à 100% par l'ADEME<sup>3</sup>. Elle a été suivie par Anne Grenier, Ingénieur au Département Organisation et Systèmes de Transports<sup>4</sup>, et s'est enrichie des échanges lors des réunions semestrielles d'avancement de recherche. Par ailleurs, le processus d'analyses est effectué dans le cadre d'un partenariat étroit avec les acteurs de terrain. Tout au long de la démarche, le regard des experts déplacements-transports intervient pour éprouver, valider, débattre des résultats. De nombreux échanges sont organisés avec les associations d'usagers des transports afin de recueillir leurs **expériences quotidiennes**, et compléter ainsi notre appréhension du terrain.

### *Organisation du mémoire*

La thèse consiste à mettre au point une démarche capable de détecter le ou les modèles de système de transport sous-tendus par le système territorial. Elle se fonde sur le postulat selon lequel chaque territoire porte, dans ses caractéristiques intrinsèques, des potentiels plus ou moins marqués pour l'utilisation des modes de transports. Et qu'à travers la recherche de cette correspondance entre les deux systèmes, une mobilité respectueuse des principes du développement durable peut être atteinte.

Sa restitution s'organise en quatre parties.

La première partie part à la recherche des interrelations qu'entretiennent le système territorial et le système de transport.

Le chapitre premier met en évidence le type de liens qui unissent les formes urbaines et la performance des modes de transports. Le chapitre 2 entend mener une réflexion autour du processus d'adhésion des populations au transport durable ; et étudie la manière dont les décideurs européens mettent en œuvre des politiques de mobilité durable sur leur territoire. En ce sens, le chapitre 3 s'arrête sur la question des spécificités territoriales nord-méditerranéennes et tente de résoudre l'écueil de la « reproductibilité » annoncée des initiatives en matière de mobilité durable.

La deuxième partie pose le cadre spatial et méthodologique de la recherche.

Le chapitre 4 met en regard les hypothèses de travail avec les méthodes et outils mobilisés. Le chapitre 5 est consacré à la présentation du champ d'étude retenu pour l'application de la

---

<sup>3</sup> ADEME : Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie.

<sup>4</sup> Depuis le mois de Janvier 2010, Anne Grenier anime le Service Organisations Urbaines de l'agence.

démarche. Il pointe par ailleurs les insuffisances des bases de données traditionnelles, et présente deux protocoles de construction d'informations spatiales adaptées à la problématique de thèse.

La troisième partie marque le commencement du processus d'analyses.

Le chapitre 6 procède à un diagnostic territorial extrêmement détaillé dans le but de relever les potentiels territoriaux à l'utilisation de chaque mode de transport. Le chapitre 7 inscrit les systèmes à base de connaissances dans le champ des techniques de l'intelligence artificielle et relève l'intérêt d'un tel outil placé au cœur de la démarche.

La quatrième et dernière partie est consacrée aux volets de l'aide à la connaissance et à la décision.

Le chapitre 8 décrit les analyses et présente le modèle d'aide à la connaissance MOBI-EXPERT construit dans cette thèse. Le degré d'adéquation entre le système territorial d'étude et le système de transport actuel est déterminé au cours du chapitre 9. Subséquemment, le chapitre 10 introduit des pistes d'aide à la décision pour tirer parti au mieux de ces potentiels territoriaux.

Cette thèse mobilise des méthodes de géographie quantitative, qui visent à analyser les relations qu'entretiennent deux systèmes complexes. Elle prend le parti d'entrer dans la thématique des transports par un regard spatial et territorial. Dans ce cadre, les méthodes et outils de l'analyse spatiale sont privilégiés, mais elles sont combinées avec un système d'aide à la décision qui confère au travail son aspect opérationnel.

# PREMIÈRE PARTIE : LES INTERRELATIONS ENTRE SYSTÈME TERRITORIAL ET SYSTÈME DE TRANSPORT

*« Existe-t-il un lien entre l'ancrage résidentiel des individus et leurs comportements de mobilité quotidienne ? Cette question sous-tend la nécessité d'investir la problématique des déplacements quotidiens au regard d'une approche systémique, mettant l'accent sur les relations entre les comportements individuels et l'environnement physique et social dans lequel ils prennent corps. »  
Samuel Carpentier, in *Mobilités contemporaines*.*

Cette première partie de thèse présente les trois objets d'étude que sont le système territorial, le système de transport, et leurs **relations d'interdépendances**. Cette présentation s'appuie sur un large champ de contributions qui met en relief deux relations majeures. La première s'exerce entre l'agencement spatial des composantes territoriales et les formes de mobilité. La deuxième unit la morphologie urbaine et les modes de déplacement. Par ailleurs, il est démontré que les éléments du système territorial influencent la performance du système de transport, et qu'en retour, le système de transport induit le fonctionnement du système territorial.

Le chapitre premier expose la problématique de thèse qui s'appuie sur ces deux systèmes complexes, et replace leurs interrelations au centre de la réflexion. Le chapitre 2 décrit comment cette posture sera le fil directeur de l'ensemble de la recherche. Enfin, le chapitre 3 s'attache à mettre en regard la mobilité et les caractéristiques des territoires nord-méditerranéens.



## CHAPITRE PREMIER : CONFIGURATION TERRITORIALE ET EFFICACITÉ DES MODES DE TRANSPORT

### *L'espace dans le territoire :*

Le territoire, concept majeur de la géographie moderne, a fait l'objet durant les dernières décennies de nombreuses réflexions, notamment dans le but de « *s'éloigner de l'écueil de la confusion entre espace et territoire* » (Chéry, 1998). Aujourd'hui, il y a un consensus sur la notion d'appropriation qui différencie les concepts d'espace et de territoire. Néanmoins, « *il y a de l'espace dans le territoire, on peut même affirmer que la référence spatiale y est centrale* » (Moine, 2006). Cette entrée fera donc l'objet du chapitre suivant. Le présent propos s'attache à l'étude des processus combinatoires contenus dans un territoire pour en saisir toute la complexité.

Parmi les très nombreuses définitions du territoire dont (Auriac, 1984 ; Brunet, 1990 ; Di Méo, 1998 ; Elissalde, 2002, Le Berre, 1992 ; Lévy, Lussault, 2003 ; Raffestin, 1986 ; Roland-May, 2000), la définition de Maryvonne Le Berre est retenue.

Selon Maryvonne Le Berre, le territoire est composé de trois facettes :

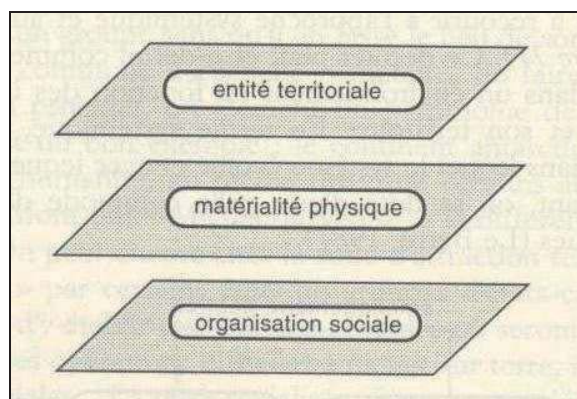


Figure 1 : Un territoire, trois facettes  
(Le Berre, 1992)

En premier lieu, le territoire est un « *nom* » que l'on donne à « *un morceau de terre* » sur lequel s'exerce « *un mode de comportement* ». Le territoire est donc constitué d'**une entité territoriale**. C'est une sorte de carte d'identité à partir de laquelle un « *sentiment d'appartenance* » et « *une unité de fonctionnement* » se construisent. Le territoire est aussi une portion de l'espace terrestre, il a une **matérialité physique** née de « *la somme des propriétés naturelles* » – sa topographie, sa morphologie *etc.* – et « *des propriétés matérielles* » de l'espace : les aménagements passés et présents des sociétés qui se sont

appropriées le territoire. Enfin, le territoire possède une **organisation sociale** : le groupe social entretient « *un degré de cohésion* » au sein duquel « *certaines décident, d'autres produisent, d'autres consomment...* ». Cette troisième et dernière facette, en interagissant fortement avec la matérialité physique de l'espace confère à la fois au territoire sa définition mais aussi sa complexité<sup>1</sup>.

« *Le paradigme systémique pour appréhender le territoire* » (Chéry, 1998) :

« *Le territoire est un système* » (Moine, 2008). Il en a, en effet, toutes les caractéristiques : l'ensemble de ses composantes interagissent et rétroagissent les unes sur les autres, elles entretiennent des relations complexes. Tant et si bien que l'agencement des relations entre ces composantes produit une nouvelle unité qui possède alors des qualités que n'ont pas les composantes prises individuellement. « *Von Bertalanffy a été le premier à montrer qu'un système est un tout, non réductible à ses parties.* » (Durand, 1994). La complexité du territoire, inhérente au nombre de ses composantes et surtout des liens qui les unissent, se retrouve dans le concept de système. Par ailleurs, le territoire est soumis à des échanges permanents avec des systèmes environnants. Le système de transport en est un exemple qui sera largement développé dans le propos à suivre.

Toutes les caractéristiques des systèmes, voire des systèmes complexes (Le Moigne, 1999 ; Yatchinovsky, 2005 ; Voiron-Canicio, 2006) sont contenues dans le concept de territoire : l'interaction, la globalité, l'organisation et enfin l'ouverture à des systèmes environnants.

À partir de ces réflexions, le premier postulat fort de cette thèse est posé : le territoire est un système complexe<sup>2</sup>.

## **1. Deux systèmes complexes étroitement inter reliés**

### **1.1. Les composantes d'un système territorial et leurs interrelations complexes**

Le système territorial est composé de plusieurs sous-systèmes. Alexandre Moine en identifie trois : le sous-système spatial, le sous-système des acteurs et le sous-système des représentations ; tous trois soumis à une boucle de rétroaction majeure (Moine, 2006, 2008). Boucle qui concourt au fonctionnement et dynamiques territoriales.

---

<sup>1</sup> Toutes les expressions notées en *italique* dans ce paragraphe sont empruntées à Maryvonne Le Berre.

<sup>2</sup> Alexandre Moine écrit : « *Le territoire est donc avant toute définition un système. Et pourtant il n'est jamais véritablement défini comme tel [...]* » (Moine, 2006).

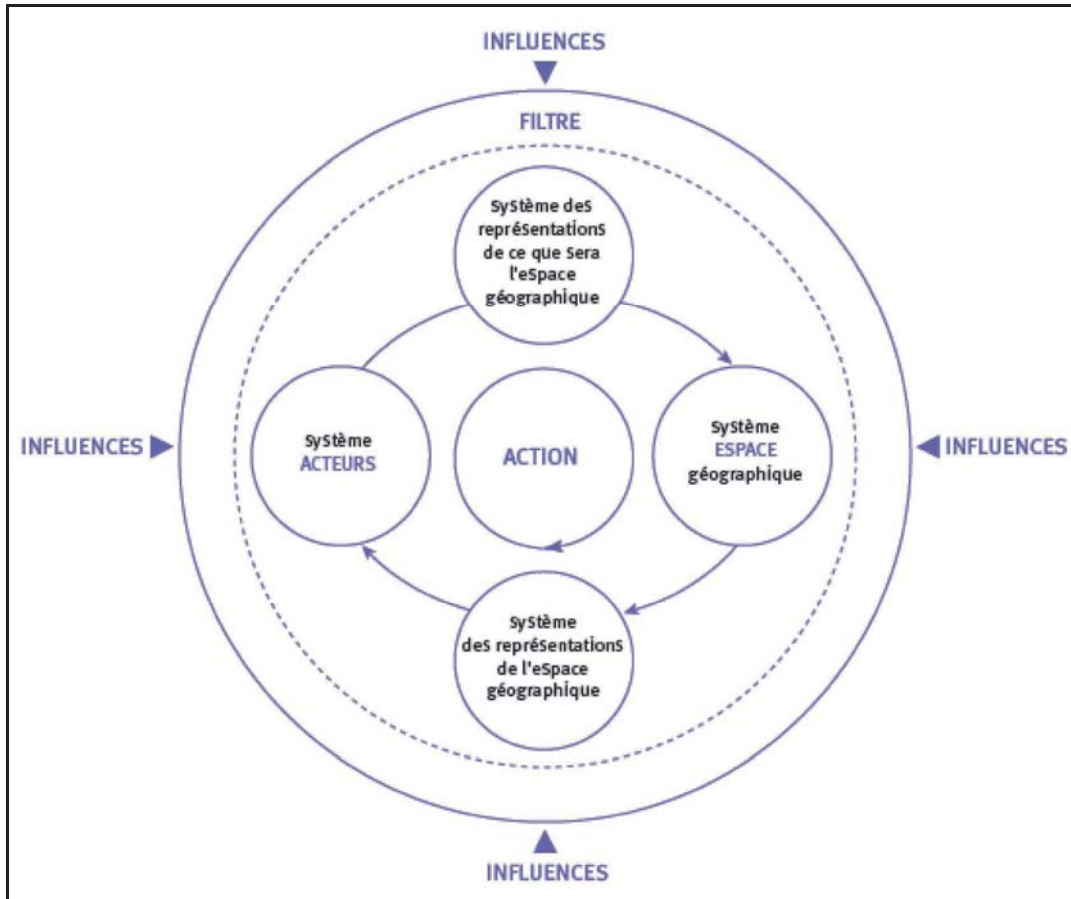


Figure 2 : La boucle de rétroaction qui anime les territoires  
(Moine, 2006)

Le milieu physique ou naturel est approprié puis aménagé par le système d'acteurs qui, selon Roger Brunet, « *produit l'espace* ». La somme des interactions entre les cinq catégories d'acteurs que sont : l'état, les collectivités territoriales, les entreprises, les groupes, les individus se nomme « *organisation de l'espace* » (Brunet, 1990). Cette organisation s'effectue à partir des contraintes et des aménités offertes par l'espace géographique. « *Les acteurs agissent alors en fonction : de leur(s) propre(s) constat(s) ; des connaissances qu'ils ont du territoire ; des représentations qu'ils s'en font ; de la liberté que leur offre le système de gestion au sein duquel ils évoluent ; de leurs objectifs propres ; du jeu des acteurs locaux* » (Moine, 2006).

**Les sociétés façonnent et aménagent l'espace à partir de la lecture qu'elles en font.** Elles créent la physionomie de l'espace géographique de demain, en héritant à la fois du milieu physique et des aménagements produits par les sociétés antérieures. On peut alors introduire le caractère évolutif du territoire, car comme tout système, *il naît, il vit et il meurt* (Brunet et al., 2001), ou en tous cas, il revêt des comportements différents, ne serait-ce que, dans ce cas précis du système territorial, par le changement d'état de ses différents sous-systèmes. Les actions d'aménagements opérées par les sociétés modifient l'espace qui, à l'instant t peut être

porteur de contraintes pouvant être perçues comme des potentialités à  $t + 1$  : le système de représentation étant par définition le plus instable car à l'interface des deux composantes élémentaires.

Le système territorial est, pour finir, un système ouvert. Il entretient des relations avec son environnement constitué d'autres systèmes complexes. Parmi eux, le système de transport qui constitue « *la solution, sans cesse renouvelée, apportée au problème d'une société humaine vivant sur une surface différenciée* » (Chesnais, 1980). Le système de transport offre, par l'intermédiaire de ces composantes élémentaires, le moyen pour une société de s'affranchir du caractère hétérogène de l'espace géographique.

Si le concept de système territorial est finalement communément admis parmi les géographes, celui de système de transport demeure encore flou. Laurent Chapelon le concède : « *Expression couramment utilisée, le « système de transport » renvoie à plusieurs éléments qui rendent sa définition relativement complexe* » (Chapelon, 1997), puis se réfère aux travaux de Michel Chesnais qui en livre une définition concise : « *un système de transport est constitué d'un ensemble de moyens, dont la finalité fondamentale est de satisfaire un besoin de déplacement ou de transfert, ou plus généralement de communication, entre des lieux géographiques distincts* » (Chesnais, 1980).

## **1.2. Les composantes d'un système de transport et leurs interrelations complexes**

Dans la littérature, les auteurs s'accordent en général autour de quatre composantes essentielles au sein d'un système de transport (Baptiste, 1999 ; Chapelon, 1997 ; Chesnais, 1980, Fusco, 2003) :

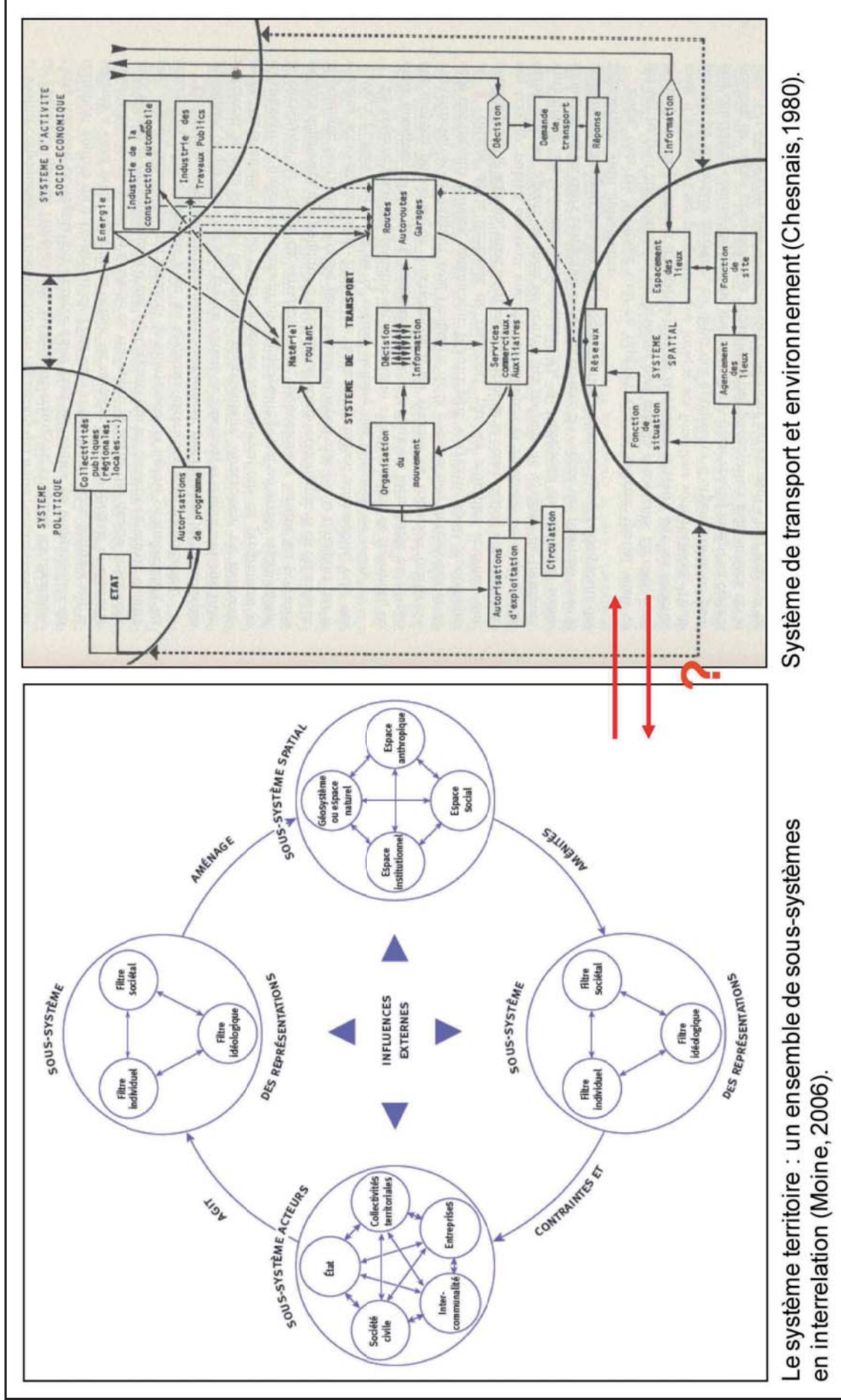
- un sous-système socio-économique qui est à l'origine même de la demande de transport. Il s'agit de la société civile, des entreprises, finalement des usagers qui formulent et matérialisent cette demande de mobilité ;
- un sous-système politique – incarné par l'État et par tous les échelons décisionnaires inférieurs – qui tente de répondre à cette demande en mettant en œuvre des politiques et des réglementations en matière d'organisation et de gestion des déplacements ;
- un sous-système spatial, qui par essence, engage à la mobilité et aux déplacements par son caractère hétérogène. La distribution des populations ainsi que la répartition des fonctions urbaines à travers l'espace géographique engendrent le mouvement ;
- un ensemble de moyens physiques mis à la disposition des usagers pour accomplir leurs déplacements. Ces moyens recouvrent à la fois les infrastructures, le réseau de voirie et de voies ferrées, les aménagements sur voirie et les véhicules.

Ces quatre sous-systèmes rétroagissent les uns sur les autres : la différenciation spatiale fait naître chez les usagers une demande de mobilité à laquelle l'État et les collectivités locales tentent d'apporter une réponse par le biais de moyens physiques et réglementaires.



Les composantes du système territorial et du système de transport se confondent, s'imbriquent et se juxtaposent : plusieurs sous-systèmes sont communs aux deux entités. Par exemple, le réseau viaire « *constitue une composante centrale du système urbain en formant l'espace du mouvement* » (Foltête et *al.*, 2008). À la fois **composante essentielle du système de transport**, le réseau de voirie offre la structure qui permet le déplacement et en tant qu'**élément majeur du système territorial**, il organise les flux et fait naître un fonctionnement particulier.

**Quelles interrelations entretiennent le système territorial et le système de transport ?**



Le système territorial : un ensemble de sous-systèmes en interrelation (Moine, 2006).

Système de transport et environnement (Chesnais, 1980).

Figure 3 : Le système territorial et le système de transport, quelles interrelations ?

*Particulièrement mise en relief dans la littérature, une relation forte s'exerce entre l'agencement spatial des composantes territoriales et les formes de mobilité :*

Les travaux autour de cette relation font apparaître, dans un premier temps, un **lien linéaire** par lequel le mode de transport façonne le territoire et intervient sur sa morphologie.

À travers le temps et les progrès de la technologie, la ville se transforme et s'étend de plus en plus. Les modes mécanisés et motorisés permettent un agencement des fonctions urbaines éclatées, disséminées à travers l'espace.

	Ville pédestre	Ville motorisée Transports collectifs	Ville motorisée Voiture particulière
Epoque	jusqu'au milieu du XIX <sup>e</sup> siècle	milieu du XIX <sup>e</sup> à milieu du XX <sup>e</sup> siècle	essentiellement depuis les années 1960-1970
Moyen de déplacement dominant	marche à pied	tramways, trains	automobile
Vitesse moyenne de déplacement	2-4 km/h	10-15 km/h	20-25 km/h
Modalités sociales de la mobilité	individuelle	collective	individuelle
Modalités temporelles des déplacements	désynchronisés	synchronisés	désynchronisés
Forme du réseau	capillaire	lignes et nœuds	capillaire
Morphologie urbaine conséquente	compacte	linéaire	fragmentée
Densité de la tache urbaine	élevée	élevée à moyenne	faible
Niveau de la pression foncière	forte	forte à moyenne	faible
Forme et niveau de la centralité	forte monocentralité en réseau maillé	forte monocentralité + centralités en chapelet	faible monocentralité + forte multcentralité

**Tableau 1 : Trois époques, trois modes d'interaction entre transports, mobilités et formes urbaines (Beaucire, 2002 cité par Piombini, 2006)**

Le tableau 1 fait apparaître l'influence qu'ont eue les progrès technologiques en matière de transport sur la morphologie urbaine et les agencements territoriaux. Trois types de villes ont été définis pour décrire à travers le temps la coévolution des formes urbaines et des modes de transport : la ville pédestre, la ville du transport en commun et la ville automobile (Allaire, 2006 ; Schaeffer, Sclar, 1975). Les qualificatifs employés pour nommer ces types de ville appartiennent au champ sémantique des transports.

L'évolution majeure correspond au phénomène de la transition urbaine décrit par Marc Wiel : la ville pédestre dense, compacte et multifonctionnelle devient motorisée, puis, avec l'apparition de l'automobile, l'espace urbain se dilate, le tissu bâti se dilue, les territoires se spécialisent (Ascher, 1995) autour d'une seule activité en renforçant ainsi l'hétérogénéité

spatiale et le besoin de mobilité des populations (Wiel, 1999). **Cette relation** entre modes de transports et morphologie urbaine **devient une boucle**, voire un cercle vicieux que Giovanni Fusco décrit en ces mots : « *Permis par l'automobile, l'étalement urbain en devient l'esclave* » (Fusco, 2003).

On perçoit dans ces approches que « *ville et mobilité entretiennent un lien intime : les modes de déplacement permettent la mobilité des individus au sein d'un territoire, mais la mobilité dépend des caractéristiques de la ville qui la supporte : sa dimension, sa densité, la répartition spatiale de ses fonctions génératrices de déplacements* » (Fouchier, 2000). C'est désormais le **lien causal** entre les deux éléments qui est vivement analysé. Il existe une « *relation réciproque qui veut que l'agencement urbain s'adapte aux conditions de la mobilité, tandis que la mobilité est l'expression des caractéristiques de l'agencement urbain* » (Wiel, 2002). Marc Wiel exprime ici l'idée d'une **boucle de rétroaction** dans laquelle la configuration spatiale des territoires est à la fois issue du système automobile tout en conditionnant son hégémonie. L'auteur renforce encore cette idée dans un ouvrage postérieur : « *la morphologie urbaine et la mobilité poursuivent des finalités partiellement communes : elles interagissent l'une sur l'autre, elles sont complémentaires et/ou concurrentes, et en tout état de cause jamais dissociables l'une de l'autre. La ville conditionne les formes de la mobilité comme les conditions de la mobilité influent sur la forme de la ville. Nous sommes en face d'un « système » qui a la complexité du vivant [...]* » (Wiel, 2006)<sup>3</sup>. Quels sont précisément les liens qui unissent les composantes du système territorial et du système de transport ?

### 1.3. Les interrelations entre configuration territoriale et choix modaux

Les travaux francophones et anglo-saxons traitent de ces interrelations à travers la notion d'**efficacité** des différents modes de transport ; efficacité mesurée selon le contexte territorial au sein duquel les flux s'exercent. Les publications de Peter Newman et de Jeffrey Kenworthy font références, elles sont citées de manière *quasi* permanente dans les travaux ultérieurs. Dès les années 1980, ces deux chercheurs démontrent, à partir de l'étude d'une multitude de villes à travers le monde, qu'un lien fort existe entre la densité urbaine et l'utilisation des transports collectifs (Newman, Kenworthy, 1989).

---

<sup>3</sup> Les titres des ouvrages publiés par Marc Wiel – et qui font références – reprennent l'idée d'une **évolution dans l'analyse des relations** entre modes de transports et formes urbaines. Il publie en 1996 : *La mobilité dessine la ville*, puis en 1999 : *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*. En 2002, Marc Wiel traite de la dépendance au système automobile, il publie l'ouvrage *Ville et automobile* (thème analysé par Gabriel Dupuy en 1999). Enfin en 2006, Marc Wiel intitule son ouvrage par la question : *Ville et mobilité, un couple infernal ?*

On retrouvera l'ensemble des références complètes de ces différents ouvrages en bibliographie.

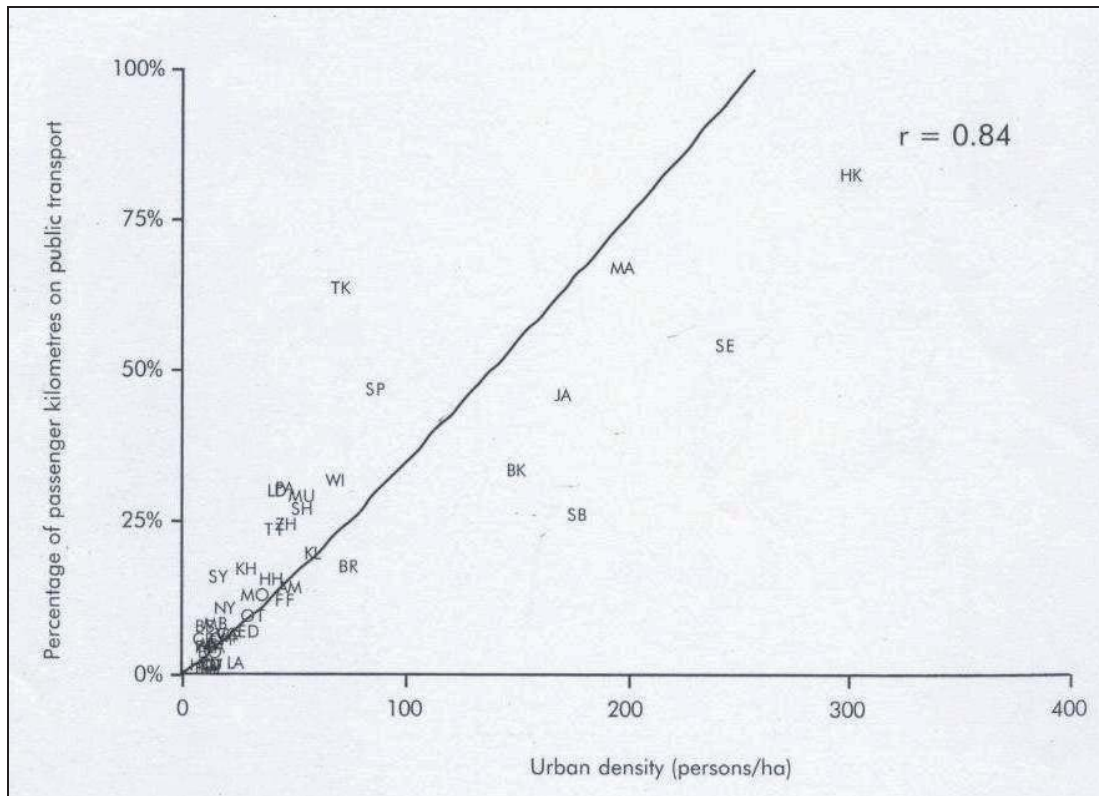


Figure 4 : *Public transportation modal split and urban density in global cities in 1990* (Kenworthy, Laube, 1999)<sup>4</sup>

En 1999, Jeffrey Kenworthy et Félix Laube démontrent qu’il y aurait un seuil critique – autour de 30 habitants par hectare – au-dessous duquel la dépendance à l’automobile semble inéluctable. Au-dessus de ce seuil, toujours selon les auteurs, les concentrations des densités humaines et bâties permettent de rassembler suffisamment d’aménités urbaines pour, à la fois mettre en place un service de transport en commun rentable, et favoriser l’utilisation des modes non mécanisés (Kenworthy, Laube, 1999). Faut-il en déduire que l’efficacité des modes de transports est directement liée au contexte territorial, en tout cas à la répartition des éléments bâtis à travers l’espace ?

**Un lien fort semble unir la manière d’habiter et la manière de se déplacer.**

<sup>4</sup> Part modale des transports publics et densités urbaines au sein des métropoles mondiales en 1990.



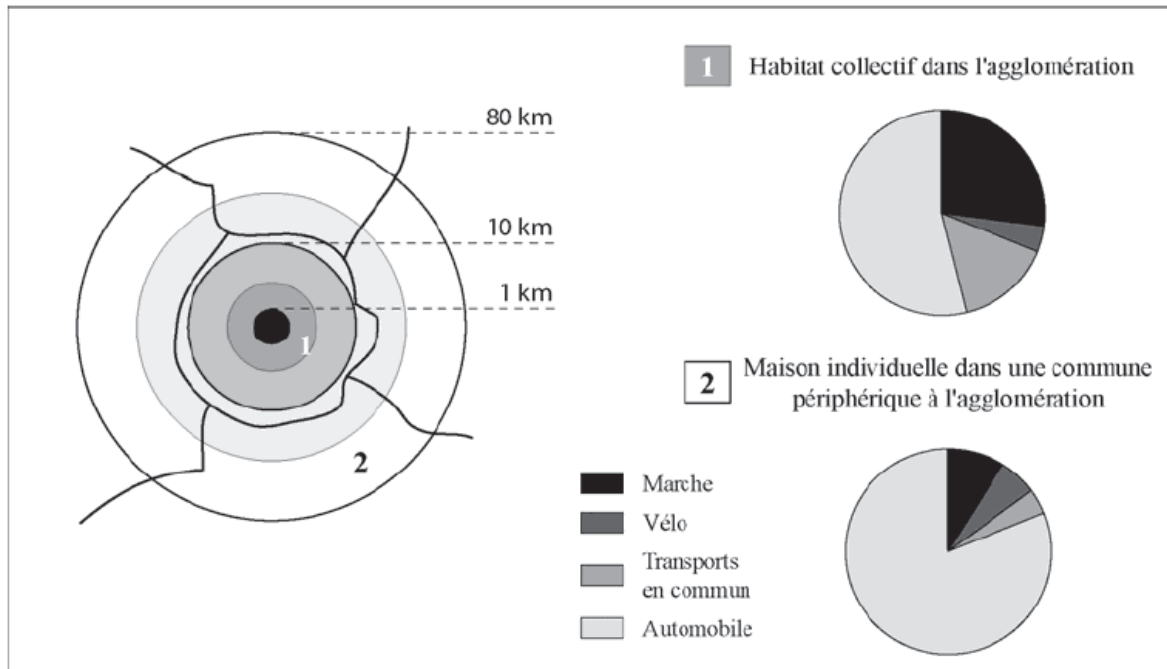


Figure 5 : Étalement urbain et choix modaux  
(CERTU<sup>5</sup>, 1996 cité par Piombini, 2006)

La figure 5 l'illustre : le bâti très dense de l'hypercentre favorise l'utilisation des modes doux, le réseau viaire est ramassé et propice aux déplacements de faibles distances, les places de stationnement automobile sont rares, voire *quasi* inexistantes. Ces noyaux urbains hérités des centres historiques des villes contiennent des fonctions mixtes. La **coprésence** des commerces et services ainsi que de la fonction résidentielle permet à l'utilisateur d'accéder à pied ou à bicyclette à une multitude de lieux pour de multiples motifs. « *La proximité des lieux réduit les distances des déplacements et permet un plus grand recours aux modes doux* » (Allaire, 2006).

Au sein de la couronne suivante, le bâti demeure assez compact mais la voirie s'élargit et la mixité des fonctions urbaines permet le déploiement des transports collectifs au service d'une population nombreuse et dense.

Puis le tissu urbain se morcelle de plus en plus en périphérie immédiate de la ville, les « *faibles densités et l'éclatement des fonctions urbaines rendent difficile la desserte par les transports en commun* » (Fusco, 2003). Ceux-ci cèdent la place à l'automobile « *instrument de réalisation du modèle pavillonnaire* » (Lévy, 2000).

Enfin, le mitage urbain est maximum, dans une zone encore dépendante de la ville. La population est tributaire des modes de transport individuels (Aguiléra, Mignot, 2002) et au sein du ménage, la multi-motorisation<sup>6</sup> est souvent de mise.

<sup>5</sup> CERTU : Centre d'Etudes et de Recherche sur les Transports et l'Urbanisme.

<sup>6</sup> Définition donnée par l'ADEME du phénomène de multi-motorisation : un ménage possède au moins deux modes motorisés.

Cette dualité fondamentale entre urbanisme et mobilité est relevée par de nombreux auteurs qui déplorent très souvent l'absence de vision globale dans les documents obligatoires tels que les PLU, SCOT et PDU<sup>7</sup>. Conséquemment, on s'interroge sur l'inefficacité des transports collectifs au sein des zones périurbaines : « *faut-il espérer modifier la forme des villes pour que celles-ci s'adaptent au mode d'exploitation des transports collectifs ou au contraire, faut-il explorer de nouvelles formes de transport qui s'adaptent à la forme urbaine ?* » (CERTU, 2000). Vincent Fouchier ajoute : « *la dimension de la ville, sa densité, la répartition spatiale des pôles générateurs de déplacements sont autant de facteurs qui influencent les parts modales respectives de l'automobile et des modes doux* » (Fouchier, 2000). Mais ces déterminants ne sont pas les seuls à intervenir sur les parts modales des différents modes.

***Une deuxième relation forte, mise en relief par de nombreux chercheurs, s'exerce entre la morphologie du réseau viaire et les modes de déplacement :***

Dans un chapitre d'ouvrage intitulé « *Impacts des réseaux viaires sur les mobilités urbaines : quelques illustrations* », Jean-Christophe Foltête, Cyrille Genre-Grandpierre et Didier Josselin restituent la synthèse de leurs nombreuses recherches portant sur les liens unissant la forme des réseaux et les pratiques de mobilité (Foltête et al., 2008). Résultats de plus d'une décennie de travaux sur le sujet, les apports de ces trois chercheurs sont extrêmement importants et demeurent, à notre connaissance, pionniers sur la mise en exergue de cette relation forte.

En 2001, Cyrille Genre-Grandpierre tente de rechercher les déterminants de « *pattern* »<sup>8</sup> des flux piétonniers et automobiles. À partir de l'hypothèse d'un déplacement effectué en recherche du plus court chemin, l'auteur attribue à chaque tronçon de voirie une **charge potentielle** de flux qu'il confronte ensuite avec des comptages réels. Il fait la démonstration que « *la structure du réseau viaire, son agencement topologique se révèlent jouer un rôle actif et premier dans la détermination du pattern des flux* ». Par la géométrie fractale, il analyse ensuite la hiérarchisation du réseau et établit que cette dernière induit une utilisation plus ou moins forte de certains tronçons (Genre-Grandpierre, 2001a). Par cette même méthode dite « des plus courts chemins », d'autres chercheurs font la preuve que « *certaines voies semblent vouées à canaliser les déplacements pédestres* ». Ils partent de ce postulat fort : « *les spécificités topologiques du réseau, connexité, connectivité et nodalité, confèrent de la centralité ou de la périphérie, de la proximité ou de l'éloignement aux tronçons et donc aux piétons* » et confirment que les caractéristiques morpho-structurelles des réseaux expliquent, de concours avec les choix individuels, la répartition des flux pédestres (Flitti, Piombini, 2003).

---

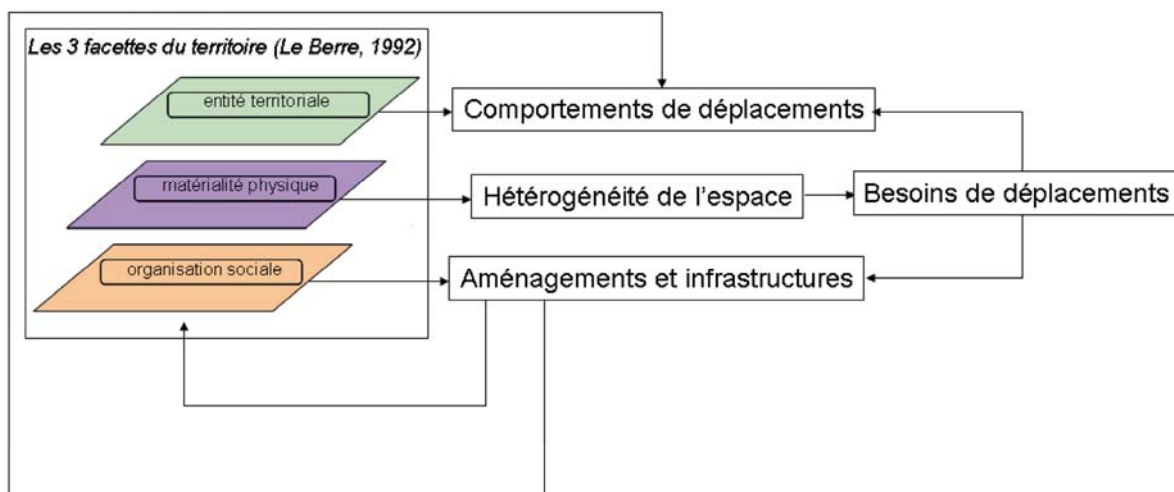
<sup>7</sup> PLU : Plan Local d'Urbanisme ;  
SCOT : Schéma de COhérence Territoriale ;  
PDU : Plan de Déplacements Urbains.

<sup>8</sup> « modèle »

Cette hypothèse selon laquelle **le réseau viaire détermine par ses caractéristiques intrinsèques la quantité de flux et le mode** par lequel ces derniers sont réalisés, guidera bon nombre des travaux de Cyrille Genre-Grandpierre. Associé à Jean-Christophe Foltête, il pointe dans un article de 2003 « *le rôle essentiel joué par la morphologie [du réseau] dans la détermination des comportements de mobilité* ». Pour ces auteurs, l'intensité de l'usage de la marche à pied sur un réseau de voirie est fortement déterminée par la qualité de l'accessibilité qu'il offre. Or, cette accessibilité piétonnière trouve son origine dans l'agencement même du réseau et donc dans sa forme. Forts de cette hypothèse, ils déterminent alors un « *potentiel d'usage de la marche* » au sein de deux communes : Lille et Besançon, et le confrontent avec des enquêtes téléphoniques qui corroborent l'existence d'une **relation entre intensité des flux pédestres et degré d'accessibilité** offert par le réseau viaire (Genre-Grandpierre, Foltête, 2003). La même démarche d'enquête est effectuée pour vérifier « *le potentiel d'utilisation des transports collectifs* » calculé à partir « *de la surface urbaine accessible en bus en un temps donné* » (Genre-Grandpierre, 2005). Là encore, **le lien unissant intensité de l'usage du bus et qualité de la desserte spatiale** est bien mis en évidence. Dans ce prolongement, l'article de synthèse paru en 2008 mentionne que « *la forme et le fonctionnement du réseau vont intervenir sur la qualité de la prestation et, in fine, sur [les] performances [du transport public]* ». Les auteurs réaffirment donc la **relation forte entre configuration morphologique du réseau viaire et efficacité des modes de transport** (Foltête et al., 2008), entre géométrie du réseau et fréquence des flux (Foltête, 2007).

**Le constat est sans appel, de très nombreuses interactions existent entre le système territorial et le système de transport.** Il s'agit à présent de faire la synthèse des liens unissant les deux systèmes.

Les trois facettes du territoire décrites par Maryvonne Le Berre sont reprises :



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 6 : Les trois facettes du système territorial sont en relation avec la mobilité



L'entité territoriale, définie par l'auteur comme la résultante d'un « *sentiment d'appartenance* » et d' « *une unité de fonctionnement* » sous-tend l'idée d'une singularité dans les modes de vie qui s'observent sur le territoire – des manières d'habiter et de se déplacer particulières et différentes d'un territoire à l'autre. Cette première facette contient donc des **comportements de déplacements** particuliers.

La matérialité physique du territoire, deuxième facette, induit – par l'**hétérogénéité de l'espace** – une répartition particulière des populations et des fonctions urbaines qui va engendrer des **besoins de déplacement** auprès des populations (Vanco, 2008 ; Priemus et *al.*, 2001). Ces besoins de déplacements vont être satisfaits selon des comportements de déplacements et alimenter par là la singularité du territoire sur lequel les flux s'appliquent.

L'organisation sociale, produit des interactions entre les différents acteurs du territoire, met à la disposition des populations des **aménagements et des infrastructures** de transport pour répondre aux besoins de déplacement. Les caractéristiques de cette offre en aménagements et infrastructures influent sur les comportements de déplacements.

De manière générale, les trois facettes du territoire ont une influence sur l'efficacité des modes de transport et par conséquent sur les parts modales respectives de chacun d'eux. La figure 7 se lit comme la synthèse des multiples travaux portant sur des déterminants territoriaux pour l'utilisation des modes de transports<sup>9</sup>.

---

<sup>9</sup> Des tableaux de synthèse reprenant toutes les références bibliographiques mobilisées pour construire ces diagrammes figurent :

- pour la marche à pied au chapitre 7 ;
- pour tous les autres modes en annexe 7.

Par ailleurs, ces diagrammes ont été réalisés en s'inspirant du mémoire de Bente Henni qui recense dans son étude les facteurs favorables au développement des transports publics (cf. annexe 1).



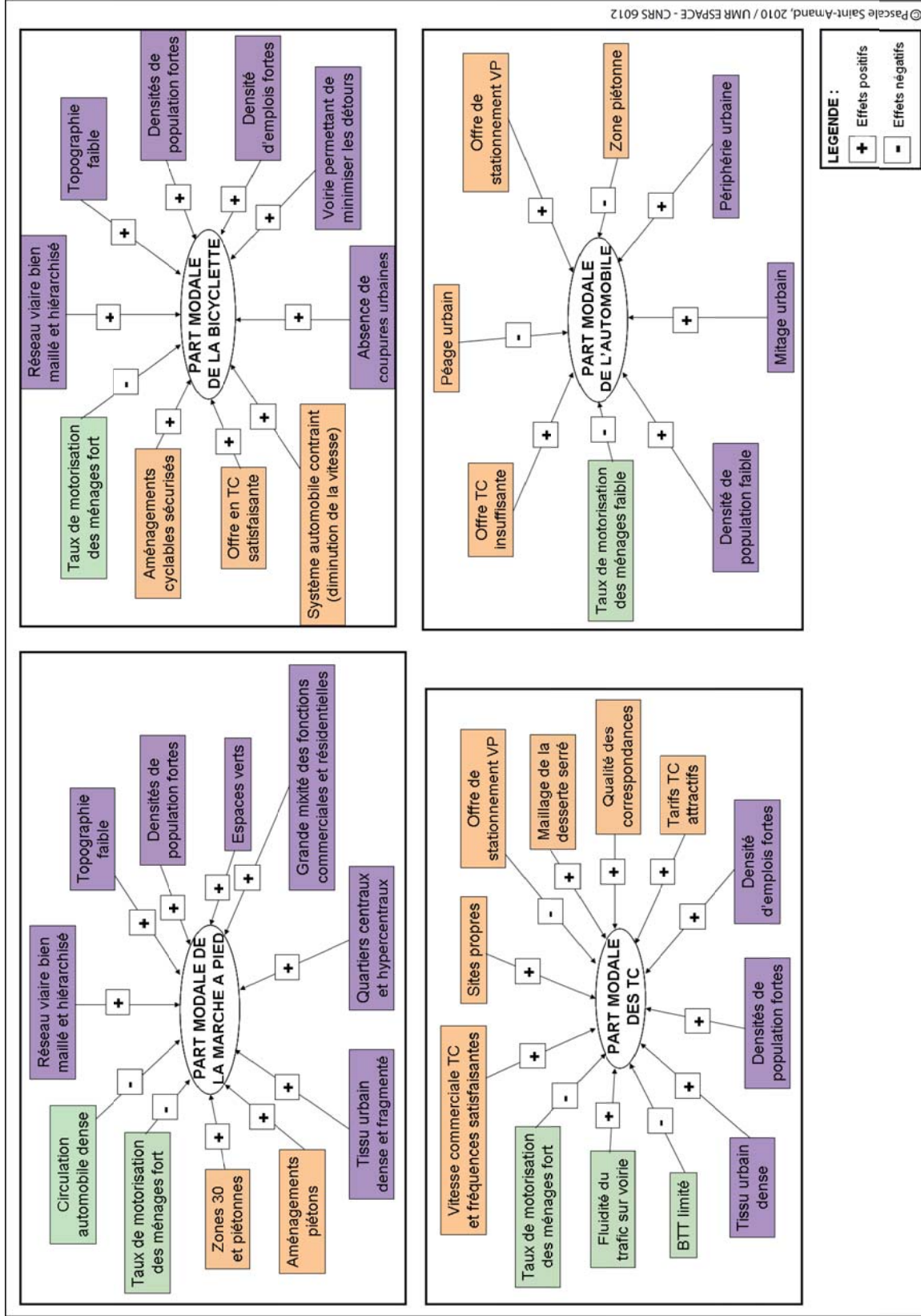


Figure 7 : Efficacité allouée par les trois facettes du territoire à chaque mode de transport. Pour prendre la mesure de cette relation d'efficacité induite par les trois facettes sur les modes de transport, les couleurs de la figure 6 sont conservées.



La marche à pied s'exerce par définition sur des distances restreintes, comprises le plus souvent entre quelques dizaines de mètres et deux kilomètres (Owens, 1993 ; Handy, 1996 ; Houot, 2004 ; Marshall, 2007). Logiquement, la grande majorité de ces déplacements excède rarement les 15 minutes (Mignot, 2001 ; Von Der Mühl, 2004). Ces deux critères sous-tendent que le marcheur chemine dans un contexte territorial qui offre une grande mixité des fonctions commerciales et résidentielles, généralement en quartiers centraux et hypercentraux (Noël, 2003 ; Owens, 1993 ; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003 ; INSEE, 2002) où les densités de population sont fortes et le tissu bâti très dense (Vernez-Moudon et al., 1997 ; Pushkarev, Zupan, 1975 ; Newman, Kenworthy, 1992). En recherche du plus court chemin (Amar, 1993 ; Piombini, 2006 ; Foltête, 2007), le marcheur privilégie les déplacements sur un réseau viaire maillé et hiérarchisé qui pénètre au sein d'un tissu bâti fragmenté limitant ainsi les détours (Héran, 1999 ; Genre-Grandpierre, 2001b) et livrant alors un fort potentiel d'accessibilité piétonne sur une aire réduite (Genre-Grandpierre, Foltête, 2003). La qualité de l'environnement construit ainsi que la présence d'espaces verts favorisent certains itinéraires (Piombini, Flitti, 2003 ; Handy, 1996 ; Carré, Julien, 2000) au même titre que la présence d'aménagements piétons – trottoirs, passages piétons, zones 30 et piétonnes – (Owens, 1993 ; Houot, 2004) qui sécurisent l'usager redoutant une circulation automobile dense (Hine, 1996) ou encore le franchissement d'une coupure urbaine trop importante (Bonanomi, 1990 ; Foltête, 2007).

On l'aura compris, la marche à pied, pourtant mode naturel de déplacement de l'être humain nécessite, de manière paradoxale, une conjonction de facteurs territoriaux multiples pour pouvoir être mise en œuvre dans les meilleures conditions.

Bien évidemment, d'autres facteurs interviennent sur l'efficacité de la marche à pied. Ils sont à la fois liés à des critères sociaux comme l'âge (INSEE, 2002) ou le niveau de revenus (Vernez-Moudon et al., 1997 ; Pushkarev, Zupan, 1975) qui peuvent à leur tour influencer sur le taux de motorisation du ménage et donc sur l'intensité de la marche à pied (Houot, 2004).

À l'instar de la marche à pied, l'utilisation de la bicyclette requiert un contexte territorial au sein duquel les densités de population et d'emplois sont fortes (Baltes, 1996 ; Noël, 2003) étant donné que le déplacement utilitaire<sup>10</sup> à bicyclette excède rarement les trois kilomètres ou les 30 minutes (Ampt, Rose, 1994 ; Atelier parisien d'urbanisme, 2006, Héran, 2001). Utilisant un mode actif, le cycliste cherche en priorité à minimiser son effort en privilégiant avant tout un itinéraire à topographie plane (Ashley, Bannister, 1989 ; Aultman-Hall et al., 1997b) et une voirie linéaire pour limiter le nombre de détours induits par la configuration du bâti et par le maillage du réseau viaire (Héran, 1999 ; Genre-Grandpierre, 2001b ; Foltête, 2007). Le franchissement d'infrastructures autoroutières ou la présence de coupures urbaines représentent un frein aux déplacements doux (Bonanomi, 1990) et *a fortiori* décourage

---

<sup>10</sup> Le déplacement utilitaire est effectué pour les motifs : domicile-travail, domicile-étude ou domicile-achat ; il se distingue de l'usage récréatif pur où l'usager chemine à des fins sportives ou de loisirs (Pronovost et al., 1997).

l'usager du vélo, qui même en recherche du chemin le plus direct (Piombini, 2006) conserve une acuité particulière dans sa perception du danger (Owens, 1993). À l'inverse, la présence d'aménagements comme les bandes et pistes cyclables encouragent l'utilisation de la bicyclette car ils offrent un espace sécurisé à l'usager en l'isolant d'une circulation motorisée dense ou rapide (Noël, 2003) et permettent souvent un partage de la voirie nécessaire à l'apaisement du trafic automobile (Aultman-Hall et al., 1997b).

Le lien entre densités urbaines et usage des transports collectifs a été traité précédemment, notamment par l'évocation des travaux de Peter Newman, Jeffrey Kenworthy et Félix Laube. Cette décroissance de l'usage des transports en commun du centre vers la périphérie des villes (Genre-Grandpierre, 2005) a bien été mise en évidence (Madre, Maffre, 1997) mais « *le périurbain en tant que forme urbaine favorise-t-il l'automobile ou est-ce un manque d'organisations des transports à l'échelle du bassin de vie qui fait défaut ?* » (CERTU, 2000). Il est démontré que de fortes densités d'emplois, de population et donc du tissu bâti sont requises pour voir leur offre se mettre en place, s'étoffer et *in fine* démontrer autant que faire se peut leur efficacité (Joly, Masson, Petiot, 2003). Une efficacité des transports collectifs qui est, de toute manière, liée à l'offre et à la qualité de service délivrées par les collectivités locales en charge de leur gestion (Kaufmann, 2000). Leur performance a souvent été mesurée par la qualité de la desserte spatiale, considérant que l'unique indicateur de « *la proximité aux points d'arrêt* » pouvait expliquer leur fréquentation (Genre-Grandpierre, 2005). Or, une offre en transport collectif s'évalue par bien d'autres critères et c'est **l'ensemble du service** qui intervient sur les parts modales. Le principal frein à leur utilisation réside finalement dans l'efficacité du système automobile, qui garantit une « *immédiateté, une instantanéité et une ubiquité* » (Dupuy, 1999) qu'un bus serait bien incapable de concurrencer ou même de fournir. Une offre de stationnement automobile à destination du déplacement finit de conférer aux transports collectifs des répartitions modales extrêmement modestes (Joly, Masson, Petiot, 2003). Parallèlement, au sein des AOTU, l'indicateur suivi de très près est celui de la vitesse commerciale (CASA<sup>11</sup>, 2008a), qui on le sait, va fortement intervenir auprès d'utilisateurs ayant un BTT<sup>12</sup> limité (Zahavi, 1974). Le site propre<sup>13</sup> peut alors venir améliorer cette vitesse commerciale, il demeure l'un des aménagements les plus mis en œuvre pour rendre au bus un peu de son attractivité auprès des actifs (CASA, 2008a) : le GART (Groupement des Autorités Responsables des Transports publics) prévoit la réalisation de 460 kilomètres de sites propres, bus ou ferrés, sur une période de 10 ans (Cluzet, 2007). L'usage de l'automobile exerce une réelle influence sur le système de transports collectifs : quatre critères qui

---

<sup>11</sup> CASA : Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis.

<sup>12</sup> Dans les années 1970, l'économiste Yacov Zahavi émet l'hypothèse qu'un usager dispose d'une durée constante d'une heure pour se déplacer au cours d'une journée, quel que soit le lieu où il réside. Cette hypothèse, qui fait encore jusqu'à aujourd'hui débat dans la communauté scientifique, est appelée la « **conjecture de Zahavi** ».

<sup>13</sup> Site propre : le transport collectif chemine sans mélange avec le flux des voitures (Wiel, 1999).

entraînent des effets positifs ou négatifs sur leur part modale appartiennent à ce système automobile, qui intervient d'ailleurs conjointement sur l'ensemble des modes.

« *Les différents modes de transports, ainsi que les déterminants qui augmentent ou diminuent leur part modale respectivement entretiennent aussi des **relations de causes à effets*** » (Derycke, 2000). Le système automobile intervient à tous niveaux : son efficacité est telle qu'on emprunte rarement un autre mode que l'automobile si l'on en dispose (Héran, 2001 ; Marshall, 2007 ; Niel, 1998b). Les autres moyens de transport se partageant finalement la frange des usagers contraints : les captifs,<sup>14</sup> « *prisonniers du transport public* » (Frenay, 1997) et les automobilistes contrariés...

Cette dernière catégorie étant la résultante de politiques luttant contre le « tout automobile », par le biais de moyens divers : la mise en place de péages urbains ou de zones piétonnes en hypercentres, l'interdiction de stationner, ou encore les aménagements sur le réseau viaire à même de réduire la circulation automobile (Genre-Grandpierre, 2007).

La figure 7 montre bien que, selon le mode de transport considéré, les trois facettes du territoire influent de manière différenciée sur les efficacités respectives. Les mobilités douces sont conditionnées par une matérialité physique du territoire qui peut permettre à l'utilisateur d'atteindre un maximum de lieux sur une portion d'espace restreinte. L'utilisation des transports collectifs dépend directement de la qualité de service et de l'offre mise à la disposition des usagers (Genre-Grandpierre, 2005). Offre satisfaisante en zones denses mais largement insuffisante dans le périurbain. C'est de toute manière la facette de l'organisation sociale du territoire qui intervient le plus sur leur part modale.

L'utilisation du véhicule particulier est, quant à elle, directement liée à un processus complexe, induit par les trois facettes du territoire : la dépendance automobile. Phénomène analysé par Gabriel Dupuy (Dupuy, 1999), et très largement mis en relief dans la littérature, le parti retenu ici consiste à évoquer ce phénomène mais ne pas entrer dans les détails. L'idée majeure à retenir réside dans le fait que **la configuration spatiale du système territorial sous-tend à la fois les besoins de déplacements ainsi que les pratiques et les comportements de déplacements**. Et par ailleurs, au vu des propos tenus tout au long de cette section, une **offre de transport adaptée à cette configuration spatiale** ne pourra que renforcer l'efficacité de certains modes.

Finalement, l'analyse des interrelations entre système territorial et système de transport effectuée dans cette première section conduit à postuler qu'à une configuration spatiale

---

<sup>14</sup> Un usager est considéré comme « captif » des transports publics quand il ne dispose pas du permis de conduire ou d'une automobile. Sylvie Fol, Professeur de Géographie à Paris I – Panthéon Sorbonne, a publié de nombreux travaux sur la mobilité quotidienne des pauvres et démontre que « *l'accès inégal à la mobilité engendre, pour les individus qui en sont victimes, des processus d'enfermement spatial et social* » (Bacqué, Fol, 2007). On le verra un peu plus loin, la durabilité d'un système de transport passe par le comblement de ces inégalités sociales.



donnée correspond forcément un système de transport efficace, à même de répondre aux besoins de déplacement des individus. On l'a vu, le territoire est capable d'être à la source de processus tels que la dépendance automobile et il porte, par ailleurs, un certain nombre de caractères intrinsèques capables d'influer sur l'efficacité des modes de transports.

## **2. S'appuyer sur les interrelations entre système territorial et système de transport pour tendre vers une mobilité durable**

### **2.1. Les systèmes de transport doivent désormais induire la mobilité durable**

« *L'usage de l'automobile ne cesse de croître, à un rythme rapide et régulier de 3% par an depuis vingt ans* » (Cluzet, 2007) et « *si les pratiques actuelles d'achat et d'usage des véhicules se confirment, le trafic automobile urbain devrait selon le Service Économique et Statistique (SES – Ministère de l'Équipement) encore augmenter de 43% d'ici 2020* » (Aguiléra, Mignot, 2003). On le constate, les modes de vivre et d'habiter concourent conjointement à l'augmentation du trafic automobile. Or, les enjeux actuels du développement durable engagent l'ensemble des acteurs des territoires à repenser les mobilités.

« *En 2005, en France, le secteur des transports est le premier émetteur de CO<sub>2</sub> avec 26 % des émissions, devant les secteurs de l'industrie, l'agriculture et le résidentiel. Ces rejets liés aux transports ont connu la plus forte hausse entre 1990 et 2005 : + 22%* » (CITEPA, 2007). Des disparités importantes s'observent à l'intérieur du secteur des transports pris dans son ensemble. Ainsi, dans notre pays, le transport routier est le principal émetteur de CO<sub>2</sub> avec 85% du total des émissions, loin devant l'aviation avec 14% (Statistiques de l'OCDE citées par l'IFP-Lyon, 2008)<sup>15</sup>. Même s'ils sont réels, les efforts menés par les constructeurs automobile en termes de motorisation et de rejet de GES<sup>16</sup> (ADEME, 2006) ne suffisent pas à atténuer les multiples préjudices causés par le « tout automobile ». Diminuer les nuisances du secteur des transports, en prenant en compte **les trois volets du développement durable**, suppose de réorganiser les systèmes de transport urbains dans leur ensemble. L'État français a semble-t-il pris la mesure de ces enjeux. Et dans le cadre des engagements contractés au niveau international – notamment au travers de la signature du Protocole de Kyoto et des suivants – les réglementations en matière d'organisation et de gestion des transports poursuivent un objectif commun : réduire les parts modales de l'automobile.

---

<sup>15</sup> IFP : Institut Français du Pétrole ;

OCDE : Organisation de Coopération et de Développement Economiques.

<sup>16</sup> GES : Gaz à Effet de Serre.



***Les enjeux sont tels que des évolutions s'observent même au niveau des définitions :***

« Un système de transport est un ensemble constitué par les véhicules, l'infrastructure, les techniques d'exploitation et l'organisation institutionnelle qui le régit » (Bailly, 2004). On l'a vu, un système de transport est constitué de plusieurs sphères en étroite interdépendance (cf. section 1). Actuellement, **d'autres acceptions du système de transport** émergent. Ces derniers sont directement définis par la mission qu'ils doivent être à même de remplir. Ainsi, une recherche portant sur l'expression « système de transport » sur le site Internet du CERTU aboutit aux propos suivants : « *L'objectif de réduction de l'usage de la voiture particulière nécessite notamment l'organisation de réseaux de transports collectifs plus performants, bénéficiant de systèmes de tarification et d'information voyageurs intégrés, ainsi que des pôles d'échanges facilitant l'intermodalité. Mais cet objectif doit également conduire au développement de modalités alternatives entre voiture « solo » et lignes régulières de transport collectif : transport à la demande, covoiturage, autopartage, flottes de vélos ou de vélos à assistance électrique, etc...* » (CERTU, 2010)<sup>17</sup>.

Les objectifs sont posés : les systèmes de transport doivent à présent concourir à la diminution de l'utilisation de l'automobile au sein des espaces urbains et par conséquent à un rééquilibrage des répartitions modales. En ce sens, plusieurs conditions sont requises :

- les transports collectifs doivent se révéler performants : il est donc primordial de proposer des tarifs attractifs, des dessertes fréquentes au sein d'un espace étendu selon un maillage fin et de compléter l'offre régulière par la mise en place de modalités plus souples – de type TAD<sup>18</sup> par exemple (Josselin et al., 2005 ; Castex, 2007) ;
- des alternatives à l'automobile de toutes sortes doivent être mises à disposition des usagers.

**Les systèmes de transport doivent désormais être les vecteurs d'une mobilité durable<sup>19</sup>.**

Un certain nombre d'organismes internationaux œuvrent actuellement pour intégrer la mobilité durable dans la politique générale de développement durable de chacun des pays (Vanoeteren, De Bruyn, 2004). Les indicateurs de la mobilité durable demeurent encore flous (Gudmundsson, 2003), cependant, on cerne assez bien les attendus autour des systèmes de transport pour y aboutir.

---

<sup>17</sup> Site Internet : [www.certu.fr](http://www.certu.fr), onglet : « systèmes de transports ».

<sup>18</sup> TAD : Transports A la Demande.

<sup>19</sup> Une nuance est ainsi introduite entre :

- le mode de transport durable : mode de transport non motorisé ou collectif ;
- le système de transport durable : moyens mis à la disposition des usagers pour répondre à leurs besoins de déplacement tout en respectant les principes du développement durable ;
- la mobilité durable : la possibilité de se déplacer en respectant les principes du développement durable.

Pour s’inscrire véritablement dans la durabilité, voici les caractéristiques essentielles que doivent renfermer les systèmes de transport :

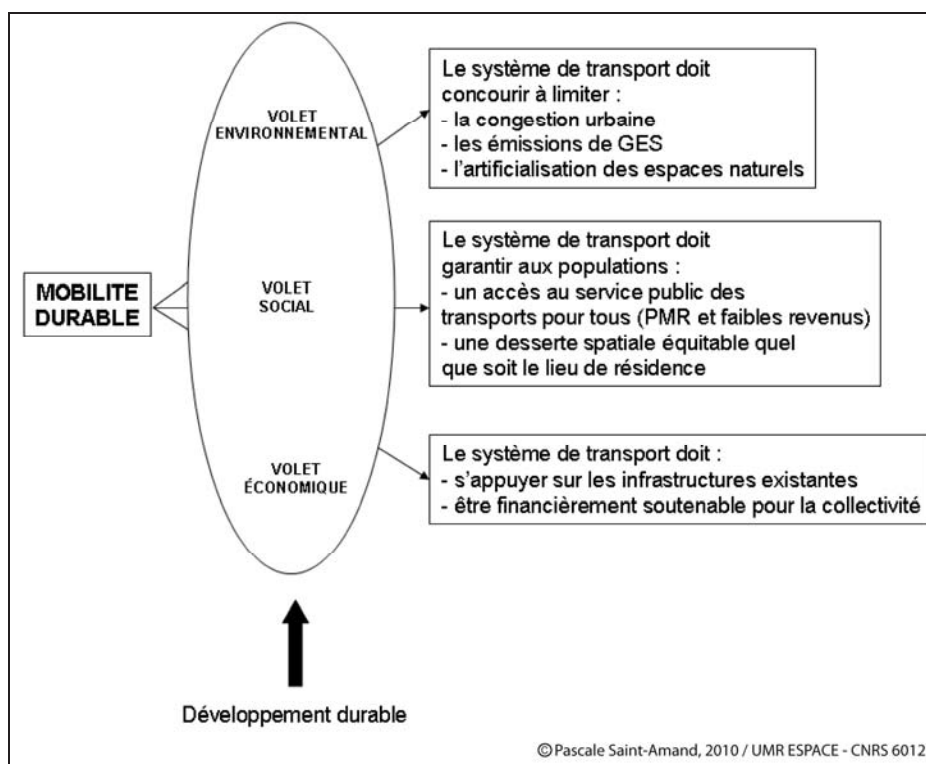


Figure 8 : Les systèmes de transport sont désormais acteurs de la durabilité<sup>20</sup>

On le constate désormais dans la manière de définir les systèmes de transport : c’est au travers de l’**efficacité** et de la **performance** des modes de transport que s’envisagent les reports modaux et le succès des alternatives à l’automobile. Or, on l’a vu, l’efficacité des modes est sous-tendue par les trois facettes des territoires. Les déterminants territoriaux qui favorisent ou freinent l’utilisation des modes de transport ont été relevés à la section précédente : il

<sup>20</sup> Cette figure se lit comme la synthèse des travaux portant sur les définitions et indicateurs de la mobilité durable. Les références bibliographiques correspondantes sont :

GUDMUNDSSON H., 2003, *Donner du sens aux concepts. La mobilité durable et les systèmes d'indicateurs dans le domaine de la politique des transports*, Revue internationale des sciences sociales, n° 176, p. 221-242.

NICOLAS J.-P., POCHE P., POIMBOEUF H., 2001, *Indicateurs de mobilité durable, application à l'agglomération de Lyon*, Recherche du LET (Laboratoire d'Economie des Transports) en collaboration avec l'APDD (Association pour les Pratiques de Développement Durable), 130 pages.

OCDE, 1997, *Vers des transports durables*, Conférence de Vancouver organisée par l'OCDE, Points saillants de la conférence et aperçu des enjeux, 24-27 Mars 1996, 206 pages.

The Center for sustainable transportation (Toronto), 2002, *Définition et vision du transport durable*, 5 pages.

Union des Transports Publics (UTP), 2004, *Dossier d'information sur le développement durable*, 22 pages.

VANOETEREN C., DE BRUYN T., 2004, *Utilisation et développement d'indicateurs de mobilité durable*, Plateforme « Indicateurs pour un développement durable : entre recherche et politique, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, 42 pages.

VERRY D., NICOLAS J.-P., 2005, *Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD*, Rapport intermédiaire n°2 du projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable, Juillet 2005, 98 pages.

existe des **pré-requis territoriaux à l'utilisation des modes doux**, des transports collectifs, et de l'automobile.

## **2.2. Envisager la mobilité durable par la recherche d'une adéquation entre les deux systèmes**

*« Dans un contexte où les préoccupations environnementales s'affirment toujours plus, à l'heure des plans de déplacements urbains, qui visent, au moins théoriquement, à un partage modal plus équitable, la connaissance fine des mobilités non automobiles et de leurs déterminants apparaît stratégique pour en assurer le développement. »* (Genre-Grandpierre, 2005). Il y a deux points majeurs à retenir ici. Intervenir sur les répartitions modales apparaît aujourd'hui plus que nécessaire. Parallèlement, connaître les facteurs qui favorisent l'utilisation des transports durables semble pertinent pour procéder à des politiques efficaces. Dès 2001, Cyrille Genre-Grandpierre réfléchit à **l'influence structurelle de la morphologie des réseaux sur l'efficacité du mode automobile** et par conséquent sur la priorité d'agir directement au niveau de la voirie pour réduire son hégémonie (Genre-Grandpierre, 2001b). Cette thèse est reprise en 2007, lorsque l'auteur propose d'introduire des *« pénibilités – ou ralentissements imposés – sur le réseau de voirie »* à destination des véhicules particuliers. Intervenir sur les réseaux et produire *« des systèmes territoriaux de nouveau fondés sur les proximités physiques »* paraît être, pour lui, *« les leviers essentiels »* dans la recherche de partages modaux plus équilibrés (Genre-Grandpierre, 2007).

Sans envisager le bannissement pur et simple de l'automobile, qui par ailleurs serait totalement irréaliste, il est possible d'octroyer à chaque mode de transport une efficacité satisfaisante **en l'utilisant dans un contexte territorial qui lui est approprié.**

La **multiplicité et la force des interrelations** qui s'exercent entre système territorial et système de transport, laissent à penser que la configuration des territoires est un facteur déterminant de l'utilisation et de l'efficacité des différents modes de transport. Il existerait des structures territoriales, voire des pré-requis, qui influeraient sur la performance des modes. Pourquoi ne pas envisager alors de moduler les répartitions modales en favorisant l'usage du ou des modes les plus adaptés à chaque configuration territoriale ?

La thèse soutenue est la suivante : les systèmes territoriaux, dans leur structure même, portent dans leurs composantes élémentaires des **potentiels** plus ou moins marqués à l'utilisation des modes de transport. Riches à la fois d'une connaissance aigüe sur les éléments qui font le territoire et des déterminants favorisant l'utilisation de ces modes, il est envisageable de procéder à la mise en adéquation des deux systèmes. C'est par un système de transport adapté aux spécificités du territoire que la mobilité durable pourra se développer. On l'aura compris,

la mise en adéquation de ces deux systèmes à processus combinatoires complexes constitue la finalité de cette recherche.

\*\*\*\*\*

### **Conclusion du chapitre premier :**

Ce chapitre premier consacré à la recherche des déterminants de l'utilisation des modes de transport a mis en exergue le rôle joué par le système territorial dans l'efficacité du système de transport : « À côté des facteurs socio-démographiques et économiques classiques que sont le sexe, l'âge ou encore le revenu, la mobilité – dans ses multiples composantes (distances, modes, etc.) – étant fortement déterminée par la répartition des localisations intra-urbaines »<sup>21</sup> (Aguiléra-Mignot, 2002).

**Le système territorial et le système de transport entretiennent des relations d'interdépendances.** La répartition des objets dans l'espace ainsi que les configurations territoriales ont une influence certaine sur la performance des modes de transports. En retour, les composantes et l'organisation du système de transport interviennent sur le fonctionnement du système territorial.

Par ailleurs, la part de chaque mode de transport influe sur l'ensemble des répartitions modales et sur l'efficacité du système de transport pris dans sa globalité. Les processus d'interactions entretenus par le système territorial et le système de transport sont extrêmement complexes. D'autant plus que, désormais, la définition même des systèmes de transport évolue. Compte-tenu des enjeux actuels, notamment en termes de réduction des émissions de GES, ils doivent être conçus comme vecteurs d'une mobilité durable.

Les systèmes de transports font partie intégrante des systèmes urbains. Ils s'inscrivent dans un contexte territorial qu'il est fondamental de cerner afin de poursuivre notre recherche d'adéquation. La notion de **réceptivité du territoire au système de transport** fait donc l'objet du chapitre suivant.

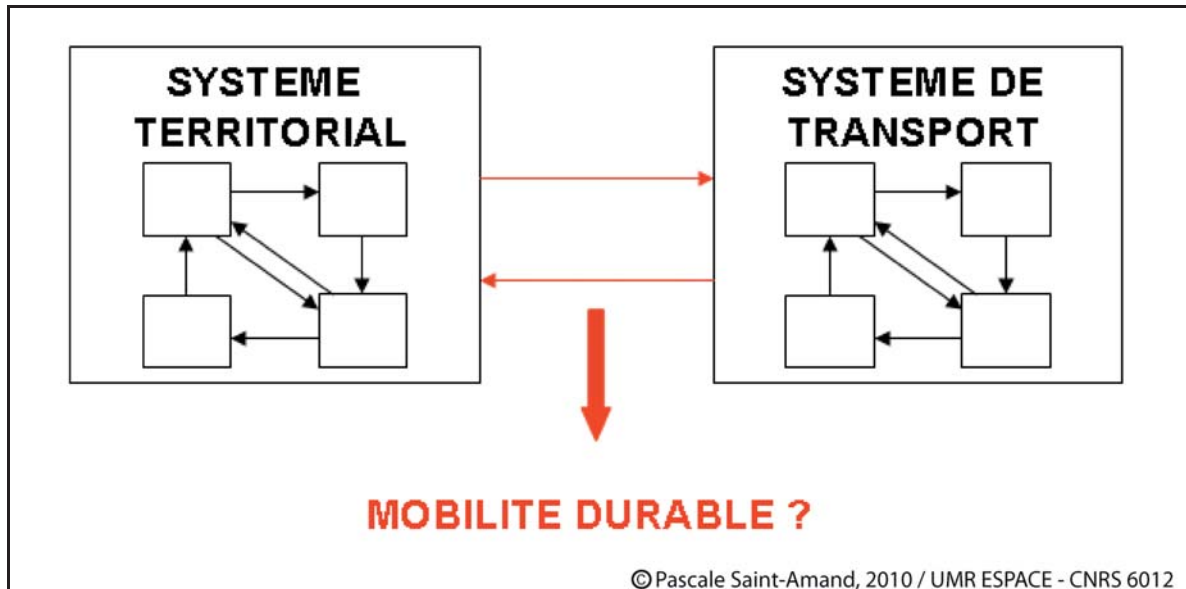
---

<sup>21</sup> Ou selon Marc Wiel « par l'imbrication spatiale des choses et des gens » (Wiel, 2002).

**Fiche de synthèse du chapitre premier :**

Le système territorial est un système complexe.

Le système de transport est un système complexe.



Une mobilité durable peut être envisagée à partir d'une mise en relation entre toutes les composantes de ces deux systèmes complexes.



## CHAPITRE 2 : LE SYSTÈME TERRITORIAL REÇOIT LE SYSTÈME DE TRANSPORT

*« Dans le domaine particulier de la géographie, la spatialité des phénomènes et des réseaux qui les sous-tendent introduit une dimension supplémentaire dans l'analyse, car le réseau n'est pas seulement une organisation réticulaire (i.e. des sommets reliés par des arêtes), mais également un objet géographique implanté sur le territoire. »*

Jean-François Gleyze, 2007.

Rechercher la réceptivité d'un système territorial aux modes de transports durables revient à analyser les attentes exprimées par les deux volets majeurs du territoire : les acteurs et l'espace.

### **1. Rechercher la réceptivité des territoires aux modes de transports durables**

#### **1.1. Le système de transport s'inscrit dans un contexte territorial**

L'adhésion des populations est la condition *sine qua non* au succès d'une politique en matière de mobilité durable. Or, les comportements individuels évoluent en fonction des contextes politiques, sociaux et environnementaux (Rocci, 2007). Si l'on souhaite mettre en place un système de transport adapté aux besoins exprimés par le territoire, il apparaît nécessaire de connaître les mécanismes menant à l'acceptation de l'innovation et aux changements dans un contexte spatial et temporel bien déterminés.

##### **1.1.1. De la sensibilité pour les enjeux environnementaux à l'adhésion aux transports durables**

Sollicités en permanence pour adopter des comportements « éco-responsables », les Français semblent être désormais sensibilisés aux enjeux du développement durable et plus particulièrement de son volet environnemental. Conscients de la dégradation progressive de l'environnement à l'échelle planétaire, ils perçoivent toutefois mal les solutions à adopter individuellement et surtout les effets que ces dernières pourraient avoir (LH2, 2009)<sup>22</sup>. « *Entre*

---

<sup>22</sup> LH2 : Institut de sondages et d'études de marché Louis Harris.

*désir d'y croire et volonté de faire* » (LH2, 2009), voici la principale leçon tirée des récentes enquêtes d'opinions menées auprès des Français, portant sur le développement durable. L'intérêt de la population pour les enjeux environnementaux à l'échelle de la planète va croissant. Mais **tirillés entre deux attitudes** : celle de consommateur-citoyen et celle de consommateur avide de nouvelles technologies énergivores (LH2, 2006), les Français ciblent leurs efforts, essaient de compenser certains de leurs comportements, adoptent des gestes plus ou moins contraignants pour pouvoir se sentir partie prenante dans une grande cause tout en se préservant une liberté d'action et de confort chère à leurs yeux. Le tri des déchets semble être le geste le plus intégré dans les habitudes quotidiennes (Roy, 2006). La mise à disposition de containers *ad hoc* ainsi qu'une communication abondante de la part des intercommunalités – en charge de la gestion des déchets – a largement contribué à instaurer cette pratique au sein des ménages.

Il incombe à ces mêmes intercommunalités de gérer et d'organiser les transports publics. Par ailleurs, elles s'engagent dans les documents d'urbanisme obligatoires, tels que les PDU<sup>23</sup>, à réduire les émissions de gaz à effet de serre dues aux transports en offrant aux usagers des alternatives à l'automobile. Bien qu'identifiées par les Français comme acteur essentiel dans la préservation de la qualité de l'air (Lavoux, Roy, 2002), les **intercommunalités peinent à recueillir une adhésion franche autour des transports durables**.

Comment expliquer que des Français qui placent la dégradation de l'environnement et le réchauffement climatique au même niveau que les taux de chômage dans leurs préoccupations essentielles (LH2, 2005) puissent se montrer si rétifs aux reports modaux ?

Une première piste de réflexion consisterait à dire que les personnes ont beaucoup de mal à faire un **lien systématique** entre le phénomène global de réchauffement de la planète et l'impact qu'aurait sur celui-ci un changement radical dans leurs pratiques individuelles (Rocci, 2007). Considérant que les États doivent se placer en première ligne pour préserver la planète (Lavoux, Roy, 2002), les individus ont tendance à attendre que des mesures concrètes soient entérinées aux niveaux national et international. Mais comment attendre des changements marqués en termes de mobilité lorsque les écrans publicitaires ventent – à de multiples reprises au cours d'une même journée et parfois au cours d'une même séquence publicitaire – les mérites de tel ou tel véhicule, de tel ou tel constructeur automobile ? En France, le Grenelle de l'environnement a abouti à la mise en œuvre de mesures concrètes mais la prospérité du secteur de la construction automobile demeure l'une des priorités de l'État.

---

<sup>23</sup> La formalisation de PDU est une obligation légale initiée par les lois LOTI et LAURE. La loi SRU précise les thèmes obligatoires à décliner à l'intérieur du document.

LOTI : Loi d'Orientation des Transports Intérieurs (30/12/1982) ;

LAURE : Loi sur l'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Énergie (30/12/1996) ;

SRU : Loi Solidarité et Renouvellement Urbains (13/12/2000).



Dans ces conditions, comment impulser une adhésion massive des populations autour des transports durables ? Il apparaît nécessaire de comprendre le **processus du changement**.

### 1.1.2. La résistance aux changements malgré un contexte favorable

Phénomène largement analysé en sociologie, la résistance aux changements s'explique en tout premier lieu par le fait que *« tout changement implique [forcément] un renoncement »* (Yatchinovsky, 2005). Par ailleurs, la dimension du temps est fondamentale dans un processus de changement, notamment dans les domaines des déplacements et de l'aménagement : *« il apparaît en effet que les individus ont tendance à se plaindre des aménagements et des changements qui en résultent, jusqu'à ce qu'ils voient les avantages à leur achèvement »* (Rocci, 2007). L'acceptabilité prend donc du temps mais l'accompagnement des mesures pour une mobilité durable demeure essentiel : *« la pédagogie autour des questions de mobilité est fondamentale puisque cette dernière renvoie à des valeurs et aux idéaux d'une société »* (Groupe Chronos, 2010). *« L'arrivée d'un nouveau système de transport peut modifier considérablement les représentations du monde, et non seulement de l'espace, pour les individus et les groupes qui en bénéficient »* (Plassard, 2003). L'apprentissage au travers d'expériences peut alors être envisagé comme un levier favorable au changement, il *« permet de prendre conscience d'une autre manière de se déplacer et de lever les contraintes imaginées »* (Rocci, 2007).

Finalement les modes de transports considérés comme « durables », c'est-à-dire la marche à pied, la bicyclette et les transports en commun (Fouchier, 2000), ne sont pas des innovations, loin s'en faut, mais leur utilisation massive au sein des pratiques de mobilité quotidiennes peut être perçue comme telle : *« innover c'est introduire dans une chose établie quelque chose de nouveau, d'encore inconnu, qui est de nature à transformer celle-ci »* (Saint-Julien, 1985, 2004). La diversité des solutions alternatives à l'automobile ainsi que ses nouveaux usages<sup>24</sup> constituent des pratiques innovantes qu'il est nécessaire d'accompagner du mieux possible pour pouvoir impulser des changements. Et si *« l'environnement n'apparaît pas comme étant un critère de choix modal »* (Rocci, 2007), il est capital de **cerner les déterminants** capables de faire adhérer les individus à la mobilité durable.

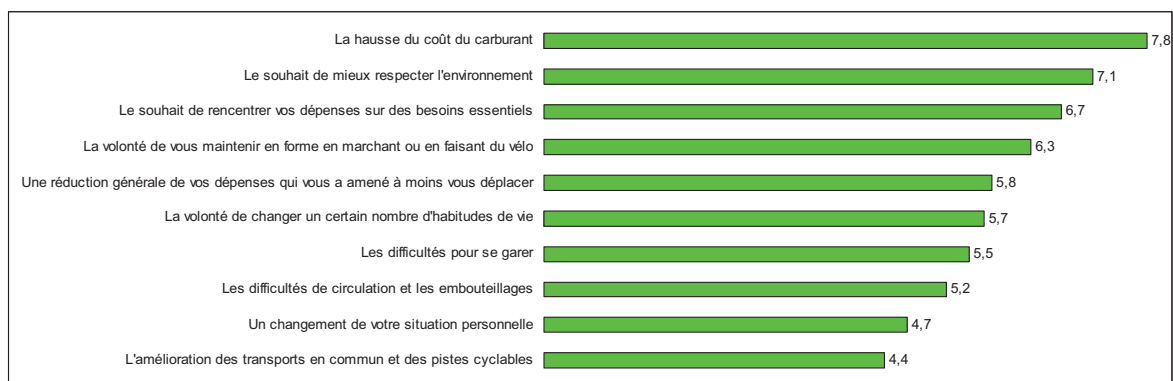
La relation qui semble intéresser particulièrement les instituts de sondage est celle qui unit le prix des carburants et l'utilisation de l'automobile. *« Les vertus du pétrole cher »* sont reconnues pour pousser à la *« démotorisation des foyers. L'évolution des mobilités étant étroitement liée aux questions de coûts »* (Groupe Chronos, 2009). En janvier 2009, l'institut de sondage IFOP<sup>25</sup> interroge 726 utilisateurs de véhicule personnel sur les raisons qui ont pu

---

<sup>24</sup> On peut citer notamment : le covoiturage, l'autopartage et l'intermodalité.

<sup>25</sup> IFOP : Institut Français d'Opinion Publique.

les inciter à moins utiliser leur automobile. Il s'agissait d'attribuer une note de 1 à 10 selon l'importance accordée à chaque motif :



**Figure 9 : Impact des prix des carburants sur l'usage de la voiture (IFOP pour l'Union Française des Industries Pétrolifères, 2009)**

Une enquête menée au niveau européen en 2006 montre que la hausse des carburants a pour effet de diminuer l'usage quotidien de la voiture, et ce dans de nombreux pays. Par ailleurs, des modifications dans les habitudes de déplacement apparaissent : les Italiens et les Français redécouvrent la marche à pied, tandis que la bicyclette gagne des parts de marché – déjà conséquentes – en Allemagne et en Suède. Le covoiturage fait partie des solutions privilégiées par les Allemands ; les Français et les Tchèques se reportant davantage sur les transports publics (TNS Sofres, 2006)<sup>26</sup>. En 2005, un sondage révèle que la première solution envisagée par les Français, en cas de hausse du carburant, consisterait à utiliser plus fréquemment la bicyclette et la marche à pied (IFOP, 2005). Les résultats d'une enquête menée en 2008 corroborent ces déclarations d'intention : 41% des Français interrogés déclarent avoir moins utilisé leur véhicule suite à la hausse constante du prix des carburants depuis 2006. Ils se reportent alors à 42% sur la marche à pied, à 23% sur les transports en commun et enfin à 18% sur la bicyclette (CSA, 2008)<sup>27</sup>.

Au vu de ces résultats, il apparaît clairement que le coût des carburants peut avoir un impact direct sur les partages modaux. Mais suffirait-il de fixer un prix au litre, supposé dissuasif, pour favoriser l'utilisation des modes doux ? Manifestement les processus qui mènent aux reports modaux sont plus complexes que cela.

<sup>26</sup> TNS Sofres : Institut d'études marketing et d'opinion international.

<sup>27</sup> CSA : Institut de sondages d'opinion et d'études de marché en France et en Europe

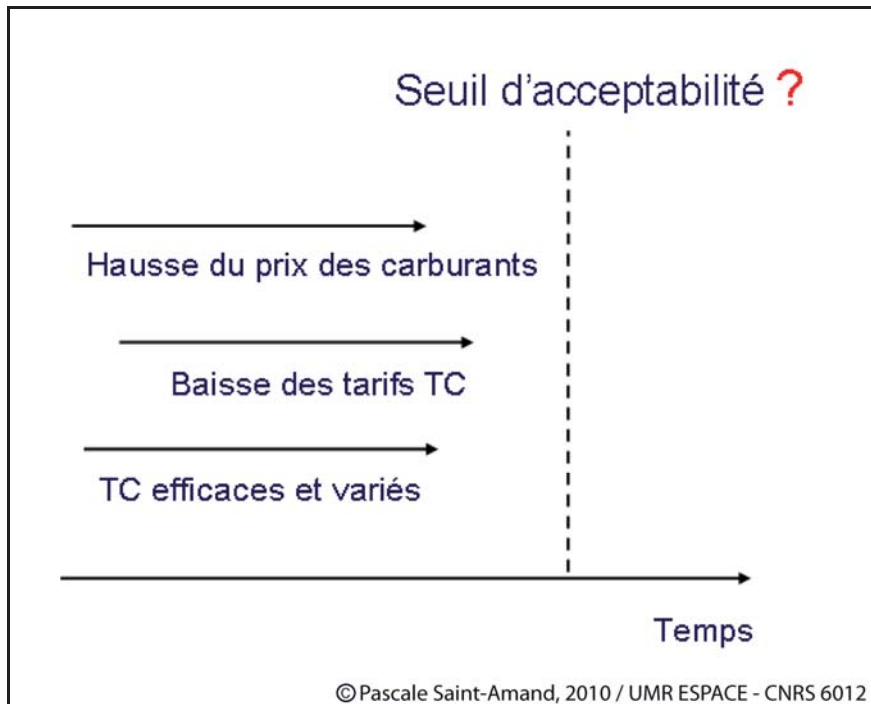


Figure 10 : Plusieurs facteurs concomitants peuvent-ils mener à l'adhésion des populations ?

Peut-on imaginer qu'une conjonction de facteurs favorisants puisse aboutir à une adhésion massive de la population aux transports durables ? Mais là encore, comment saisir le moment du basculement entre sensibilisation et adhésion ?

« L'ensemble des processus qui conduisent à l'adhésion apparaît comme une boîte noire où seules les composantes en entrée et en sortie sont clairement identifiées, mais où le fonctionnement interne reste difficile à appréhender » (Voiron-Canicio, Saint-Amand, 2009).

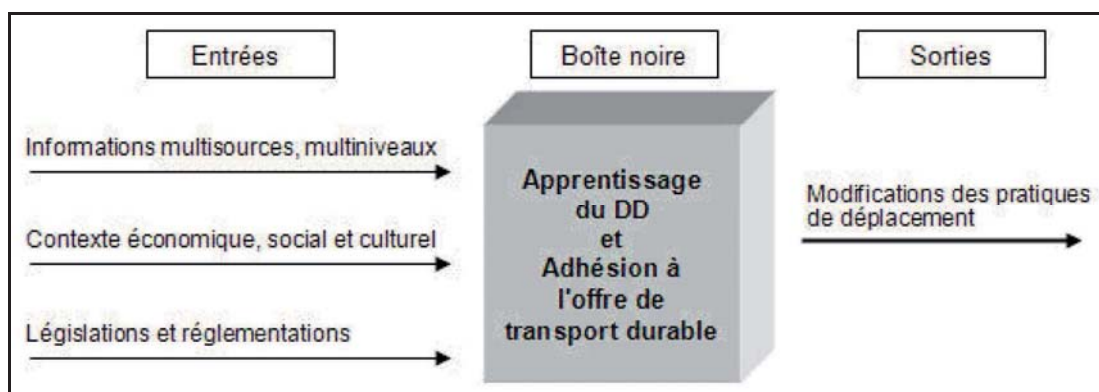


Figure 11 : La boîte noire des processus d'adhésion aux transports durables (Voiron-Canicio, Saint-Amand, 2009)

« Le changement est une construction d'actions collectives » (Rocci, 2007) : la boîte noire doit contenir un ensemble de relations complexes entre les différents acteurs, il est à présent nécessaire de les analyser.

1.1.3. Le processus d'adhésion aux transports durables est systémique

La boucle de rétroaction menant aux modifications des pratiques de déplacement mobilise tous les types d'acteurs mais s'appuie préférentiellement sur les actions et politiques mises en place par les collectivités territoriales en charge des transports (figure 12). Bien identifiées par la population comme acteur essentiel dans la gestion et l'organisation des déplacements (Lavoux, Roy, 2002), les intercommunalités acquièrent ces compétences en 1999 par l'intermédiaire de la loi relative au renforcement et à la simplification de la coopération intercommunale<sup>28</sup>.

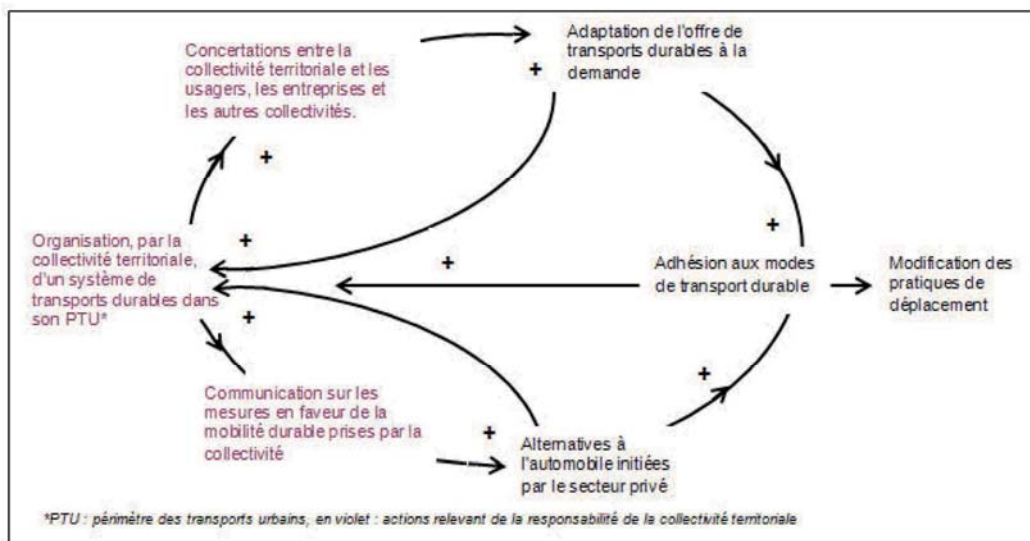


Figure 12 : Boucle de rétroaction positive entraînant la croissance de l'adhésion à la mobilité durable (Voiron-Canicio, Saint-Amand, 2009)

La collectivité Autorité Organisatrice de Transports Urbains (AOTU) met à la disposition des usagers, à l'intérieur de son PTU<sup>29</sup> et en tant que garante du service public, un certain nombre de moyens de transports et de déplacements. Les réglementations afférentes aux préceptes du développement durable veulent que l'AOTU desserve équitablement la population – tant d'un point de vue spatial que social, chaque usager pouvant prétendre au droit de service public. En outre, les collectivités se doivent de promouvoir des modes alternatifs à l'automobile dans le but d'une part, de réduire les émissions de GES et d'autre part, de répondre aux besoins des usagers captifs. Elles communiquent en ce sens et essaient de favoriser, par différents leviers d'action, l'utilisation des mobilités douces et des transports collectifs. Des dynamiques se mettent en place, en matière d'aménagement bien sûr mais aussi en matière d'accompagnement et de concertation. Le tissu associatif ainsi que le secteur privé investissent ce champ d'actions et proposent à l'utilisateur diverses solutions alternatives à

<sup>28</sup> Dite « Loi Chevènement », 12 juillet 1999.

<sup>29</sup> PTU : Périmètre de Transports Urbains. Il s'agit de l'aire de compétence d'une autorité organisatrice de transports collectifs urbains. Cette aire peut recouvrir une ou plusieurs communes urbaines (Source : CERTU)

l'utilisation de l'automobile. *De facto*, l'offre se diversifie et entre plus ou moins en résonance avec les convictions et les besoins de chacun. Puis, par l'expérience (cf. 1.1.2.), l'utilisateur adopte de nouvelles habitudes de mobilité et s'inscrit désormais dans une demande vis-à-vis de l'AOTU en matière de transports durables.

Il apparaît clairement que la réceptivité des usagers est directement liée à l'organisation territoriale mise en œuvre par les décideurs. Or, si cette organisation se veut efficace et ainsi remporter l'adhésion des populations, elle doit s'appuyer en priorité sur la configuration spatiale des territoires (cf. chapitre premier). En détecter les contraintes, les potentialités, bref les spécificités pour pouvoir proposer les solutions de transports durables les mieux adaptées, s'avère dès lors indispensable. L'entrée spatiale et territoriale constitue clairement le parti de recherche retenu.

### 1.2. Considérer l'espace comme acteur du fonctionnement territorial

« *L'espace dans toutes ses manifestations est un ingrédient indispensable à la visibilité, à la lisibilité et donc à la compréhension des choses* » (Lussault, 2002 cité par Moine, 2006).

Deux postures sont envisageables dans l'étude des phénomènes géographiques :

- l'analyse des interactions *sur* un espace ;
- l'analyse des interactions *en fonction* d'un espace. Dans ce cas, l'espace est véritablement partie prenante des dynamiques analysées. Ce parti de recherche développé dans le projet de l'analyse spatiale est le nôtre, l'entrée de la compréhension des processus sera donc la spatialité. La relation matérialisée par la flèche verte de la figure 13 est donc privilégiée.

« *Le groupe agit, entreprend des actions sur son territoire (et le territoire reçoit) [...]. Le territoire agit, le groupe reçoit (« actions » du territoire sur le groupe).* » (Le Berre, 1992).

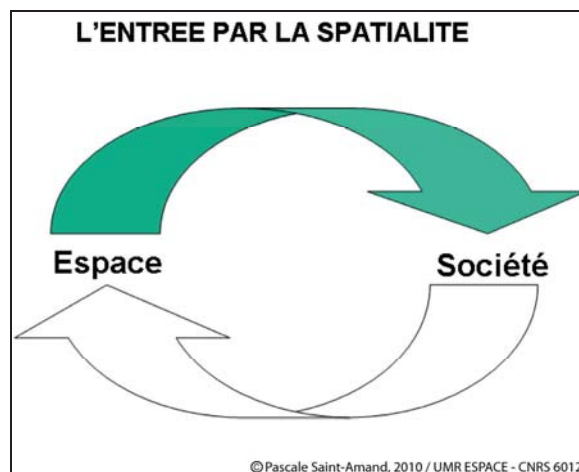


Figure 13 : Les interrelations entre espace et société

Les sociétés s'approprient une portion d'espace. Par leurs actions individuelles et collectives les populations façonnent et aménagent l'espace géographique. Mais l'espace n'est pas neutre, il s'agit bien d'un agent, cependant dépourvu de finalité (Voiron-Canicio, 2006). Il exerce des contraintes sur les projets des populations qui héritent à la fois de l'organisation territoriale des sociétés antérieures et de la matérialité physique des éléments qui le composent. « *L'espace enregistre, contient et exprime l'interface physique / humain* » (Charre, 1996).

Même si, par ses caractéristiques, il peut être perçu comme contraignant dans l'organisation spatiale des sociétés, l'espace peut se révéler porteur de potentialités. « *Chaque potentiel de sol possède un potentiel de virtualités* » (Voiron-Canicio, 1992). Et il est tout à fait possible que dans certains cas, ce qui était contrainte ou obstacle puisse devenir avec le temps potentialité.

Chaque territoire contient des spécificités qui lui sont propres. Une fois détectées, il s'agit de s'adapter à ses contraintes tout en s'appuyant sur ses potentialités. La spatialité des territoires est donc le point de départ dans la recherche d'adéquation entre système territorial et système de transport.

#### 1.2.1. Approche par la spatialité et projet de l'analyse spatiale

« *La spatialité réunit l'ensemble des conditions et des pratiques de la vie individuelle et sociale qui sont liées à la position des individus et des groupes relativement les uns aux autres. Un postulat fondamental de la géographie est que ces positions relatives (ou situations géographiques) déterminent, en probabilité ou en partie, la forme et l'intensité des interactions sociales* » (Elissalde, 2004). La matérialité de l'espace, c'est-à-dire les distances ou espacements entre les lieux ainsi que la morphologie de ses composantes élémentaires, engendre l'organisation du territoire et donc son fonctionnement et ses dynamiques. Ce postulat fonde précisément le projet et les démarches de l'analyse spatiale.

L'analyse spatiale a pour projet de **manifester explicitement le rôle de la composante spatiale** au sein des interactions espace-sociétés. Elle pose, entre autres hypothèses, « *que les caractères d'un lieu dépendent au moins pour une part de sa position dans l'espace, de ses voisinages à différentes échelles* » (Charre, 1995). Conséquemment, l'analyse spatiale s'attache à mettre en évidence les processus généraux de l'interaction spatiale (Pumain, Saint-Julien, 2001). Or, les localisations spatiales et les interrelations entre les objets qui jalonnent le territoire sont rigoureusement les informations fondamentales à acquérir au vu des objectifs poursuivis dans cette recherche. Parallèlement, les mots de l'analyse spatiale : espacement, distance, arrangement spatial, ordonnancement des éléments dans l'espace, distribution,



répartition, localisation, *etc.* sont des vocables ayant trait à la thématique des déplacements (cf. chapitre premier).

C'est pourquoi la démarche ainsi que les méthodes développées par l'analyse spatiale constituent clairement l'approche retenue. **Les territoires représentent un substrat** qui contient, parmi d'autres composantes élémentaires, les réseaux de transports. Ces derniers conditionnent les interactions sociales mais **sont implantés résolument sur des portions d'espace** à topographie différenciée, au sein de tissus bâtis plus ou moins compacts pour relier des populations plus ou moins denses. Le territoire conditionne à la fois la structure et la fonction des réseaux de transports. Les spécificités territoriales vont donc jouer un rôle prépondérant sur l'efficacité de chacun des modes de transport.

### 1.2.2. Une approche aréale des déplacements clairement assumée

Dans l'ouvrage *Les mots de la Géographie*, la définition du mot TERRITOIRE s'achève en ces termes : « *On oppose quelquefois le territoire, considéré sous la forme d'une aire, et le réseau, qui serait fait de lignes. En réalité, un territoire est fait de lieux qui sont liés. Il comporte des cheminements, des points forts, des replis ; son espace est différencié. Le réseau, s'il est pris jusqu'au capillaire, jusqu'aux plus menues liaisons, aboutit à couvrir la surface. Une feuille d'arbre a des nervures, de plus en plus fines, et elle a une surface. Réseau et territoire sont dans le même rapport : l'espace géographique, qui les inclut tous les deux, est Janus à double face, aréal et réticulaire [...]* » (Brunet et al., 2001). Cette opposition entre la surface du territoire et la ligne du réseau est relevée en premier par Gabriel Dupuy : « *Au fond, en termes de territoires, deux conceptions semblent s'opposer. L'urbanisme a toujours privilégié une territorialité aréolaire, définies par des zones, des limites, des frontières, au sein desquelles s'exercent des pouvoirs. À cette conception paraît s'opposer celle d'une territorialité réticulaire, transgressant les zonages et les barrières et dans laquelle s'exercent d'autres pouvoirs.* » (Dupuy, 1991). On retrouve d'ailleurs à travers cette idée, la notion d'appartenance et de pouvoir qui fonde le concept de territoire. Alexis Conesa en conclut que « *le réseau de transport est donc un territoire* » (Conesa, 2010) :

- il a une matérialité physique ;
- il est à la fois organisé par les sociétés et permet la répartition des personnes et des fonctions dans l'espace ;
- et enfin il est approprié par les individus.

L'approche développée dans cette recherche rejoint cette thèse.

Les conceptions aréale et réticulaire ne s'opposent pas, elles sont au contraire complémentaires. La mise en relation constante du système territorial et du système de transport suppose, par exemple, que l'analyse morphologique des réseaux prenne en compte le contexte urbain dans son ensemble. « *Certaines recherches ont déjà mis en évidence l'existence d'externalités liées à des structures particulières des réseaux viaires* », il s'agit du

« *mouvement scientifique de la syntaxe spatiale*<sup>30</sup> » (Foltête, Genre-Grandpierre, Josselin, 2008). Apparus à la fin des années 1970, les travaux de la syntaxe spatiale mettent en évidence le rôle prépondérant joué par la configuration et la topologie d'un réseau sur la distribution des flux et se détachent des traditionnelles analyses en matrice origines-destinations (OD).

Jean-Christophe Foltête et Cyrille Genre-Grandpierre mettent au point des zones d'iso-potentiel pour l'utilisation de la marche à pied et des transports collectifs (Foltête, Genre-Grandpierre, 2003 ; Genre-Grandpierre, 2005). Les communes de Lille et de Besançon contiennent des aires plus ou moins favorables pour l'usage de ces deux modes en fonction du **contexte physique et morphologique** du site. Ces polygones surfaciques de potentiel englobent le réseau de voirie et sont **indépendants des matrices OD**.

Certes, « *le déplacement correspond à un trajet entre une origine et une destination* » (Wiel, 1999) et il n'est d'ailleurs conçu que de cette manière dans les recensements et les comptages ; mais ce **déplacement s'effectue bien au sein d'un territoire**, pour relier au moins deux de ses points distincts ! Quel modelé topographique va rencontrer le cycliste au cours de son déplacement ? La perméabilité du bâti va-t-elle permettre au piéton d'effectuer son trajet « en plus court chemin » ? Au sein de quelle configuration territoriale vont s'effectuer les déplacements ? Sera-t-elle propice aux mobilités douces ou au contraire induira-t-elle l'utilisation d'un mode mécanisé ?

Si les spécificités territoriales confèrent des fonctionnements et des dynamiques propres à chaque espace, il apparaît fondamental de les détecter afin de mettre en œuvre des politiques efficaces en matière de mobilité durable.

## **2. Les initiatives mises en œuvre pour la mobilité durable, quels enseignements ?**

### **2.1. Le partage des expériences en matière de mobilité durable à l'échelle internationale**

Les initiatives mises en œuvre dans le domaine de la mobilité durable se multiplient à l'échelle internationale. Le **partage des expériences** est désormais de mise dans un contexte où, toute initiative, dès lors qu'elle s'est avérée positive dans la lutte contre les émissions de GES et du « tout automobile », est à connaître et à diffuser le plus largement possible. Par le biais du web, l'échange des informations à l'échelle mondiale en temps réel est dorénavant permis. En France, un dispositif national d'échanges des expériences est mis en place dès 2001. La **PREDIM** (Plate-forme de Recherche et d'Expérimentation pour le développement de l'Information Multimodale), « *créée au sein du programme français de recherche et d'innovation dans les transports terrestres (PREDIT), constitue un dispositif national d'appui*

---

<sup>30</sup> Théories et techniques issues des travaux de Bill Hillier à la Bartlett, University College of London.



*mutualisé au bénéfice des autorités de transport et de manière générale de tous les acteurs désireux d'améliorer, par un dispositif d'information adéquat, la complémentarité des différents modes de transport et de déplacement, tant individuels que collectifs* » (site Internet de la PREDIM, 2006)<sup>31</sup>. Cette base recense des informations relatives à des initiatives menées à fois en France et dans le monde. Elle offre dans le même temps des possibilités **d'échange des savoir-faire** entre les différents types d'acteurs et des **outils d'accompagnement** à destination des gestionnaires dans la mise en œuvre de nouvelles mesures ayant trait à l'organisation des déplacements.

À côté de ces dispositifs nationaux, des bases de données recensent les actions menées au sein des collectivités locales au niveau européen. Parmi elles, deux bases d'informations ont été sélectionnées pour procéder à l'examen minutieux des bilans tirés après la mise en place d'initiatives pour la mobilité durable :

- le projet **SMILE** (*Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment*)<sup>32</sup> : mené par l'ADEME dans le cadre du programme européen LIFE a pour objectif de constituer une base d'informations sur les bonnes pratiques mises en œuvre par les autorités locales européennes et à destination de ces mêmes autorités locales. En 2002, un questionnaire<sup>33</sup> a été adressé à 700 d'entre elles à travers 28 pays européens. 146 ont été retournés. SMILE capitalise aujourd'hui « *170 bonnes pratiques reproductibles* » (site Internet de SMILE, 2006)<sup>34</sup> à l'échelle européenne et soutient 14 communes pilotes jugées « *exemplaires* » dont deux en France : les communautés urbaines de La Rochelle et de Nantes. Cette base de données est donc le résultat du traitement de l'enquête par questionnaire où l'on invitait les collectivités locales à recenser ou à dresser un bilan général des initiatives conduites au sein de leur territoire pour améliorer les déplacements et faire en sorte que les pratiques de mobilité soient durables. Il devait s'agir selon les modalités du questionnaire « *de mesures définitives qui contribuent à réduire le recours aux véhicules particuliers au profit de modes de transports durables, et plus généralement, à développer la mobilité urbaine durable (couloirs de bus, pistes cyclables, mesures pour les piétons, etc.)* » ;
- les ressources de l'**Association européenne des autorités locales qui inventent leur futur énergétique** (*Energy-Cities*)<sup>35</sup> qui recensent 462 actions menées en Europe sur le thème des économies d'énergie. 92 initiatives portent sur l'item de la mobilité urbaine et reprennent pour partie les expériences promues par SMILE.

---

<sup>31</sup> [www.predim.org](http://www.predim.org)

<sup>32</sup> Initiatives de mobilité durable pour l'environnement local.

<sup>33</sup> Ce questionnaire comporte 26 pages et s'articule en trois parties : présentation du projet SMILE, notice pour remplir le questionnaire et enfin les questions organisées en cinq rubriques. En outre, le questionnaire a été traduit en 9 langues.

<sup>34</sup> [www.smile-europe.org](http://www.smile-europe.org)

<sup>35</sup> [www.energy-cities.eu](http://www.energy-cities.eu)

L'analyse effectuée sur les bases de données SMILE et *Energie-Cities* consiste à examiner **la manière dont s'inscrit l'initiative au sein de chaque contexte territorial.**

Le nombre d'initiatives menées dans chacun des pays ne constitue pas en soi un baromètre précis des volontés d'agir en matière de mobilité durable, puisqu'issu du taux de réponse au questionnaire SMILE<sup>36</sup> et de la volonté de communiquer. La collectivité locale prend ou non cette décision, et il se peut qu'elle n'ait pas été approchée en ce sens par l'ADEME et l'association *Energy-Cities*. C'est donc plutôt sur la manière d'appréhender la mobilité durable, de conduire les expériences et de les évaluer que portent les analyses.

Elles ont été effectuées à partir de 197 fiches récapitulatives<sup>37</sup> et consistent à :

- examiner les **types d'initiatives** mises en œuvre (tableau 2) ;
- examiner les **types d'évaluations** post-initiatives.

---

<sup>36</sup> Ce taux est de 21% (site Internet SMILE, 2006).

<sup>37</sup> Les fiches résultats sont consultables le plus souvent en français et / ou en anglais mais peuvent aussi apparaître en italien, allemand et espagnol.

	Nombre d'initiatives	Autres utilisations de l'automobile	Amélioration de l'offre TC	Communication accompagnement sensibilisation	Contraintes sur le système automobile	Mise en place de PDE	Modes doux	Motorisation	Organisation et gestion du fret	Plan global
Allemagne	15	2	0	2	2	0	7	0	2	0
Autriche	22	3	2	5	1	3	2	4	0	2
Belgique	13	0	1	5	1	2	3	0	0	1
Croatie	5	0	0	0	1	0	3	0	0	1
Danemark	13	3	1	3	1	0	2	0	3	0
Espagne	19	0	4	3	6	1	3	2	0	0
Finlande	4	0	0	1	1	0	1	0	0	1
France	20	2	1	3	4	3	4	3	0	0
Grèce	4	0	2	0	1	0	1	0	0	0
Hongrie	3	0	1	2	0	0	0	0	0	0
Italie	21	2	1	3	3	0	3	5	1	3
Luxembourg	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0
Macédoine	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0
Monaco	1	0	0	0	0	0	0	0	1	0
Norvège	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
Pays-Bas	6	1	0	1	0	0	2	1	0	1
Pologne	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0
Portugal	5	0	2	0	2	0	0	1	0	0
République Tchèque	6	1	1	0	0	0	4	0	0	0
Royaume-Uni	20	1	0	3	8	3	2	1	0	2
Serbie	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0
Slovenie	3	0	1	0	2	0	0	0	0	0
Suède	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0
Suisse	9	1	0	0	5	1	2	0	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>197</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>13</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>7</b>	<b>12</b>

 Tableau 2 : Initiatives recensées par pays et par champ<sup>38</sup>

<sup>38</sup> Ce tableau représente la synthèse d'une grande matrice construite à partir des 197 fiches initiatives. Elle figure en annexe 2.

Les actions menées préférentiellement au sein des pays européens s'articulent autour de trois leviers essentiels :

- la **promotion des modes doux**. Essentiellement par l'aménagement de pistes cyclables et de mise à la disposition de bicyclettes en libre-service, de la création de zones piétonnes ou de piétonisation totale du centre-ville. Ce dernier cas ayant le mérite de favoriser fortement les mobilités pédestres tout en freinant l'utilisation de l'automobile ;
- c'est d'ailleurs les **contraintes exercées sur le système automobile** qui constituent le deuxième procédé privilégié par les autorités locales. Les solutions sont nombreuses : elles choisissent souvent d'interdire le stationnement en centre-ville, d'organiser des journées sans voiture, d'instaurer des péages urbains ou d'interdire purement et simplement l'utilisation de l'automobile dans les quartiers hyper-centraux. Toutefois, ce type de solutions coercitives ne saurait être appliqué sans une communication importante de la part des autorités organisatrices ;
- la communication, la sensibilisation des citoyens et **l'accompagnement des mesures** constituent, à ce titre, le troisième item mis en avant par les autorités locales européennes. Elles ont, semble-t-il, bien pris conscience que l'adhésion des populations reste la clé de voûte du succès des initiatives. Les 197 fiches présentent dans leur ensemble au moins un paragraphe concernant la communication autour de l'initiative mise en œuvre.

Une fois ces différentes actions mises en place, l'évaluation s'effectue à différents pas de temps selon leur nature ; généralement une année s'est écoulée entre les deux. Certaines autorités locales procèdent aussi à de nouvelles estimations pour répondre à l'enquête SMILE. Les indicateurs pris en compte sont très divers, ils peuvent relever à la fois des aspects financiers engagés dans l'action de communication ou dans l'aménagement urbain mis en place, ou encore d'aspects sociologiques comme les diminutions d'accidents et de contraventions. Le plus souvent tout de même, ce sont les répartitions modales *ante* et *post* initiatives qui constituent l'appréciation générale de l'action engagée. Des enquêtes sociologiques sont menées pour connaître les types de population qui utilisent le mode favorisé (CSP<sup>39</sup>, âge et sexe). Il est néanmoins regrettable de ne pas s'interroger sur les modes délaissés au profit de la bicyclette ou de la marche à pied. Les nouveaux utilisateurs de modes doux sont-ils usagers des transports collectifs, captifs de ces mêmes transports collectifs ou bien automobilistes contrariés et/ou éco-responsables ? Parallèlement, aucune fiche ne fait réellement mention de l'impact de l'initiative au sein du système de transport dans son ensemble et surtout au sein de l'aire urbaine considérée.

---

<sup>39</sup> CSP : Catégorie Socio-Professionnelle.

## 2.2. *Quid du territoire ?*

Les échelles spatiales auxquelles les 197 actions ont été menées sont très variables : il peut s'agir de la piétonisation d'un quartier hyper-central – à Nuremberg en Allemagne par exemple – ou de l'ouverture de stations d'autopartage à travers tout l'État Suisse. Le plus souvent, les initiatives voient le jour au niveau communal. On peut alors s'interroger sur le contexte urbain au sein duquel l'action s'inscrit. On l'a vu, la forme de la ville, la densité du tissu urbain et aussi la distribution des fonctions urbaines sous-tendent une efficacité plus ou moins marquée des différents modes de transports.

Les reports modaux sur la bicyclette peuvent-ils être quantitativement comparables à Erlangen (Allemagne), Copenhague (Danemark), Gijón (Espagne), Helsinki (Finlande), Ferrare (Italie) et Groningen (Pays-Bas)<sup>40</sup> à moyens égaux en termes d'aménagements et de communication si le contexte urbain diffère sur les plans morphologique, topographique et géographique ?

### *La reproductibilité des initiatives reste encore à démontrer :*

Les fiches-résultats décrivent les opérations à grand renfort de détails mais **aucune** ne fait mention des caractéristiques territoriales au sein desquelles elles s'inscrivent. Or, chaque territoire possède des spécificités qui lui sont propres. Certaines opérations mises en place sur un territoire ne sont pas forcément reproductibles, surtout à l'échelon européen qui sous-tend des législations différentes. La forme des réseaux de voirie est-elle la même à Copenhague et à Gijón ? Est-elle propice à l'utilisation de la bicyclette de la même manière dans les deux villes ? Le tableau 3 est issu du site Internet de l'Association *Energy-Cities*, il présente une série de mesures prises par différentes villes dans le monde. Ces villes sont répertoriées comme étant des communes exemplaires qui mettent en œuvre de bonnes pratiques reproductibles. Effectivement, des politiques ou recommandations en matière de transports publics peuvent être inspirées de ces expériences positives.

---

<sup>40</sup> Ces communes ont été choisies pour illustrer le propos car elles ont toutes initié une action en faveur de la bicyclette. On peut y ajouter : Odense (Danemark), Grenoble, Paris, Rennes, Villeneuve d'Ascq, Modène (Italie), Parme (Italie), Skopje (Macédoine), Delft (Pays-Bas), Bristol (Royaume-Uni), Colchester (Royaume-Uni), et enfin Genève (Suisse).

Mesure	Bonnes pratiques
Plan Global d'Urbanisme	Seattle, Swansea
Arrêtés relatifs à une utilisation mixte	Seattle
Principes de conception favorisant un urbanisme plus dense	Linz, Philadelphia, Seattle
Villages urbains	Seattle
Directives nationales pour les nouveaux quartiers de grande taille	Randstad
Plans régionaux ou intercommunaux d'utilisation des sols	Cambridge, Lothian
Village enveloppes / Ceinture verte / Limite imposée à l'aménagement urbain	Cambridge (la plupart des villes européennes ont déjà des limites strictes au développement urbain)
Prêts indexés sur la localisation géographique	Los Angeles
Cellules étanches de circulation	Groningen
Aménagements piétonniers/cyclables	Groningen
Aménagement en fonction des transports urbains	Groningen, Linz, Lothian, Randstad, Seattle
Conservation design / Planification centrée sur la protection des espaces verts	Lothian, Philadelphia
Servitudes et conventions de protection, réserves foncières de protection	Philadelphia
Gestion des zones péri-urbaines	Lothian, Swansea
Country Parks and State Parks (Zones de détente péri-urbaines)	Lothian
Plan directeur pour les espaces verts et les voies vertes, plans locaux / régionaux pour les espaces non construits, corridors sauvages	Linz, Lothian, Swansea
Scenic Corridor Overlay District / Couloir protégé à intérêt paysager Green Wedges / Coulées vertes	Swansea
Parc régional	Lothian
Favoriser l'urbanisme sur des interstices urbains	Seattle (la plupart des villes européennes ont déjà de telles politiques)
Partage des revenus fiscaux sur une région ou une zone métropolitaine	Cambridgeshire, Swansea

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des bonnes pratiques  
(Energy-Cities pour l'ADEME, 2003)

Mais comment tirer parti des bonnes pratiques en agissant au sein de territoires totalement différents ? Pour pouvoir se revendiquer reproductibles, les fiches initiatives auraient dû inclure une grille de lecture à même de décrire, à la fois le territoire récepteur et les caractéristiques élémentaires du système de transport sur lesquelles l'initiative s'appuie :

Composantes élémentaires du territoire et du système de transport	
Système territorial	Relief
	Densités de population
	Type d'habitat
	Répartition des activités
	Niveau d'intégration des projets (Concertations et jeu d'acteurs)
Système de transport	Forme du réseau de voirie
	Offre de transport
	Répartitions modales
	Antériorité ou non de projets pour la mobilité durable

Tableau 4 : Grille de lecture succincte pour la reproductibilité des expériences

Une grille de lecture de ce type, même succincte aurait permis de rechercher des similarités avec d'autres territoires et de dégager des types d'initiatives conformes à des configurations territoriales spécifiques.

En ce sens, les propos de Jacques Lévy résument bien la critique que l'on formule à l'encontre des fiches-initiatives véhiculées sur Internet : *« Et si l'on se préoccupait d'abord, en amont, des potentialités qu'offre une configuration spatiale ? Le Caire est une ville beaucoup plus pauvre que Los Angeles mais qui, grâce à sa densité rend possible une inter-accessibilité des différents quartiers à moindre coût. Ce qui n'est pas le cas de Los Angeles. On ne percevrait pas cette différence si l'on se contentait d'étudier les « fonctions d'excellence » ou les disparités sociales dans les deux villes »* (Lévy, 2000).

\*\*\*\*\*

### **Conclusion du chapitre 2 :**

Rechercher une adéquation entre système territorial et système de transport implique un examen rigoureux des attentes exprimées par le territoire.

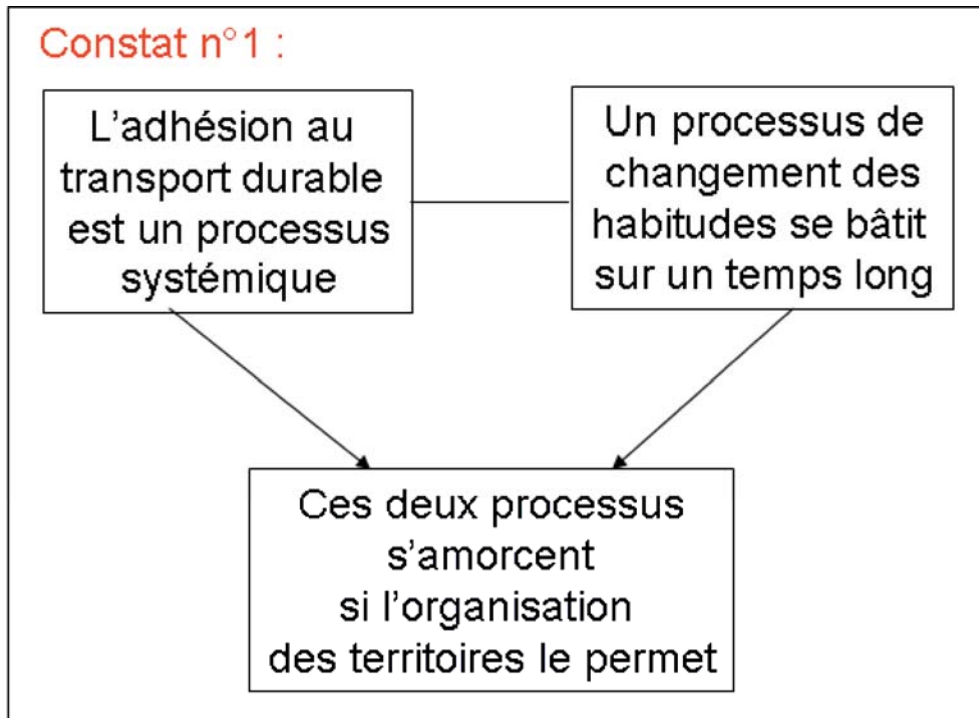
Dans un contexte où les principes du développement durable sont largement mis en relief, on s'aperçoit que la protection de l'environnement, pourtant en bonne place dans les préoccupations des Français, ne constitue pas un frein à l'utilisation de l'automobile. Impulser l'adhésion autour d'alternatives crédibles au « tout automobile » s'avère complexe. Les Autorités Organisatrices des Transports mettent en place des plates-formes d'échanges autour des initiatives qu'elles promeuvent, afin d'adapter au mieux leur offre de mobilité durable en s'inspirant des expériences conduites sur d'autres territoires.

Cependant la reproductibilité des initiatives reste une question ouverte. La même expérience peut-elle recueillir les mêmes fruits quel que soit le territoire sur lequel s'inscrit l'initiative ? Le chapitre suivant s'efforce de répondre à cette interrogation.

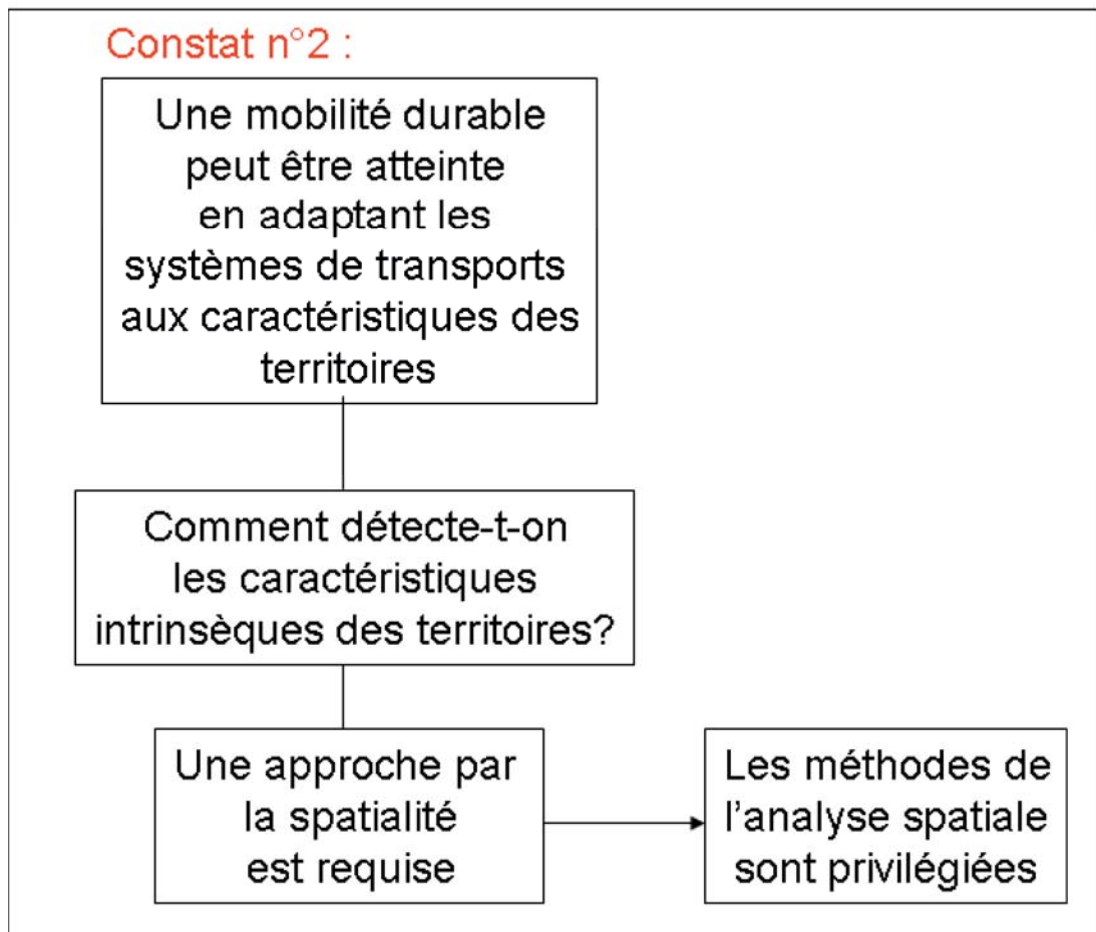




Fiche de synthèse du chapitre 2 :



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012



## CHAPITRE 3 : LA MOBILITÉ DURABLE AU SEIN DES TERRITOIRES NORD-MEDITERRANÉENS

*« La Méditerranée n'est pas une mer, c'est une patrie. »*

Albert Camus.

La formulation du sujet de thèse sous-entend que les systèmes territoriaux méditerranéens possèdent des caractéristiques qui induisent certains types de mobilité, sans verser pour autant dans du déterminisme. Ce chapitre a donc pour objet de :

- repérer les caractéristiques méditerranéennes dont il est pertinent de tenir compte dans l'optique de promouvoir une mobilité durable sur ces territoires ;
- mettre en lumière les potentiels territoriaux méditerranéens éventuels vis-à-vis de chacun des modes de transports pour assurer un succès des initiatives et pour reproduire celles qui fonctionnent en territoires nord-méditerranéens ;
- observer les types d'initiatives d'ores et déjà mises en œuvre afin de déceler les points d'appui récurrents mobilisés par les décideurs en territoire nord-méditerranéen.

### **1. Les caractéristiques territoriales méditerranéennes et leurs relations avec la mobilité**

#### **1.1. Des sous-ensembles diversifiés**

Qu'est-ce que la Méditerranée ? Une mer ? Une terre ? Une interface ? Un périmètre ? Un système ? La Méditerranée c'est tout cela à la fois. Et c'est finalement de la complexité de sa définition qu'émerge son unité. Fernand Braudel évoque ce paradoxe et s'interroge sur la manière de venir à bout de **l'énigme méditerranéenne** : *« Dans son paysage physique comme dans son paysage humain, la Méditerranée carrefour, la Méditerranée hétéroclite se présente dans nos souvenirs comme une image cohérente, comme un système où tout se mélange et se recompose en une unité originale. Cette unité évidente, cet être profond de la Méditerranée, comment l'expliquer ? »* (Braudel, 1985). Mais derrière cette apparente unité se profilent des sous-ensembles individualisés qu'historiens et géographes mettent en exergue.

*Un champ sémantique singulier...*

La Méditerranée est un **espace** discontinu, ceint par des **frontières** et existant en tant que **monde** ou **région**. C'est aussi une forme identifiée dans ses trois dimensions : un **arc**, un **pourtour** et une **façade**. C'est surtout un système territorial ouvert, un **carrefour** à partir duquel tout diverge et vers lequel tout conflue. Ce sont enfin des caractéristiques communes

qui en font un **domaine** pour lequel un **modèle** est sans cesse recherché, et pour lequel un modèle n'émerge pas vraiment (Carré in Bethemont, 2001).

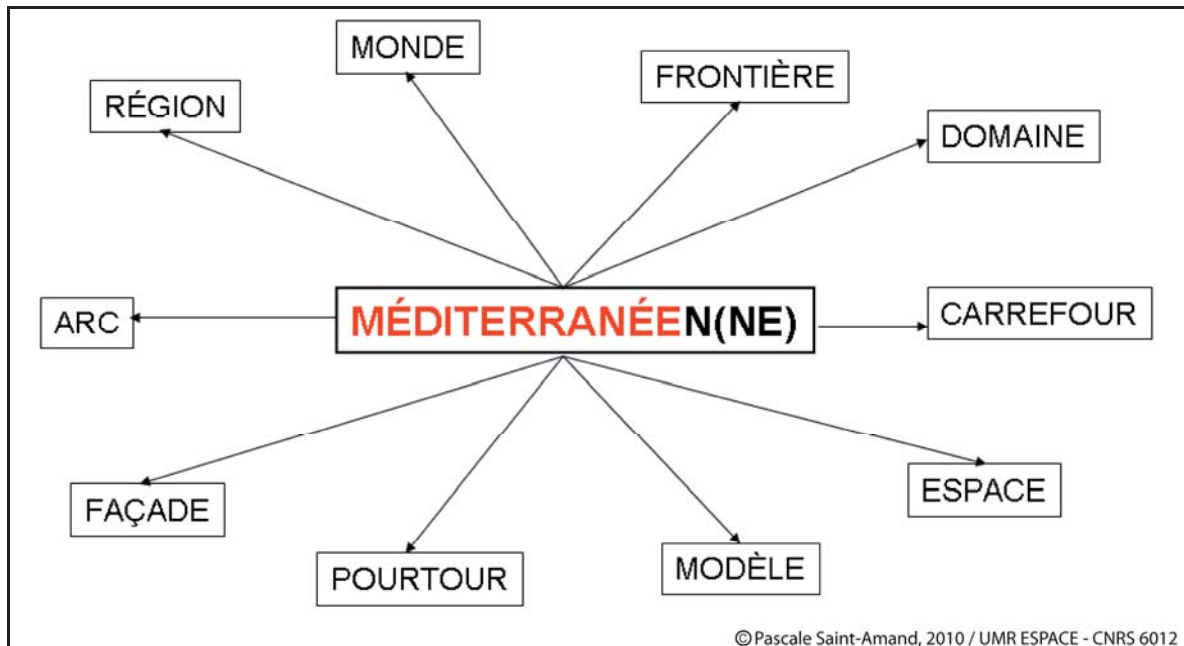


Figure 14 : Champ sémantique autour de la Méditerranée<sup>41</sup>

Dans le tome de la Géographie Universelle consacré à l'Europe du Sud, on peut lire ces lignes : « *Mise à part la masse marine, la Méditerranée n'existe guère en tant que telle [...] il n'y a pas de climat méditerranéen, [...] ; comme il n'y a pas de végétation méditerranéenne. Même s'il y a une Méditerranée pour toutes les régions méditerranéennes* ». (Ferras et al. in Brunet, 1990). Et les auteurs de spécifier : « *Derrière l'impression d'un ensemble géographique persiste la réalité de sous-ensembles individualisés* » (Ferras et al. in Brunet, 1990).

« *L'unité de la Méditerranée ne peut être postulée* » (Chastagnaret, Ilbert, 1991). Manifestement, il y a des « *modèles méditerranéens, construits à partir de combinaisons de structures spatiales* » (Dollfus, 1995). Il semble donc y avoir consensus autour de l'idée qu'une Méditerranée unique n'existe pas. Son unité réside véritablement dans sa complexité mais aussi, paradoxalement, dans la diversité de ses modèles spatiaux. À la Méditerranée du Nord, il faut dissocier celles du Sud et de l'Ouest. Au carrefour de trois continents, le bassin méditerranéen est tout en contrastes : « *quand on traverse la frontière méditerranéenne, à Avignon, à Carcassonne, à Digne, on sort de l'Europe Occidentale. Quand on est aux*

<sup>41</sup> Cette figure a été construite au fil des lectures entreprises pour identifier l'existence d'éventuelles spécificités méditerranéennes. Les références bibliographiques relatives à ce schéma de synthèse sont consultables à la rubrique « La Méditerranée » de la bibliographie thématique.

*Saintes-Maries de la Mer ou à Nîmes, le contact asiatique-africain devient direct* » (Siegfried, 1955)<sup>42</sup>. Les espaces méditerranéens de la rive nord sont avant tout **diversité**.

## 1.2. Les structures spatiales majeures

### *La différenciation littoral-intérieur :*

La différenciation littoral-intérieur s'inscrit comme **la structure spatiale dominante** le long des rivages méditerranéens. Elle persiste, en dépit des évolutions des zones urbaines du littoral qui tendent à progresser vers l'intérieur des terres. Cette structure spatiale majeure incarne l'opposition qui existe entre le sous-ensemble littoral, urbanisé, aux fortes densités de population et d'activités – où se concentrent villes, stations touristiques, ports et espaces agricoles intensifs<sup>43</sup> - qui drainent vers elles les populations, et le proche arrière-pays qui se distingue par de plus faibles densités, par une ruralité encore prédominante et dont les caractères sont fortement dépendants de la topographie des zones de relief situées à l'arrière des plaines littorales.

### *Le compartimentage et le laniéragé de l'espace lié à la topographie accidentée :*

Les caractéristiques communes des territoires bordant la Méditerranée concernent surtout les aspects physiques et s'observent précisément au travers d'une **topographie accidentée dès le trait de côte** : « *Des pics abrupts [...], des pentes raides tombant directement dans l'eau – ces paysages classiques se retrouvent d'un bout à l'autre de la Méditerranée, quasi interchangeables. Qui pourrait se flatter de reconnaître au premier coup d'œil la côte de Dalmatie, la côte de Sardaigne, ou la côte de l'Espagne méridionale au voisinage de Gibraltar ? Qui ne s'y tromperait ? Et pourtant, elles sont à des centaines de kilomètres les unes des autres ?* » (Braudel, 1985).

Ce trait essentiel pèse fortement sur l'organisation des territoires. Et de cette contrainte très marquée naissent des fonctionnements et des dynamiques territoriales peu communes. Les conséquences en termes de connexion et de fonctionnement régional sont lourdes. Les territoires nord-méditerranéens se scindent en deux sous-espaces que tout oppose, tant du point de vue structurel que fonctionnel. Par ailleurs, « *les flux qui circulent entre les sous-ensembles régionaux s'organisent selon des modèles différents* » (Voiron-Canicio, 1992). L'auteur en retient principalement trois (figure 15).

---

<sup>42</sup> Transcription effectuée par A.-L. Sanguin des notes de la conférence prononcée à Harvard le 8 Novembre 1955 par Alain Siegfried, in SANGUIN A.-L. (dir.), 2000, *Mare Nostrum : dynamiques et mutations géopolitiques de la Méditerranée*, coll. Harmattan.

<sup>43</sup> Dans certaines zones de la rive nord, à Almeria en Espagne, par exemple.

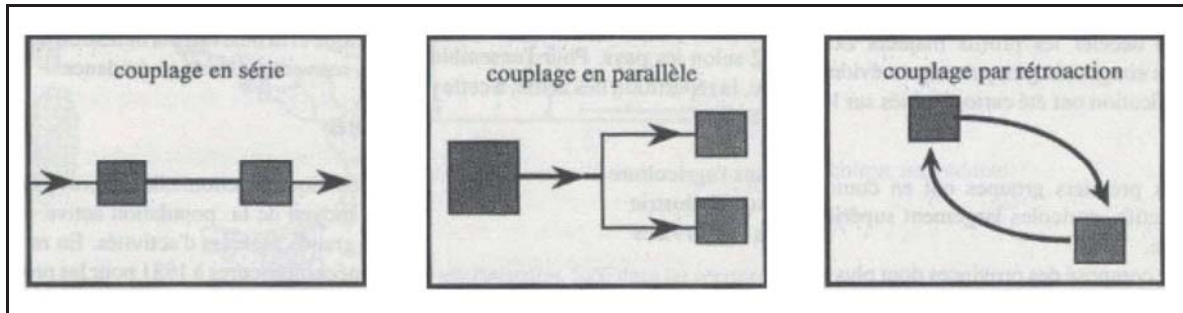


Figure 15 : Exemples de couplages  
(Voiron-Canicio, 1992)

Les flux qui s'exercent entre les pôles urbains littoraux s'organisent « *selon le principe des couplages en série ou des couplages en rétroaction* ». Dans le cas du couplage en série, ces flux joignent les villes disposées en ruban sur le trait de côte avant d'aboutir au pôle urbain principal. Le couplage par rétroaction concerne « *les régions littorales qui disposent d'un réseau urbain plus dense, où les centres entretiennent des liens de complémentarité et sont bien interconnectés* » (Voiron-Canicio, 1992). En revanche, le couplage en parallèle décrit la relation de dépendance existante entre les arrière-pays et le centre urbain littoral. Les flux sont ventilés à destination des vallées rétro-littorales, à partir du pôle urbain majeur.

La disposition du relief induit la disposition du réseau (Pelletier, Delfante, 1994) qui induit le fonctionnement du système territorial mais aussi influe sur l'efficacité des modes (cf. chapitre premier). L'anisotropie du réseau est un caractère prégnant des villes méditerranéennes françaises. Il suit le rivage et a du mal à pénétrer un relief prononcé dès les premiers kilomètres en amont du trait de côte. Les liaisons parallèles au littoral sont privilégiées. À l'inverse, l'arrière-pays se distingue par l'absence d'interconnexions entre les vallées. Christine Voiron-Canicio classe ces zones mal connectées en deux sous-types :

- d'un côté « *les bouts du monde* », ces hautes vallées des montagnes méditerranéennes qui se terminent en culs de sac ou qui ne sont reliés aux vallées voisines que par des cols d'accès difficile, ouverts seulement certains mois de l'année (Alpes du Sud, Ligurie, Sicile, Corse, Chaîne Bétique...);
- de l'autre, « *les angles morts* ». Il s'agit de zones qui sont, soit trop éloignées des foyers actifs, soit situées entre des régions de poids économique fort différent. Les axes qui relient ces dernières ne sont parcourus que par de maigres flux. La faiblesse de ces échanges ne permet pas de dynamiser les régions traversées. Nombreuses sont les périphéries de ce type : montagne languedocienne, arrière-pays du Levant valencien et de l'Andalousie... (Voiron-Canicio, 1992).

Caractéristique des espaces méditerranéens, le relief accidenté a pour effet de morceler l'espace en sous-ensembles, et entrave les relations entre eux. Les conséquences sur

l'organisation et le fonctionnement des territoires sont nombreuses. Cependant, cet aspect physique n'est pas le seul trait commun qui marque le pourtour méditerranéen.

### ***L'organisation du tissu urbain :***

Un autre caractère se distingue en Méditerranée. Géographes et historiens mentionnent un « **fait urbain** » **ancien** qui confère aux villes méditerranéennes une **urbanisation compacte** et des **densités de population très fortes** : « *presque toutes les villes nord-méditerranéennes sont anciennes mais ont été remaniées sur place, [...]. Au demeurant, les traces du passé sont multiples. [...] Les centres anciens constituent des noyaux denses aux voiries anarchiques, aux monuments prestigieux enkystés dans le tissu de la ville moderne comme le « Barrio gotico » de Barcelone et tous les « vieux quelque chose » des guides touristiques, Vieux Nice ou Vieux Gênes. Ces noyaux durs indestructibles ne facilitent pas l'organisation générale de la cité* » (Pelletier in Bethemont, 2001). Par ailleurs, des concentrations humaines hors du commun s'observent dès le VIII<sup>ème</sup> millénaire avant J.-C., il ne s'agit pas « *de villages ou de hameaux, mais de grosses agglomérations qu'on peut appeler des villes* » (Braudel, 1985)

L'organisation de l'espace urbain se cristallise autour d'une place centrale où l'échange entre les hommes est préféré à l'échange des biens : « *l'important c'est rarement la rue, lieu de passage étroit et encombré que les maisons cherchent toujours à s'annexer comme une cour : il suffit d'y sortir quelques chaises pour que le barbier y rase son client, que les enfants y fassent leurs devoirs ou jouent sous le regard des femmes qui cousent ou tricotent. Le vrai centre de la vie sociale se situe ailleurs, sur la place où débouche toute la circulation confuse et chaotique des ruelles* » (Braudel, 1985). Les bâtiments sont ramassés, compactés. Le réseau de voirie a du mal à s'insinuer dans ces dédales où l'on cherche résolument à se protéger d'un soleil de plomb. Ces noyaux de villes méditerranéennes, antérieurs à l'avènement du « tout automobile », ont eu du mal à absorber et même permettre les flux que nous connaissons aujourd'hui.

### **1.3. Les évolutions récentes des zones urbaines littorales**

« *L'époque contemporaine imprimera aux villes des traits indélébiles à partir de 1950* » (Pelletier in Bethemont, 2001). L'attractivité des espaces littoraux a provoqué la croissance rapide des pôles urbains et la coalescence des centres le long du trait de côte. Dans les Alpes-Maritimes, par exemple, les noyaux anciens de Nikaïa et d'Antipolis<sup>44</sup> ont fini par se rejoindre et se confondent aujourd'hui en une seule et même conurbation millionnaire. Le phénomène de littoralisation, particulièrement prononcé sur les côtes méditerranéennes françaises, ajoute son lot de pressions supplémentaires sur un espace déjà extrêmement contraint (Voiron-Canicio, Olivier, 2000).

---

<sup>44</sup> Nice et Antibes.



Les espaces méditerranéens ne sont pas épargnés par le phénomène de périurbanisation constaté sur l'ensemble du territoire français. Mais plus qu'ailleurs, il constitue un véritable défi pour les aménageurs qui doivent alors composer avec un mitage urbain manifeste au cœur d'une topographie très marquée. La notion de « plan de ville » ne s'applique plus, aux plans orthogonaux traditionnels viennent se substituer « *des formes d'urbanisation totalement étrangères au monde méditerranéen* » (Fusco, 2003).

La périurbanisation observée sur ces territoires est multiforme. Elle prend des aspects différents en fonction des aménités des sites, en particulier celle de la vue sur mer. Sur l'ensemble des rivages méditerranéens français, on observe l'émergence de zones de lotissements et de villas individuelles destinées aux logements des habitants de la région mais aussi aux nombreuses résidences secondaires qui occupent une place prépondérante. Ces zones renferment de plus en plus ce que l'on nomme aujourd'hui des « *gated communities* »<sup>45</sup>. L'ensemble de ces zones induisent des mondes clos au sein desquels le réseau de voirie est réduit et très mal connecté. Généralement, ces lotissements sont desservis par un axe unique, tortueux et qui s'achève en impasse.

La figure 16 illustre ces évolutions qui aboutissent, à terme, à des recompositions territoriales profondes. Le sous-système littoral, particulièrement attractif et qui se singularise par la rareté des espaces encore disponibles, est en état de saturation. La boucle de rétroaction positive qui anime ce sous-ensemble engendre une diffusion urbaine dans le proche arrière-pays.

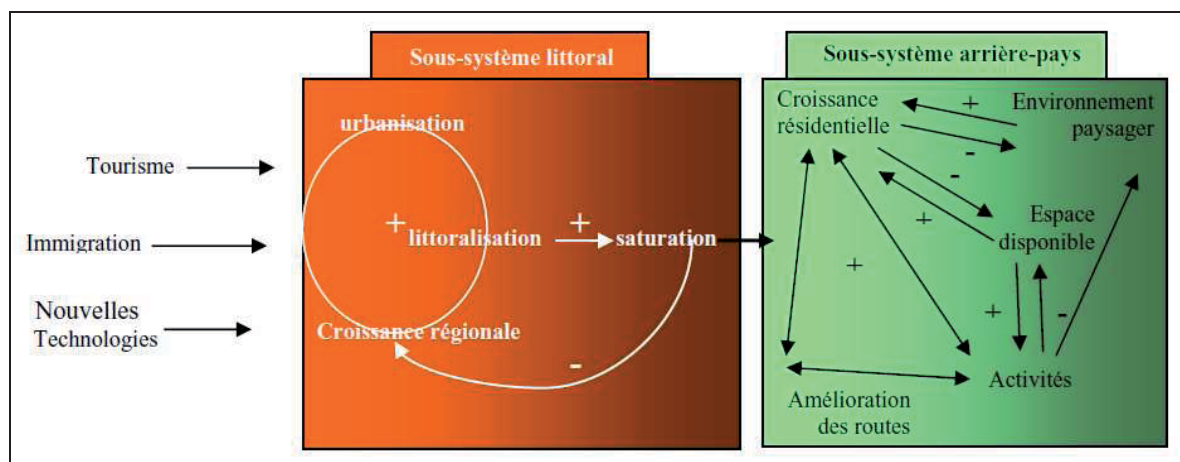


Figure 16 : Modélisation conceptuelle : graphe causal des relations entre les deux sous-systèmes spatiaux de la Côte d'Azur (Voiron-Canicio, 2006)

<sup>45</sup> Pour en savoir plus sur cette nouvelle forme d'habitat, le lecteur est invité à consulter l'article suivant : LE GOIX R., 2006, « Les *gated communities* aux Etats-Unis et en France : une innovation dans le développement périurbain ? », in *Hérodote* n°122, La Découverte, 3<sup>ème</sup> trimestre 2006, 31 pages.



Dans ces espaces périurbains au relief contrasté, le desserrement des populations et des activités ne permet pas le déploiement de lignes de transports collectifs. L'automobile est le mode de déplacement qui prévaut au sein de ménages qui possèdent parfois plusieurs véhicules.

Le champ d'étude retenu dans cette recherche n'échappe pas à cette règle (chapitre 4). Le modèle du « tout automobile » ou **modèle californien** a même fait son apparition. La technopole de Sophia Antipolis, espace monofonctionnel voué aux laboratoires de recherches et aux technologies de pointe, est un lieu où l'automobile règne sans partage. Desservies par une autoroute, les 1 300 entreprises offrent à leurs salariés de vastes aires de stationnement et sont accessibles par des voiries express, où l'absence de trottoirs passe presque inaperçue tant les vitesses de déplacements sont rapides.

#### 1.4. Les conséquences en termes de mobilité

Le réseau viaire s'appuie sur la configuration du littoral, il revêt alors des formes particulières que l'on peut observer sur l'ensemble de l'arc méditerranéen (figure 17). « *Le réseau en forme de râteau est caractéristique de la côte septentrionale de la Sicile, de la Ligurie et de la Costa del sol ; le réseau en forme d'éventail s'observe dans la région niçoise et la région d'Alicante* », le réseau aux branches parallèles au littoral, séparées par une chaîne de montagne, caractérise la région barcelonaise et le département français du Var (Voiron-Cancio, 1992).

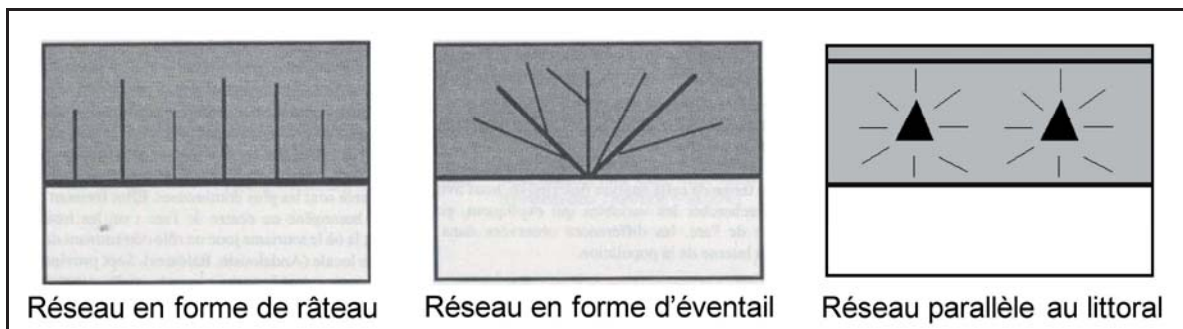
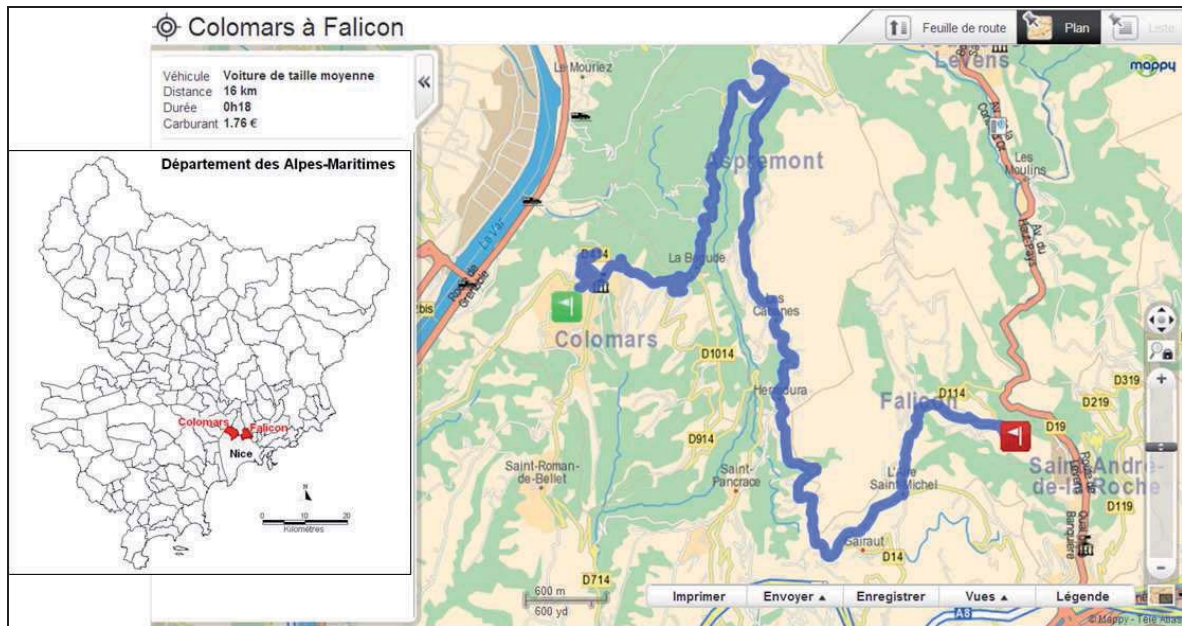


Figure 17 : Les formes de réseaux les plus fréquentes  
(Voiron-Cancio, 1992)

« Dès que l'on s'écarte des plaines côtières et que l'on pénètre dans l'arrière-pays, les axes de communication se raréfient. L'articulation des espaces devient extrêmement lâche » (Voiron-Cancio, 1992). Les espaces périurbains sont très mal connectés entre eux. Le réseau converge en direction du littoral, les liaisons inter-collinaires sont *quasi-inexistantes*. La figure 18 décrit l'itinéraire routier à emprunter pour relier deux communes mitoyennes au nord de Nice dans les Alpes-Maritimes. La distance euclidienne entre Falicon et Colomars est

de 5 kilomètres, mais dans ce cas précis, il faut emprunter des routes de crêtes, contourner les vallons et effectuer un trajet total de 16 kilomètres.



**Figure 18 : L'itinéraire routier pour rejoindre Falicon à partir de Colomars (d'après [www.mappv.fr](http://www.mappv.fr))**

Cet exemple simple montre le hiatus important dans les liaisons inter-collinaires. Pourtant, les densités de population sont de plus en plus importantes sur ces collines en amphithéâtres au-dessus des zones urbaines littorales. Les constructions partent à l'assaut des pentes raides. Mais elles restent desservies par des chemins d'accès étroits, sur les versants tortueux, particulièrement inadaptés au trafic de véhicules actuels. Ces problèmes se posent également pour les transports collectifs, dont les bus de taille standard ne peuvent emprunter tous les chemins d'accès aux collines, c'est le cas de Nice par exemple sur les collines de l'est comme de l'ouest. De surcroît, la part détenue par les résidences secondaires à faible occupation annuelle compromet la mise en place de lignes de transports collectifs pérennes et rentables dans ces zones. Seul le TAD peut être envisagé. La mobilité est à la fois contrainte par les distances mais aussi par le gabarit des routes et la sinuosité du réseau.

***Quelques caractéristiques des villes nord-méditerranéennes dans une comparaison internationale :***

Dans sa thèse de Doctorat, Giovanni Fusco s'attache à mesurer le caractère durable de la mobilité niçoise et génoise dans une comparaison internationale (Fusco, 2003). Une partie de sa recherche s'appuie sur huit indicateurs – tels que la motorisation des ménages et l'offre de transport en commun (TC) annuelle par habitant – pour évaluer l'offre de transport dans ces deux agglomérations (figures 19 et 20).

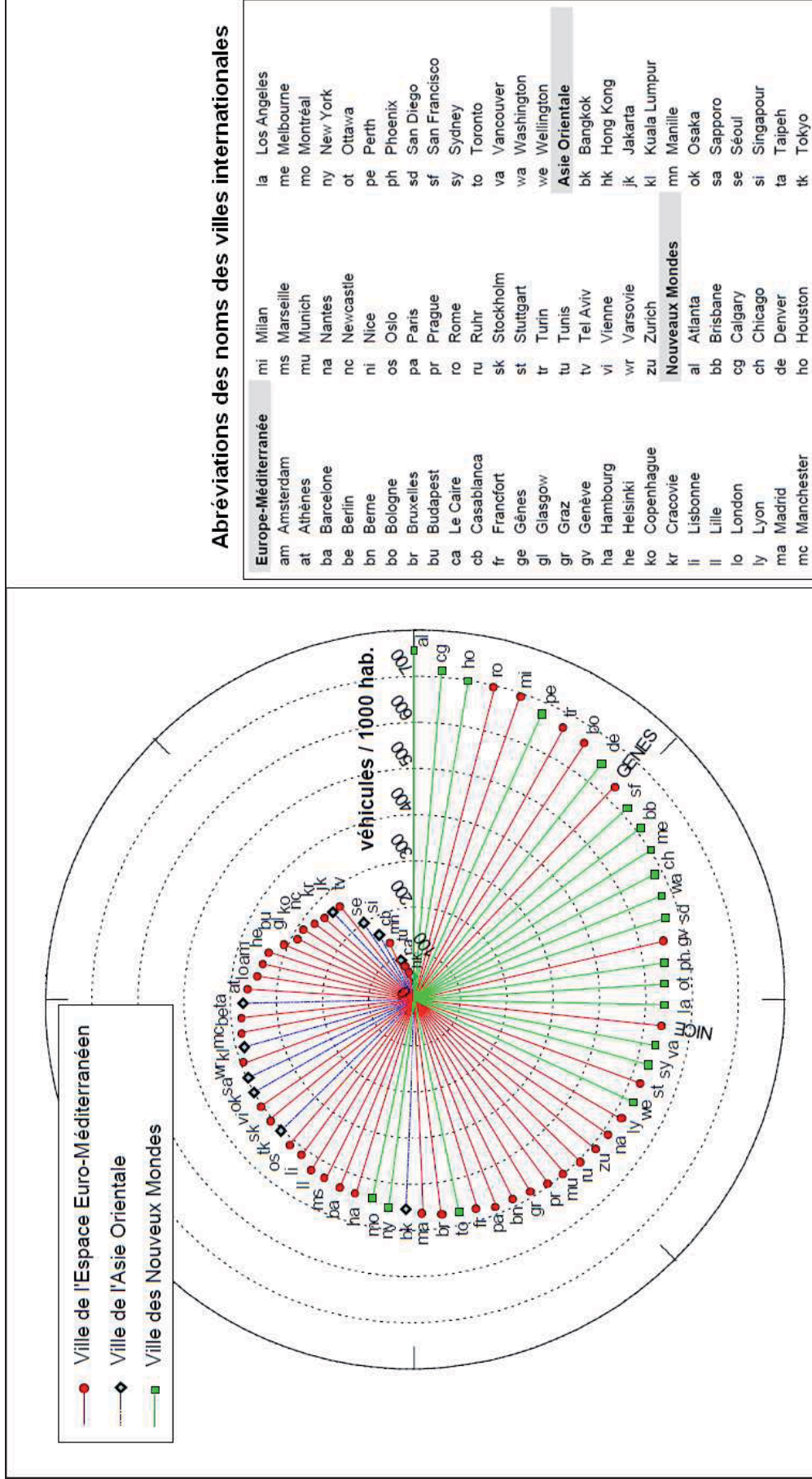


Figure 19 : La motorisation de la population dans les villes internationales (Fusco, 2003)





Giovanni Fusco le relève : « *Gênes est la ville italienne à la motorisation la plus faible et Nice-Côte d'Azur est la ville française à la motorisation la plus élevée* » (Fusco, 2003). Certes, Gênes démontre un taux en-deçà de ceux qui s'observent à Rome, Milan, Turin et Bologne. Il n'en demeure pas moins que ces villes, nord-méditerranéennes, s'inscrivent dans le peloton de tête en compagnie d'Atlanta, Calgary et Houston. Les villes nord-américaines ne sont-elles pas réputées pour être les plus motorisées ? Les agglomérations de l'arc méditerranéen démontrent donc des taux de motorisation dignes des grandes villes américaines. Les configurations spatiales que l'on a évoquées sont sans aucun doute à l'origine de ce constat.

L'auteur démontre ensuite les nombreuses lacunes de l'offre TC en Méditerranée : « *rapportée à la population, l'offre de services de transports en commun est très maigre dans un certain nombre de villes françaises de province (notamment Nantes, Marseille et Nice-Côte d'Azur), tout comme à Bologne et à Athènes* » (Fusco, 2003). Les villes les mieux loties étant, il le concède, situées en Europe du Nord et de l'Est. On le voit sur ces diagrammes, au moins deux conditions sont réunies pour voir la part modale de l'automobile atteindre des sommets en territoire nord-méditerranéen.

Les aspects physiques de ces espaces, *de facto* prégnants, constituent une base avec laquelle il faut composer. Car, de ces contraintes méditerranéennes naissent aussi des potentiels, la manière de lire l'espace est si différente qu' « *il n'y a aujourd'hui pratiquement plus de problèmes techniques, seulement des contraintes financières. La volonté politique ou personnelle de qui en a les moyens peut passer par-dessus tous les obstacles. [...] Si ces contraintes n'empêchent pas la ville, elles la modèlent cependant toujours* » (Pelletier, Delfante, 1994). Pourquoi ne pas prendre justement appui sur ces modèles urbains typiques où les modes « ancestraux » comme la marche à pied et la bicyclette trouvent toute leur légitimité ?

La section suivante cherche à examiner la manière dont les décideurs prennent appui sur cette base et, le cas échéant, la manière dont ils en tirent partie lorsqu'ils mettent en place des initiatives en matière de mobilité durable.

## **2. Les initiatives pour la mobilité durable en territoire nord-méditerranéen**

Le chapitre précédent en a fait la démonstration : les bilans tirés des expériences en matière de mobilité durable font rarement mention du contexte territorial au sein duquel les initiatives s'implantent. Cependant, une analyse de ces dernières reste intéressante puisqu'il se peut qu'elle révèle que les territoires nord-méditerranéens bénéficient déjà d'un type d'initiatives particulier, qui ne se retrouve pas ailleurs, et en cela constituer un fait important.

Cette section s'appuie essentiellement sur les bases de données déjà évoquées au chapitre 2, à savoir SMILE et Energie-Cities. En effet, ces deux bases renseignent sur le type d'initiatives mises en œuvre dans chaque sous-ensemble européen tout en permettant les comparaisons internationales.

Le tableau 5 montre le poids des configurations territoriales méditerranéennes dans les initiatives mises en œuvre. Deux types sont privilégiés : les contraintes exercées sur le système automobile et la promotion des modes doux. Il faut le reconnaître, ces configurations territoriales fournissent une aide précieuse pour l'éviction des automobiles en quartiers hyper-centraux : les places et les zones piétonnes sont nombreuses, les ruelles sont tortueuses, étroites et s'achèvent en impasses. Parallèlement, on encourage fortement la marche à pied<sup>46</sup> dans ces quartiers hyper-centraux où elle demeure le mode de déplacement dominant (Plan Bleu, 2008 ; INSEE, 2002 ; Saint-Amand, 2005). La bicyclette n'est pas le mode retenu, même si aujourd'hui, il est de mise dans toutes les grandes villes françaises, de proposer un service de vélos en libre-service, force est de constater qu'en territoire nord-méditerranéen, l'initiative ne remporte pas un franc succès. Le quotidien marseillais en ligne Marsactu.fr publie en Juin 2010 le pourcentage d'abonnés annuels aux vélos en libre-service de cinq villes françaises. Le constat est sans appel, alors que 6,2% de Lyonnais et 7,3% de Parisiens possèdent un abonnement, seulement 0,6% de Marseillais et 1,5% de Niçois ont fait cette démarche. Toujours en Juin 2010, le maire de Madrid décide de repousser une nouvelle fois la mise en place des vélos en libre-service sans promettre de date définitive ([www.lepetitjournal.com](http://www.lepetitjournal.com), 2010)<sup>47</sup>. Rome implante ses stations de vélos en Juin 2008, mais on déplore cependant l'absence *quasi*-totale de pistes cyclables. L'adjoint au maire du service de l'environnement précise : « *Il faut tenir compte du fait que Rome a beaucoup de collines et que plusieurs quartiers ont des rues en pente* » (Le Figaro.fr, 2008).

---

<sup>46</sup> Les initiatives détaillées se retrouvent en annexe 2.

<sup>47</sup> Le petit journal est un média en ligne à destination des Français et francophones établis à l'étranger.

	Nombre d'initiatives	Autres utilisations de l'automobile	Amélioration de l'offre TC	Communication accompagnement sensibilisation	Contraintes sur le système automobile	Mise en place de PDE	Modes doux	Motorisation et gestion du fret	Organisation et gestion du Plan global
Allemagne	15	2	0	2	2	0	7	0	2
Autriche	22	3	2	5	1	3	2	4	0
Belgique	13	0	1	5	1	2	3	0	0
Croatie	5	0	0	0	1	0	3	0	0
Danemark	13	3	1	3	1	0	2	0	3
Espagne	19	0	4	3	6	1	3	2	0
Finlande	4	0	0	1	1	0	1	0	0
France	20	2	1	3	4	3	4	3	0
Grèce	4	0	2	0	1	0	1	0	0
Hongrie	3	0	1	2	0	0	0	0	0
Italie	21	2	1	3	3	0	3	5	1
Luxembourg	1	0	0	0	1	0	0	0	0
Macédoine	1	0	0	0	0	0	1	0	0
Monaco	1	0	0	0	0	0	0	0	1
Norvège	1	0	0	0	0	0	0	0	0
Pays-Bas	6	1	0	1	0	0	2	1	0
Pologne	1	0	0	1	0	0	0	0	0
Portugal	5	0	2	0	2	0	0	1	0
République Tchèque	6	1	1	0	0	0	4	0	0
Royaume-Uni	20	1	0	3	8	3	2	1	0
Serbie	1	0	1	0	0	0	0	0	0
Slovénie	3	0	1	0	2	0	0	0	0
Suède	3	0	0	0	0	0	0	3	0
Suisse	9	1	0	0	5	1	2	0	0
<b>TOTAL</b>	<b>197</b>	<b>16</b>	<b>18</b>	<b>32</b>	<b>39</b>	<b>13</b>	<b>40</b>	<b>20</b>	<b>7</b>
<b>TOTAL PAYS RIVERAINS DE LA MEDITERRANEE</b>	<b>73</b>	<b>4</b>	<b>9</b>	<b>9</b>	<b>17</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>10</b>	<b>2</b>
		5,5%	12,3%	12,3%	23,3%	5,5%	19,2%	13,7%	2,7%
<b>TOTAL AUTRES PAYS</b>	<b>124</b>	<b>12</b>	<b>9</b>	<b>23</b>	<b>22</b>	<b>9</b>	<b>26</b>	<b>10</b>	<b>5</b>
		9,7%	7,3%	18,5%	17,7%	7,3%	21,0%	8,1%	4%
									<b>6,5%</b>

Tableau 5 : Le type d'initiatives mises en œuvre selon l'appartenance au bassin méditerranéen

En revanche, la bicyclette est clairement privilégiée en Europe du Nord, où la culture autour de ce mode est déjà bien ancrée. S'appuyant sur un usage traditionnel du vélo, les décideurs semblent vouloir retenir en priorité des solutions éprouvées. Ils accompagnent leurs mesures d'une communication importante, considérant que l'initiative doit s'implanter à la fois **sur le territoire et dans les habitudes** quotidiennes de déplacement.

L'amélioration de l'offre TC est un levier actionné préférentiellement en territoire nord-méditerranéen. Cependant, une nuance s'impose. Selon les propos recueillis par l'enquête SMILE, l'offre de certaines villes grecques et espagnoles était jugée largement insuffisante et une remise à niveau s'imposait. Ainsi, les communes de Terrassa, Logroño et Malaga en Espagne, œuvrent à la création de sites propres ; tandis que les communes de Kalamaria et Tessalonique en Grèce créent des lignes et les promeuvent en proposant la gratuité.

Quel que soit le pays considéré, les plans de mobilité globaux demeurent minoritaires. Et l'on observe finalement que les décideurs se focalisent sur un, ou au mieux, deux types d'initiatives centrés sur les atouts que leur territoire renferme. Un tissu urbain compact les invite à interdire l'usage de l'automobile dans certains périmètres et à aménager de vastes zones piétonnes. Une topographie accidentée freine les projets autour de la bicyclette. Dans ce contexte, *quid* de la reproductibilité des initiatives ?

\*\*\*\*\*

### **Conclusion chapitre 3 :**

Deux conceptions d'un modèle urbain méditerranéen co-existent. La première est que les territoires méditerranéens présentent « *une diversité telle qu'il serait assez vain de proposer un modèle méditerranéen de la ville* » (Bethemont, 2001). La première section de ce chapitre a illustré le fait que l'unité méditerranéenne serait plutôt à rechercher dans la complexité de ses sous-ensembles. Cependant, « *même si la notion de ville méditerranéenne n'est pas sans poser des problèmes de définition, la relation ville-transports-environnement se présente avec un certain nombre de spécificités autour de la Méditerranée* » (Fusco, 2003). C'est donc dans les liens qui unissent le système territorial et le système de transport que des spécificités apparaissent.

En Europe, « *les types de mobilité sont à peu près similaires avec un peu plus de la moitié des individus qui utilisent essentiellement la voiture [...]* » (TNS Sofres, 2006). La manière de gérer la réduction du trafic automobile est cependant différente. Et la reproductibilité des expériences reste incertaine entre Europe du nord et Europe du sud.

L'aire sur laquelle s'applique cette recherche appartient aux systèmes territoriaux nord-méditerranéens, cette position lui confère des contraintes et potentialités spécifiques.



**Fiche de synthèse du chapitre 3 :**

Même si **un** modèle n'existe pas en tant que tel, l'organisation spatiale des territoires nord-méditerranéens demeure singulière. Les demi-régions urbaines disposées en amphithéâtres s'observent sur l'ensemble de l'arc méditerranéen. Néanmoins, les évolutions récentes des villes renforcent leurs dissemblances. Au nord d'Antibes, « l'implantation de *Sophia Antipolis* [...] accentue le côté « *californien* » de l'ensemble » (Pelletier in Bethemont, 2001).



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012



## CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE

Si l'on reprend point par point les idées directrices développées dans cette première partie de thèse, doit retenir que :

- la configuration spatiale des territoires influe sur l'efficacité des modes de transports (chapitre premier) ;
- les systèmes de transports sont désormais définis comme vecteurs d'une mobilité durable (chapitre premier) ;
- il est nécessaire de tirer parti des déterminants territoriaux et dans une plus large mesure des conditions d'utilisation des modes pour pouvoir mettre en œuvre des initiatives adaptées aux caractéristiques intrinsèques du système territorial (chapitre premier) ;
- les initiatives en matière de mobilité durable dites « reproductibles » ne peuvent s'envisager sans une connaissance accrue du contexte territorial dans lequel elles s'inscrivent (chapitre 2) ;
- les spécificités territoriales peuvent être lues comme des potentiels à l'utilisation des modes de transports (chapitre 3).

Afin de rechercher une adéquation entre système territorial et système de transport, il apparaît nécessaire de procéder à la mise en relation des composantes du territoire et des déterminants d'utilisation des modes de transports. Cette mise en relation ne peut s'envisager qu'à l'aide de méthodes capables à la fois, de détecter les caractéristiques territoriales, et de les intégrer dans un processus de raisonnement.

La partie suivante présente le chaînage d'analyses mis au point dans ce cadre. Ce chaînage couple les méthodes de l'analyse spatiale avec celles de l'intelligence artificielle.



## **DEUXIÈME PARTIE : UNE DÉMARCHE D'ANALYSE SPATIALE DANS UN ENVIRONNEMENT DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES**

*« Vaincre les discontinuités, propres de la surface terrestre et de son aménagement par les sociétés humaines, tel est l'objet du transport. »*

*Michel Chesnais, Transport et espace français.*

Cette partie charnière fait le pont entre les idées forces relevées par l'état de l'art et la mise en œuvre de la démarche d'analyse. Elle présente à la fois l'aire d'application de la thèse, tout en exposant les données, méthodes et outils mobilisés au service de la problématique. La démarche s'apparente à la notion d'Environnement de Résolution de Problèmes, en ce sens que le chaînage construit couple à la fois des méthodologies d'analyse spatiale avec un système à base de connaissances.

En effet, cette notion est définie comme suit :

*« Un Environnement de Résolution de Problèmes est un système d'organisation des outils que le spécialiste d'un domaine peut utiliser au sein d'une méthodologie pour résoudre un problème »* (Dubus et al., 1997). Ce chaînage fait largement la place aux méthodes de l'analyse spatiale, particulièrement adaptées dans le cadre qui a été posé dans la partie précédente.

Le chapitre 4 énonce les hypothèses et la démarche envisagée.

Le chapitre 5 brosse le portrait du champ d'application de la recherche. En outre, il fait mention des insuffisances relevées dans les bases de données traditionnelles. En effet, la problématique de thèse ainsi que la vision développée, sous-tendent une approche particulière qui replace l'espace au centre de la réflexion. Des analyses sont alors initiées en complément des données existantes.



## CHAPITRE 4 : UNE DÉMARCHE GLOBALE POUR APPRÉHENDER LA COMPLEXITÉ DES INTERRELATIONS ENTRE SYSTÈME TERRITORIAL ET SYSTÈME DE TRANSPORT

Toute analyse territoriale débute généralement par l'étude de la configuration de l'espace géographique. Les documents d'urbanisme obligatoires tels que les PDU, les PLU, on encore les SCOT n'échappent pas à cette règle. Ils contiennent tous un diagnostic à l'intérieur duquel leurs auteurs relèvent, sur le territoire étudié, les atouts et les faiblesses démontrés par l'espace, pour procéder à des aménagements éventuels, en lien avec la demande sociétale. Pour chacune des composantes de l'espace géographique, ces documents présentent habituellement la situation actuelle, puis les enjeux sociétaux qui se juxtaposent sur les territoires pour en décrire – sans forcément les analyser ou les mettre en relation – les caractéristiques importantes du milieu. L'objectif étant *in fine* de tirer parti de ces connaissances dans une perspective d'aménagement.

Ces diagnostics territoriaux, tels qu'ils sont généralement dressés, ne sont pas satisfaisants dans le cadre de la problématique et des hypothèses posées dans cette thèse. La recherche d'adéquation entre le système territorial et le système de transport suppose une **mise en relation constante des composantes spatiales élémentaires entrant en jeu dans le fonctionnement global du système de mobilité**. Tirer des connaissances fines des deux systèmes que l'on cherche à mettre en adéquation implique la mise en œuvre d'un diagnostic original capable de fournir des informations abondantes et précises **sur les interrelations entretenues par leurs composantes majeures** respectives.

### 1. Détecter les interrelations entre système territorial et système de transport

Le postulat relatif à la nature hétérogène de l'espace géographique engendre deux idées fondamentales. La première est un constat, relevé par de nombreux chercheurs, selon lequel cette hétérogénéité spatiale est à l'origine même des besoins de mobilité. Dans sa thèse, Laurent Chapelon s'appuie notamment sur les travaux de Gabriel Dupuy et d'Abraham Moles pour souligner que le mouvement des individus est induit *de facto* par les contrastes observés sur l'espace terrestre (Chapelon, 1997)<sup>1</sup>. Il cite Abraham Moles : « *l'espace terrestre se trouve [...] en chaque point valorisé par les choses ou ressources du monde qui sont d'intérêt pour l'Homme et distribuées de façon inégale en ce monde [ce qui implique] au delà du*

---

<sup>1</sup> Références citées par Laurent Chapelon :

Abraham MOLES. « Vers une psycho-géographie », p. 177-205 in : Encyclopédie de géographie. Paris : Economica, 1992, p. 200-201.

Gabriel DUPUY. « Réseaux », p. 145-151 in : Encyclopédie d'économie spatiale. Paris : Economica, 1994, p. 145.

Gabriel DUPUY. L'Urbanisme des réseaux. Paris : Armand Colin, 1991, p. 108.



*mouvement individuel, un mouvement collectif, un comportement d'invasion ou de conquête, de flux de personnes et d'installations, un aménagement du territoire qui sera basé sur les possibilités de transport. »*

Au-delà de cette idée force, il est envisageable de considérer que pour satisfaire au mieux les besoins de mobilité des individus, le système de transport doit correspondre aux spécificités de chaque territoire et offrir ainsi les aménités suffisantes et satisfaisantes pour y répondre au mieux.

Conséquemment, l'hypothèse suivante prend tout son sens : **chaque territoire fait de ses potentialités et de ses contraintes, porte de manière sous-jacente dans ses spécificités propres un ou plusieurs modèles de système de transport capables de répondre aux attentes exprimées par les usagers.** Et pour aller plus loin, on peut considérer que ces spécificités peuvent permettre, une fois qu'elles sont identifiées, la mise en évidence d'un système de transport qui soit en adéquation avec les caractéristiques territoriales.

La distance, notion géographique par excellence, guide, de concours avec beaucoup d'autres critères, les choix modaux et donc les stratégies de mobilité des usagers. Ainsi, la ville pédestre décrite par Marc Wiel est une ville ramassée, dense, propice aux mobilités douces telles qu'on les nomme aujourd'hui. Au sein d'aires restreintes, elle concentre de multiples fonctions. Ce sont donc bien la diversité des composantes urbaines ainsi que la manière dont elles sont distribuées à travers l'espace qui facilitent et même favorisent les déplacements pédestres (cf. chapitre premier).

C'est à partir de ces éléments de réflexion qu'une deuxième hypothèse est posée : **à chaque configuration territoriale correspond un mode – ou une pratique – de transport qui pourrait être considéré(e) comme étant le (la) plus adéquat(e) par rapport à l'espace traversé.**

L'énoncé de ces deux hypothèses majeures suppose la mise en œuvre d'un diagnostic rigoureux sur le champ d'étude.

Le cadre de la problématique implique par ailleurs que ce diagnostic se bâtisse sous la contrainte forte d'une mise en relation constante des éléments qui composent à la fois le système territorial et le système de transport.

### **1.1 Un diagnostic spatial sous contrainte et à double finalité**

Le diagnostic est la première méthode à mettre en place pour caractériser le système territorial, en retirer des connaissances multiples de manière très fine. Celle-ci va néanmoins

différer des méthodes habituellement mises en œuvre car la première finalité du diagnostic, qui va être engagé ici, consiste à **caractériser le champ d'étude au regard des interrelations qu'il entretient avec le système de transport.**

### 1.1.1 Les grands éléments du diagnostic

Ces grands éléments correspondent aux composantes territoriales identifiées comme majeures dans l'étude des interrelations entre système territorial et système de transport. Ils sont dans un premier temps listés et explicités. Les analyses sont conduites au chapitre 6.

Ces éléments peuvent être classés en cinq catégories :

- **Le contexte physique ou environnemental** du territoire. Les caractéristiques topographiques d'un espace interviennent de manière plus ou moins marquée sur le fonctionnement du système de transport (Ashley, Bannister, 1989 ; Aultman-Hall et al., 1997b ; Noël, 2003).

Analyses à mettre en œuvre :

- ⇒ Une étude du relief à différentes échelles : la topographie globale du champ d'étude est à connaître mais elle influe peu sur les déplacements motorisés. Le micro-relief doit en revanche être analysé au regard des mobilités douces.
- ⇒ La spatialisation d'éventuelles coupures physiques qu'elles soient de différentes natures : lotissements fermés, espaces naturels protégés et Parcs départementaux par exemple qui peuvent contraindre les mouvements sur le territoire mais aussi les attirer.

- **La structure spatio-morphologique du bâti.** Le tissu bâti doit s'appréhender selon trois caractéristiques majeures :
  - sa densité détermine les tissus urbains, périurbains ou ruraux ;
  - sa compacité : la distance entre les éléments bâtis conditionne fortement les choix modaux et intervient sur les potentiels d'utilisation des modes doux (Anderson et al., 1996 ; Baltes, 1996 ; Vernez-Moudon et al., 1997) ;
  - son emprise au sol : la forme ainsi que l'étendue du tissu bâti engendrent des contournements et des allongements de parcours (Héran, 1999).

Analyse à mettre en œuvre :

- ⇒ Une caractérisation et une classification des types de structures spatio-morphologiques du bâti qui prend en compte ces trois aspects de manière concomitante.

Puis mettre en œuvre :

- ⇒ Une analyse spatio-morphologique du tissu bâti qui s'appuie sur la distance entre les éléments.



- **La distribution des populations** et notamment des densités à l'échelle fine renseigne sur les points de l'espace à partir desquels les mouvements vont s'établir ainsi que sur l'intensité de ces derniers. Par ailleurs, il est nécessaire de connaître les grands contours des pratiques de mobilité actuelle des populations. Ces grands contours s'apprécient par la collecte d'informations relatives à la portée des trajets, aux motifs de déplacement et aux taux de motorisation des ménages.

Analyses à mettre en œuvre :

- ⇒ Extraire les connaissances relatives aux grands traits de la mobilité actuelle, issues de l'enquête ménages-déplacements (EMD), et les cartographier.
- ⇒ Projeter les densités de population conditionnellement aux types de structures spatio-morphologiques du bâti dans lesquelles elles résident, de manière à obtenir une information extrêmement fine.
- **La nature et la distribution des activités** sur le territoire. Comme pour la population, il s'agit de procéder à l'identification et à la spatialisation des points générateurs de mouvements.

Analyse à mettre en œuvre :

- ⇒ Un recensement et une cartographie exhaustifs des activités présentes sur le champ d'étude par grands domaines.
- **Le réseau de voirie.** Il doit s'appréhender selon trois volets fondamentaux dont un volet intrinsèque :
  - sa morphologie au travers de trois indices influant fortement sur l'accessibilité et de fait sur les choix modaux : le maillage conditionnellement aux zones bâties, les connexions possibles et enfin sa forme elle-même ;
  - ses aménagements et le contexte urbain dans lequel il chemine vont favoriser ou contrarier l'utilisation des différents modes de transports.

Les relations entre ces cinq composantes élémentaires feront l'objet d'une étude particulière car ce sont elles qui façonnent l'espace, le caractérisent en grande partie et en déterminent le fonctionnement.

Cette connaissance accrue sur le système territorial doit à présent être mise en relation avec la configuration actuelle du système de transport. Cette dernière s'étudie au travers d'une approche classique qui s'articule autour du binôme offre / demande.

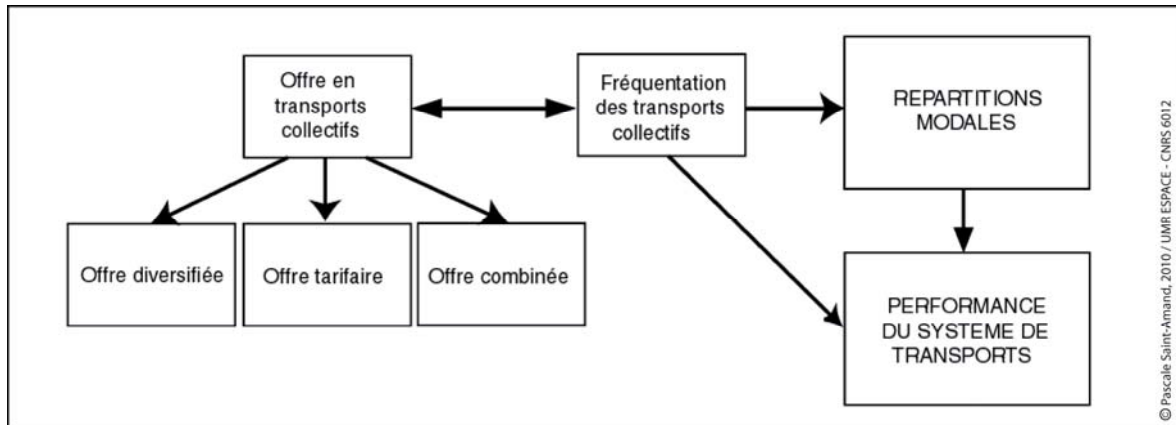


Figure 22 : Eléments pris en compte dans l'analyse de la configuration actuelle du système de transports

L'offre en transports collectifs est caractérisée ici par trois éléments :

- la mise à disposition par l'AOTU d'un éventail large en termes de modes de transports collectifs et / ou individuels : train, bus urbains, cars interurbains, tramway, TAD, ramassages scolaires, bicyclettes et automobiles en libre-service, *etc...*
- l'offre tarifaire est une des caractéristiques importantes de l'offre globale et influe très largement sur les partages, voire sur les reports modaux ;
- un soin particulier, accordé aux possibilités de correspondances intramodales et intermodales, renforce le niveau satisfaisant d'une offre de transports collectifs.

La satisfaction de ces trois volets impacte sur la fréquentation des transports collectifs et intervient alors sur les chiffres de répartitions modales. À partir de cette fréquentation et des parts modales relevées, des conclusions peuvent être tirées quant à la performance effective du système de transport collectif, voire même du système de transport dans son ensemble.

Ces éléments actuellement observés sur le territoire viennent enrichir à leur tour le diagnostic. Ils sont directement mis en relation avec la configuration territoriale du champ pour en saisir le fonctionnement, les dynamiques et appréhender les interrelations actuelles.

Ce diagnostic prend finalement appui sur de l'analyse géographique traditionnelle : analyse statistique, cartographie et analyse spatiale par analyses d'images. De nombreuses informations seront tirées des documents officiels produits par les AOTU du champ d'étude mais ne manqueront pas d'être complétées, recoupées et enrichies par d'autres sources bibliographiques et bases de données diverses.

Cependant, outre une production de connaissances fines sur le champ d'étude, le diagnostic engagé a une deuxième finalité. Cette dernière fait résonance à l'hypothèse majeure de cette thèse qui porte sur l'interaction de la configuration spatiale des territoires et des modes de transports. On postule qu'à une configuration spatiale donnée correspond un ou plusieurs modes de transports plus ou moins appropriés.

Cette hypothèse porte l'idée sous-jacente selon laquelle, face à une organisation de transport, la réponse du territoire peut se traduire de différentes manières selon les éléments et les

interactions en présence. Les espaces de la zone d'étude, hétérogènes par définition, renferment des particularités qui leur sont propres et vont répondre totalement différemment à la recherche d'adéquation. L'idée est donc de mettre en évidence des sous-systèmes territoriaux sur la zone d'étude, des sous-systèmes qui seraient considérés comme homogènes dans leur structure et sur lesquels on détecterait des solutions de déplacements adaptées à chacun d'eux.

### 1.1.2. La régionalisation du champ

La configuration spatiale du territoire comprenant 13 communes très hétérogènes, tant d'un point de vue physique que dans la distribution spatiale de leurs éléments humains, va conférer au territoire des modes de fonctionnement différents et donc des manières différentes de tendre vers une adéquation entre territoire et mode de transport. Chaque sous-système territorial ayant un fonctionnement différent de son voisin va ainsi développer une réponse qui lui est propre face à une offre de transport. Ces multiples réponses conduisent à rechercher pour chaque sous-système territorial le ou les modes de transport considéré comme « adéquat(s) » ou efficient(s) selon la configuration spatiale traversée.

Les cinq composantes élémentaires définies plus haut vont être à l'origine de la régionalisation du champ en sous-système territoriaux. À partir de la configuration de ces cinq éléments sélectionnés au regard de la problématique de thèse, une segmentation du champ va être mise en œuvre. Elle produira des agrégats spatiaux sur lesquels seront examinées les hypothèses posées.

Cette régionalisation du champ d'étude en sous-systèmes homogènes sera menée en deux temps. La première étape consistera à dégager les « héritages » de l'espace : les éléments prégnants et inertes comme le relief, la masse bâtie et le réseau de voirie. Puis, la deuxième étape s'attachera à juxtaposer sur ces structures les éléments dynamiques : la population bien évidemment mais aussi les objets qui créent le mouvement : c'est-à-dire les pôles d'activités. Ces deux étapes comportent des analyses de contiguïté, de distance, d'espacement, de forme, et tiennent compte des interrelations entre les éléments : elles seront mises en œuvre par analyse d'images à partir d'opérateurs de morphologie mathématique (cf. chapitre 6).

## **1.2 La mise en relation des deux systèmes**

Dans le domaine de l'aide à la décision, les systèmes experts se révèlent être particulièrement efficaces, car capables d'analyser un problème ou une situation, et de fournir des solutions issues d'expertises complexes aux décideurs<sup>2</sup>. L'outil se veut adapté à la problématique de thèse, ainsi que l'opérationnalité de la méthode.

---

<sup>2</sup> Une présentation complète de l'outil sera effectuée dans le chapitre 7.

La mise en relation du système territorial et du système de transport s'effectue ainsi par les simulations sous système expert. Il détermine, conformément à un corpus de connaissances extrêmement fourni à la fois sur le territoire et sur les conditions requises pour l'utilisation de chaque mode de transport, les solutions de déplacement adaptées à chaque sous-système territorial.

Les connaissances issues du diagnostic viennent donc à la fois :

- produire des connaissances fines sur la zone d'étude afin d'attester de la présence – ou de l'absence – des éléments territoriaux qui conditionnent l'utilisation potentielle des modes de transports ;
- segmenter cette zone en sous-systèmes territoriaux homogènes ;
- enrichir la base de connaissances nécessaires aux simulations du système expert.

Le système expert s'applique sur les unités spatiales détectées par la régionalisation.

La figure 23 représente le modèle conceptuel global de la démarche décrite dans ce chapitre. Dans le même temps, il présente les bases de connaissances nécessaires au raisonnement du système expert en vue des simulations à venir.



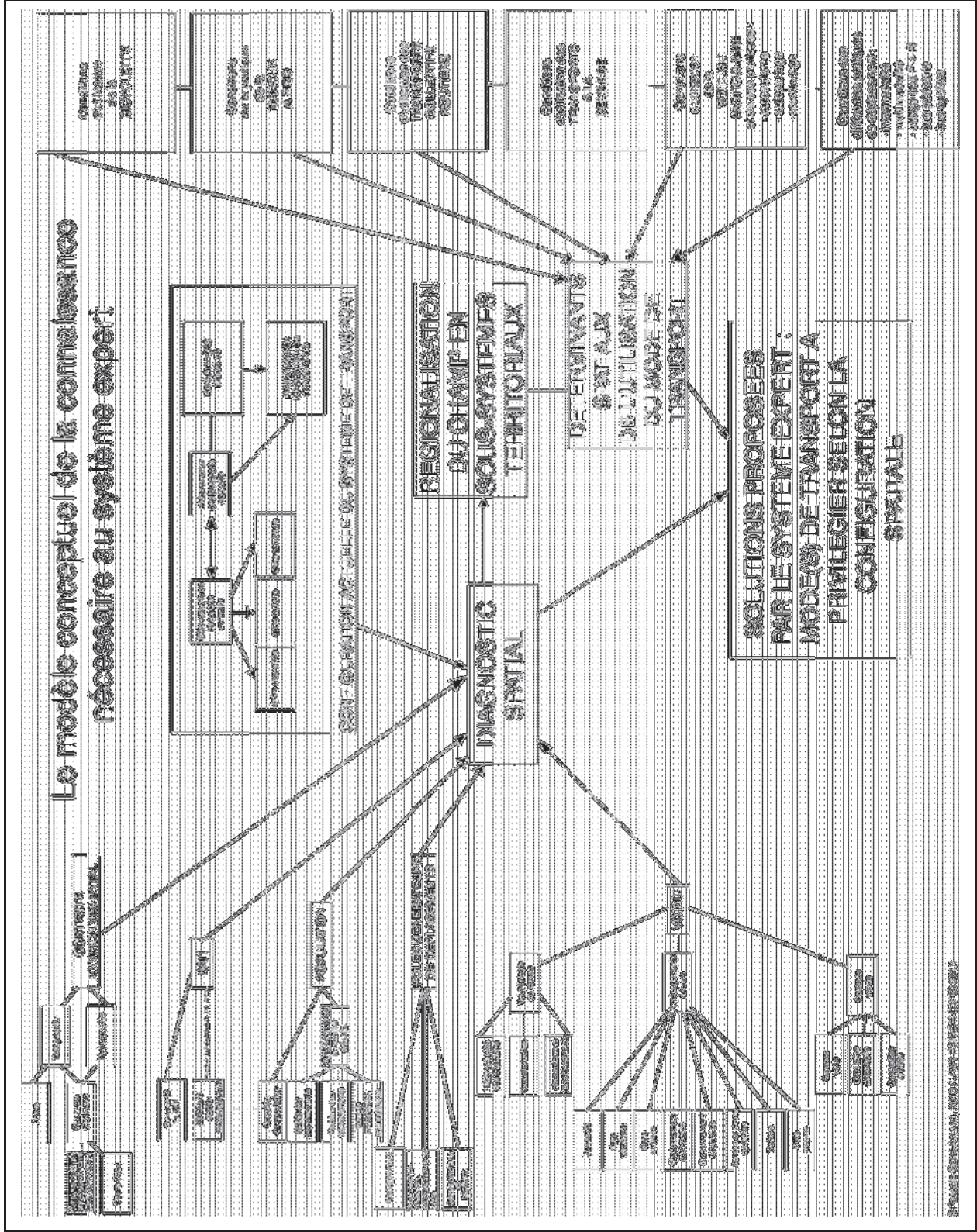


Figure 23 : Le modèle conceptuel de la démarche mise en oeuvre



Les cinq composantes élémentaires listées en début de chapitre se retrouvent sur la partie gauche de ce modèle conceptuel. Les éléments attachés à ces cinq composantes ont été relevés dans la littérature comme étant des pré-requis plus ou moins indispensables à l'utilisation de tel ou tel mode de transport, à la mise en pratique de telle ou telle forme de mobilité<sup>3</sup>. Après avoir alimenté le diagnostic et permis la segmentation du champ d'étude, ces éléments viennent répondre aux questions posées par le système expert pour livrer ses solutions.

Il incombe à ce dernier de produire un « verdict » quant à l'utilisation potentielle du mode de transport sur le territoire étudié. Pour cela, une base de connaissances sur les conditions d'utilisation des différents modes aura été préalablement injectée dans le modèle – c'est la partie droite de la figure 23 – et le système expert interrogera le modélisateur sur la présence ou l'absence des éléments socio-spatiaux pré-requis au sein des territoires. Riche des connaissances tirées lors du travail de diagnostic, le modélisateur procède aux simulations, collecte les verdicts et les spatialise en vue d'un processus d'aide à la connaissance et à la décision.

## **2. Comprendre les interrelations entre système territorial et système de transport**

L'absence de mise en perspective des initiatives en matière de mobilité durable **au sein des contextes territoriaux** est manifeste (cf. chapitre 2). Pourtant, il existe bien des pré-requis territoriaux à l'utilisation des différents modes de transports. On sait même que la configuration spatiale et morphologique des territoires intervient directement sur l'efficacité des modes (cf. chapitre premier).

L'objectif de la chaîne de modélisations consiste donc à détecter le(s) modèle(s) de système de transports sous-tendu(s) par la configuration spatiale et morphologique du champ d'étude.

### **2.1. Les mesures mises en œuvre**

Elles sont au nombre de trois et nécessitent la création d'un chaînage méthodologique à l'intérieur duquel chaque résultat de mesure est à l'origine de l'analyse suivante. Ces mesures sont mobilisées pour procéder à l'examen de chacune des hypothèses posées dans ce chapitre :

- La mesure de la réceptivité du territoire d'étude aux modes et aux pratiques de transports est effectuée afin de déterminer la propension du système territorial à interagir avec le système de transport et ainsi favoriser l'utilisation du mode le plus adapté à l'espace traversé. Cela revient à examiner la réponse faite par le territoire à l'offre de transport, et à partir du recensement de ses caractéristiques, à observer la

---

<sup>3</sup> Au cours des chapitres suivants, ces éléments sont triés selon le mode ou la pratique de transport avec le(la)quel(le) ils interagissent. Toutes les références bibliographiques correspondantes seront largement évoquées.

présence des pré-requis territoriaux pour l'utilisation des différents modes de transport. De ces deux éléments vont émerger des « potentiels », plus ou moins importants, d'utilisation des différents modes de transport pour chacun des sous-systèmes territoriaux ;

- La mesure du degré d'adéquation entre système territorial et système de transport est issue de la confrontation entre les potentiels offerts par les territoires à l'usage des modes et les parts modales observées compte-tenu de la situation actuelle. Cette mesure revient à évaluer en quelque sorte la marge de manœuvre dont disposeront les AOTU pour atteindre les potentiels révélés et ainsi adapter l'offre de transport aux spécificités du système territorial dans une optique de rééquilibrage des parts modales.
- La mesure de la réceptivité des acteurs du territoire à la mise en place d'un système de mobilité durable permet alors *in fine* de faire coïncider les verdicts énoncés par le système expert avec, à la fois, les attentes exprimées par les usagers ainsi que les considérations de toutes natures des gestionnaires et décideurs. Cette mesure s'effectue tout au long du processus de modélisation grâce à un partenariat étroit avec le service transport-déplacements de la principale AOTU du champ d'étude, et se prolonge dès l'obtention des potentiels territoriaux par le biais de concertations avec les associations d'usagers des transports du département.

La figure 24 représente le chaînage mis en œuvre et les liens unissant les différentes étapes d'analyses.

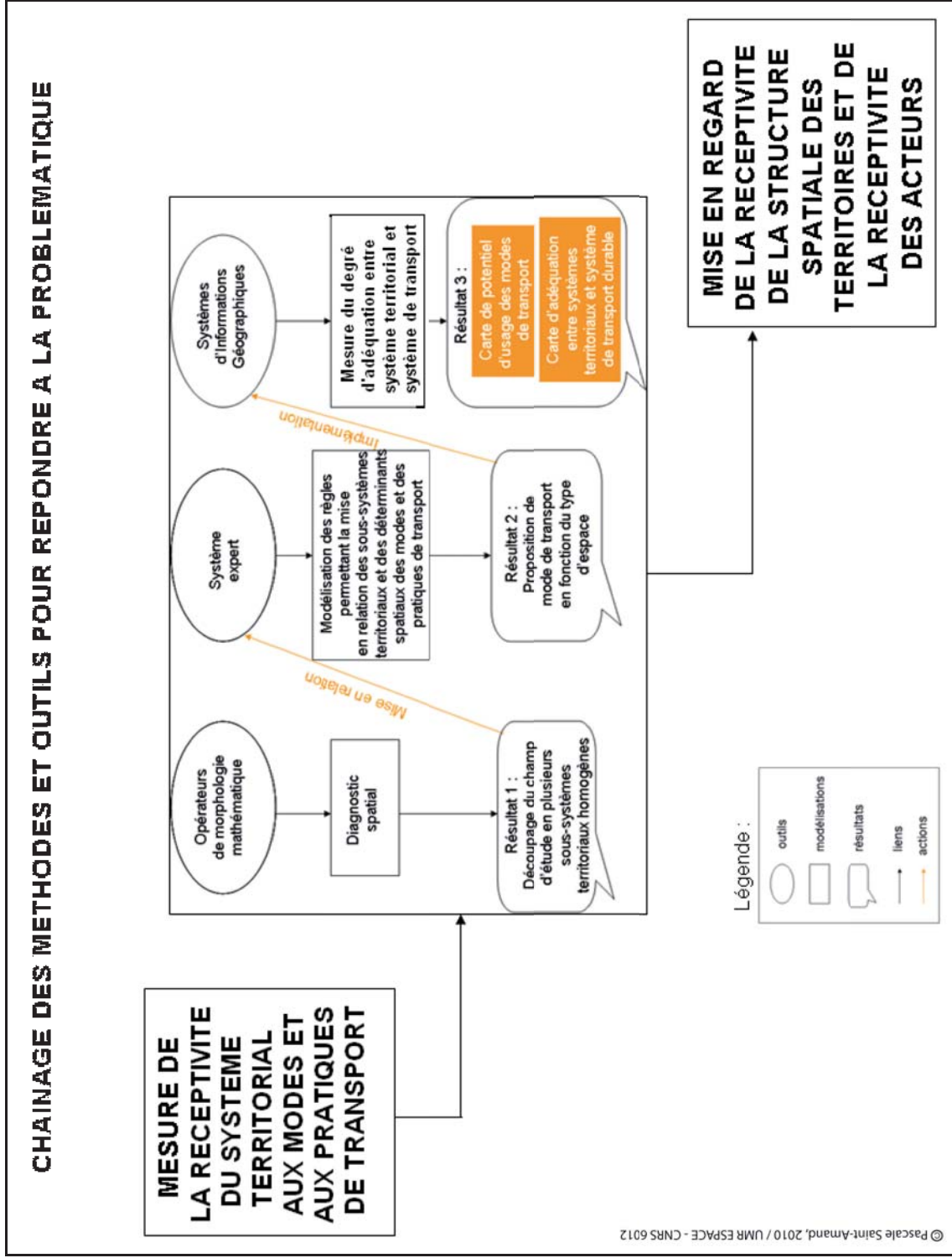


Figure 24 : Les méthodes et outils mobilisés



La première mesure est réalisée en trois temps par l'intermédiaire des opérateurs de morphologie mathématique, du système expert et du Système d'Informations Géographiques (SIG). Ce dernier est d'ailleurs à l'origine de la deuxième mesure où il s'agit de procéder à la confrontation des potentiels territoriaux et des parts modales actuelles. La mise en regard des possibilités offertes par les territoires avec les prérogatives des gestionnaires fait l'objet de la troisième et dernière mesure.

### 2.1.1. Les méthodes de l'analyse spatiale

*« L'analyse d'image par la morphologie mathématique est une méthode particulièrement bien adaptée à la modélisation spatiale. Les transformations d'image comme la modélisation, procèdent selon une même démarche : simplifier pour révéler ce qui est fondamental et significatif. »*

Christine Voiron-Canicio, 2007.

Le diagnostic spatial requiert la conduite d'une analyse spatiale conçue comme étant partie intégrante de l'analyse systémique. L'analyse spatiale est encore trop souvent réduite à un ensemble d'outils qui quantifient de manière plus ou moins complexe des distributions spatiales, dans une optique descriptive et comparative. Si tout phénomène qui se déploie à travers l'espace constitue un objet d'étude, les problématiques sont multiples et les moyens mis en œuvre pour les résoudre le sont tout autant. Le terme générique d'analyse spatiale recouvre bien mal la diversité des objectifs et des méthodes existants. François Durand-Dastès la définit comme étant soit une partie de la géographie qui met l'accent sur la différenciation de l'espace, les systèmes d'interactions entre les lieux, l'explication, la modélisation de leur genèse, soit un ensemble de techniques utilisées pour identifier les configurations spatiales et les unités qui les composent (Réflexions menées par le Groupe Dupont en 1997).

L'analyse spatiale telle que nous la considérons est d'abord un cadre de pensée, au même titre que le cadre de pensée systémique. *« L'espace est envisagé comme un tout complexe, composé d'éléments naturels et anthropiques et d'éléments invisibles constitués par les relations tissées entre les lieux. Il est, en outre, doté d'une matérialité représentée par les distances, les espacements, les formes et les positions relatives des lieux. L'espace est considéré comme un acteur ; si la société produit l'espace, ce dernier rétroagit sur l'action de la société, qu'elle en soit consciente ou non. L'espace est donc à la fois organisé et organisant. L'analyse spatiale a alors pour objet de révéler comment la matérialité de l'espace intervient dans l'organisation du territoire et de quelle manière celle-ci détermine*

*son fonctionnement et ses transformations* » (Voiron-Canicio et al., 2010). Une autre définition de l'analyse spatiale, donnée par Jean-Pierre Chéry (Groupe Dupont, 1997) met en exergue la morphologie spatiale. L'analyse spatiale est pour lui « *une démarche de recherche de la causalité spatiale dans les processus géographiques avec la distance, la contiguïté et formalisée par différentes méthodes d'évaluation du rôle des formes spatiales dans les structures et dynamiques géographiques. Cette démarche emploie des modèles théoriques à formalisation quantitative et qualitative* ».

Notre démarche s'inscrit tout particulièrement dans ce type d'analyse spatiale que nous dénommons spatio-morphologique. En effet, l'analyse spatio-morphologique sous-tend la majeure partie des traitements. Elle est mobilisée pour :

- déceler la structure spatio-morphologique du bâti à partir de laquelle les potentiels de population susceptibles de se déplacer sont calculés ;
- spatialiser les données qui sont disponibles agrégées à l'IRIS en tenant compte des notions de distance, d'espacement et de forme ;
- décrire les configurations spatiales et morphologiques par des traitements d'images donnant des informations de nature qualitative mais également quantitative, informations majeures puisque l'un des postulats de cette thèse est qu'à une configuration spatiale donnée correspond un ou plusieurs modes de transport appropriés ;
- donner forme aux structures spatiales décelées, qui sont par essence invisibles (bassins de population, zones d'influence).

### ***Application de la démarche spatio-morphologique : l'analyse d'images par la morphologie mathématique :***

La Morphologie Mathématique (MM) est une méthode d'analyse d'images créée dans le milieu des années 1960 en France, à l'École des Mines de Fontainebleau par Georges Matheron et Jean Serra. La Morphologie Mathématique est à la fois une théorie et une « boîte à outils ». Les objets figurant sur l'image digitalisée sont seulement des points sur une grille de résolution. Ils ont perdu leur intégrité durant la phase d'acquisition de l'image et la finalité de la méthode de la Morphologie Mathématique est d'organiser l'information contenue dans chaque pixel, déterminer leur composition et fournir des descriptives, à la fois quantitatives et qualitatives, des structures géométriques des objets étudiés.

Le traitement d'images consiste à déceler les relations entre les pixels à partir d'éléments structurants *cercle, hexagone, vecteur*, sortes de sonde que le chercheur choisit et projette sur l'image pour extraire de celle-ci l'information structurale qu'il désire. Les traitements d'images sont donc des transformations qui épurent l'image initiale pour mettre en évidence des informations chargées de signification, selon le but fixé.



Les notions de distance, d'espacement, de forme sont consubstantielles à la Morphologie Mathématique. Il est à souligner que ce qui compte n'est pas tant la valeur du pixel que la relation qu'il entretient avec les pixels voisins. La distance n'est pas donnée par une proximité cellulaire mais par une proximité de pixels agencés selon une grille hexagonale ou de maille carrée. Ici, la grille hexagonale a été retenue. L'extension du voisinage est déterminée par la taille et la forme de l'élément structurant (Voiron-Canicio, 2009).

Le logiciel de traitement d'images Micromorph permet au modélisateur de créer son analyse à partir de séquences combinant aussi bien des primitives que des analyses morphologiques beaucoup plus complexes : « *Micromorph fournit à l'apprenti morphologue l'alphabet ; libre à lui alors de fabriquer les mots puis les phrases* » (Beucher, 1985). Lors de l'analyse d'images, le logiciel procède au traitement que le modélisateur entre sous forme de ligne de commande dans l'interpréteur. Chaque mise en œuvre d'un algorithme suppose la saisie de la syntaxe *ad hoc*.

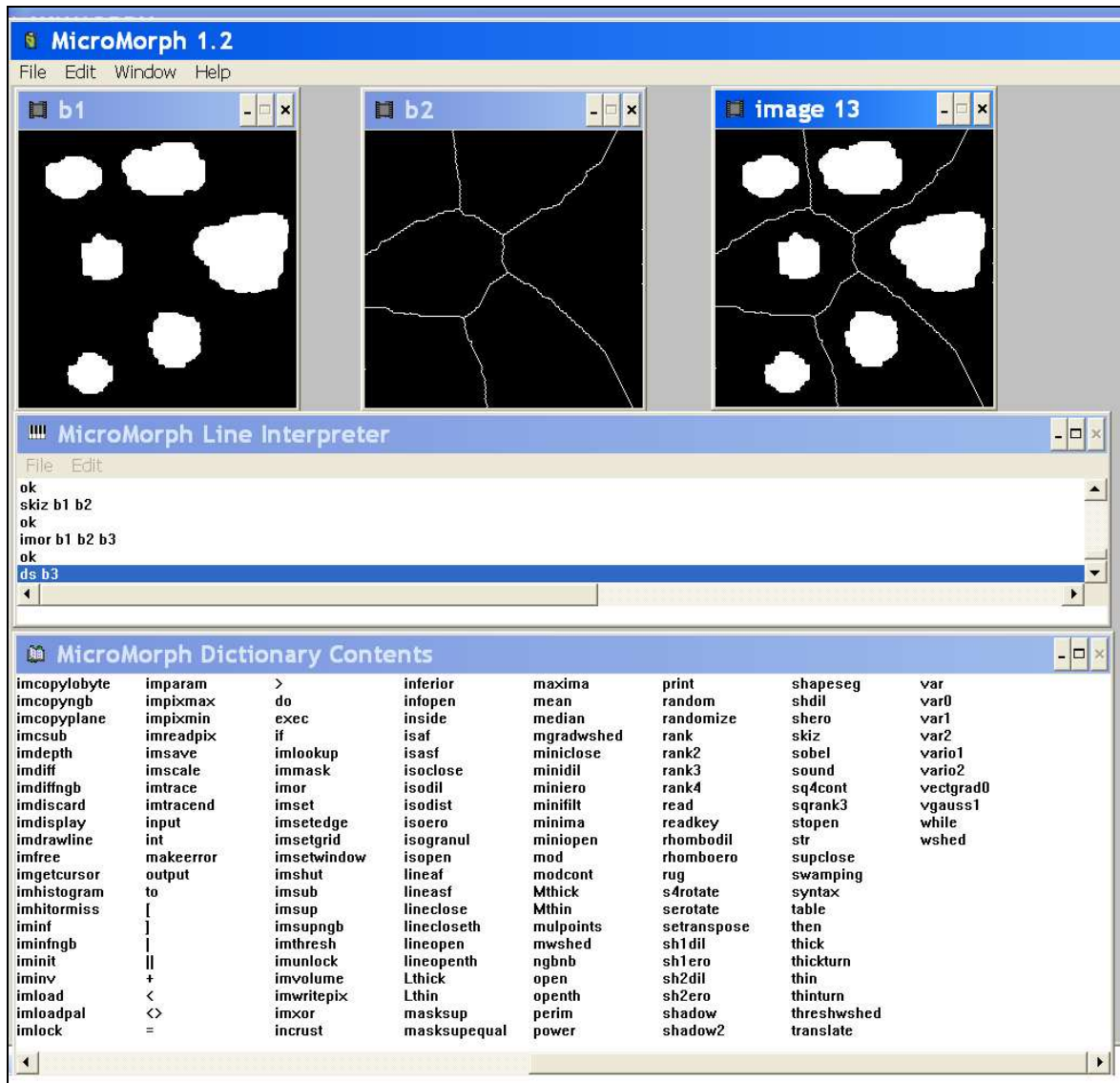


Figure 25 : L'interface du logiciel Mircromorph

Dans cet exemple simple, Micromorph est sollicité pour détecter les lignes d'équidistance autour des six aires représentées sur la première image. La syntaxe « SKIZ<sup>4</sup> », requise pour le calcul de partitions de Voronoï, fournie dans le dictionnaire du logiciel, est entrée directement par le modélisateur dans l'interpréteur qui énonce l'image de départ sur laquelle l'algorithme doit être appliqué ainsi que l'image dans laquelle il souhaite que le résultat de l'opération apparaisse. La ligne de commande « IMOR » est saisie ensuite pour obtenir l'union de l'image de départ avec celle du résultat de la partition de Voronoï. La syntaxe « display » fait apparaître l'image finale à l'écran (image 13).

Les **modèles spatio-morphologiques** sont donc liés à la **forme** des objets dans l'espace mais aussi à la **distance** entre ces objets et leur **disposition** les uns par rapport aux autres. Il est possible de révéler les règles spatiales auxquelles un phénomène est soumis, comme par exemple des règles de voisinage ou de dispersion<sup>5</sup>.

Les objets répartis sur l'espace, que l'on a nommé **composantes élémentaires**, prennent la forme de **points** (le semis du bâti et les pôles générateurs de déplacements), de **lignes** (la voirie principale du champ), et de **surfaces** (les densités de population projetées sur les polygones bâtis). L'analyse se fonde sur l'hypothèse selon laquelle cette configuration des objets dans l'espace va avoir un rôle majeur dans le fonctionnement et les dynamiques du territoire. Les opérateurs de morphologie mathématique vont être mobilisés pour détecter l'éventuelle cohérence ou homogénéité dans la distribution de ces éléments à travers l'espace étudié.

L'analyse d'images par la Morphologie Mathématique sera par ailleurs menée pour segmenter le champ d'étude en sous-systèmes spatiaux à partir du tissu bâti, de la voirie, des densités de population estimée et des pôles générateurs de déplacements. Le but étant de rechercher, pour chaque sous-système spatial ainsi détecté, les solutions de transports durables qui lui sont adaptées.

### 2.1.2. La finalité du système expert

Une fois le champ segmenté au regard de sa configuration spatiale, un système expert est mis en œuvre afin d'évaluer pour chaque type d'espace le ou les modes de transports durables qui pourront être utilisés de manière optimale. Cette démarche revient à déterminer les potentiels d'utilisation de chaque mode de transport en fonction des caractéristiques du territoire<sup>6</sup> : **le**

---

<sup>4</sup> Définition du SKIZ : frontière des zones d'influence – D'après Christian Lantuejoul, Cours de morphologie mathématique en ligne de Jean Serra, École des Mines de Paris, Centre de morphologie mathématique <http://cmm.ensmp.fr/~serra/cours/pdf/fr/ch9fr.pdf>

<sup>5</sup> Christine Voiron-Canicio a exploré et introduit la démarche d'analyse d'images par morphologie mathématique en géographie humaine dès 1985.

<sup>6</sup> La modélisation sous système expert intervient après la phase diagnostic car c'est ce dernier qui alimente en partie la base de connaissances. L'outil est présenté en détail au chapitre 7.

**système expert mesure l'aptitude du territoire à recevoir un système de transport durable.**

Concrètement, le système expert met en relation le système territorial et le système de transport en évaluant **pour chaque unité spatiale la propension d'utilisation des modes**, selon la somme des déterminants qu'elle contient.

Le système expert renferme une triple finalité. Il va concourir à :

- structurer la connaissance acquise sur le territoire par le biais du diagnostic spatial ;
- structurer la connaissance sur les déterminants spatiaux qui encouragent ou freinent l'utilisation des différents modes de transports ;
- livrer les solutions de transports adaptées à l'espace étudié.

Tout au long de cette thèse, deux acceptions sont utilisées : le système expert ou le système à base de connaissances. Cependant, une nuance existe bien entre ces expressions. Nathalie Dubus éclaircit ce point de vocabulaire en donnant les définitions suivantes :

- « *Un système à base de connaissances est un moyen informatique présentant certains particularismes. Ce terme a une connotation purement technologique.*
- *Un système expert est un programme qui reproduit une connaissance experte. Ce terme ne préjuge pas des techniques informatiques mises en œuvre. On ne parle que de la fonction du système »* (Dubus, 1994).

Considérant que le modèle de raisonnement produit dans cette thèse est permis grâce à la construction de trois bases de connaissances, et qu'il intègre plusieurs expertises, les deux expressions pourront être relevées au fil du texte.

***Le renvoi des « verdicts » issus du système expert dans leur contexte spatial :***

*« C'est par la cartographie des résultats que le géographe retrouve l'espace ; de cette manière il fait émerger l'ordonnancement général, il détecte les régionalisations existantes. L'espace est ainsi recomposé en fin de traitement. »*  
Christine Voiron-Canicio, 1992.

Les réponses délivrées par le système expert seront ensuite spatialisées sous environnement SIG. Le **degré d'adéquation** entre le système de transport et le système territorial apparaîtra alors dans son **contexte spatial**. La visualisation des distorsions éventuelles entre potentiels alloués par les territoires et parts modales observées permettra alors d'envisager « les

possibles » en termes d'aménagement, d'amélioration de l'offre en transports, d'alternatives crédibles à l'automobile ; et de transmettre ces conclusions aux acteurs concernés.

Après avoir évalué l'adéquation des déterminants spatiaux du territoire avec le système de transports durables, l'analyse se penche sur la **réceptivité du territoire au regard des acteurs** en présence et de leurs prérogatives. Pour cela, il s'agira d'évaluer la concordance entre les solutions proposées par le système expert et les options envisagées par les AOT.

## **2.2. Une démarche participative d'aide à la connaissance et à la décision**

Le chaînage d'outils et de modélisations, ainsi que la production de connaissances nouvelles sur la zone d'étude auront pour finalité d'aider à la décision les gestionnaires du territoire. Cette thèse se propose de construire une **démarche** d'aide à la décision et non un outil formalisé. De la réflexion qui va être menée sur un territoire, va naître une mise en forme :

<b>CONNAISSANCE + MÉTHODE = DÉMARCHE D'AIDE À LA DÉCISION</b>
---

À partir de la chaîne de modélisations, il sera possible de tirer des connaissances fines et spatialisées sur un champ d'étude, de déceler des sous-systèmes territoriaux homogènes à partir des structures élémentaires de ce champ, et enfin de mettre en œuvre un système expert capable à la fois :

- **d'aider à la connaissance** en détectant les potentiels des territoires pour l'utilisation de chacun des modes de transport ;
- **d'aider au projet** en définissant les lieux prioritaires à même de recevoir les aménagements prévus ;
- **d'aider à la gestion et à l'organisation des systèmes de transports** en indiquant aux décideurs le degré d'adéquation entre système territorial et système de transport.

Riche des connaissances empruntées à l'expert, le modèle restitue aux décideurs son expertise complète ainsi que les solutions attendues.

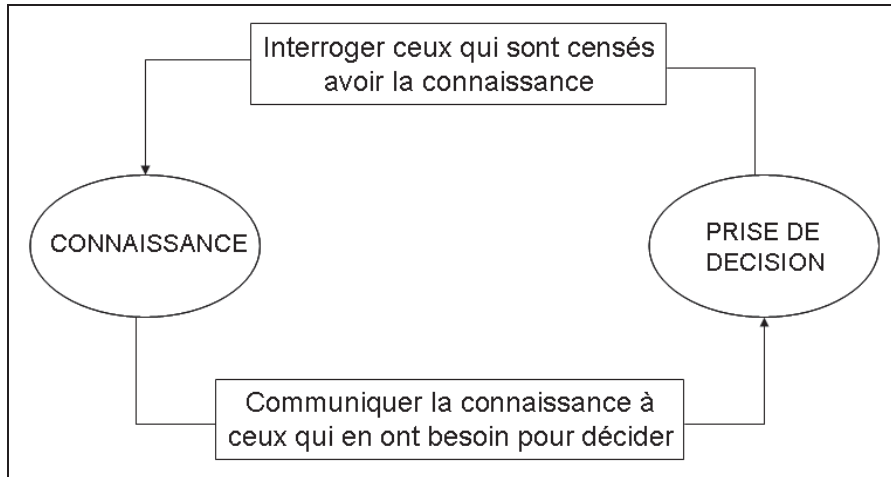


Figure 26 : L'expert médiateur entre la connaissance et la décision  
(Digonnet 2001, cité par Debizet, 2004)

Une étape fondamentale reste à franchir, celle au cours de laquelle le système des acteurs du territoire va se superposer sur les résultats obtenus au niveau spatial et morphologique. Elle renseigne sur ce qui est possible de réaliser et de mettre réellement en œuvre sur le champ d'étude après intégration des considérations financières, juridiques et socio-économiques dont les AOT sont garantes. Cette mise en regard des résultats obtenus avec les prérogatives des différents types d'acteurs parachève en quelque sorte cette démarche d'aide à la décision.

\*\*\*\*\*

#### Conclusion du chapitre 4 :

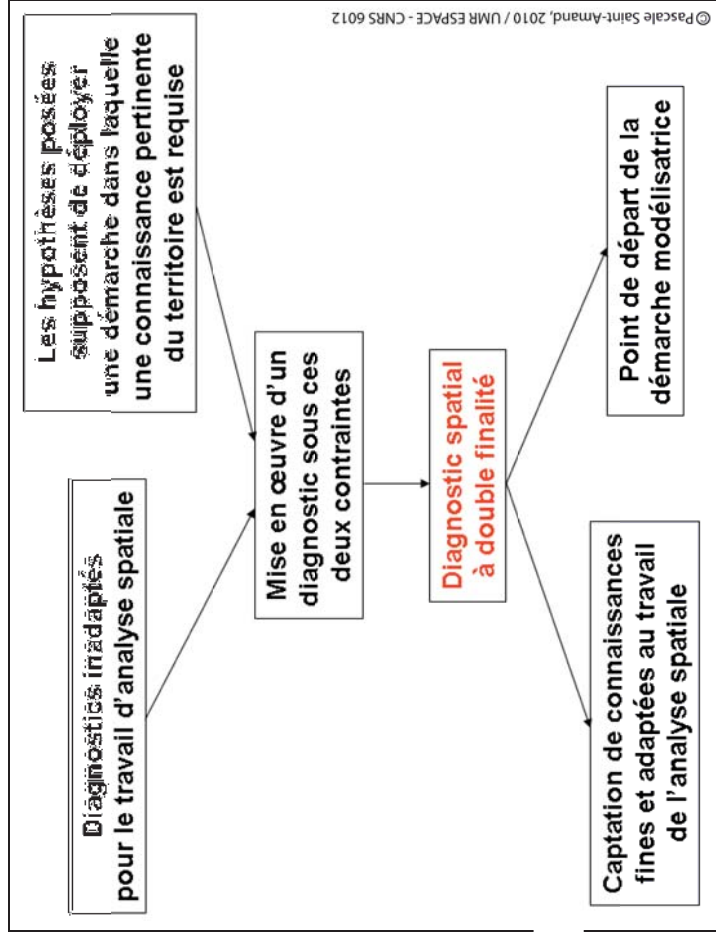
Le diagnostic territorial envisagé est conçu de manière à relever les potentiels territoriaux du champ d'étude à l'utilisation des modes de transports. À travers la notion de potentiel, on peut entendre à la fois les potentialités mais aussi les contraintes contenues dans un espace. Ce sont les spécificités, les caractéristiques du territoire qui viendront alimenter le raisonnement du système expert.

Ce diagnostic est construit autour de l'hypothèse majeure de la thèse, à savoir que **l'adéquation entre système territorial et système de transport se recherche en accordant une importance particulière à la configuration spatiale des territoires**. Dans ce contexte, les méthodes de l'analyse spatiale semblent répondre aux objectifs recherchés.

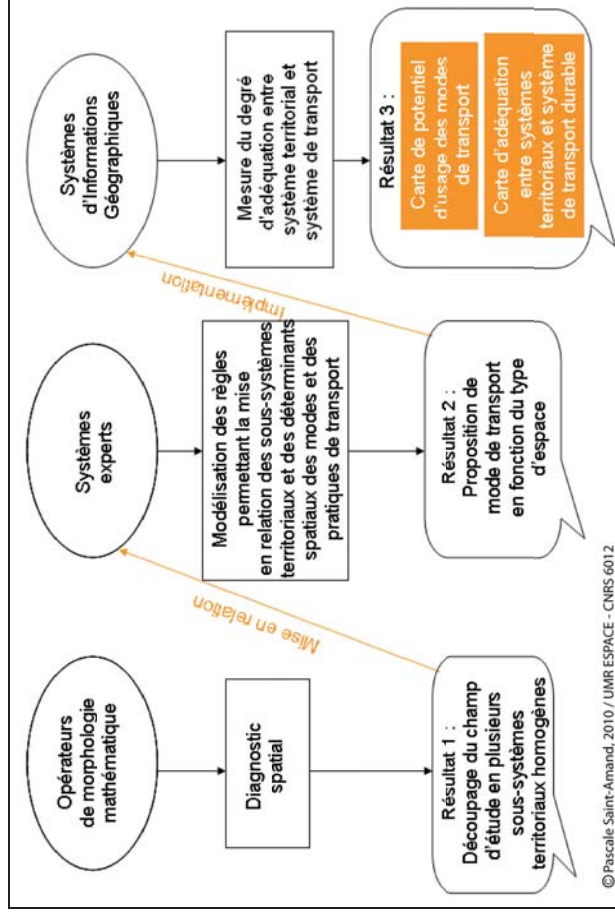
L'ensemble de la démarche d'analyse présentée dans cette thèse constitue le processus d'aide à la décision, sur lequel les experts déplacements-transports pourront s'appuyer.

**Fiche de synthèse du chapitre 4 :**

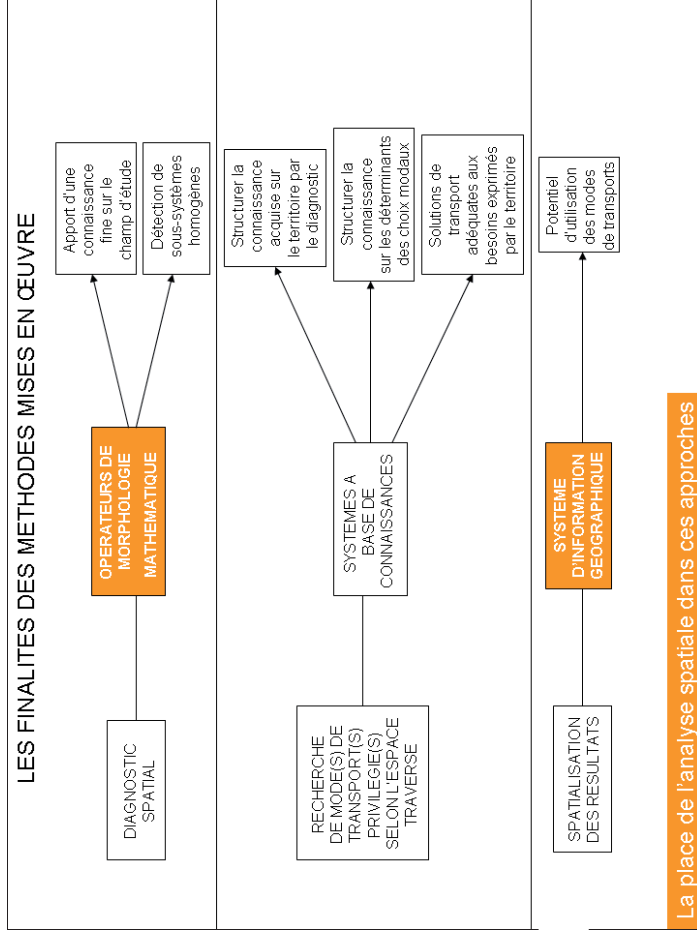
Le diagnostic territorial sous contraintes fournit la base de la connaissance en entrée du système expert :



**Le chaînage de modélisations :**



Chaque modélisation, inscrite dans une démarche globale de réponse à la problématique, comporte plusieurs finalités :





## CHAPITRE 5 : PORTRAIT DU TERRITOIRE D'ÉTUDE ET EXAMEN DES BESOINS DE MOBILITÉ

« Dis moi où tu habites, je te dirai comment tu te déplaces ».

Caroline Gallez et Jean-Pierre Orfeuil, in *Données urbaines*.

La présentation du champ d'étude peut être considérée comme très synthétique dans cette première section qui se contente de relever les informations de base telles que :

- la localisation du champ d'étude dans son contexte français et méditerranéen ;
- son aspect physique ;
- sa démographie ;
- son fonctionnement économique ;
- la mobilité des populations.

En effet, le chapitre suivant est consacré à l'établissement d'un diagnostic territorial extrêmement détaillé. Ce dernier reprendra un à un tous les éléments majeurs qui concourent aux interrelations entre système territorial et système de transport.

Cette présentation prend ici la forme d'un portrait de territoire<sup>7</sup> où les informations essentielles sont déclinées par une ou plusieurs cartes. À la fois puisée dans les travaux de l'INSEE et de l'IGN, ou entièrement construite dans un souci de mise en valeur des enjeux majeurs, chaque carte relève précisément l'idée ou les idées forces à retenir.

Ce chapitre 5 est donc une invitation, formulée à destination du lecteur, à feuilleter *l'album cartographique* du territoire d'étude. Ce portrait est construit de manière à pouvoir saisir avec la meilleure acuité toute la complexité de ce territoire singulier.

### **1. Portraits croisés du système territorial et du système de transport**

#### **1.1. Un territoire très hétérogène...**

Niché au cœur de l'arc méditerranéen, à l'extrême sud-est de la France, le département des Alpes-Maritimes compte 1 097 046 habitants (INSEE, 2009) principalement localisés sur une bande littorale étroite où se situent toutes les communes importantes : Nice, Antibes, Cannes et Menton (figure 27).

---

<sup>7</sup> Expression empruntée à l'INSEE

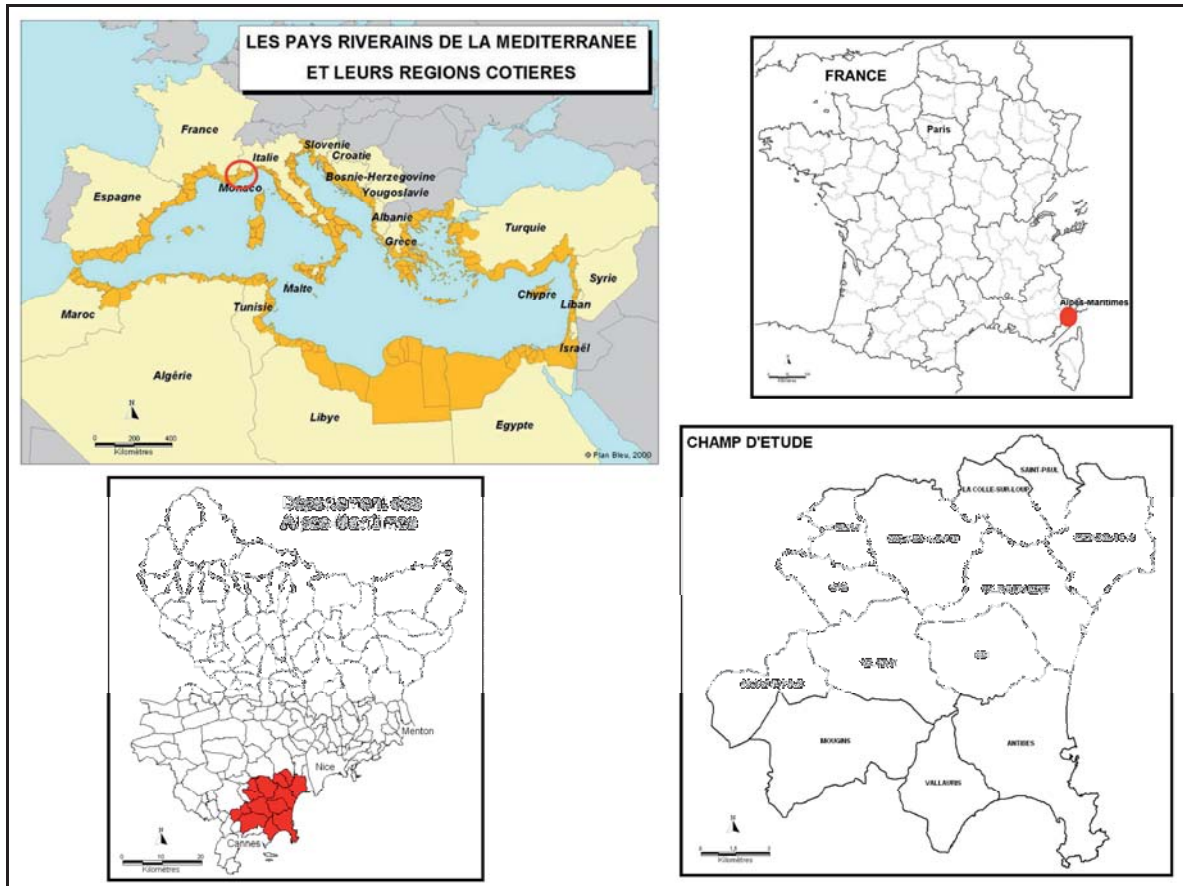


Figure 27 : Le champ d'étude dans son contexte français et méditerranéen

Au cours du temps, toutes ces communes ont fini par ne former qu'une seule et même conurbation littorale au sein de laquelle le tissu bâti est compact et continu (figure 28).

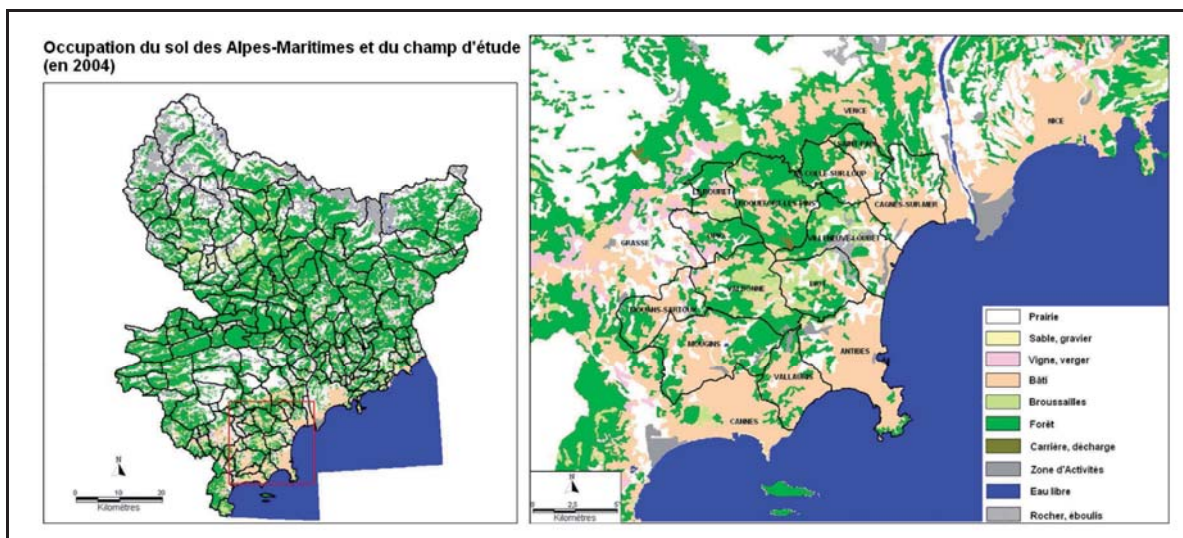


Figure 28 : Occupation du sol du champ d'étude dans son contexte maralpin (BD Carto® de l'IGN, 2004)

La zone d'étude se situe dans la partie occidentale de l'avant-pays azuréen. 13 communes la composent parmi lesquelles se trouve Antibes, 2<sup>ème</sup> ville du département. Cette zone est centrée sur le Parc d'activités de Sophia Antipolis qui s'étend sur quatre d'entre elles : Mougins, Valbonne, Biot et Antibes (figure 27).

### 1.1.1. Les principaux traits démographiques

Par endroits, les densités de population situées à proximité du trait de côte peuvent atteindre 5 000 habitants au km<sup>2</sup> alors que le moyen et haut pays comptent environ 4 habitants au km<sup>2</sup> (ADAAM, 2009) (figure 29). Pour information, les densités de population s'élèvent à 249,7 hab/km<sup>2</sup> dans le département des Alpes-Maritimes et à 153,4 hab/km<sup>2</sup> en région PACA (INSEE, 2006). Les 13 communes du champ se répartissent une population de 218 394 habitants de manière extrêmement hétérogène. En effet, l'INSEE recense 75 770 Antibois alors que la commune d'Opio compte 2 133 habitants (INSEE, 2006).

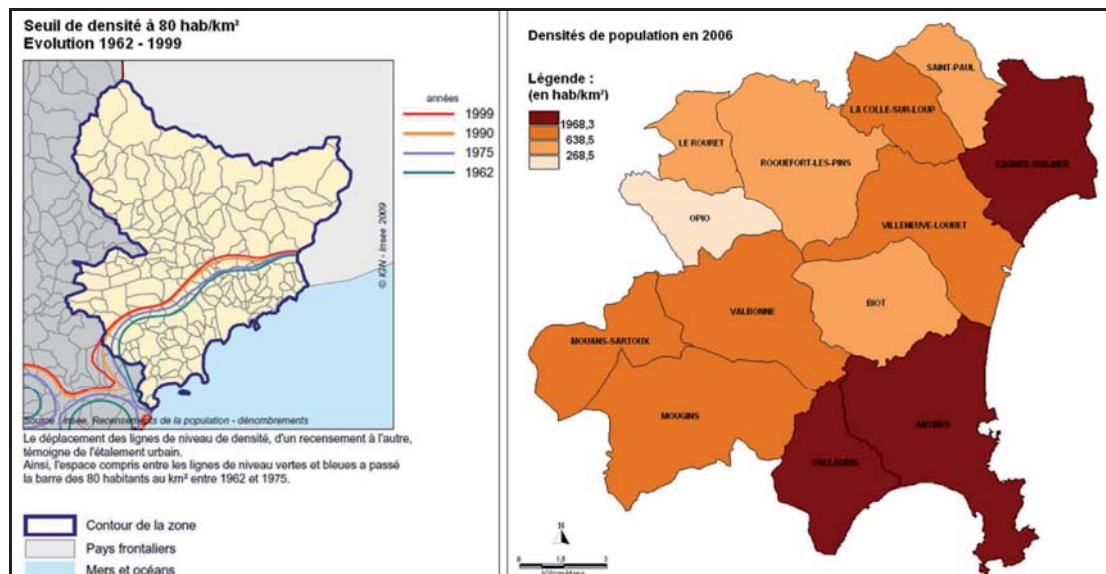


Figure 29 : Une zone d'étude située dans un contexte de littoralisation

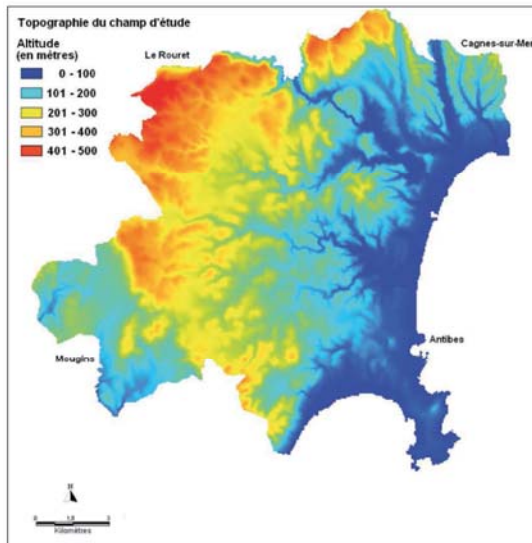


Figure 30 : Modèle Numérique de terrain généré à partir de la BD Alti® de l'IGN, 2001<sup>8</sup>

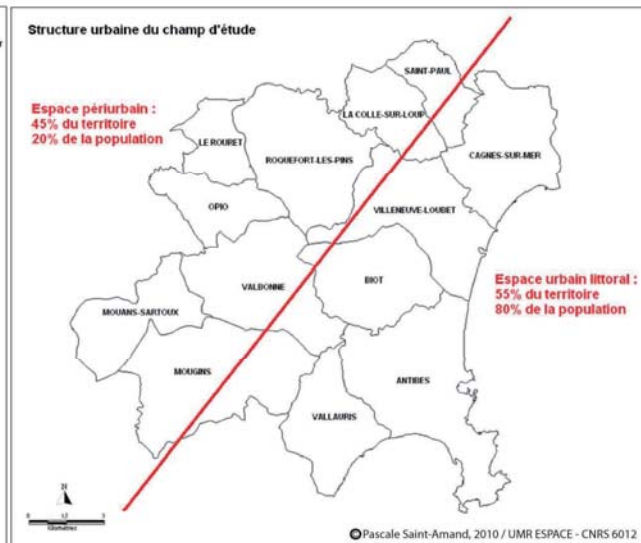


Figure 31 : L'occupation du sol par le tissu bâti se cale sur la topographie<sup>9</sup>

Toute l'activité économique, ramassée sur le littoral, concourt à la raréfaction des espaces disponibles, compte-tenu d'une topographie assez accentuée dès le premier kilomètre en retrait du trait de côte (figures 30, 31 et 32).

La commune de Nice est le principal pôle d'emploi, suivie par les autres centres urbains de la zone littorale. Cependant les communes de l'intérieur, et notamment celles sur lesquelles s'étend la technopole sophilopolitaine, ont connu une forte croissance de l'emploi qui tranche avec les valeurs beaucoup plus faibles des communes littorales (figure 32).

<sup>8</sup> Précision : 2,5 m à 10 m suivant les zones. Pas : 50 mètres.

<sup>9</sup> Les proportions de population qui apparaissent ici ont été calculées à partir du RGP 2006 (Source : INSEE).



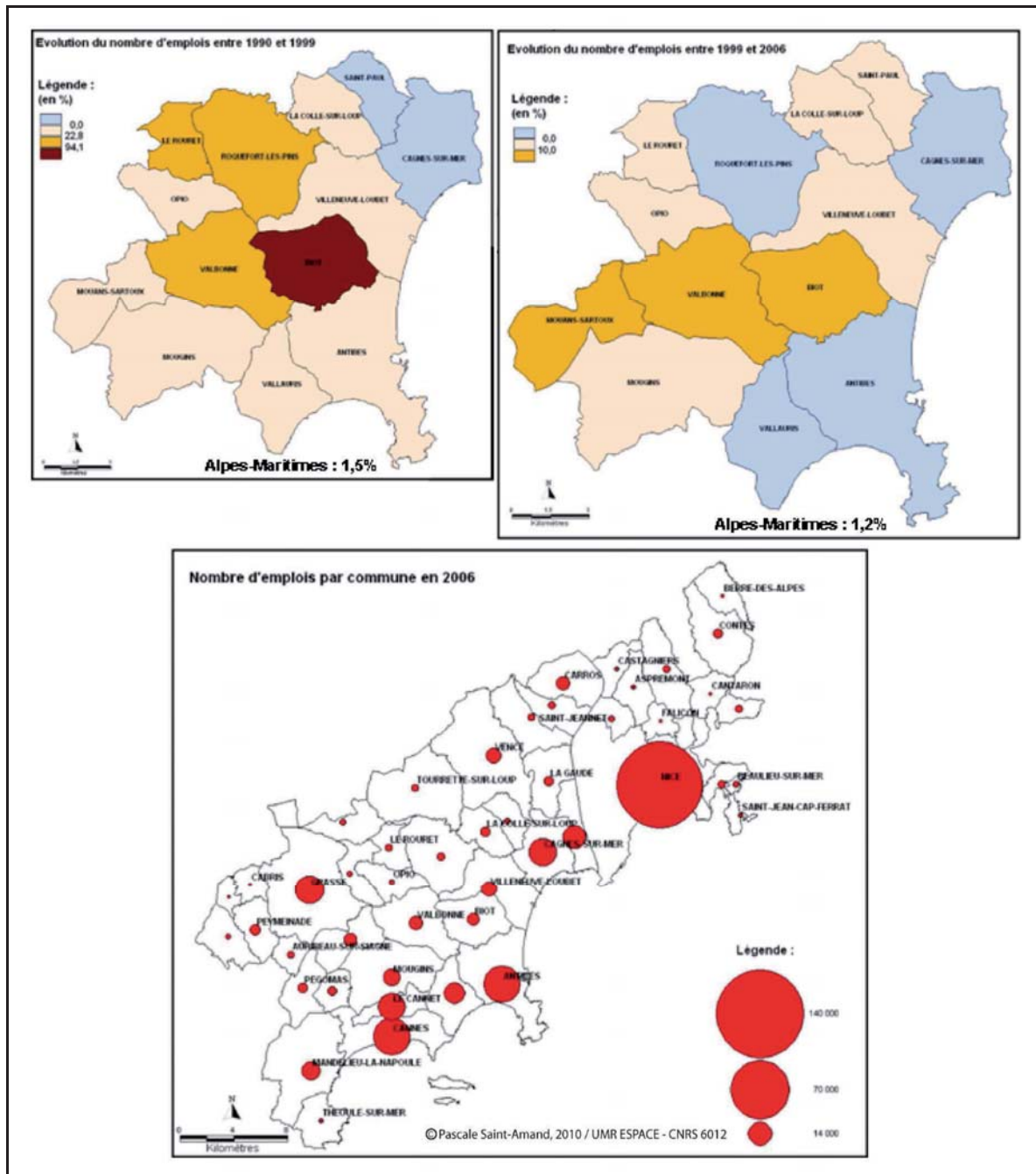
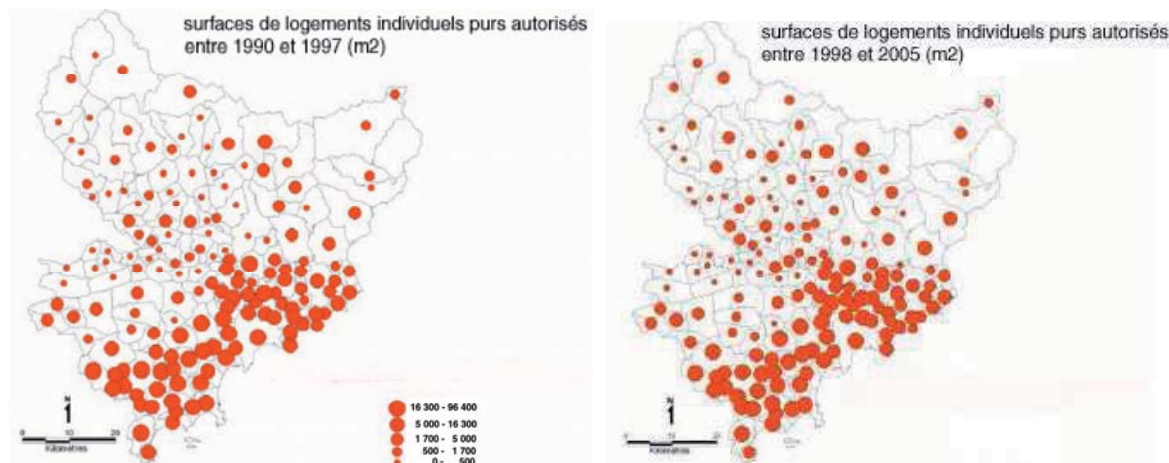


Figure 32 : Évolution du nombre d'emplois depuis 1990 (INSEE, 2005b) et situation en 2006 sur une zone élargie autour du champ (Chiffres : RGP 2006, INSEE)

### 1.1.2. Un fort étalement urbain dans l'avant pays et le proche arrière-pays

Avec un taux d'urbanisation supérieur à 95% (INSEE, 2006), le département des Alpes-Maritimes est en proie à une périurbanisation galopante. Durant les dernières décennies, l'étalement urbain a été intense dans les Alpes-Maritimes. Au cours de la période 1998-2005, alors que la tendance générale était à la diminution des surfaces des constructions neuves sur tout le département, dans les communes de l'avant-pays, en revanche, les surfaces des

logements individuels purs ont connu une forte hausse : + 28,7% par rapport à la période 1990-1997 (figure 33). Dans le même temps, les surfaces des logements individuels groupés et celles des logements collectifs chutaient respectivement de 36,6% et de 38,7%. L'habitat individuel diffus est donc de loin le mode de résidence préféré des ménages azuréens, tant pour la résidence principale que pour la résidence secondaire. Or, ce type d'habitat correspond au mode de vie le plus consommateur d'espace et le plus générateur de déplacements.



**Figure 33 : La hausse très forte des surfaces de logements individuels dans les Alpes-Maritimes (Decoupigny et *al.*, 2007)**

Cet étalement urbain n'est pas pour autant combattu par les collectivités locales des Alpes-Maritimes, en dépit de la loi et des préconisations de la DTA. Les villes du sous-ensemble littoral trouvent des difficultés à s'engager dans une politique de densification maîtrisée de leur tissu urbain. Les zones artificialisées s'étendent, consommant petit à petit les surfaces agricoles et les espaces naturels. Dans les PLU, une partie de ces derniers est classée en zones naturelles constructibles et devient une réserve foncière à forts enjeux, et l'objet de spéculations (Decoupigny et *al.*, 2007).

La partie occidentale de la bande littorale est particulièrement touchée par la diffusion de l'habitat individuel. Dans notre champ d'étude, les communes du proche arrière-pays se caractérisent par des pourcentages élevés de maisons individuelles dans le total des logements. Le Rouret, Opio, Roquefort-les-Pins, la Colle sur Loup, Saint Paul enregistrent des valeurs supérieures à 75% (figure 34).

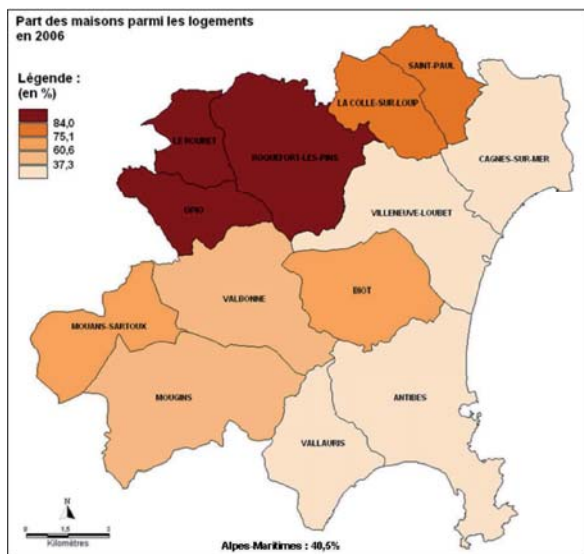


Figure 34 : Un habitat individuel très prégnant (INSEE, 2009)

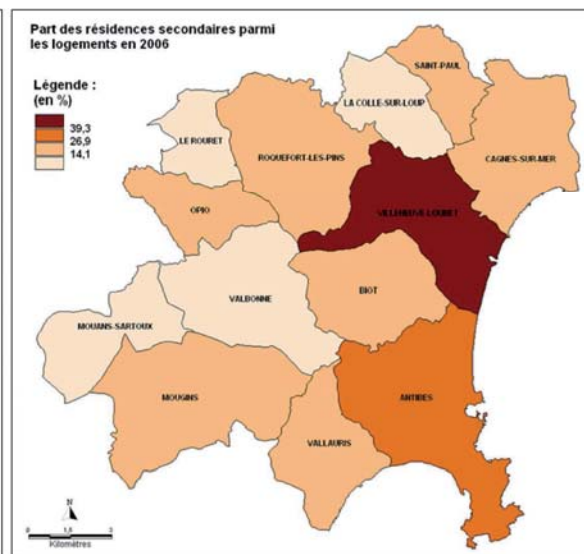


Figure 35: La part des résidences secondaires est importante (INSEE, 2009)

### 1.1.3. Un territoire très attractif

L'attractivité exercée par l'espace azuréen sur les populations de l'hexagone comme de l'étranger se manifeste par le poids important détenu par les résidences secondaires dans le parc logement. Ainsi, dans notre zone d'étude, deux communes littorales se détachent du lot, Villeneuve-Loubet et Antibes, avec des pourcentages de résidences secondaires supérieurs à 27% (figure 35).

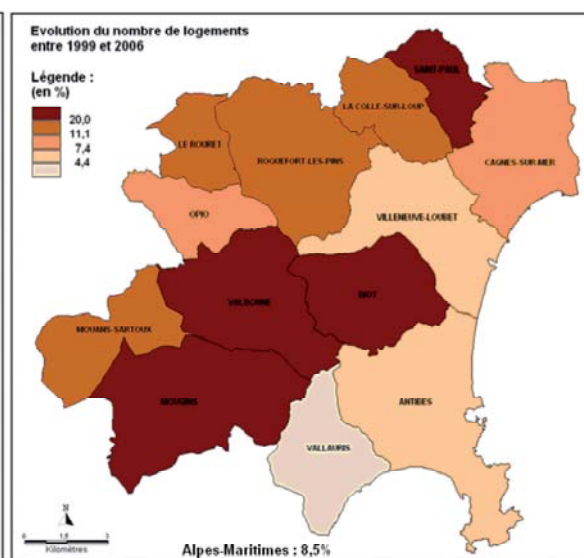
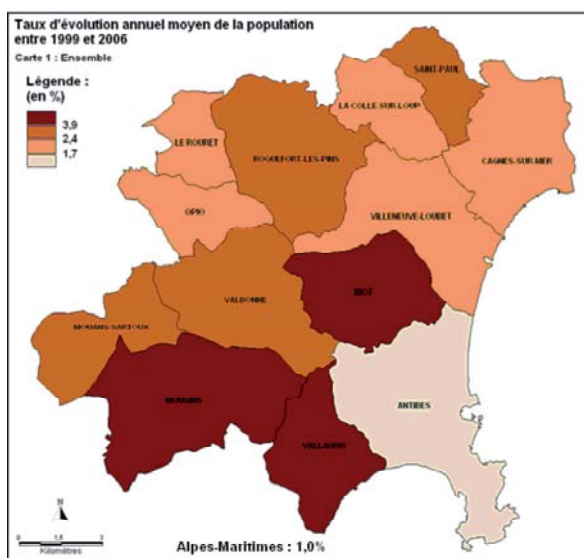


Figure 36 : Évolutions conjointes de la population et du nombre de logements entre 1999 et 2006 (INSEE, 2009)

Hormis Vallauris, ce sont les communes situées à l'intérieur de la zone d'étude, et notamment de l'ouest, qui ont connu les plus forts taux d'évolution annuel moyen de la population entre 1999 et 2006 (figure 36). L'évolution des logements au cours de la même période a suivi le



même schéma. Trois communes contiguës : Biot, Valbonne et Mougins ont enregistré une augmentation de 20% de leur parc logement. Cette croissance spectaculaire est à mettre en relation avec la présence du Parc d'activités de Sophia Antipolis qui s'étend majoritairement sur ces communes (figure 37).

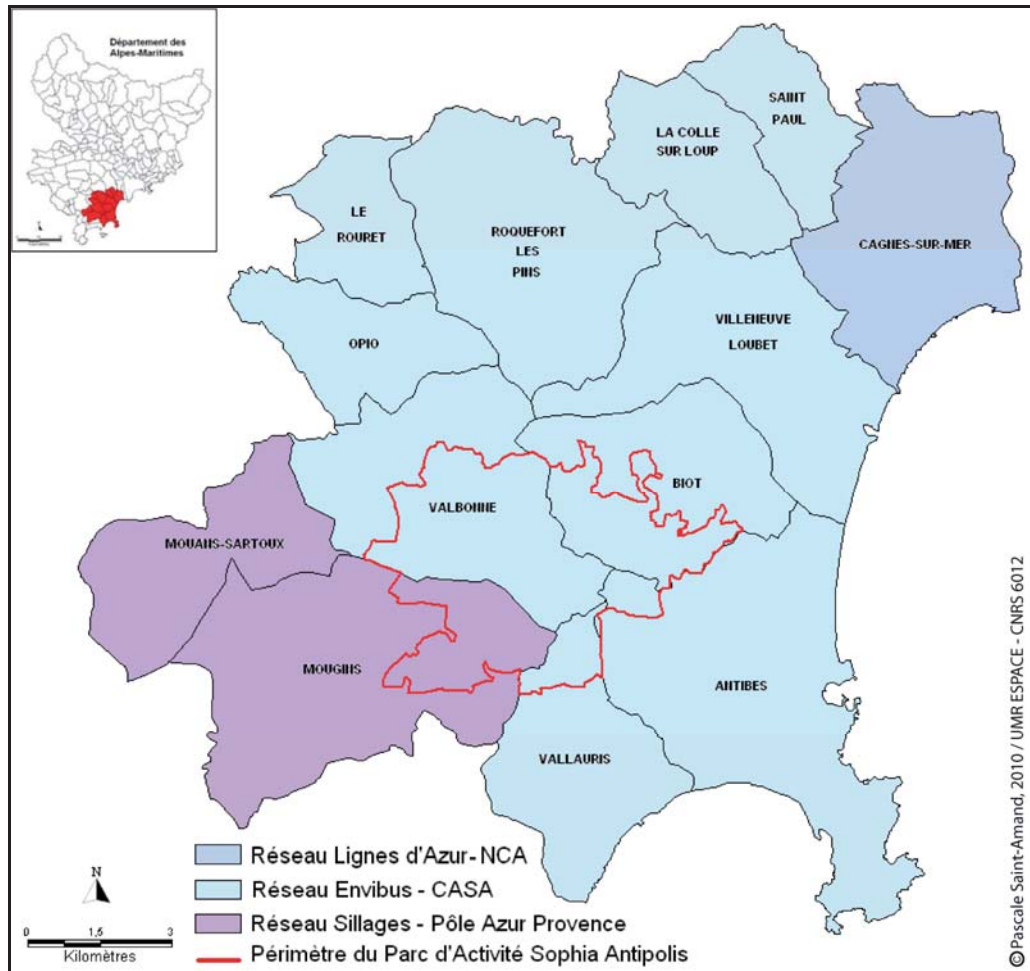


Figure 37 : Une zone d'étude à cheval sur trois PTU

La zone d'étude chevauche trois PTU différents :

- la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis (CASA) ;
- la Communauté Urbaine de Nice Côte d'Azur (NCA) ;
- le Pôle Azur Provence (figure 37).

Elle englobe cinq réseaux de transports en commun :

- Envibus de la CASA ;
- Lignes d'Azur de NCA ;
- Sillages de Pôle Azur Provence ;
- TAM du Conseil Général des Alpes-Maritimes ;
- le réseau ferré TER de la SNCF géré par la région PACA.

Les communes de Cannes, Grasse, Vence et Nice sont volontairement évacuées de l'étude dans un premier temps : il s'agit de répondre aux besoins des territoires périurbains en priorité. Un rattachement du système de transport durable – mis en évidence par les modélisations – aux grands pôles urbains du département est envisagé en fin d'analyse.

## 1.2. ... qui engendre des besoins de mobilité considérables

Cette zone présente de nombreuses contraintes au niveau du maillage de son réseau de voirie. En effet, le diagnostic préalable au PDU de la CASA<sup>10</sup> met fortement l'accent sur cette carence : « le réseau de voirie étant principalement orienté est-ouest » et les liaisons nord-sud pratiquement inexistantes, « il manque certains barreaux routiers » qui permettraient d'unir les pôles de déplacements. Rappelons qu'au sein de l'aire urbaine niçoise, qui englobe la zone d'étude, 63% des déplacements domicile-travail ne concernent pas la ville-centre et la majorité des navettes s'effectue entre communes périurbaines (INSEE, 2007).

De plus, la sinuosité d'un réseau souvent pentu augmente les temps de parcours entre les communes (figure 38).

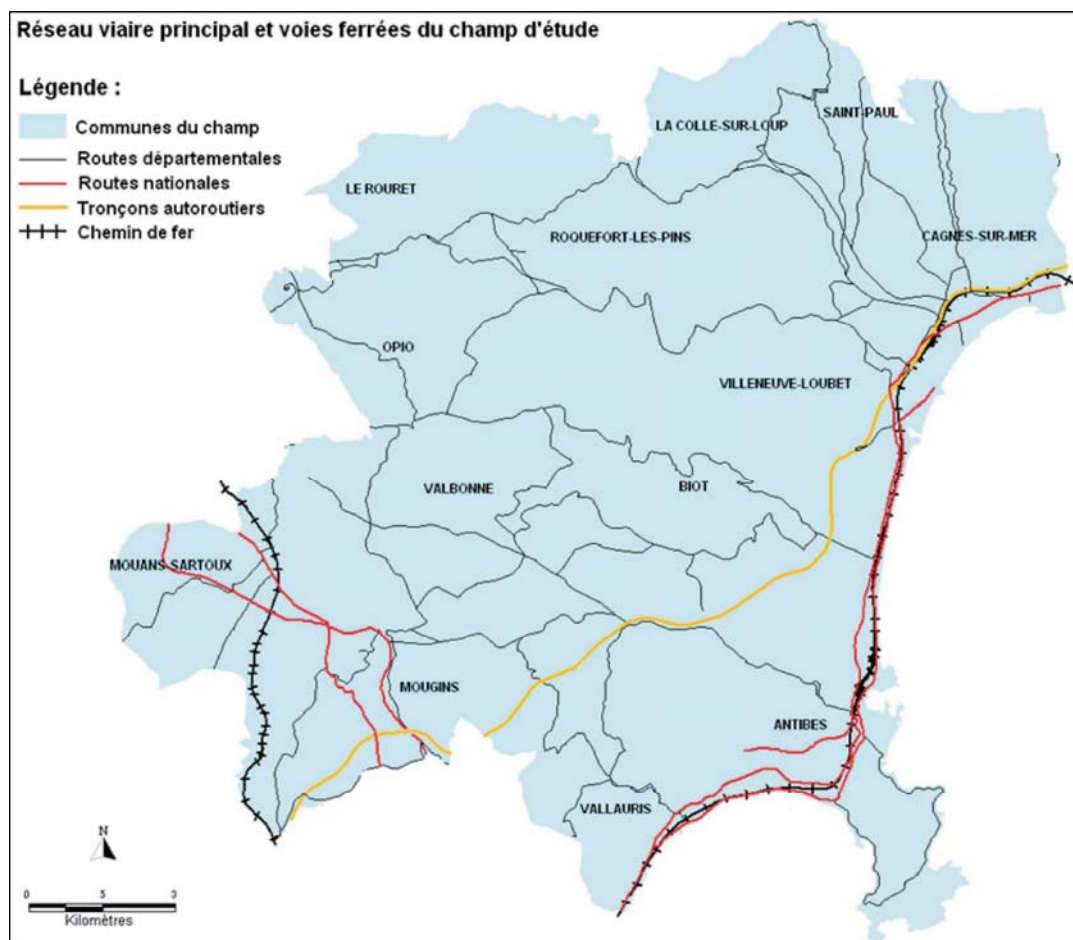


Figure 38 : Un réseau viaire anisotrope  
(BD Carto® de l'IGN, 2004)

<sup>10</sup> Principale AOT du champ d'étude.

Les espaces périurbains de cette zone se distinguent par le fait que les transports en commun et les alternatives à l'automobile sont peu présents et peu mis en place.

### 1.2.1. La spécialisation du territoire renforce les besoins de mobilité

Le Parc d'activités de Sophia Antipolis est le pôle majeur de déplacements de la zone ouest du département. Il s'étend sur 2 300 hectares au sein desquels se déploient 1 300 entreprises qui attirent quotidiennement 30 000 navetteurs (CASA, 2004a). Au sein de cet espace, la séparation des fonctions est manifeste, deux îlots résidentiels – les quartiers de Haut-Sartoux et Garbejaire – se mêlent à une masse de bâtiments à fonction tertiaire (figure 39).

S'ajoute un pôle d'activités secondaire : la zone commerciale et industrielle de Villeneuve-Loubet qui emploie 2 655 personnes au sein de 799 établissements répartis sur 138 hectares (INSEE, 2007). On le voit, l'emploi se concentre principalement en deux lieux distincts du territoire. D'une manière générale, la spécialisation des territoires est manifeste. L'emploi et la fonction résidentielle sont totalement scindés à travers l'espace (figure 39). Cet état de fait accroît encore les besoins de mobilité des populations.

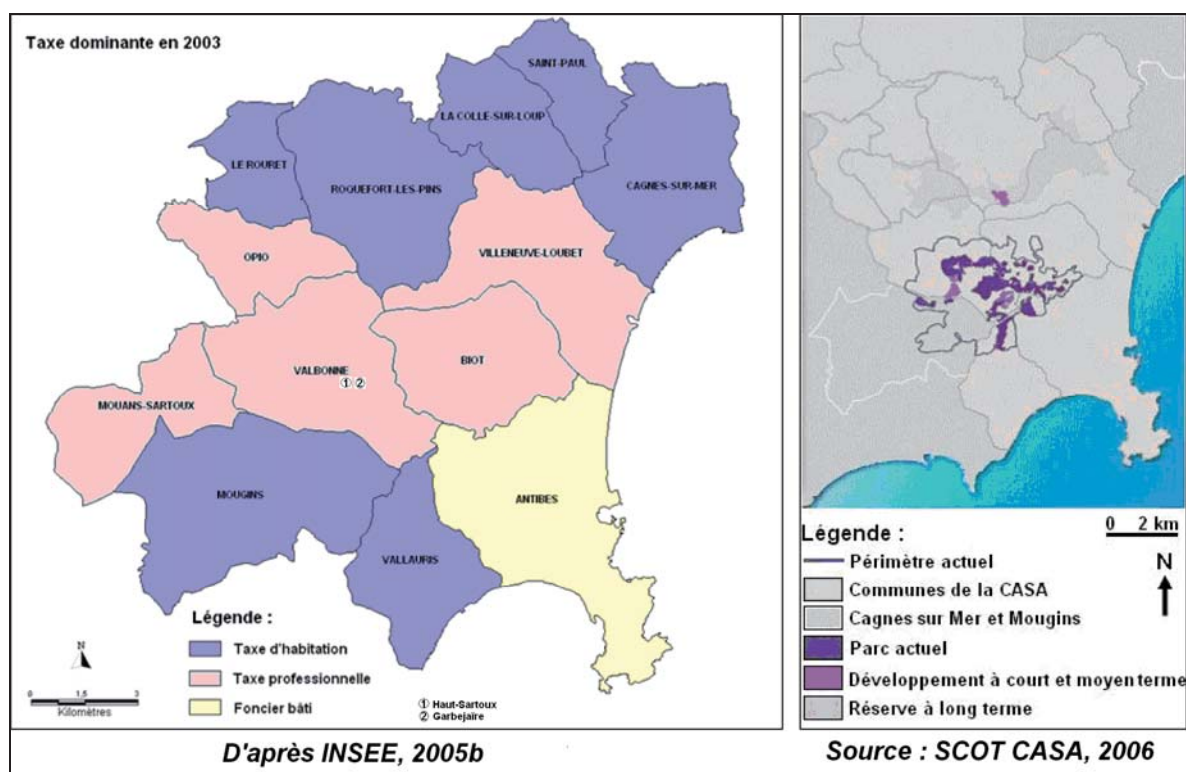


Figure 39 : L'emploi et la fonction résidentielle sont dissociés à travers l'espace

Cela étant dit, il est utile de préciser que cette thèse traite de **l'ensemble des déplacements**. Les trajets domicile-travail représentant finalement une minorité des déplacements effectués. Se cantonner aux navettes quotidiennes reviendrait à exclure, pour certaines communes du

champ, plus de 53% des déplacements (figure 45). Et c'est bien la somme de ces micro-déplacements qui définit les trafics réels et les besoins exacts exprimés par les populations.

Les chiffres issus des EMD permettent de rendre compte de l'ensemble des trajets, elles comptabilisent tous les déplacements compris dans la chaîne quotidienne de chacun des enquêtés. Dans les exemples de la figure 40, l'EMD considère que la personne enquêtée a effectué sept déplacements lors d'un jour de semaine et quatre déplacements un jour chômé.

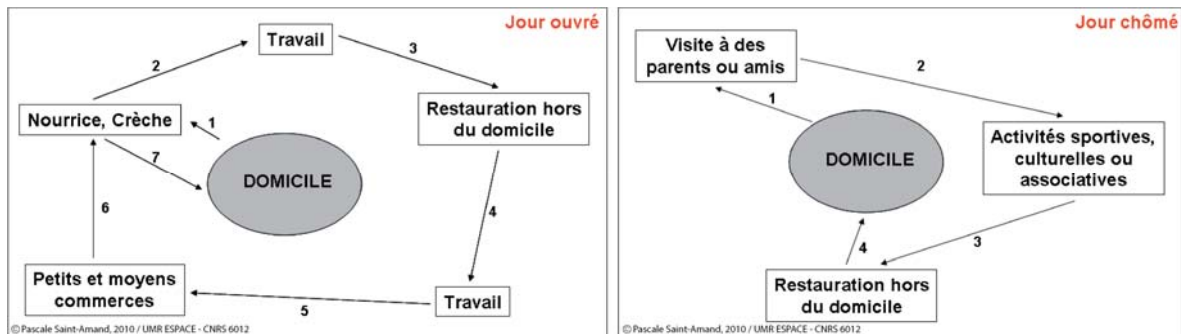


Figure 40 : Exemples de chaînes de déplacements quotidiens

### 1.2.2. Le profil général de la mobilité

Les données mobilisées dans cette recherche sont extraites à partir de l'EMD de la Métropole Azuréenne réalisée en 1998. Douze ans plus tard, une multitude de changements se sont opérés sur le territoire et sont intervenus peu ou prou sur le fonctionnement de celui-ci ainsi que sur les pratiques de déplacement observées alors.

D'un point de vue national tout d'abord, la réforme des 35 heures relative à la loi du 13 Juin 1998<sup>11</sup> a profondément transformé la physionomie des mobilités par le jeu notamment de la réorganisation du temps de travail, mais aussi et surtout par la croissance des déplacements de loisirs, d'achats ou de services. Le débat opposant alors ceux qui considèrent que les déplacements contraints – domicile-travail et domicile-études – structurent les comportements de mobilité en faisant passer au second rang la sphère des loisirs (Grenier, 2006) n'est donc plus de mise. L'examen des motifs de déplacement à l'intérieur du champ d'étude montre que même avant le « *phénomène RTT*<sup>12</sup> », s'intéresser aux seuls déplacements domicile-travail revenait à exclure de l'analyse plus de 50% des déplacements. Il aurait été intéressant de pouvoir étudier l'effet de cette loi sur les comportements d'aujourd'hui.

D'un point de vue local à présent, de nombreux bouleversements ont eu lieu. La création des AOTU a, de fait, changé la donne au niveau de la gestion et de l'organisation des transports collectifs. À l'intérieur de son PTU, chaque AOTU a procédé à une refonte complète des réseaux de bus en réorganisant les dessertes spatiales ainsi que les fréquences, en proposant

<sup>11</sup> Loi n° 98-461 d'orientation et d'incitation relative à la réduction du temps de travail (dite loi Aubry).

<sup>12</sup> RTT : Réduction du Temps de Travail.

des services de TAD, en menant une politique tarifaire extrêmement attractive. L'évaluation de l'impact conjoint de tous ces éléments, qui concourent à favoriser les reports modaux sera possible en confrontant les résultats de l'EMD 1998 avec celle menée en 2009<sup>13</sup>. Cette dernière, il faut le relever, ajoutera pour la première fois en France, les déplacements effectués par les touristes à ceux des résidents permanents (CETE-Méditerranée, 2009<sup>14</sup>). L'enquête de 1998 rend compte bien partiellement des comportements actuels, mais elle constitue par obligation l'une des informations de base dans cette recherche<sup>15</sup>.

En 1998, un habitant de la Métropole Azurienne effectuait en moyenne 3,75 déplacements par jour. Onze ans plus tard, ce chiffre diminue et on comptabilise 3,27 déplacements par habitant et par jour<sup>16</sup>. Cette baisse s'observe dans toutes les grandes agglomérations françaises, notamment à Lille, Lyon et Strasbourg et s'explique en partie par des changements de comportements au sein des ménages, parmi lesquels la rationalisation des déplacements et la diminution des retours au domicile le midi (Conseil Général des Alpes-Maritimes, 2010). Les Azuréens réalisent en moyenne moins de déplacements quotidiens que les Lillois ou les Strasbourgeois (figure 41), malgré un taux de motorisation des ménages extrêmement élevé (figure 42).

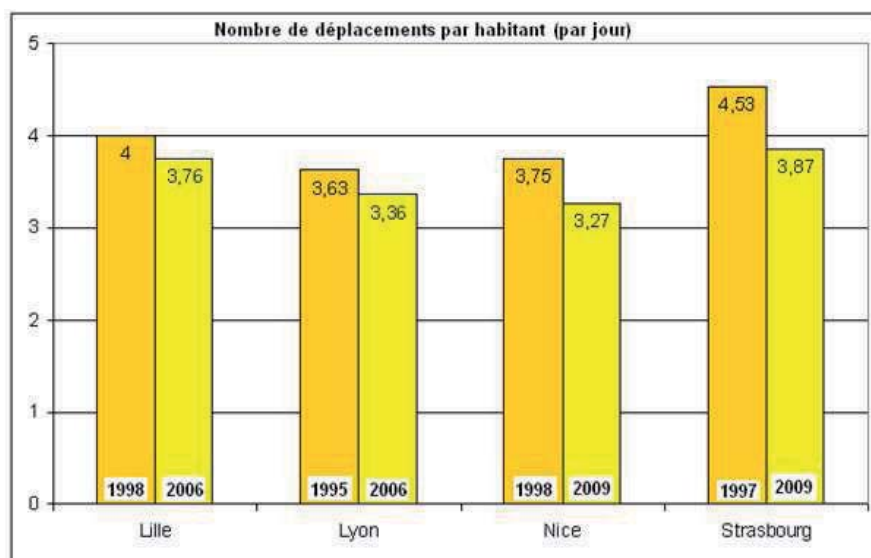


Figure 41 : Comparaison avec trois autres agglomérations françaises<sup>17</sup>

<sup>13</sup> Elle livrera ses résultats complets à la fin de l'année 2010.

<sup>14</sup> Présentation aux élus du département de la méthode d' « Enquête sur la mobilité des touristes en séjour dans les Alpes-Maritimes en 2008-2009 », 20 Mai 2010.

<sup>15</sup> Les limites des données issues des EMD sont exposées à la section 3.1. de ce chapitre.

<sup>16</sup> Ces chiffres correspondent aux premières tendances issues de l'EMD de la Métropole Azurienne réalisée en 2009. Les analyses complètes sont prévues fin 2010.

<sup>17</sup> Sources :

- pour Lille : LMCU, 2008 ;
- pour Lyon : SYTRAL, 2008 ;
- pour Nice : CG 06, 2010 ;
- pour Strasbourg : CUS, 2010.



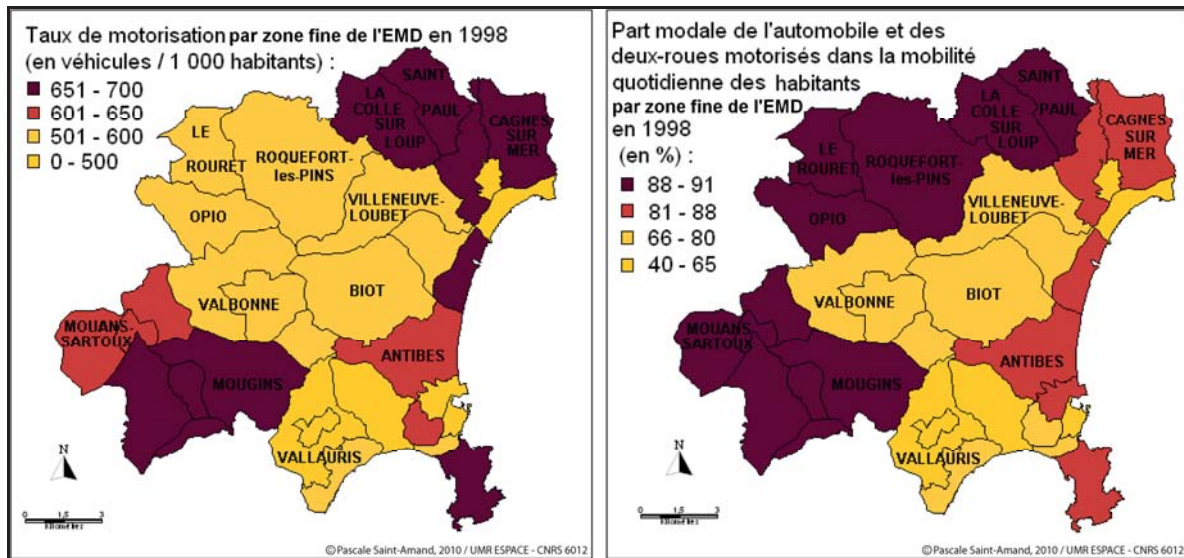


Figure 42 : La part modale des véhicules motorisés individuels n'est pas liée au taux de motorisation<sup>18</sup>

Force est de constater que ce taux de motorisation n'est pas directement lié aux fortes parts modales de l'automobile. La manière d'habiter, c'est-à-dire le fait de résider dans des zones périurbaines où l'habitat individuel marque l'espace, suscite l'utilisation intensive de l'automobile (figure 44). Cette idée est particulièrement intéressante car elle permet de pointer la relation entre insuffisance de l'offre de transport en commun en zone périurbaine et hégémonie de l'automobile.

#### *Portée des déplacements (figure 43) :*

Les déplacements intra-champ sont largement majoritaires pour toutes les communes de la zone. À Antibes, ils atteignent le chiffre de 90%. Les trajets intra-communaux ne sont pas moins marquants, ils oscillent entre 21% à Saint Paul et 79% toujours à Antibes. Dans ce dernier cas, la part peut être en partie expliquée par l'importance de la commune en termes d'équipements et d'emplois. Ces proportions considérables retiennent particulièrement l'attention : d'une part, elles justifient le périmètre d'étude retenu, d'autre part, elles constituent un réservoir de trajets courts pouvant **potentiellement** être effectués en modes doux ou en transport en commun.

La carte de la portée détaillée des déplacements s'envisage avec précaution : **la proportion d'échanges d'une commune avec les communes contigües est directement corrélée à la position de celle-ci** à l'intérieur du champ, et dans un contexte plus large, à l'intérieur du département. Huit communes sont contigües de Valbonne, seulement deux le sont avec Mouans-Sartoux ou Saint Paul qui se positionnent en bord de champ. De plus, les communes à l'ouest du champ subissent l'attractivité des pôles varois, tandis que celles qui sont

<sup>18</sup> Les figures 42 à 45 ont été entièrement construites à partir des données chiffrées de l'EMD de la Métropole Azurienne (Source : CETE-Méditerranée, 1999).

localisées à l'est sont appelées à échanger avec Nice. Cependant, cette carte révèle assez bien le fonctionnement « *quasi-autonome* » de la zone d'étude. Les trajets effectués entre la zone d'étude et les pôles urbains principaux du département pèsent finalement peu : ils ne représentent que 11,5% des échanges totaux de l'aire EMD. En d'autres termes, lorsque les 13 communes du champ échangent avec l'aire d'enquête :

- 5,06% des échanges sont effectués avec Nice ;
- 3,57% avec Cannes ;
- 1,96% avec Grasse ;
- 0,98% avec Vence.

***Modes utilisés (figure 44) :***

La part des transports en commun routiers est marginale. Les communes périurbaines du champ ne « *possèdent pas la mixité permettant les déplacements de proximité (à pied, vélo) vers des destinations proches. Elles ne peuvent pas non plus être efficacement desservies par les transports en commun. Elles constituent finalement une source de trafic routier qui se reverse sur l'ensemble de la conurbation, provoquant des situations de congestion particulièrement critiques dans les zones les plus denses d'ancienne urbanisation* » (Fusco, 2003). L'hégémonie de l'automobile est manifeste. À Saint Paul, plus de 94% des déplacements s'effectuent en tant que conducteur ou passager d'un véhicule particulier, rappelons que cette commune démontre les trajets intra-communaux les plus faibles. Il n'en reste pas moins que les déplacements sur Antibes s'accomplissent à plus de 64% à bord d'une automobile. Les modes de transports utilisés n'apparaissent pas directement liés à la portée des déplacements.

***Motifs des déplacements à destination (figure 45) :***

En revanche, les motifs majoritaires sont directement liés à la portée des déplacements. Les trajets intra-communaux, considérables on l'a vu, ont pour motif le travail, les études et plus particulièrement l'accompagnement des enfants à l'école primaire ou maternelle, pour lesquelles la carte scolaire justifie ces proportions. La zone d'étude suscite les activités ludiques : on dénombre de nombreux terrains de golf, gymnases, stades, parcs départementaux, parcs de loisirs et parcs animaliers – parfois d'importance européenne : Marineland à Antibes. « *L'espace périurbain se mue progressivement en un vaste parc récréatif* » (Wiel, 1999).

Valbonne est la commune du champ vers laquelle on se rend pour rejoindre son lieu de travail : la technopole de Sophia Antipolis attire *de facto* pour ce motif. Mais ce sont vers les communes littorales que l'on converge pour travailler, étudier à l'université, se soigner.



Le domicile est le motif dominant. Si l'on se reporte à la figure 40, on observe que, quelle que soit la composition de la chaîne de déplacements, la destination finale reste évidemment le domicile. Il est donc normal de constater ces valeurs.

Ces grands traits de la configuration actuelle des déplacements constituent une première ébauche qui ne manquera pas d'être complétée au chapitre suivant. Ils permettent, à partir des données de base, de mesurer à la fois la singularité de la zone et d'appréhender avec acuité les enjeux majeurs du terrain d'étude.

Au-delà de ces premières informations, et compte-tenu des propos évoqués au chapitre premier, il apparaît nécessaire de connaître précisément les répartitions des populations ainsi que la localisation des activités à travers l'espace étudié, et ce à une échelle extrêmement fine. Or, les données disponibles, construites par des organismes telles que l'INSEE ou l'IGN, apparaissent inadéquates lorsque les problématiques posées prennent en compte le caractère systémique des phénomènes. Le chercheur s'inscrivant dans une démarche de modélisations géographiques qui se veulent à la fois multiscalaires et globales sera confronté à un hiatus dans les données mobilisables.



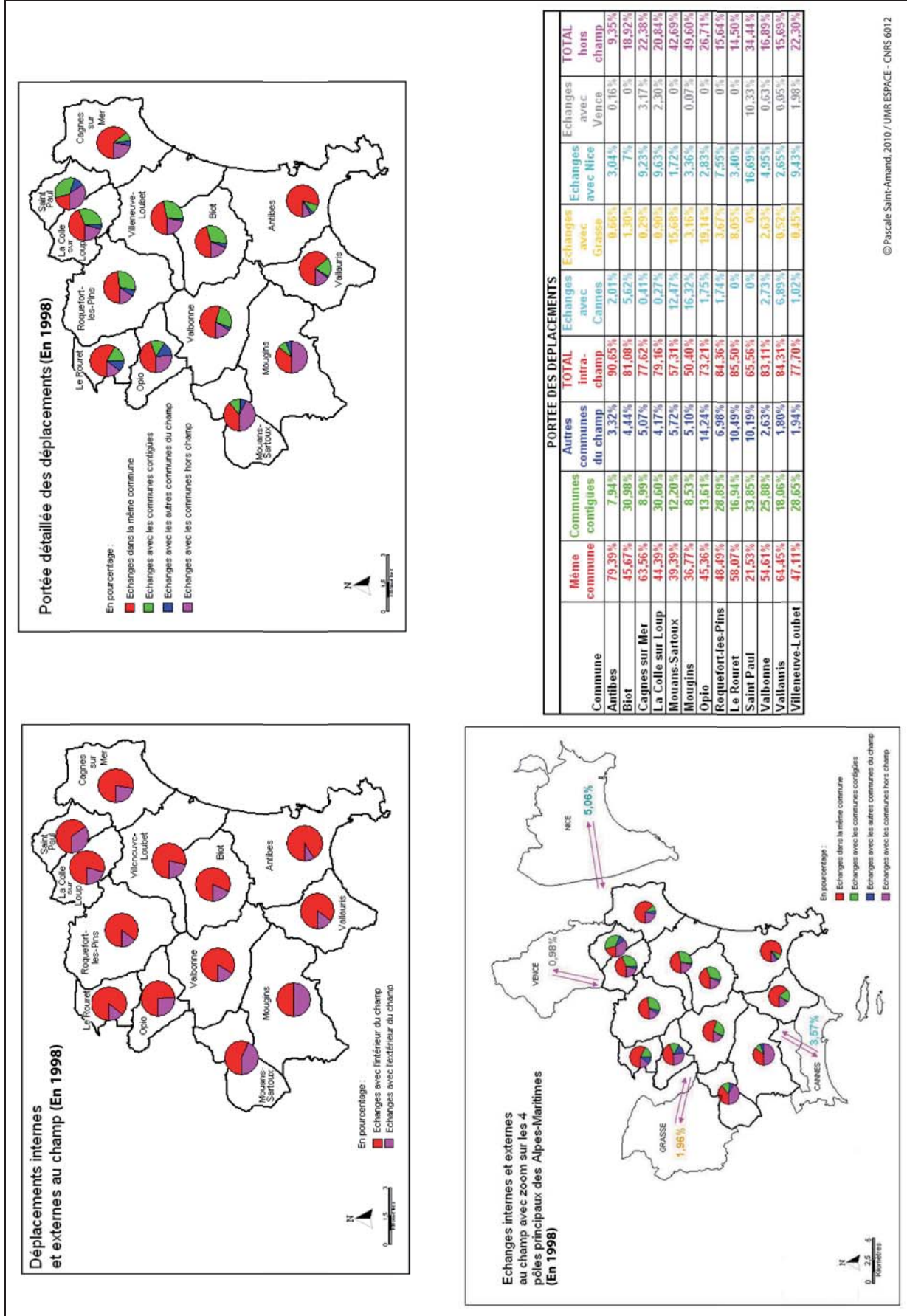
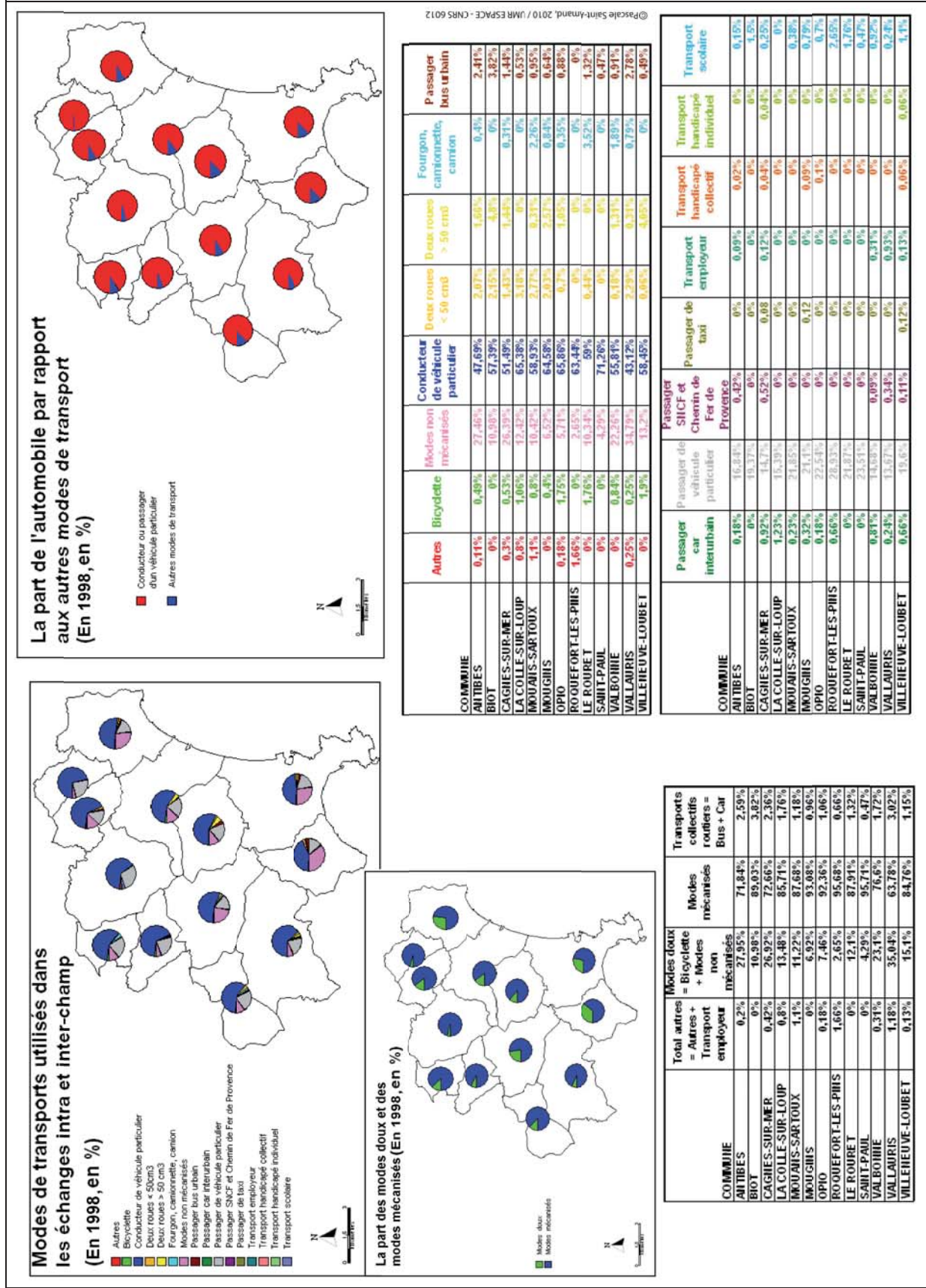


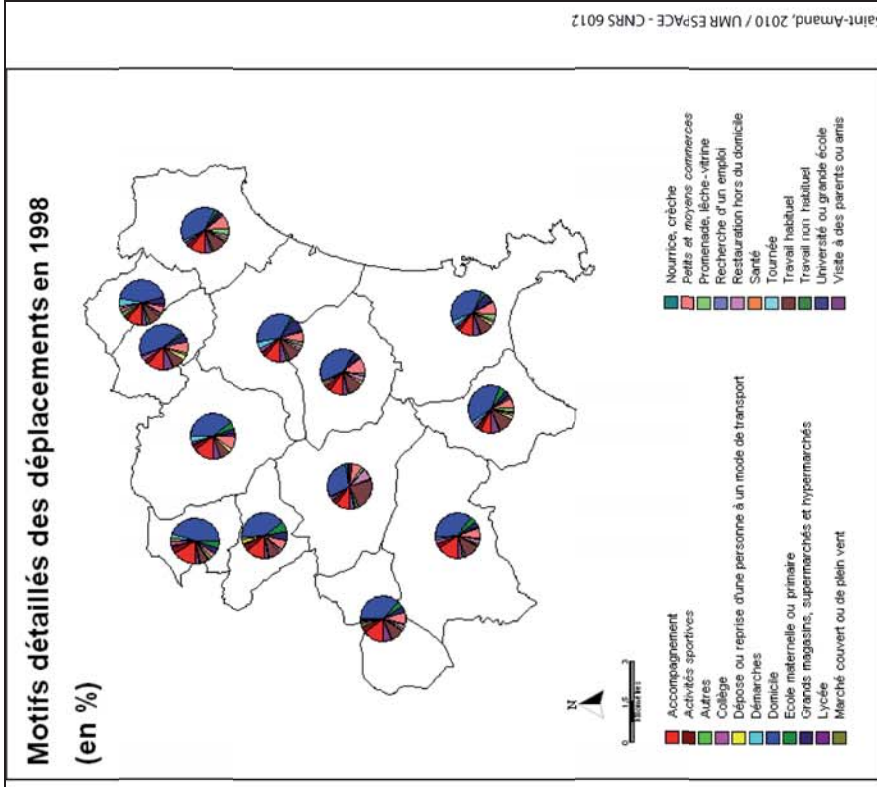
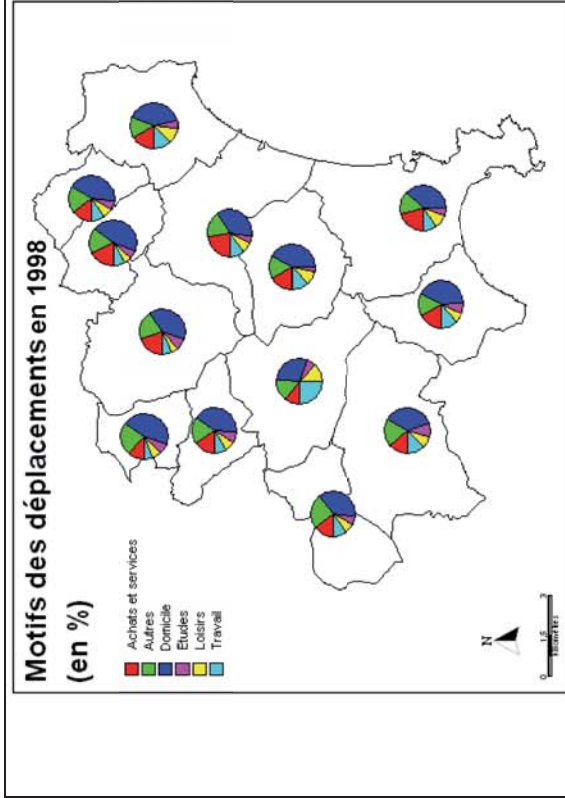
Figure 43 : La portée des déplacements intra et inter-zones



©Pascalie Saint-mand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 44 : Les modes de transports utilisés





COMMUNE	Motifs détaillés des déplacements											
	Petits et moyens commerces	Nourrice, crèche	Marché couvert ou de plein vert	Lycée	Grands magasins, supermarchés et hypermarchés	Ecole maternelle ou primaire	Domicile	Démarches	Dépense ou reprise d'une personne à un mode de transport	Collège	Autres	Activités sportives, culturelles ou associatives
ANTIBES	8,41%	0,65%	1,03%	1,03%	6,61%	1,91%	38,02%	3,06%	1,86%	0,57%	3,26%	9,74%
BIOT	11,07%	0,00%	0,62%	0,62%	3,75%	1,23%	40,47%	0,62%	1,94%	0,11%	4,16%	9,65%
CAGNES SUR MER	9,03%	0,11%	1,49%	1,49%	2,09%	2,18%	39,16%	2,01%	1,67%	0,48%	3,20%	10,22%
LA COLLE SUR LOUP	7,81%	0,00%	0,94%	0,94%	5,44%	1,20%	44,47%	1,01%	3,36%	0,14%	3,30%	11,60%
MOUANS-SARTOUX	8,10%	0,46%	0,00%	0,43%	4,49%	4,03%	37,18%	0,81%	2,08%	2,12%	4,20%	15,19%
MOUGINS	6,58%	0,00%	0,00%	0,43%	2,42%	0,46%	35,26%	1,36%	1,36%	0,00%	4,66%	13,46%
ROQUEFORT-LES-PINS	5,69%	0,00%	0,26%	0,26%	3,32%	3,55%	38,55%	2,52%	1,29%	0,79%	4,12%	13,62%
LE ROURET	4,40%	0,00%	0,00%	0,00%	4,39%	4,14%	43,01%	4,14%	3,47%	3,47%	1,84%	11,48%
SAINTE PAUL	3,26%	0,00%	0,00%	0,00%	5,61%	3,06%	39,16%	1,36%	2,08%	1,42%	2,76%	10,34%
VALBONNE	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	3,63%	3,63%	29,34%	3,63%	3,63%	3,63%	1,82%	7,47%
VALLAURIS	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	5,61%	5,61%	41,03%	5,61%	5,61%	5,61%	3,81%	11,20%
VILLENEUVE-LOUBET	6,14%	0,15%	0,15%	0,15%	9,61%	2,27%	35,55%	4,94%	2,27%	0,90%	3,81%	11,20%

COMMUNE	Motifs détaillés des déplacements																						
	Petits et moyens commerces	Nourrice, crèche	Marché couvert ou de plein vert	Lycée	Grands magasins, supermarchés et hypermarchés	Ecole maternelle ou primaire	Domicile	Démarches	Dépense ou reprise d'une personne à un mode de transport	Collège	Autres	Activités sportives, culturelles ou associatives	Accompagnement	Restaurants, crèches	Recherche d'un emploi	Restauration hors du domicile	Santé	Tournée	Travail habituel	Travail non habituel	Université ou grande école	Visite à des parents ou amis	
ANTIBES	8,41%	0,65%	1,03%	1,03%	6,61%	1,91%	38,02%	3,06%	1,86%	0,57%	3,26%	9,74%	4,20%	0,23%	4,30%	1,82%	2,00%	0,20%	9,32%	1,15%	0,00%	0,06%	5,48%
BIOT	11,07%	0,00%	0,62%	0,62%	3,75%	1,23%	40,47%	0,62%	1,94%	0,11%	4,16%	9,65%	11,07%	0,31%	1,54%	4,09%	1,54%	0,31%	10,95%	1,18%	0,00%	0,00%	4,29%
CAGNES SUR MER	9,03%	0,11%	1,49%	1,49%	2,09%	2,18%	39,16%	2,01%	1,67%	0,48%	3,20%	10,22%	9,03%	0,16%	5,19%	2,54%	1,69%	0,07%	10,80%	1,67%	0,10%	0,10%	4,30%
LA COLLE SUR LOUP	7,81%	0,00%	0,94%	0,94%	5,44%	1,20%	44,47%	1,01%	3,36%	0,14%	3,30%	11,60%	7,81%	0,00%	0,00%	0,00%	3,06%	0,00%	8,37%	0,62%	0,34%	0,34%	6,79%
MOUANS-SARTOUX	8,10%	0,46%	0,00%	0,43%	4,49%	4,03%	37,18%	0,81%	2,08%	2,12%	4,20%	15,19%	8,10%	0,27%	0,46%	2,43%	1,26%	0,15%	9,14%	0,81%	0,00%	0,00%	6,81%
MOUGINS	6,58%	0,00%	0,00%	0,43%	2,42%	0,46%	35,26%	1,36%	1,36%	0,00%	4,66%	13,46%	6,58%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	1,55%	2,49%	0,00%	0,00%	3,67%
ROQUEFORT-LES-PINS	5,69%	0,00%	0,26%	0,26%	3,32%	3,55%	38,55%	2,52%	1,29%	0,79%	4,12%	13,62%	5,69%	0,00%	0,00%	0,00%	0,77%	0,00%	5,65%	0,12%	0,00%	0,00%	3,12%
LE ROURET	4,40%	0,00%	0,00%	0,00%	4,39%	4,14%	43,01%	4,14%	3,47%	3,47%	1,84%	11,48%	4,40%	0,00%	1,47%	2,62%	4,00%	0,00%	7,40%	2,65%	0,00%	0,00%	3,12%
SAINTE PAUL	3,26%	0,00%	0,00%	0,00%	5,61%	3,06%	39,16%	1,36%	2,08%	1,42%	2,76%	10,34%	3,26%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,15%	22,11%	1,92%	0,00%	0,00%	2,05%
VALBONNE	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	3,63%	3,63%	29,34%	3,63%	3,63%	3,63%	1,82%	7,47%	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,11%	1,92%	0,00%	0,00%	2,05%
VALLAURIS	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	5,61%	5,61%	41,03%	5,61%	5,61%	5,61%	3,81%	11,20%	6,36%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	22,11%	1,92%	0,00%	0,00%	2,05%
VILLENEUVE-LOUBET	6,14%	0,15%	0,15%	0,15%	9,61%	2,27%	35,55%	4,94%	2,27%	0,90%	3,81%	11,20%	6,14%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	0,00%	17,71%	1,71%	0,00%	0,00%	2,05%

Figure 45 : Les motifs de déplacements intra-champ



## 2. À la recherche d'une mobilité durable autour de Sophia Antipolis

La Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis (CASA), 16 communes et 170 000 habitants (CASA, 2006b), travaille à l'organisation d'un système de transports durables. Sur son PTU co-existent deux régies de transports en commun routiers : Envibus de la CASA et TAM du Conseil Général 06, auxquelles s'ajoute le réseau de chemin de fer régional. Un système de transport durable en adéquation avec les besoins du territoire ne peut se concevoir sans articulation de ces différents modes de transport, ni sans concertation dans la gestion des réseaux. Ce n'est pourtant pas ce qui prévaut. À titre d'exemple, le Conseil Général des Alpes-Maritimes a instauré en 2006, de manière unilatérale et sans consulter les Autorités Organisatrices de Transports Urbains du département, un tarif préférentiel d'un euro pour les scolaires et les étudiants, sur toutes les lignes desservies par son réseau TAM. La Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis a dû s'aligner sur ce tarif, bien inférieur à celui pratiqué à l'intérieur de son PTU, avec le risque que cette tarification soit abandonnée si la communauté d'agglomération se révèle incapable de maîtriser ses coûts d'exploitation. Un des défis majeurs du département, inscrit dans la Directive Territoriale d'Aménagement des Alpes-Maritimes<sup>19</sup> et dans plusieurs autres documents d'orientations et de planifications, est de desservir, au moyen d'un système de transports alternatif à « l'autosolisme<sup>20</sup> », le Parc d'activités sophilopolitain qui se situe principalement sur le territoire de la CASA.

Pôle majeur de déplacements dans les Alpes-Maritimes, le Parc d'activités avec 30 000 emplois et 8 000 étudiants, exige une analyse particulière. De l'examen des mobilités quotidiennes autour du pôle découle deux constats en termes de durabilité des déplacements et d'adéquation réelle entre offre et demande de transports durables.

Premièrement, la part des déplacements domicile-travail à destination de la technopole de Sophia Antipolis en voiture particulière avoisine les 86,5% (CASA, 2003). Ce chiffre est largement supérieur à ce que l'on observe en différents points du département des Alpes-Maritimes. En second lieu, l'offre en transports collectifs, même après la refonte totale du système opérée en janvier 2006, est, aux dires des usagers, largement insuffisante et inadaptée. Les associations d'usagers, notamment l'AUTEC<sup>21</sup>, dénoncent ces contraintes et font mention de dysfonctionnements importants résultant de la juxtaposition des territoires administratifs et de la mauvaise articulation des politiques de transports. Rappelons que cinq réseaux de transports en commun desservent l'aire d'étude (figure 46).

---

<sup>19</sup> Le décret d'approbation de la Directive Territoriale d'Aménagement des Alpes-Maritimes (DTA) a été signé le 2 décembre 2003, par le Premier Ministre et les ministres concernés. Ce décret a été publié au journal officiel du 9 décembre 2003 (DDTM, 2010).

<sup>20</sup> L'autosolisme correspond au fait d'emprunter seul un véhicule particulier pour effectuer un déplacement.

<sup>21</sup> Association d'Usagers des Transports En Commun de la CASA.



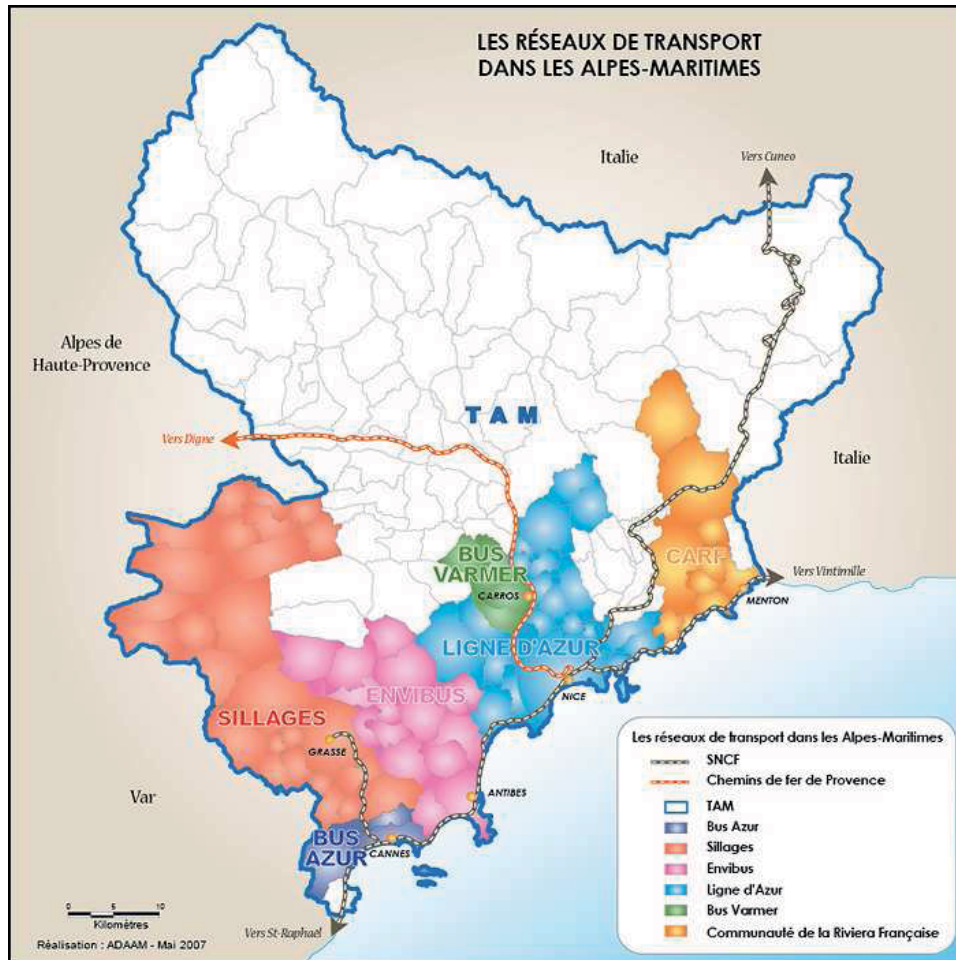


Figure 46 : Cinq réseaux de transport en commun desservent l'aire d'étude (ADAAM 2007)

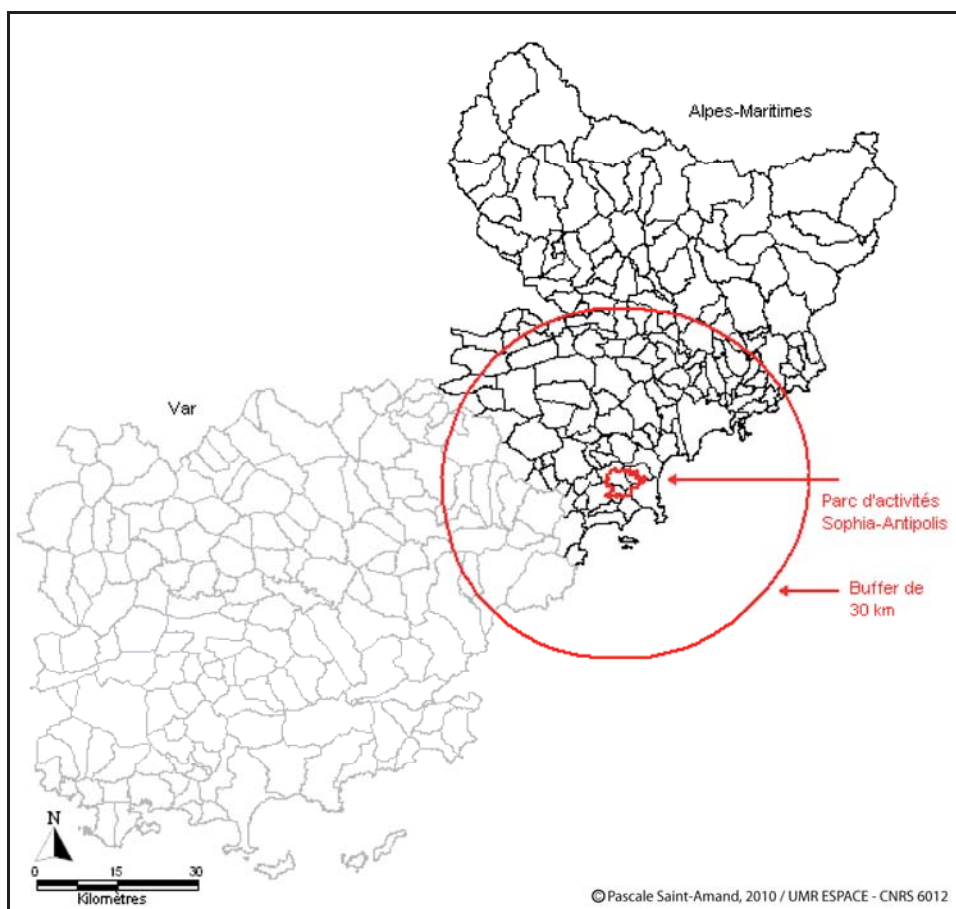
Selon ces usagers, il n'existe aucune collaboration entre la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis, la Communauté Urbaine Nice-Côte d'Azur, à l'est, et l'agglomération Cannes-Grasse, à l'ouest. Sur le terrain, cet état de fait se traduit par la *quasi*-inexistence de correspondances entre les réseaux de bus, tant au niveau des structures que des horaires. La refonte du système de transports collectifs de la CASA qui a eu lieu en janvier 2006 s'est traduite par la fermeture de certaines lignes et, par conséquent, la déstructuration des liens de correspondances avec les autres réseaux. Une tarification commune à tout le département est vivement souhaitée par les usagers car elle améliorerait, d'une part, la performance des transports en commun et d'autre part, la lisibilité du réseau. Cette tarification unifiée ne peut être établie sans volonté de concertation entre le Conseil Général et les collectivités territoriales.

Nous souhaitons donc examiner avec précision les mobilités quotidiennes autour du pôle sophilopolitain générateur de déplacements à la fois internes et externes à notre zone d'étude, afin de déceler les éventuelles anomalies existant entre les périmètres administratifs de

compétences en termes d'organisation des transports et la réalité des besoins des usagers navetteurs.

L'aire d'attraction des navetteurs en partance et à destination du Parc d'activités sophipolain est tout d'abord recherchée.

Un buffer de 30 kilomètres est appliqué autour du bassin d'emplois de Sophia Antipolis et une analyse des échanges quotidiens – entrées et sorties comptabilisées dans le fichier MIRABELLE (INSEE, 1999) – renseigne sur les communes à retenir pour le traitement d'analyse spatiale (figure 47).



**Figure 47 : Recherche de l'aire d'influence du Parc d'activités de Sophia Antipolis**

L'aire d'étude finalement retenue est centrée autour de la technopole et se situe au cœur de la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis. En effet, 98% des mouvements vers le Parc de Sophia Antipolis en provenance des Alpes-Maritimes et du Var s'effectuent à partir de la zone grisée (figure 48).

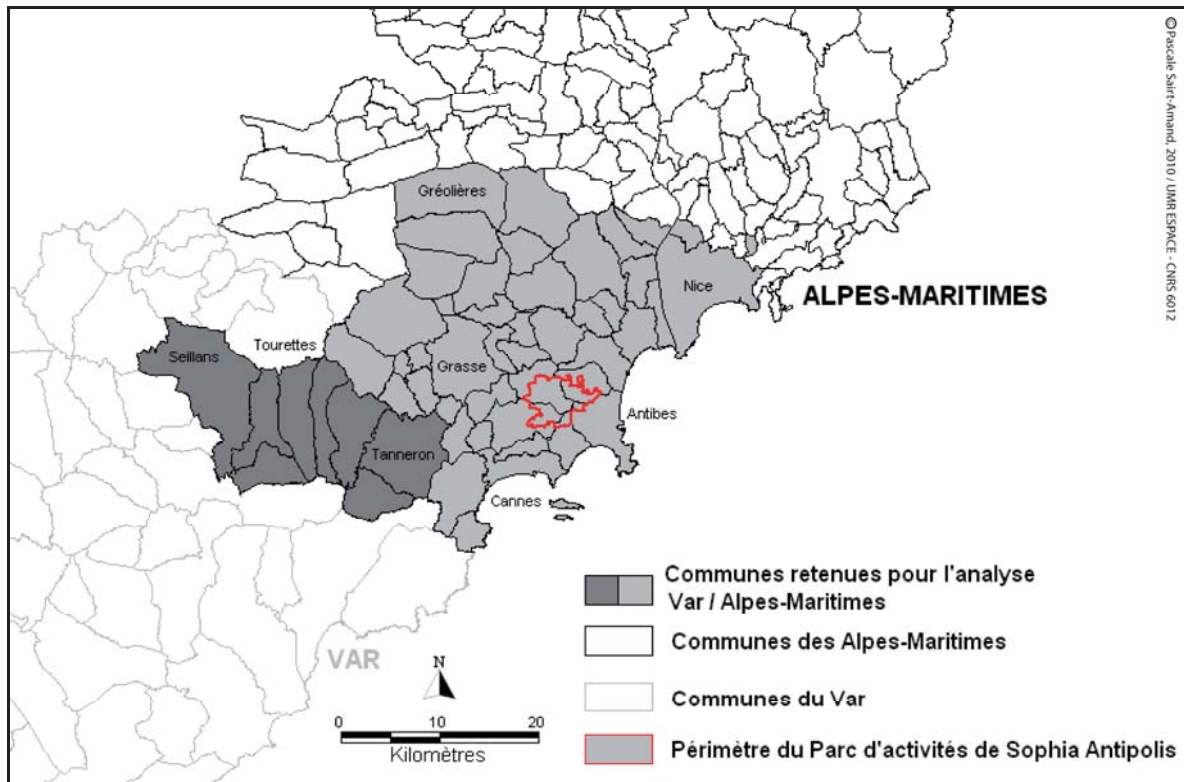


Figure 48 : Champ d'étude retenu pour l'analyse

Quels sont les bassins de mobilité existant à travers le champ des déplacements retenu ? Comment ces bassins de mobilité sont-ils pris en compte par le périmètre de gestion et d'organisation des transports de la CASA ?

Pour chaque commune du champ de déplacements retenu, le total des échanges quotidiens avec le Parc de Sophia Antipolis est traduit en niveaux de gris. Les niveaux de gris les plus foncés correspondent aux déplacements les plus nombreux. L'algorithme de la ligne de partage des eaux réalisé sur l'image à niveaux de gris fait apparaître cinq bassins de mobilité, de taille et de forme variables, centrés sur Nice, Antibes et Cannes dans les Alpes-Maritimes, et sur deux communes varoises, les Adrets de l'Esterel et Fayence, à l'ouest (figure 49).

Les limites de ces bassins sont révélatrices : Villeneuve-Loubet et Cagnes sur Mer échangent majoritairement avec le bassin de Nice alors qu'elles sont limitrophes d'Antibes et rattachées à la CASA. Deuxième constat : le bassin de mobilité d'Antibes s'étire nettement vers le nord et vers l'ouest. C'est donc **l'ensemble des communes de ce vaste bassin** avec lesquelles les déplacements sont les plus nombreux qu'il faut prendre en considération pour l'organisation d'un système de transports durables répondant aux besoins de mobilité des personnes. Or, la réalité est tout autre.

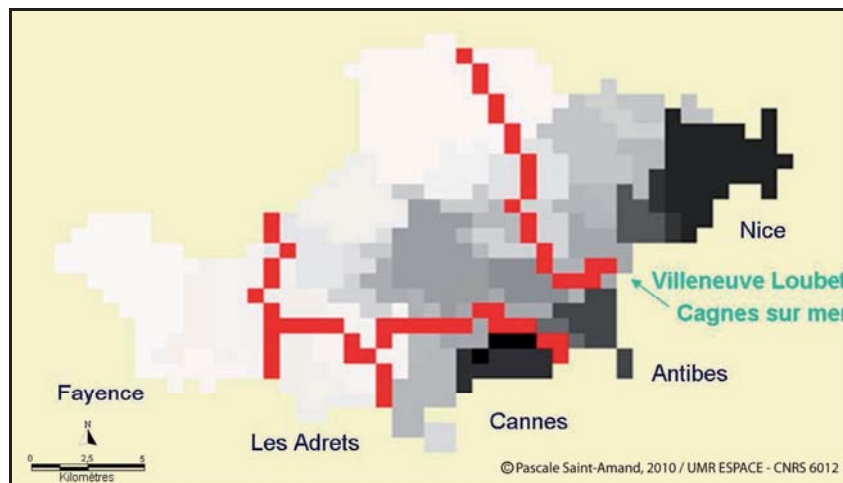


Figure 49 : Les cinq bassins de mobilité avec leur point d'ancrage

Une deuxième image est construite afin de comparer les contours du bassin de mobilité d'Antibes et le périmètre de gestion et d'organisation des transports de la CASA (figure 50).

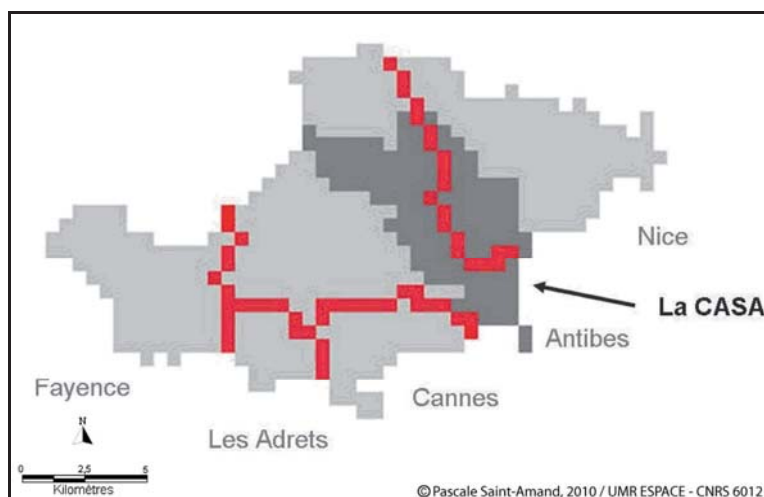


Figure 50 : Croisement des limites des bassins de mobilité et du PTU de la CASA

Le périmètre de gestion administrative des transports de la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis est représenté en gris foncé. Cette image met en évidence les distorsions effectives entre les périmètres de compétences des communautés d'agglomération et la réalité des déplacements quotidiens effectués par la population et permet de comprendre les dysfonctionnements signalés par les usagers des transports en commun sur ce champ de déplacements, notamment relatifs aux dessertes ainsi qu'à l'absence d'interconnexions entre les différents réseaux du Conseil Général et des intercommunalités ou communes voisines.

L'espace vécu par les usagers des transports n'est pas un espace « fini » avec des frontières administratives rigides. Les limites des communes et des communautés d'agglomération ne doivent pas constituer des barrières pour les déplacements des habitants du département. Or,

la création des EPCI<sup>22</sup> a fait émerger de nouvelles limites sur le territoire. Les compétences des communautés d'agglomération, qui sont Autorités Organisatrices des Transports sur leur périmètre, les encouragent souvent à fonctionner en circuit fermé, ce qui a des effets dommageables sur l'organisation régionale des systèmes de transports. La mise en place d'un système de transport durable exige que des collaborations soient instaurées d'une part, entre les établissements inter-communaux pour rendre ces limites perméables et, lorsque la concertation fait défaut, que les représentants l'impulsent, d'autre part, entre tous les acteurs du territoire – associations, gestionnaires, élus, usagers.

Pour appréhender au mieux les besoins du territoire, il est donc indispensable d'appréhender les dynamiques territoriales dans leur globalité et de s'affranchir des limites administratives qui sous-tendent les politiques de gestion des territoires (Saint-Amand, 2007).

### **3. Spatialisation des besoins de mobilité à une échelle fine**

#### **3.1. Les limites de l'enquête ménages-déplacements**

Véritables photographies des déplacements au sein d'une aire urbaine, les enquêtes ménages-déplacements, réalisées à intervalle régulier depuis les années 1960, permettent de mesurer les évolutions des pratiques de mobilité et d'orienter les politiques menées à partir des répartitions modales observées. À partir de 1976, une harmonisation dans les méthodes de l'enquête ménages offre la possibilité de pouvoir comparer les agglomérations françaises entre elles, au temps *t* et dans leurs évolutions (Gascon, 2008)<sup>23</sup>. Le principal intérêt des EMD réside dans le fait qu'elles recensent tous les déplacements quels que soient leurs motifs, leurs portées et enfin leurs modes. Elles constituent en ce sens la principale source de données relatives aux déplacements et aux pratiques de mobilité en France. À partir de cette base de données extrêmement riche et exhaustive, il appartient à chacun de tirer les informations nécessaires aux analyses conduites.

Cependant les EMD présentent un important écueil, notamment lorsqu'elles s'avèrent être les données d'entrée d'une analyse géographique. Résultantes d'une méthodologie fondée sur la construction d'indicateurs macroscopiques, des manques apparaissent quant à la localisation précise des individus enquêtés et des itinéraires réellement effectués (Banos, Thévenin, 2008). De manière générale, le travail de l'analyse spatiale exige de disposer d'une information extrêmement fine sur les territoires. L'agrégation des données sources peut alors conduire à toutes sortes de biais possibles, et dans certains cas même, à contraindre fortement les analyses.

---

<sup>22</sup> EPCI : Etablissement Public de Coopération Intercommunale.

<sup>23</sup> Marie-Odile Gascon s'exprime ici dans le Bulletin d'information des déplacements urbains départementaux et régionaux TRANSFLASH n°335 / juillet-août 2008 du CERTU.



Les données mobilisées au service de cette problématique particulière, qui sous-tend la prise en compte de l'espace comme véritable acteur du fonctionnement territorial, doivent permettre l'appréhension des phénomènes à travers le filtre spatial, c'est-à-dire compte-tenu des caractéristiques physiques du territoire sur lequel les dynamiques s'exercent.

### **3.2. Pallier le manque de données disponibles pour et par l'analyse spatiale**

Dans le cadre d'une recherche appliquée, le géographe est amené à être en contact permanent avec son terrain d'expérimentation et ne peut s'affranchir de l'établissement de liens étroits avec tous les acteurs du territoire. La connaissance accrue que le chercheur doit acquérir de son terrain passe par la collecte d'informations souvent produites et diffusées par les collectivités locales et territoriales. Outre la manière de collecter ces données issues directement du terrain, c'est dans l'appréhension même des phénomènes que le fossé se creuse entre chercheurs et ingénieurs, entre scientifiques et gestionnaires du territoire, alors que, le plus souvent, les mêmes objectifs sont poursuivis.

Ces différences dans les regards portés sur le terrain ont plusieurs conséquences. Tout d'abord, les données produites par et pour les gestionnaires du territoire ne répondent pas toujours aux besoins du géographe qui travaille en analyse spatiale. Les données auxquelles il a accès sont rarement les données de base mais des données agrégées, avec les biais induits par les découpages spatiaux utilisés.

À titre d'exemple, la figure 51 présente les périmètres d'analyse instaurés par l'INSEE et par l'ADAAM dans le cadre du RGP 1999 et de l'EMD 1998 sur les communes d'Antibes et de Biot.

Les découpages spatiaux au niveau desquels les données sont agrégées ne conviennent pas aux analyses que l'on souhaite mettre en œuvre dans cette recherche. Ces périmètres « imposés » n'offrent pas la possibilité de recueillir des informations infra-communales sur les sept communes du champ<sup>24</sup> et ne permettent pas non plus le croisement et la comparaison des chiffres entre communes.

---

<sup>24</sup> Il s'agit des communes de moins de 10 000 habitants : Biot, La Colle sur Loup, Mouans-Sartoux, Roquefort-les-Pins, Le Rouret, Opio et Saint-Paul.



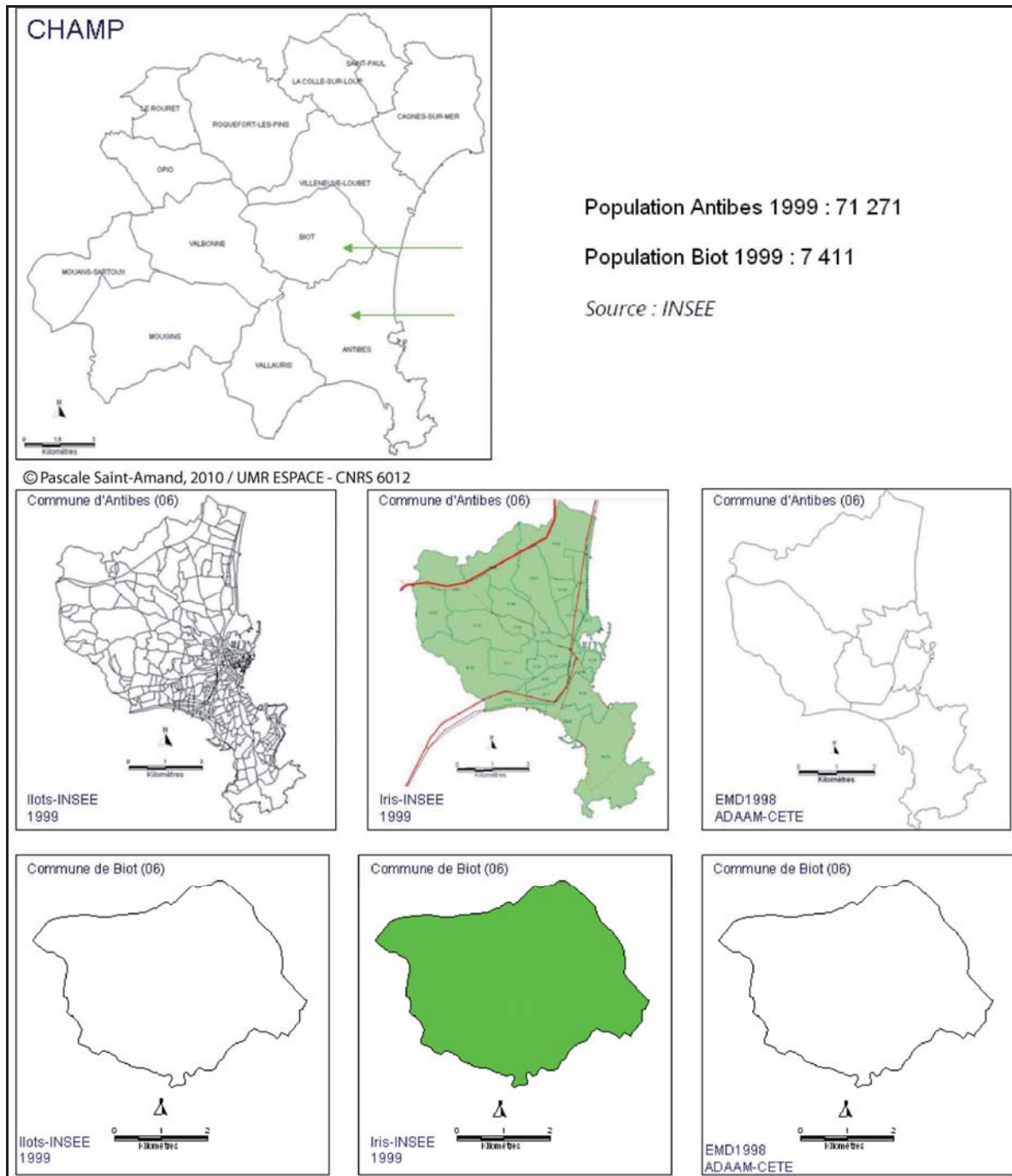


Figure 51 : Les découpages spatiaux opérés sur deux communes du champ d'étude

Par ailleurs, la spatialisation des informations est souvent lacunaire voire inexistante. Par exemple, les chiffres de fréquentation des transports collectifs, lorsque ces chiffres existent, sont non seulement agrégés au niveau du réseau entier – au mieux ils existent à la ligne – mais ils ne sont absolument pas spatialisés comme on pourrait le faire en attribuant à chaque point d'arrêt un chiffre de fréquentation au mois ou à l'année. Une information qui paraît pertinente en vue d'une analyse spatiale, semblera complètement secondaire voire inutile à un ingénieur territorial. Ces décalages dans les manières d'appréhender les phénomènes et de les modéliser

proviennent sans doute du fait que les démarches d'analyse diffèrent beaucoup et que les méthodes de l'analyse spatiale sont peu connues voire ignorées par beaucoup d'acteurs de terrain (Saint-Amand, 2009).

Ces grandes différences dans les points de vue et dans les démarches et analyses ont engendré deux cas de figure. Premier cas, des choix ont été faits et parfois il a fallu se contraindre à ne pas réaliser certaines analyses, certaines modélisations pour lesquelles il n'existait pas les données nécessaires. Dans le deuxième cas de figure, des démarches ont été mises en œuvre afin d'obtenir malgré tout l'information manquante.

Au regard de la problématique posée dans cette recherche, il est indispensable d'appréhender à une échelle fine ce qui entraîne le mouvement dans la zone d'étude ainsi que la manière dont ces mouvements s'organisent sur le territoire.

### **3.3. Estimation d'un potentiel de population pour l'identification des espaces émetteurs et récepteurs de déplacements sur un ensemble de 13 communes hétérogènes**

Dans certains documents d'urbanisme obligatoires, de type PDU, il est possible de connaître les grands éléments émetteurs et récepteurs de population : les pôles générateurs de déplacements. C'est le cas dans le PDU de la Communauté Urbaine Nice-Côte d'Azur<sup>25</sup> où les grands éléments tels que collèges, lycées, hôpitaux, gares, *etc...* sont listés et dénombrés à l'échelle communale sous forme d'un tableau.

L'objectif ici est de compléter et d'affiner cette connaissance en déterminant, à partir du bâti résidentiel communal, un potentiel de population à même de se déplacer sur le territoire et de rejoindre ces pôles générateurs de déplacements.

La finalité de ce travail consiste donc à effectuer **une spatialisation fine des besoins exprimés par le territoire en termes de mobilité** en mettant en évidence les lieux qui renferment les densités de populations. Cette spatialisation sera dans un premier temps opérée sur les cinq communes pour lesquelles des données de population existent à une échelle suffisamment fine afin d'appliquer le calcul de potentiel (figure 52).

Les communes-échantillons – en gris clair sur la figure 52, seront ensuite utilisées en tant que « modèles » pour ventiler les populations estimées sur les communes sans données disponibles à l'iris et / ou à l'îlot.

---

<sup>25</sup> Document final approuvé en Janvier 2008.



Figure 52 : Le hiatus dans les données spatialisées à l'échelle fine<sup>26</sup>

Les populations seront appréhendées au moyen de densités. Les densités de population sont issues du rapport entre un nombre d'habitants sur une surface donnée. Cependant cette densité brute, comme la désigne Vincent Fouchier (Fouchier, 1998), s'appuie bien souvent sur des surfaces communales à l'intérieur desquelles le tissu urbain peut se déployer sur 100% ou bien 1% de cette surface. Comment appréhender, dans ce contexte, l'occupation humaine réelle sur un territoire ? Selon lui, il est possible de mieux rendre compte du phénomène **d'intensité urbaine** grâce à l'indicateur de densité humaine nette qu'il propose :

$$\text{Densité humaine nette} = \frac{(\text{nombre d'habitants} + \text{nombre d'emplois})}{\text{surface urbaine}}$$

S'appuyer sur cet indicateur revient finalement à exclure toutes les surfaces occupées par les zones agricoles et naturelles. Cependant, ce premier tri est insuffisant pour l'analyse que l'on souhaite mener. Les densités de population à une échelle fine doivent être projetées **sur le seul bâti résidentiel**. En ce sens, l'analyse se fonde exclusivement sur les bâtiments de la zone étudiée mais une sélection supplémentaire est tout de même opérée : les ensembles bâtis étant composés de natures et de fonctions multiples.

Il est impératif de connaître pour chaque bâtiment compris dans l'aire d'étude la fonction exacte qu'il recouvre en sachant que les nomenclatures existantes ne contiennent pas cette information. Les bases de données telles que Corine Land Cover, ou celles construites par l'IGN comme la BD Carto® ou la BD Topo® se bornent à spécifier des types d'occupation

<sup>26</sup> Mougins et de Mouans-Sartoux sont classées comme « sans données spatialisées » car nous disposons bien des chiffres de répartition de population à l'îlot mais il manquait les découpages spatiaux correspondants. Une posture différente sera adoptée pour le calcul de potentiel de population sur ces deux communes.

du sol ou au mieux fournissent pour chaque bâtiment une information inexploitable pour ce type d'analyse (cf. annexe 3).

Dans ses travaux<sup>27</sup>, Philippe Lorient tente d'établir des correspondances entre plusieurs nomenclatures et teste la possibilité d'établir un pont entre plusieurs bases de données spatiales, mais se heurte aux différences notables entre les classifications construites (Lorient, 2008). Il prend l'exemple de la BD Topo®, point d'appui de son étude, et confronte sa nomenclature avec celle de Corine : les discordances sont telles qu'il lui est impossible de mobiliser les deux bases. Il en est de même dans cette analyse qui s'appuie sur la couche « bâti » de la BD Topo® mais sera complétée par de l'information qualitative issue de la BD Ortho®.

Il existe plusieurs méthodes d'estimations des populations au sein d'aire bâties. Elles sont généralement mises en œuvre afin de déterminer :

- une population englobée dans l'aire d'attraction d'une desserte de transport (CETE Normandie-Centre, 2005) ;
- une population exposée à une nuisance atmosphérique et sonore (CETE Normandie-Centre, 2005) ;
- une population communale résidente au cours d'une période intercensitaire (CETE Normandie-Centre, 2001).

Les auteurs réfléchissent surtout à la reproductibilité des méthodes et tiennent tout particulièrement à concevoir des protocoles simples mobilisant des données facilement accessibles. **L'enjeu commun de toutes ces méthodes se situe dans la répartition des populations communales compte tenu du type de bâti dans lequel elles résident.** L'hypothèse centrale s'appuie sur l'existence d'une relation forte entre caractéristiques morphologiques du tissu urbain et densités de population. Cette relation paraît évidente : un immeuble de plusieurs étages contient beaucoup plus de population résidente qu'une villa individuelle. Cela étant dit, aucun protocole d'estimation de population ne met véritablement en relief une méthode automatique pour connaître et affecter les différentiels de population présente dans chaque type de bâti.

L'hypothèse selon laquelle la densité de population est fonction du type de bâti (CETE Normandie-Centre, 2001) est donc reprise et constitue le point de départ de l'analyse mais il est démontré, au cours des projections de population estimée sur les ensembles bâtis, que des paramètres tels que la compacité, la connexité, la verticalité des bâtiments sont à prendre en compte de manière concomitante dans un calcul de potentiel de population communale.

---

<sup>27</sup> Pour le CETE Sud-Ouest et le CERTU.

La première étape du travail consiste à caractériser le type de structure spatio-morphologique du bâti pour chaque commune du champ. Cette structure est évaluée en prenant en compte les caractéristiques du bâti dans ses trois dimensions. Une nouvelle nomenclature « bâti » doit alors être créée puisque la classification prend en considération l'emprise au sol des bâtiments, les interstices entre les espaces bâtis mais aussi la verticalité des bâtiments.

Cette classification est construite à partir de plusieurs nomenclatures tirées de la BD Carto®, de Corine Land Cover et enfin de la Classification for land use statistics Eurostat 1993 (cf. annexe 4) :

Classe 1\_Bâti vertical et dense de noyau urbain et / ou centre historique

Classe 2\_Bâti collectif continu et mixte

Classe 3\_Bâti vertical dispersé

Classe 4\_Ensemble de lotissements, habitat pavillonnaire groupé

Classe 5\_Lotissements isolés

Classe 6\_Villas isolées

Les risques de sous-estimation ou de surestimation de la population à projeter sur les bâtiments sont moindres grâce à cette classification en **six classes qui couvrent le champ des possibles en termes de structure spatio-morphologique du bâti** au sein de ces 13 communes très hétérogènes.

La population communale<sup>28</sup> doit être à présent répartie à l'intérieur du tissu bâti résidentiel, conditionnellement à la classe de bâti dans laquelle elle demeure.

Pour ne travailler qu'à partir du bâti résidentiel, deux tris consécutifs sont effectués :

- seuls les « bâtiments quelconques » de la BD Topo® 1999 sont conservés sur la couche d'information<sup>29</sup> ;
- lorsque, sur un îlot bâti, l'INSEE n'a comptabilisé aucune population l'ensemble des bâtiments présents sur l'îlot sont supprimés.

Si ces deux sélections, au cours desquelles plusieurs dizaines de milliers de bâtiments ont été évacués, ont le mérite d'affiner la base de données « bâti » sur laquelle repose le calcul, il n'est pas exclu qu'un biais subsiste : de très nombreuses entreprises sont localisées à l'intérieur de bâtiments dévolus à la fonction résidentielle.

La classification s'effectue par contourage des ensembles bâtis sur la BD Topo® à l'aide de la BD Ortho® (figure 53) qui permet plusieurs niveaux de lecture : la lecture horizontale du bâti avec sa compacité et sa connexité, et, la lecture verticale avec la morphologie des bâtiments eux-mêmes. Au niveau de l'échelle spatiale, deux lectures sont là aussi nécessaires : la lecture de l'inscription spatiale de l'ensemble bâti dans son environnement immédiat d'une part, et dans son environnement lointain, d'autre part.

---

<sup>28</sup> Les données démographiques sont issues du RGP 1999 (INSEE).

<sup>29</sup> La nomenclature complète des éléments bâtis de la BD Topo® figure en annexe 3.



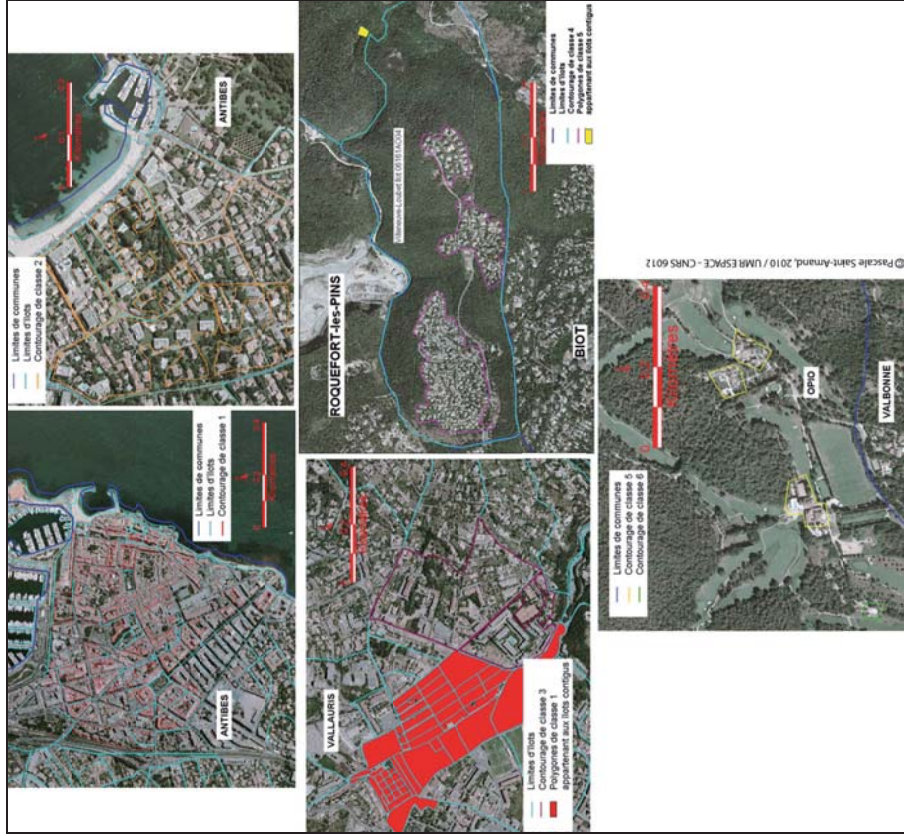


Figure 53 : Les six classes spatiales morphologiques du bâti dans leur contexte territorial<sup>30</sup>

<sup>30</sup> Le parti retenu lors du contourage a voulu qu'un même îlot ne renferme qu'une seule classe de bâti.

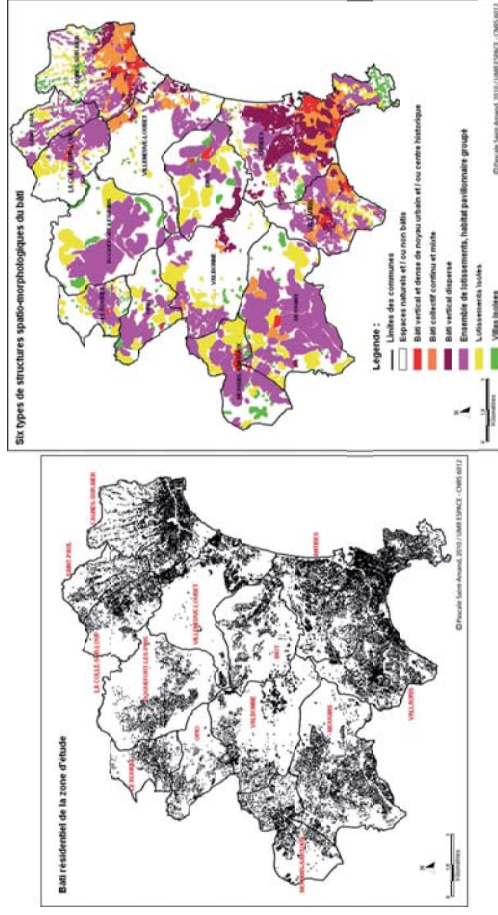


Figure 54 : Le bâti résidentiel de la zone d'étude caractérisé en six classes spatio-morphologiques





Pour chaque commune-échantillon, la population estimée s'obtient par le calcul suivant (RP représente le nombre de résidences principales) :

$$Population\ estimée = population\ totale\ IRIS * \frac{RP\ ilot\ i}{RP\ IRIS\ j / i \in j}$$

Une première vérification de la pertinence de ce calcul intervient ensuite :

ANTIBES			
	Population observée	Population estimée	ECARTS
Classe 1	15069	16112	6,92%
Classe 2	9825	9404	-4,28%
Classe 3	34781	35579	2,29%
Classe 4	7283	6615	-9,17%
Classe 5	1561	1560	-0,06%
Classe 6	493	481	-2,43%

La validation du calcul s'effectue sur chaque classe de bâti par commune :

$$Validation = \left( \frac{population\ estimée\ classe\ i}{population\ observée\ classe\ i} - 1 \right) * 100$$

CAGNES SUR MER			
	Population observée	Population estimée	ECARTS
Classe 1	12470	11073	-11,20%
Classe 2	15309	14867	-2,89%
Classe 3	7570	7702	1,74%
Classe 4	5131	5236	2,05%
Classe 5	1892	1624	-14,16%
Classe 6	699	567	-18,88%

VALLAURIS			
	Population observée	Population estimée	ECARTS
Classe 1	5127	5437	6,05%
Classe 2	7066	6703	-5,14%
Classe 3	7397	7844	6,04%
Classe 4	5630	5314	-5,61%
Classe 5	473	513	8,46%
Classe 6	49	56	14,29%

VALBONNE			
	Population observée	Population estimée	ECARTS
Classe 2	1439	1646	14,38%
Classe 3	4238	4162	-1,79%
Classe 4	3566	3485	-2,27%
Classe 5	1306	1298	-0,61%
Classe 6	195	187	-4,10%

VILLENEUVE-LOUBET			
	Population observée	Population estimée	ECARTS
Classe 2	5902	5869	-0,56%
Classe 3	2243	2440	8,78%
Classe 4	4156	4147	-0,22%
Classe 5	581	454	-21,86%
Classe 6	44	46	4,55%

Tableau 6: Ecarts obtenus entre population estimée par le calcul et population observée lors du RGP 1999

Les écarts observés sur l'ensemble des cinq communes, qu'elles soient très ou peu urbanisées, ne sont pas trop élevés : dans le cas d'Antibes, par exemple, ils n'excèdent pas les 10%. Mais ils peuvent atteindre 20% dans les classes 5 ou 6 correspondant aux zones de lotissement et de villas (Cagnes-sur-Mer, Villeneuve-Loubet). La population recensée tend à être supérieure à la population estimée. Il se peut que ces écarts soient liés aux résidences secondaires, dont certaines peuvent être occupées par des résidents permanents.

Cette méthode de calcul a été étendue aux autres communes. L'extrapolation sur les communes sans données spatiales mais avec données RGP fines – Mouans-Sartoux et Mougins – (cf. figure 47) s'effectue à l'aide du calcul suivant :

$$Population\ estimée\ IRIS = population\ communale * \frac{RP\ IRIS\ i}{RP\ Commune}$$

Les populations communales estimées sont à présent projetées au sein de **chaque classe de bâti selon leur superficie respective** pour les communes d'Antibes, Cagnes-sur-Mer, Mouans-Sartoux, Mougins, Valbonne, Vallauris et Villeneuve-Loubet.

Il s'agit ensuite **d'appliquer les règles définies par le calcul aux communes sans données fines** : Biot, La Colle sur Loup, Opio, Le Rouret, Roquefort-les-Pins et Saint Paul. On recherche tout d'abord, parmi les communes-échantillons, les IRIS qui présentent des similitudes avec les communes sans données fines. Cette ressemblance s'apprécie en termes de proportions des classes de bâti. Pour cela on compare les surfaces des polygones de chaque classe de bâti à l'intérieur des IRIS échantillons et des communes.

Le tableau 7 montre que l'IRIS n°0103 d'Antibes ressemble fortement à la commune de Roquefort-les-Pins, en effet :

	IRIS n°0103 d'Antibes	Commune de Roquefort-les-Pins
Classe de bâti 4	Proportion de la classe 4 en termes de surface : <b>63,54%</b>	Proportion de la classe 4 en termes de surface : <b>70,11%</b>
Classe de bâti 5	Proportion de la classe 5 en termes de surface : <b>16,37%</b>	Proportion de la classe 5 en termes de surface : <b>20,47%</b>
Classe de bâti 6	Proportion de la classe 6 en termes de surface : <b>16,24%</b>	Proportion de la classe 6 en termes de surface : <b>9,42%</b>

Tableau 7: Les surfaces de chaque classe de bâti sont comparées

Dès lors que cette ressemblance est établie entre chaque binôme « IRIS échantillon / commune sans données fines », les **proportions de population** sont appliquées au sein de chaque classe de bâti.

IRIS n°0103 ANTIBES		
	Proportion des classes de bâti (surface)	Proportion de population estimée dans chaque classe
Classe 1	0,39%	0,13%
Classe 2	2,40%	3,24%
Classe 3	1,06%	3,77%
Classe 4	63,54%	64,01%
Classe 5	16,37%	16,75%
Classe 6	16,24%	12,11%

**Tableau 8 : Proportions de surfaces de classes de bâti et de population projetée pour l'IRIS n°0103 d'Antibes**

Prenons le cas de la commune de Roquefort-les-Pins. La plus forte ressemblance entre cette commune et les cinq communes-échantillon est observée avec Antibes. Le pourcentage de population antiboise appartenant à la classe de bâti 4 de l'IRIS n°0103 d'Antibes est de 64,01%.

La population observée en 1999 sur la commune de Roquefort-les-Pins s'élève à 6 175 habitants.

La population de la classe 4 de Roquefort-les-Pins est estimée à 64,01% de 6175 habitants, soit 3952 habitants. La ventilation de ce nombre d'habitants sur les surfaces des polygones de la classe de bâti 4 donne une densité d'habitants estimée.

La même méthode est ainsi reproduite pour Biot, La Colle sur Loup, Opio, Le Rouret et Saint Paul.

Le calcul de potentiel de population donne pour les 13 communes du champ une **information spatiale fine** quant aux densités de population à même d'effectuer des déplacements. Il offre à la fois **la localisation du phénomène ainsi que son intensité** en tout point du champ d'étude. Converties en 256 niveaux de gris, les valeurs de densités de population renseignent chaque pixel d'une image qui sera mobilisée lors du diagnostic territorial (cf. chapitre 6).

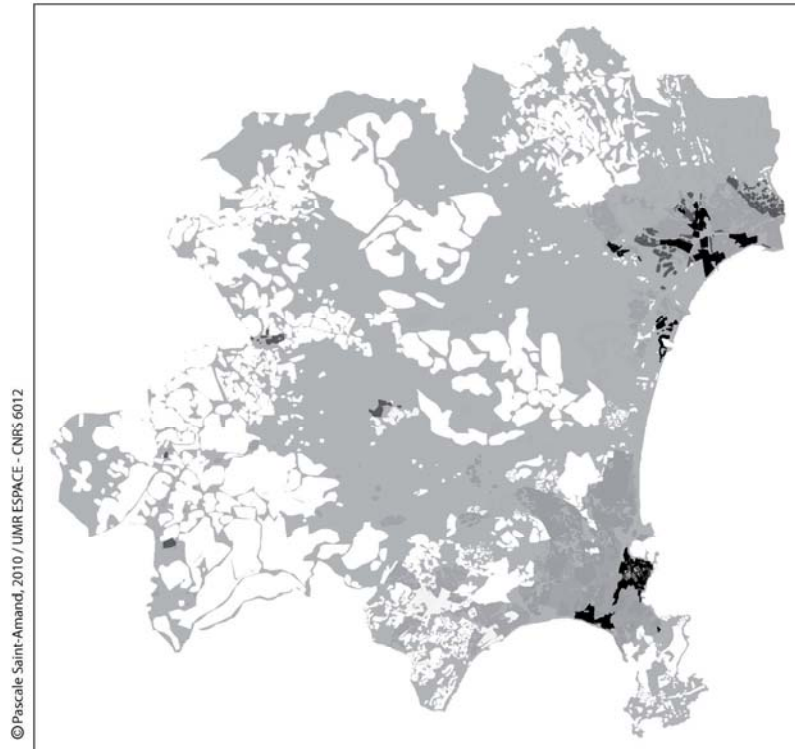


Figure 55: Les densités de population converties en 256 niveaux de gris<sup>31</sup>

Ici, les valeurs les plus foncées correspondent aux densités de population les plus fortes. Cette image sera intégrée en entrée du diagnostic territorial du chapitre 6.

\*\*\*\*\*

### Conclusion du chapitre 5 :

Le champ sur lequel s'applique cette recherche pose de nombreuses difficultés. Il s'étend sur un **espace littoral très urbanisé** et englobe la **périphérie d'un Parc d'activités de rang européen**. Trois périmètres de transports urbains sont compris dans cette zone où l'hégémonie de l'automobile est manifeste. Cependant, le profil des mobilités actuelles démontre que les déplacements effectués sont à la fois nombreux et courts. Ils constituent donc un réservoir important pour d'éventuels reports modaux de l'automobile vers les modes doux.

Les deux données essentielles que sont les répartitions et les densités des populations, ainsi que la localisation des activités ont été reconstruites selon les attendus de la problématique. Il ne s'agit pas de simples « photographies » du territoire comme à la première section, la recherche de la physionomie des mouvements a guidé les analyses. La première analyse a

---

<sup>31</sup> L'échelle et l'orientation n'apparaissent pas sur cette image dévolue à une analyse par opérateurs de morphologie mathématique. Il en sera de même pour toutes les images analysées au cours de la thèse.

révélé l'organisation des déplacements pendulaires autour du Parc d'activités sophilopolitain. L'allure générale des bassins de mobilité qui ont été détectés renseigne sur le décalage existant entre les périmètres de gestion des transports et la réalité des déplacements quotidiens.

Dans la deuxième analyse, l'objectif était de connaître et de spatialiser de manière très fine les densités de population potentiellement à même de produire un mouvement. Pour ce faire, des règles de pondération et de calcul ont été recherchées, appliquées et vérifiées. L'image résultat sera mobilisée au chapitre 6 au cours du diagnostic territorial.

Ces résultats permettent à la fois de tirer des connaissances du champ d'étude – démarche de diagnostic –, de mettre au point de nouvelles méthodologies, et enfin de mesurer l'intérêt des analyses spatiales dans des problématiques telles que la nôtre.

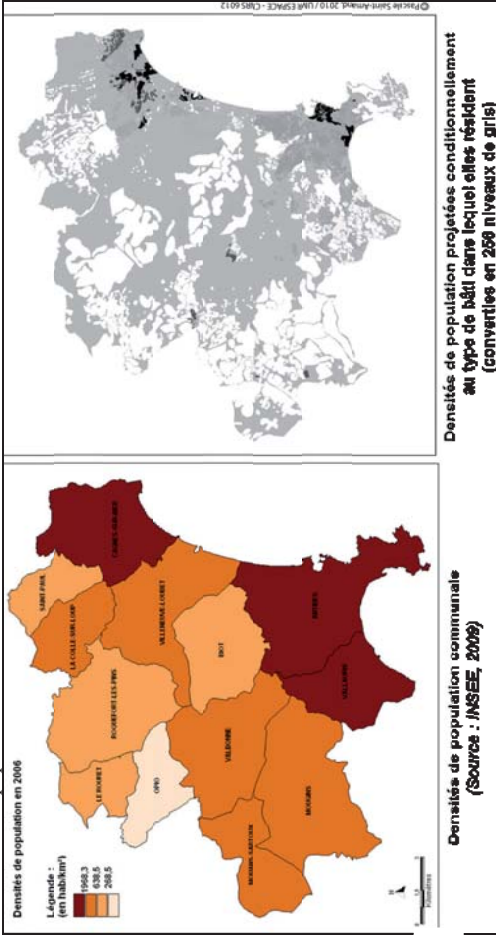




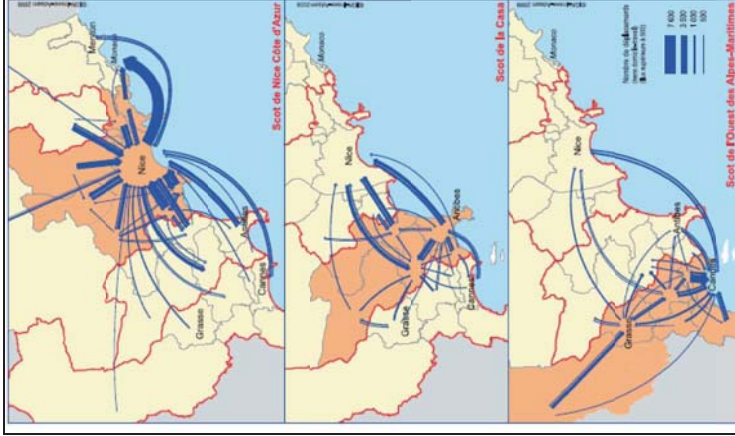
**Fiche de synthèse du chapitre 5 :**

Données disponibles et données construites : l'appréhension du champ d'étude par les méthodes de l'analyse spatiale.

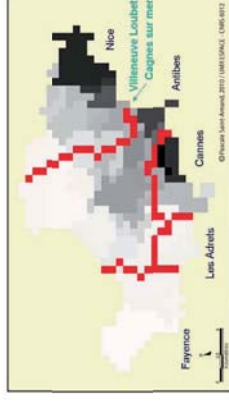
Les densités de population :



Les bassins de mobilité :



**Les navettes internes et externes des trois SCOT les plus peuplés des Alpes-Maritimes**  
 Source : INSEE – DADS 2004





## CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE

Au cours du chapitre 4, les hypothèses de travail ont été énoncées. Elles expriment que :

- la configuration spatiale des territoires est un déterminant majeur pour l'utilisation potentielle des différents modes de transports ;
- les interactions entre réseau et territoire varient selon l'espace sur lequel elles s'exercent ;
- pour être atteinte, l'adéquation entre système de transport et système territorial se recherche en premier lieu par la prise en compte de la configuration spatiale des territoires ;
- face à une organisation de transport, la réponse du territoire peut se traduire de différentes manières selon les éléments et les interactions en présence.

Le chapitre 5 a mis en évidence :

- les traits principaux du champ d'application de la recherche ;
- la nécessité de s'appuyer sur des données spatiales dans une problématique telle que la nôtre.

Au regard de ces hypothèses, une démarche particulière est envisagée. Elle requiert le croisement de plusieurs méthodes et le chaînage de différents outils.

Les opérateurs de morphologie mathématique détectent des bassins de vie homogènes au regard de leurs structures spatiales. Le raisonnement du système expert s'applique sur chacune de ces unités. Il assigne les solutions de transports durables adaptées à l'espace traversé.

Cette démarche entend révéler les potentiels alloués par les territoires à l'utilisation de chaque mode transport. Et par l'intermédiaire du SIG, ces potentiels sont cartographiés et restitués dans leur contexte spatial.



# TROISIÈME PARTIE : MESURER L'ADÉQUATION D'UN TERRITOIRE À UN SYSTÈME DE TRANSPORT DURABLE

*« La maîtrise de la distance a été l'un des premiers défis de l'humanité. Depuis qu'Homo sapiens s'est levé dans la savane du Kenya il y a quatre millions d'années, la gestion de l'espace est devenue une question culturelle. Chaque homme s'est mis à interpréter les distances en rapport avec ses capacités physiques et techniques et a cherché des moyens de les franchir. »*

Gilles Fumey, in *Mobilités contemporaines*.

Cette troisième partie de thèse marque le commencement de la démarche d'analyse proprement dite. Elle met en application le couplage des méthodes et outils exposés à la partie précédente.

En référence aux chapitres 2 et 4 qui ont respectivement énoncé le parti de recherche et révélé la pertinence des démarches d'analyse spatiale dans ce cadre, le chapitre 6 voit la mise en œuvre de modèles spatio-morphologiques. Une double finalité est recherchée. Ces modèles ont, pour premier objet, d'établir le découpage spatial sur lequel va s'exercer le raisonnement du système expert. Ensuite, ils concourent au diagnostic territorial par la construction de deux indices morphologiques.

Le chapitre 7 présente les systèmes à base de connaissances et pose la difficulté de l'utilisation d'un outil a-spatial dans une problématique telle que la nôtre. Il expose alors les postures adoptées pour contourner cet écueil.





## CHAPITRE 6 : UNE DÉMARCHE SPATIO-MORPHOLOGIQUE POUR UNE RÉGIONALISATION ET UN DIAGNOSTIC DU TERRITOIRE

*« Le travail de l'analyse spatiale consiste bien souvent à chercher, parmi un ensemble d'unités spatiales, où se situent les continuités et les ruptures, les variations continues ou les gradients, les oppositions majeures qui vont permettre d'identifier les structures spatiales. »*  
Denise Pumain et Thérèse Saint-Julien,  
*L'analyse spatiale.*

La partie précédente, qui avait pour objectif de jeter les bases du diagnostic spatial et ainsi de décrire les connaissances qui vont être nécessaires pour le raisonnement du système expert, a démontré que certains éléments, certains objets inscrits dans l'espace, pèsent plus que d'autres. C'est à partir de ces composantes essentielles de l'espace que s'organisent les analyses présentées dans ce chapitre.

### **1. La régionalisation du champ en sous-systèmes territoriaux**

Deux hypothèses sous-tendent la démarche :

- « *l'espace géographique étant fondamentalement fait de différence et de diversité* » (Pumain, Saint-Julien, 2004), la réceptivité du champ d'étude à une offre de transport durable ne sera vraisemblablement pas uniforme à l'intérieur du champ ;
- une mobilité durable aura une probabilité d'autant plus grande de se mettre en place que le système – ou l'offre – de transport durable sera adapté aux caractéristiques spatiales du territoire et aux attentes de la population.

Une régionalisation du champ d'étude s'avère nécessaire afin de déceler les sous-espaces qui s'individualisent par leur configuration spatiale et morphologique. Cette configuration sera appréhendée à partir de quatre critères fondamentaux retenus pour leur incidence majeure sur les motifs de déplacement :

- la distribution du bâti à l'intérieur du champ. Les notions de distance et de forme seront privilégiées ; la combinaison des deux renseignera notamment sur la compacité du bâti ;
- la distribution de la population à l'intérieur du champ ;
- la configuration de la voirie ;
- la localisation des pôles d'attractivité.

***Les composantes élémentaires de l'espace dans la problématique d'une mise en relation du système territorial et du système de transport :***

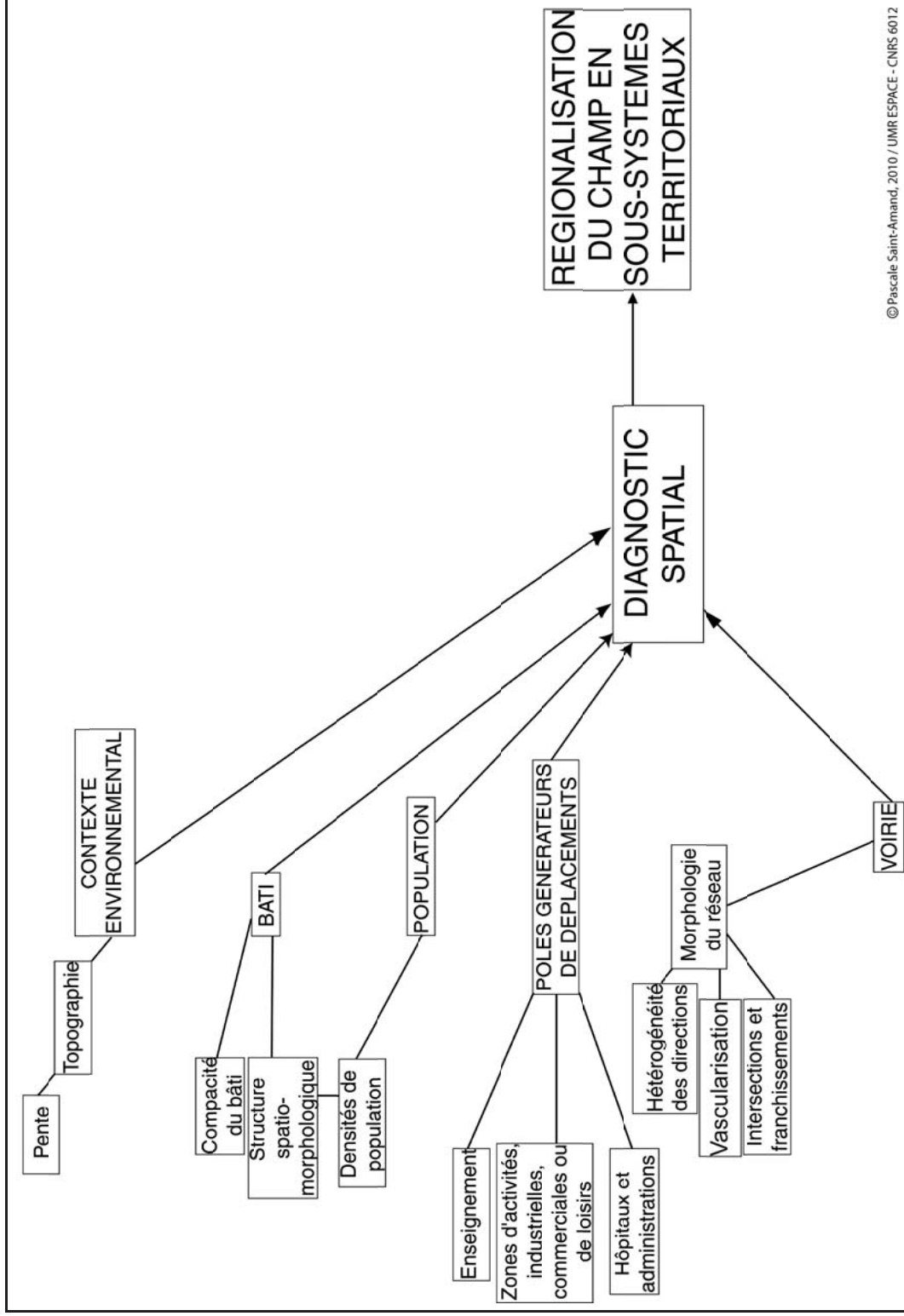
Dans un premier temps, la configuration physique de l'espace est écartée pour ne retenir que les objets qui le jalonnent. Ce parti a été retenu car l'approche déterministe qui consisterait à examiner en premier lieu l'espace au travers de ses contraintes physiques n'est pas apparue comme étant la meilleure et ne se justifie pas dans une démarche qui s'attache à pratiquer un diagnostic spatial relatif aux structures qui portent et engendrent d'ores et déjà le mouvement sur le champ. Il est incontestable que la topographie est un facteur qui intervient très largement sur la rugosité d'un espace en contraignant fortement les masses qui se déplacent ainsi que les relations entre les composantes d'un espace géographique. C'est pourquoi, tout au long des analyses qui conduisent au découpage final, la composante spatiale nommée « contexte environnemental » est tacite mais bien présente et ne manquera pas d'être introduite en phase de vérification des structures mises en évidence. Cette composante « contexte environnemental » apparaît implicitement au travers des images du bâti et des densités de population, leurs distributions se calant *de facto* sur le modelé du terrain au niveau des espaces les moins accidentés et en zone constructible. L'étude approfondie de la topographie, au travers des multiples composantes énoncées dans le modèle conceptuel, interviendra à une autre échelle spatiale, celle du micro-relief qui fait résonance au postulat selon lequel c'est ce type de relief qui intervient davantage sur les déplacements de portée réduite effectués en mode non mécanisés. Il conviendra alors, grâce à l'étude de ce micro-relief, de déterminer les lieux de l'espace où les contraintes exercées sur les mobilités douces sont les plus fortes.

La régionalisation recherchée repose pour l'essentiel sur des critères spatio-morphologiques. Les méthodes traditionnellement utilisées telles que les classifications sous contrainte de contiguïté sont inopérantes ici. En revanche, l'analyse d'images par la morphologie mathématique permet de segmenter le champ à partir des critères retenus.

Les parties élémentaires sont donc au nombre de quatre dans le cadre de la problématique qui a été fixée. Les éléments que sont les densités de population, les bâtiments, le réseau de voirie et enfin les pôles générateurs de déplacements, sont des composantes spatiales majeures lorsque l'on cherche à détecter la structure spatiale du **territoire** d'une part, et la structure **de ce qui engendre le mouvement** sur le champ d'autre part (figure 55).

Le cadre de la problématique donc, ainsi que la volonté de détecter de manière concomitante ces deux structures ainsi que leurs interrelations expliquent le choix de ces composantes. La mise en relation du territoire et du système de mobilité durable sous-tend toute la démarche d'analyse.

Se pose ensuite la question du niveau de précision auquel descendre dans la régionalisation. Décider d'un nombre de sous-régions *a priori* n'a guère de sens, la démarche adoptée est exploratoire et consiste à déterminer le niveau de régionalisation à l'examen des résultats des traitements figurant sur les images.



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 55 : Les parties élémentaires de l'espace sélectionnées selon la problématique pour pratiquer le diagnostic spatial et la segmentation du champ<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Cette figure est le résultat d'un zoom effectué sur le modèle conceptuel présenté au chapitre 4.

Chaque partie élémentaire va être soumise à une analyse morphologique portant sur une ou plusieurs de ses caractéristiques qui apparaissent comme déterminantes dans la recherche d'adéquation entre territoire et mobilité durable (figure 56). L'ordre dans lequel les composantes retenues vont être introduites dans la modélisation dépend tout d'abord de l'empreinte spatiale que chacune d'elles démontre et de son poids dans l'espace, sa propension à marquer la structure du territoire ; puis dans un deuxième temps dépend de sa capacité à engendrer le mouvement sur le champ. La segmentation de la zone d'étude va s'opérer grâce à une modélisation qui avance toujours selon les deux volets que sont « **la structure spatiale du territoire** » et « **l'inscription spatiale des structures qui engendrent le mouvement** » sur le champ **ainsi que leurs interrelations**.

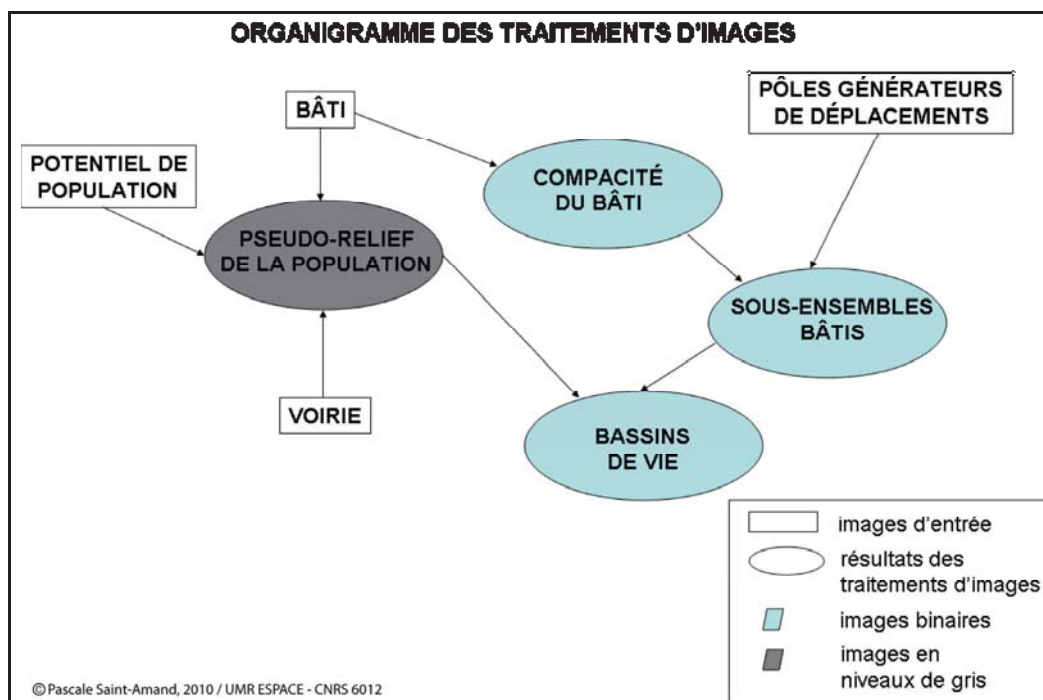


Figure 56 : Enchaînement de l'analyse pour aboutir à la segmentation du champ en bassins de vie

À partir des secteurs de bâti les plus compacts et de l'image des pôles générateurs de déplacements, des **sous-ensembles bâtis** sont individualisés. Le réseau de voirie est ensuite associé au **pseudo-relief de population** construit au chapitre 5. Ces deux images concourent à la détection des bassins de vie.

### 1.1. Le bâti, l'empreinte qui pèse dans l'espace

*« Bien qu'il représente seulement, comme Hågerstrand l'a soutenu, le « centre de gravité » de mouvements continuels de la population, l'habitat traduit concrètement l'occupation de la surface de la terre par*

*l'homme. En tant que tel, il constitue un élément essentiel du paysage, et son étude est au cœur de la géographie humaine. »*  
 Peter Haggett, *L'analyse spatiale en géographie humaine*.

Afin d'étudier la configuration spatiale et morphologique du territoire, on s'attache tout d'abord à définir ce qui marque fortement l'espace et donc logiquement les objets immobiles et / ou contraignants aux mouvements. C'est à partir du bâti que débute le protocole de régionalisation.

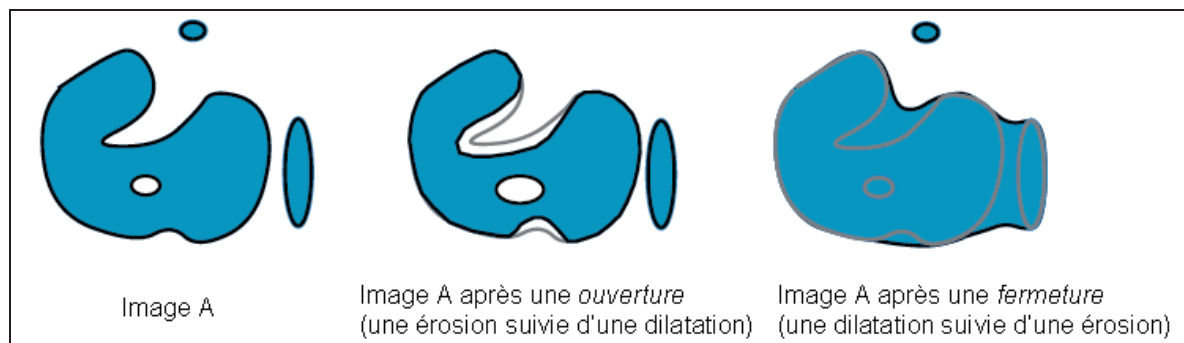
Les bâtiments sont les éléments hérités et « inertes » de l'espace et qui le marquent fortement, ce sont eux qui, avec la topographie, concourent à la rugosité de l'espace et qui, par leur distribution conditionnent les cheminements et enfin interviennent sur l'efficacité des modes de transports (cf. chapitre premier).

### 1.1.1. Détermination de classes de compacité du bâti par construction de connexités interstitielles

L'analyse s'articule en deux parties distinctes où l'une a pour objectif de discrétiser le tissu bâti du champ en classes de compacité ; la deuxième de construire des bassins autour des zones où la structure du bâti s'est révélée être la plus compacte.

***1<sup>ère</sup> étape de l'analyse sur la composante « bâti » : Opération de granulométrie par fermeture sur une image binaire du bâti total :***

La fermeture est une opération de morphologie mathématique qui s'effectue en deux temps, dilatation de l'image initiale de taille  $i$  puis érosion du dilaté de même taille (figure 57). Cette transformation comble les vacuités et procède au rattachement des composantes de l'image les unes aux autres selon leur espacement, leur forme et leur disposition.



**Figure 57 : Illustration des transformations de morphologie mathématique (Voiron-Canicio, 1995b)**

Au fur et à mesure que la taille de la fermeture augmente, les composantes bâties se rejoignent jusqu'à ne former plus qu'une seule composante. À chaque pas de fermeture, le nombre de connexités qui se sont formées suite à la jointure des composantes est compté. Ces relevés de composantes résiduelles sont reportés sur un graphique où se trouvent en abscisses les pas de fermeture et en ordonnées le nombre de composantes désormais à l'image (figure 59).



À l'échelle à laquelle ce traitement a été produit, un pixel représentait 30 mètres de côté. Aucun seuil de distance entrant dans la discrétisation de classes de compacité n'a été fixé *a priori*, cette analyse s'effectuant sur un champ incluant divers tissus urbains, il s'est agi d'observer à l'aide de l'algorithme de fermeture, les éléments du bâti proches qui se rejoignent dès les premiers pas de fermeture et *a contrario* les éléments éloignés qui tardent à s'agréger au fur et à mesure des itérations. Les distances qui séparent des bâtiments voisins sont extrêmement variables selon que l'on se trouve dans des zones densément bâties ou à l'inverse dans un mitage urbain et une urbanisation diffuse de zone périurbaine<sup>2</sup>. Le champ étudié démontre toutes ces caractéristiques à la fois, l'analyse s'effectue donc en accroissant progressivement de un en un la taille de la fermeture – c'est-à-dire en avançant de 30 mètres à chaque itération. Ce sont finalement l'allure générale de la courbe de connexités, ses ruptures, ses paliers, ses seuils qui vont faire apparaître les classes de compacité successives du bâti (Tannier et *al.*, 2008 ; Voiron-Canicio, 1995a).

Cette méthode rejoint celles qui sont utilisées pour déterminer le contour d'un ensemble urbain (Bailly, 1996) ou encore pour la délimitation d'enveloppes de tissus bâtis urbains ou ruraux (Tannier et *al.*, 2008) dans la mesure où les mêmes algorithmes sont mobilisés, qu'elle se fonde sur l'étude de la distance entre les éléments bâtis et surtout prend le parti de combler les interstices pour aboutir à une discrétisation de sous-ensembles morphologiques ; elle s'en écarte au niveau de l'objectif poursuivi, puisqu'il ne s'agit pas ici de délimiter un front urbain compris dans une aire urbaine mais bien d'aboutir à une classification spatialisée de la compacité du bâti contenu dans les 13 communes du champ.

Cette analyse part donc à la recherche des vides existant à l'intérieur du tissu urbain sans fixer *a priori* un seuil de distance entre les bâtiments.

Les fermetures sont appliquées à l'aide de l'élément structurant cercle, les dilatations ainsi que les érosions de taille  $i$  s'effectuent ainsi de manière isotrope c'est-à-dire de manière égale dans toutes les directions ; et géodésique c'est-à-dire conditionnellement à l'étendue du champ d'étude. La procédure est réitérée jusqu'à l'obtention d'une composante unique sur l'image. À l'échelle spatiale retenue, la composante unique s'est formée au pas 73.

---

<sup>2</sup> Marianne Guérois souligne dans sa thèse de Doctorat que « plusieurs critères sont susceptibles de varier pour la délimitation des agglomérations : le seuil de discontinuité du bâti, par exemple, au-delà duquel on considère qu'une construction doit faire partie ou non de l'agglomération morphologique, est en général fixé à 200 m, mais peut être inférieur dans des contextes de forte densité du peuplement », elle ajoute que ce seuil est fixé à « 50 m au Pays de Galles et varie entre 50 et 100 m en Belgique, selon l'appréciation des experts » (Guérois, 2003).

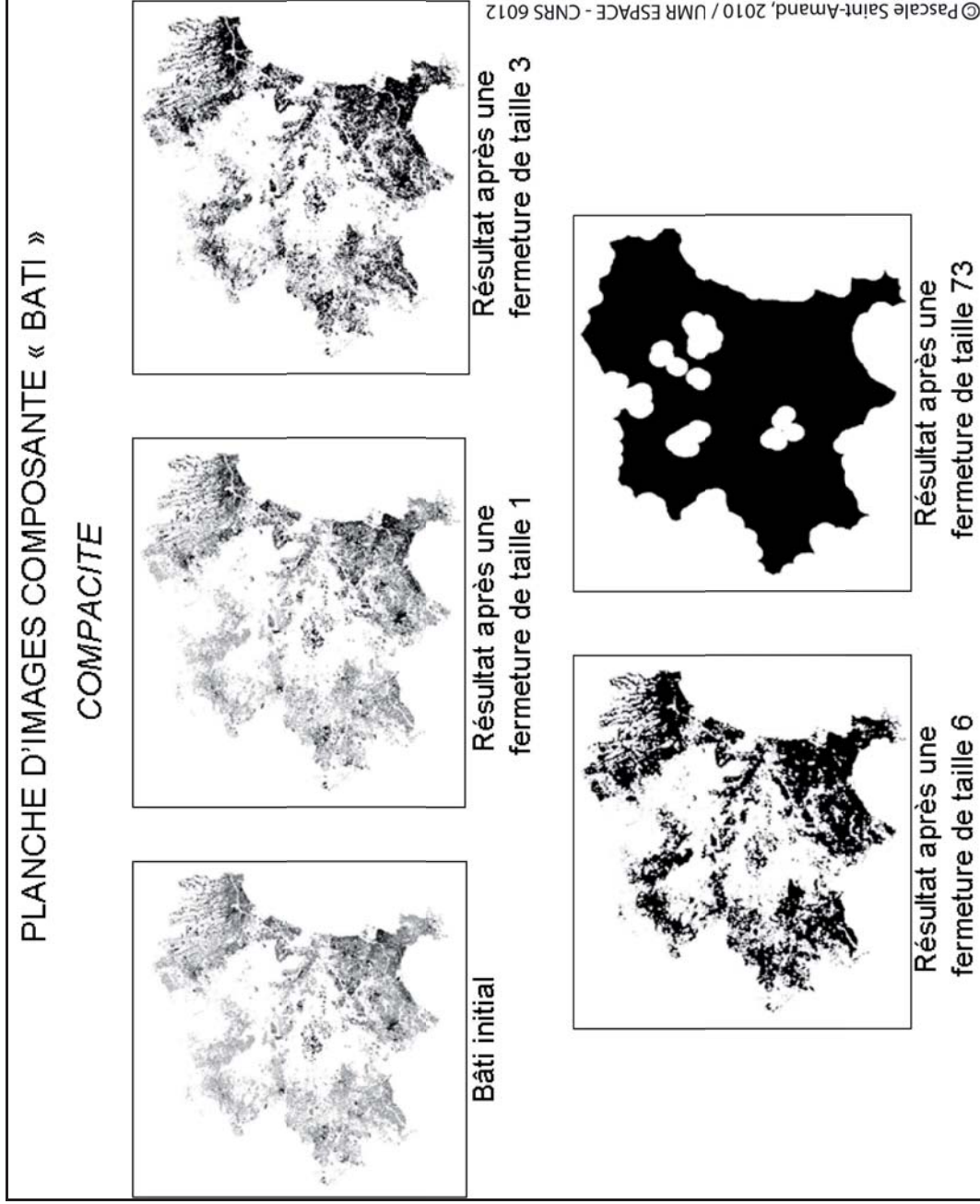


Figure 58 : Images des fermetures appliquées au bâti total<sup>3</sup>

<sup>3</sup> Les images sont inversées pour les commodités de la présentation et de la rédaction.

Les relevés du nombre de composantes résiduelles à l'image sont consignés, à chaque pas de fermeture et après comblement des vacuités, dans un tableau Excel puis sont représentés sous forme d'une courbe qui va permettre de reconnaître les classes de compacité du bâti.

Trois classes de compacité du bâti ont été détectées grâce à l'allure générale de la courbe (figure 59). L'identification des pas où s'observe une rupture dans le comportement du phénomène est fondamentale car c'est à partir des images des fermetures de taille 1, 3 et 6 – qui correspondent aux ruptures les plus significatives – que le traitement va se poursuivre.

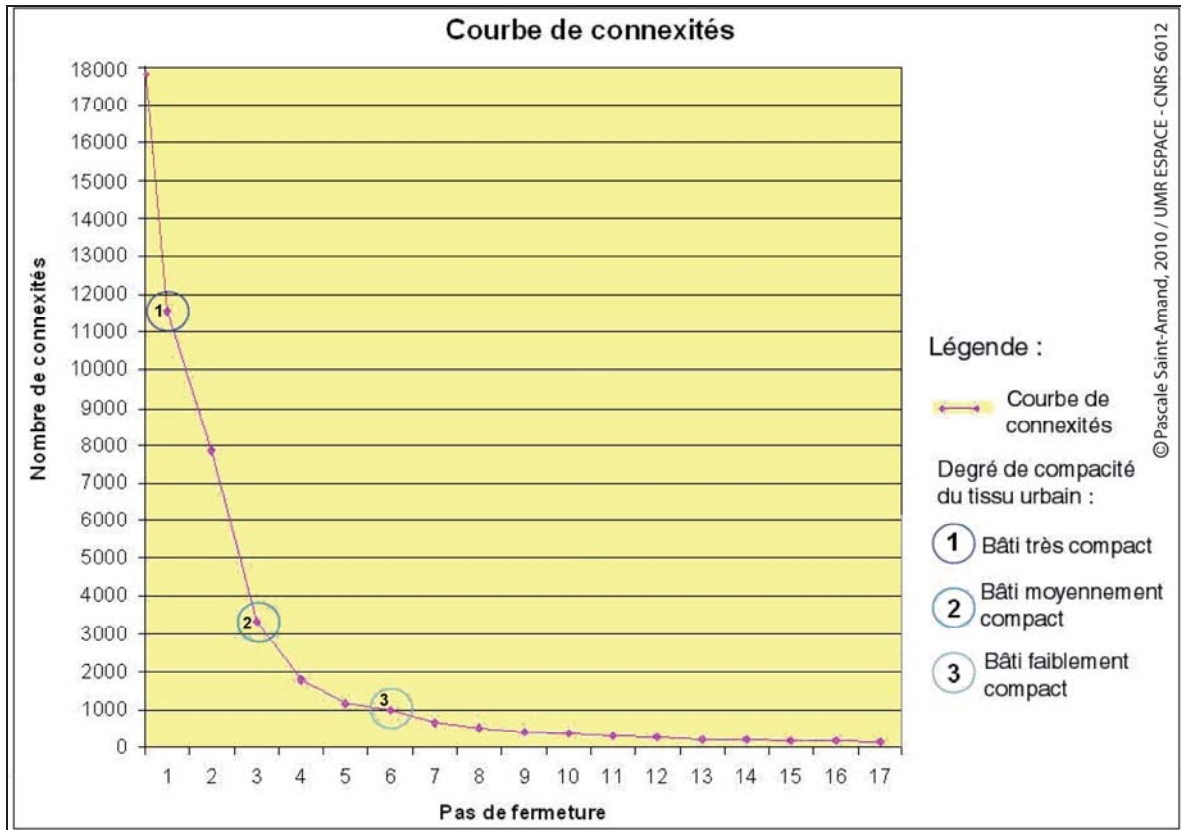


Figure 59 : Courbe de connexités issue de fermetures sur le bâti total<sup>4</sup>

### *2<sup>ème</sup> étape de l'analyse sur la composante « bâti » : Recherche des noyaux de bâti les plus compacts par isolement des secteurs de compacité :*

Une analyse est maintenant opérée entre le bâti total et l'image de la fermeture de taille 1.

L'algorithme de la différence ensembliste va permettre de retirer de ces deux images, l'ensemble des points qui appartiennent à l'image de la fermeture et qui n'appartiennent pas à

<sup>4</sup> Seules les fermetures jusqu'au pas 17 sont représentées, ensuite les connexités sont inférieures à 100, cependant le tableau complet des relevés figure en annexe 5.

l'image « bâti total »<sup>5</sup>, ceci dans l'objectif de mettre en évidence les espacements gagnés par la fermeture : lorsque deux aires bâties se rejoignent, une connexion est effectuée.

La figure 60 représente en noir ce qui reste à l'image après la différence ensembliste, c'est-à-dire la matérialité des espacements existants entre les bâtiments mais sans que ces derniers apparaissent à l'image.

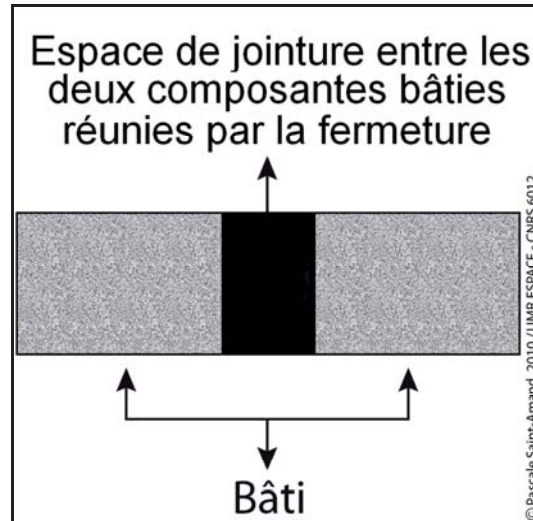


Figure 60 : Le comblement des interstices entre les bâtiments pour la détection des secteurs les plus compacts

L'opération qui suit consiste à reconstruire ces secteurs de compacité à partir du bâti total afin d'individualiser les secteurs les plus compacts à travers le champ.

### 1.1.2. Détection de zones majeures de forte compacité

L'image 4 de la figure 61 comporte 2 691 composantes. L'objectif est alors de réduire le nombre de composantes en procédant à des filtres alternés séquentiels (Voiron-Canicio, 1995a) qui réduisent le nombre de composantes. Cet algorithme correspond à une séquence d'ouvertures suivies de fermetures d'une taille donnée. Le résultat du filtre alterné séquentiel de taille 11 a permis de simplifier l'image 4 de la figure 61, et d'individualiser 60 composantes de taille majeure.

<sup>5</sup> Une différence ensembliste  $X / Y$  fait apparaître l'ensemble des points appartenant à  $X$  et n'appartenant pas à  $Y$  (Voiron-Canicio, 1992).

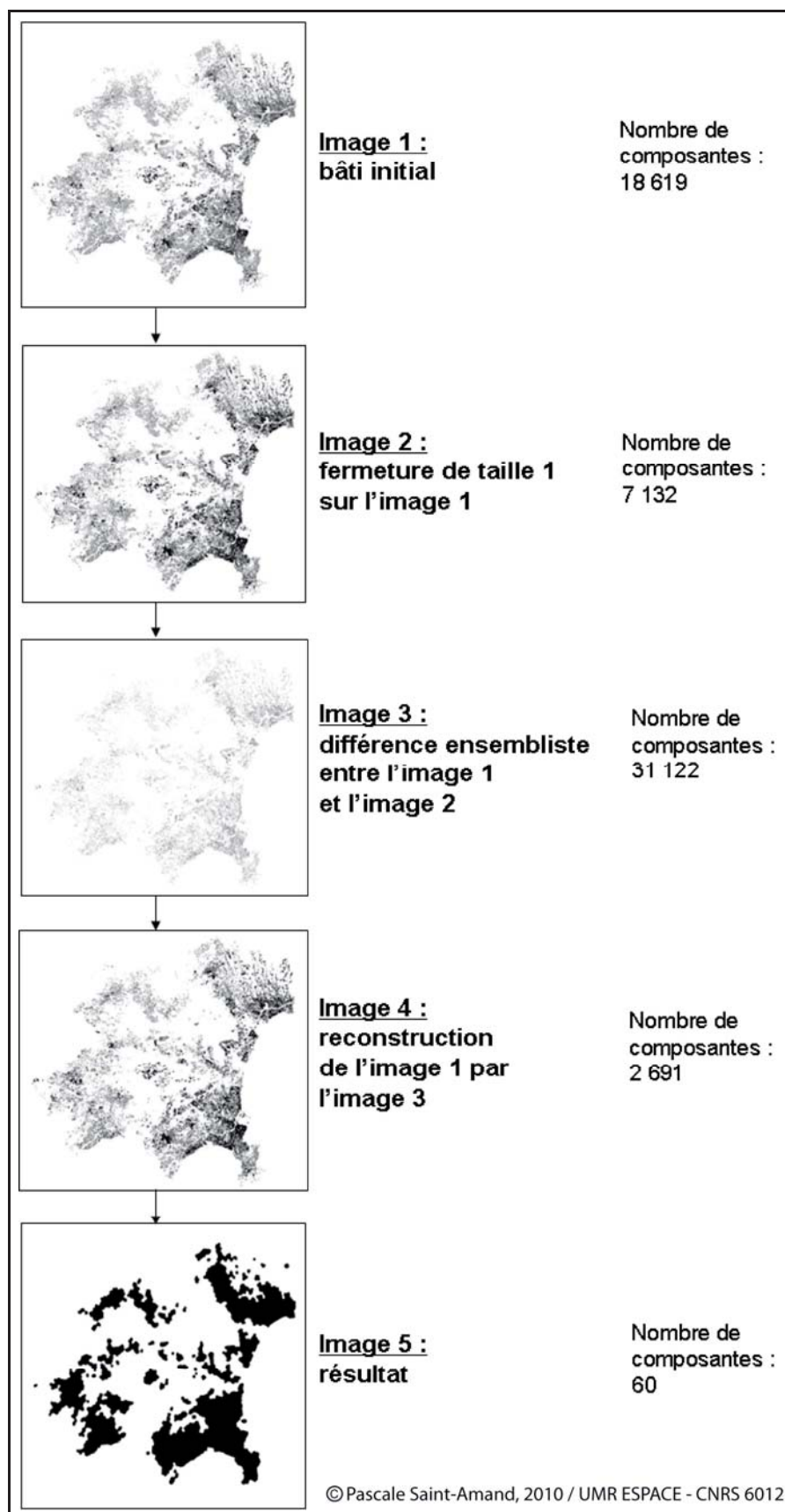


Figure 61 : La construction de 60 aires de compacité du bâti

L'image 5 de la figure 61 est le point de départ du processus de régionalisation du champ en sous-systèmes territoriaux homogènes.

### 1.1.3. La reconstruction de zones d'habitat à partir des pôles générateurs de déplacements

Il s'agit à présent d'introduire dans l'analyse le pendant de la composante bâtie dans le processus de modélisation initié, c'est-à-dire les éléments qui engendrent les déplacements sur le champ d'étude.

Le recensement des pôles générateurs de déplacements tels que les zones industrielles, les zones d'activités, commerciales, et de loisirs, les écoles, lycées, collèges, universités,<sup>6</sup> a permis une spatialisation fine des lieux de l'espace émetteurs et récepteurs des flux de mobilité. Ils entrent maintenant dans le processus de segmentation.

La cartographie de ces pôles est *transformée en image*, c'est-à-dire qu'elle est traduite en mode binaire et que chaque pôle est réduit à un pixel selon son centre géodésique. En effet, pour cette analyse, la forme du pôle importe peu, seule sa localisation est prise en compte.

Les traitements d'image qui suivent ont pour finalité de déterminer les zones centrées à la fois sur les principaux sous-ensembles bâtis et sur les pôles générateurs de déplacement. L'opération morphologique de la « reconstruction » est alors utilisée pour ne retenir des 60 composantes bâties que celles contenant au moins un pôle générateur de déplacement. 17 zones sont ainsi détectées (figure 62).

---

<sup>6</sup> La liste exhaustive de ces pôles ainsi que la source de chacune de ces données figurent dans la section suivante.



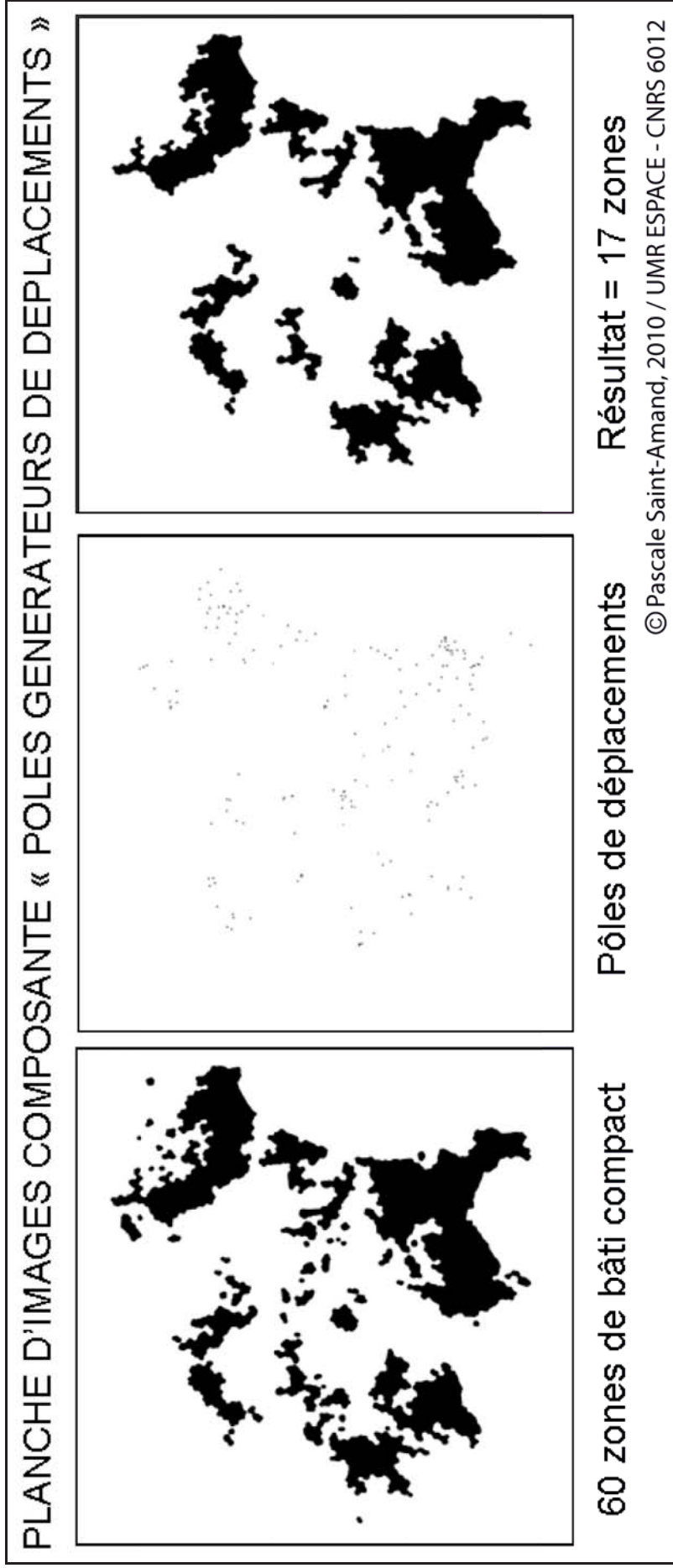


Figure 62 : Sélection des zones d'habitat contenant des pôles de déplacements<sup>7</sup>

<sup>7</sup> Les pôles de déplacements apparaissent en rouge sur cette image pour une meilleure visualisation.



À ce stade de l'analyse, l'image qui renferme ces 17 zones contient deux éléments de la structure spatiale du territoire étudié :

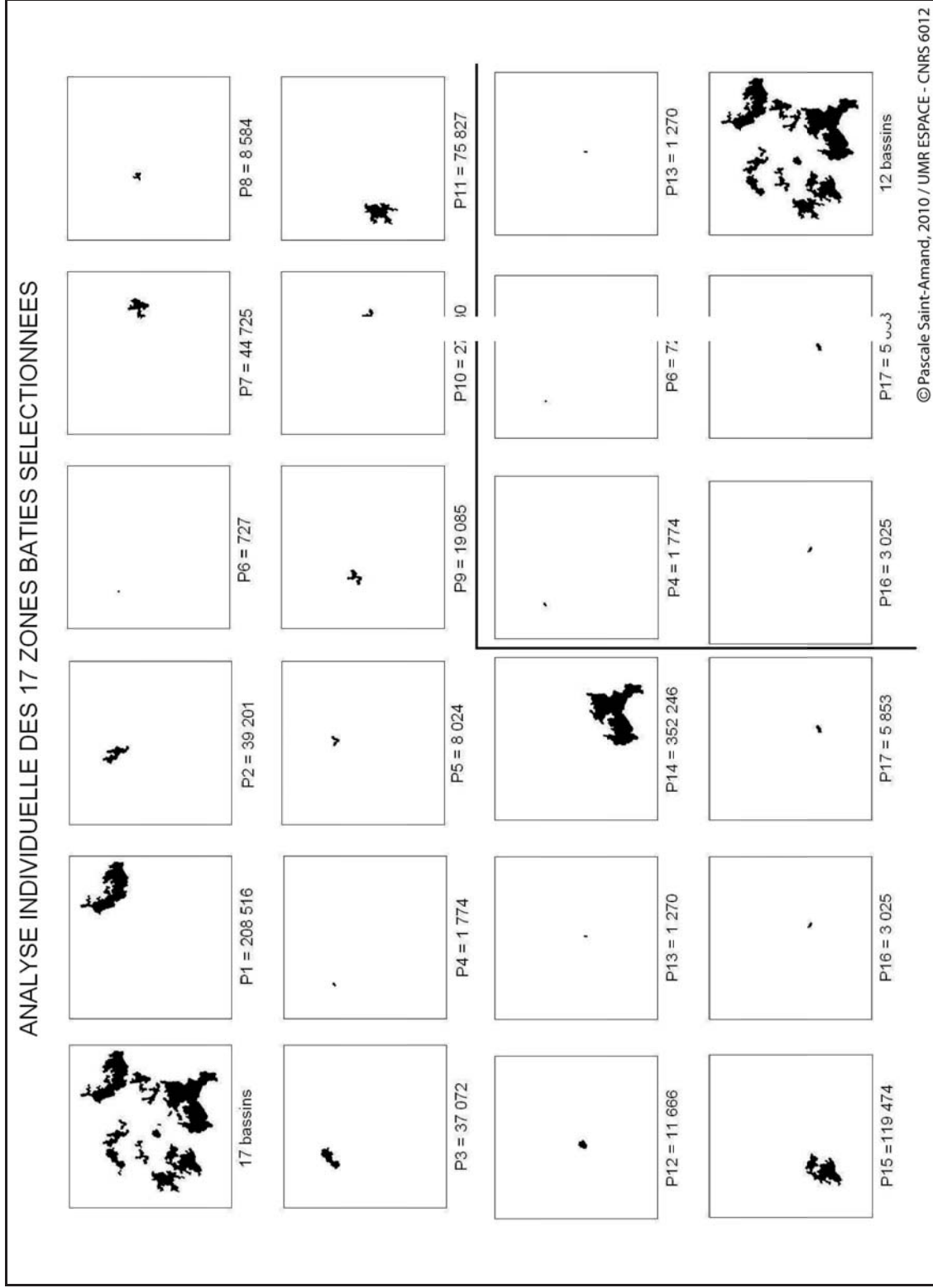
- le bâti ;
- les pôles générateurs de déplacements.

#### 1.1.4. Sélection des zones majeures de bâti compact

Les 17 zones bâties retenues n'ont pas la même surface. Certaines sont très petites comme l'indique l'analyse individuelle des zones bâties, dont le résultat est reporté sur le graphique de la figure 64.

L'analyse individuelle des particules mobilise un algorithme d'extraction qui permet de traiter chaque composante présente à l'image individuellement, ensuite, elle est soustraite du champ. Au terme de l'analyse, il ne reste aucune particule à l'image. Concrètement, MicroMorph envoie une sonde qui balaie l'image de droite à gauche et de haut en bas et à partir du premier point rencontré, une procédure de reconstruction est lancée sur la particule. Cette dernière est sauvegardée dans une image « P1 » et ainsi de suite jusqu'à « P17 » afin de pouvoir les étudier séparément. L'analyse individuelle des particules est mobilisée car elle va permettre de mesurer chaque particule prise indépendamment et c'est grâce à cette mesure que toutes les composantes de l'image de départ vont être classées en ordre croissant. La mesure s'effectue en interrogeant le logiciel sur le nombre de pixels occupés par la composante.

Sur les 17 bassins retenus à l'étape précédente, seuls 12 sont conservés. La figure 63 illustre l'analyse : dans le coin inférieur droit se situent les cinq bassins écartés du protocole à venir.



**Figure 63 : Les particules sont mesurées, classées et soustraites de l'analyse selon leur taille**

## Analyse de la surface occupée par les 17 particules du champ (en pixels)

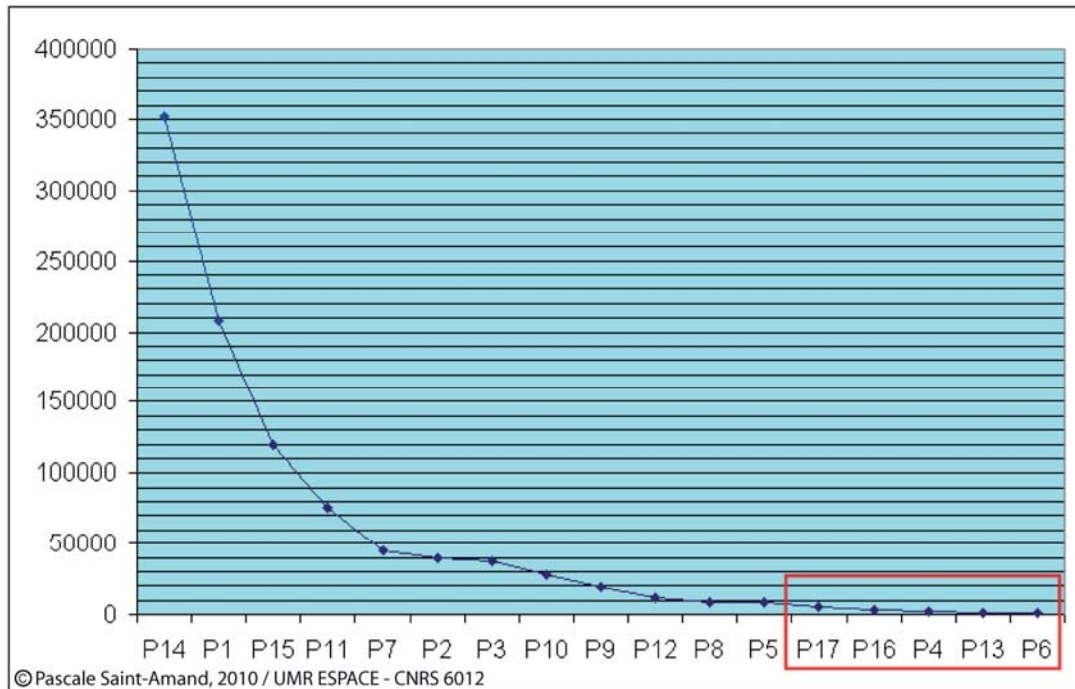


Figure 64 : Seuil en-dessous duquel les particules ont été éliminées

Les cinq plus petites particules ont été éliminées. L'analyse se poursuit en s'appuyant désormais sur 12 zones d'habitat.

## 1.2. La construction d'un pseudo-relief de population ou la mise en perspective du poids des populations à travers un espace

*« Aucune raison fondamentale n'empêche d'employer des procédés très semblables pour analyser le relief et les surfaces de densité de population. »*

Peter Haggett, *L'analyse spatiale en géographie humaine.*

C'est à partir du calcul du potentiel de population communale présenté au chapitre 5 que s'effectue cette analyse. Pour rappel, les densités de population ont été estimées et projetées conditionnellement au tissu bâti du champ d'étude.

L'image du potentiel de population construite au chapitre 5 a été convertie pour l'analyse d'image en niveaux de gris selon la démarche suivante :

- à la valeur la plus haute de la distribution correspond le niveau de gris le plus élevé, c'est-à-dire le blanc : 255 ;

- la transcription des autres valeurs de densité de population en niveaux de gris s'effectue en transformant chaque valeur par l'exposant b.

$b = \log 255 / \log$  du maximum de densité de population<sup>8</sup>. Les limites du champ d'étude sont converties en niveau de gris 0 : noir. Toutes les zones qui ne sont pas dévolues à l'habitat (espaces naturels, voirie, espaces artificialisés non résidentiels, ...) sont converties en niveau de gris 1 (le plus petit niveau de gris).

L'image numérique en niveaux de gris est le deuxième format, après le binaire, pris en charge par le logiciel d'analyse d'images MicroMorph. Ce format est particulièrement adapté à la représentation d'un phénomène d'inégale amplitude à travers un espace, en effet, la valeur du niveau de gris appliqué à chaque pixel de l'image rend compte quantitativement de l'ampleur du phénomène, et ce de manière spatialisée. Cette valeur, Christine Voiron-Canicio l'appelle dans son ouvrage *« la cote »* du pixel qui est *« d'autant plus élevée que l'intensité lumineuse »* et donc que sa valeur *« est forte »*. Christine Voiron-Canicio précise ensuite que ces *« cotes peuvent être assimilées à une surface en relief où les sommets correspondent aux parties les plus claires »* et donc aux valeurs les plus fortes, *« les vallées aux zones les plus foncées, et la vigueur des pentes traduit l'intensité du contraste entre les teintes de pixels voisins »* (Voiron-Canicio, 1995a). L'image représente donc un pseudo-relief de population, format qui apparaît particulièrement adapté pour informer, analyser et évaluer ce que Marianne Guérois nomme dans sa thèse de Doctorat la charge démographique d'un lieu (Guérois, 2003).

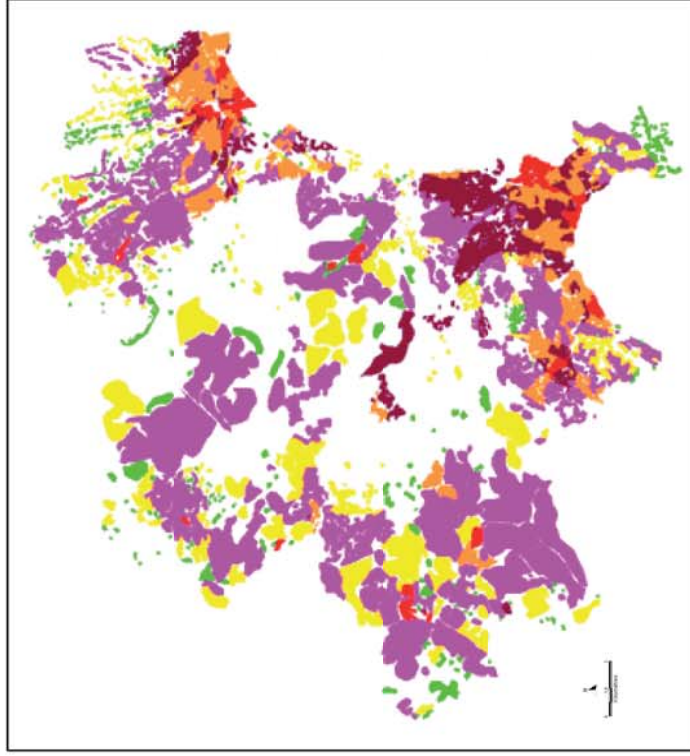
La connaissance produite sur l'emprise – ou l'assise territoriale – de la population résidente appréhendée au travers de l'étude décrite au chapitre 5 va contribuer à mieux cerner les lieux de l'espace susceptibles d'émettre plus ou moins fortement des besoins de mobilité, en d'autres termes à saisir de manière très fine – à l'échelle du pixel – les densités de population potentiellement génératrices de mouvements à travers le champ.

Ce traitement permet de visualiser à la fois la superficie sur laquelle s'étend la population ainsi que les densités moyennes – attributs essentiels qui offrent l'image la plus immédiate de l'assise territoriale (Guérois, 2003) – et ce de manière spatialisée.

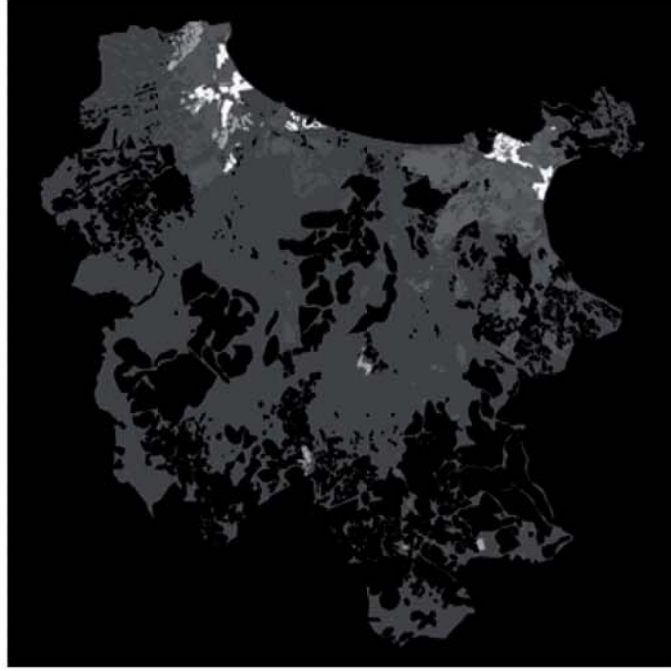
---

<sup>8</sup> Les logarithmes confèrent à la distribution la propriété de maximiser les contrastes entre les petites valeurs et en quelque sorte de ne pas lisser l'image.

### Les 6 types de structures spatio-morphologiques du bâti



### PROJECTION DES DENSITES DE POPULATION SUR LES AIRES BATIES SELON LEUR STRUCTURE



La valeur la plus haute apparaît en blanc : 255

© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE-CNRS 6012

Figure 65 : La distribution spatiale des densités de population selon 256 teintes de gris

### 1.3. Introduction de la voirie dans l'image des densités de population

La voirie principale est convertie en niveaux de gris pour pouvoir être intégrée à l'image des densités de population. Le niveau de gris 50 est choisi. Cette valeur a été retenue car elle ne faisait pas partie des niveaux de gris observés sur les densités de population. Elle individualise de ce fait parfaitement l'élément du réseau de voirie à l'intérieur de l'image. L'union de la voirie et des densités de population est réalisée figure 66.

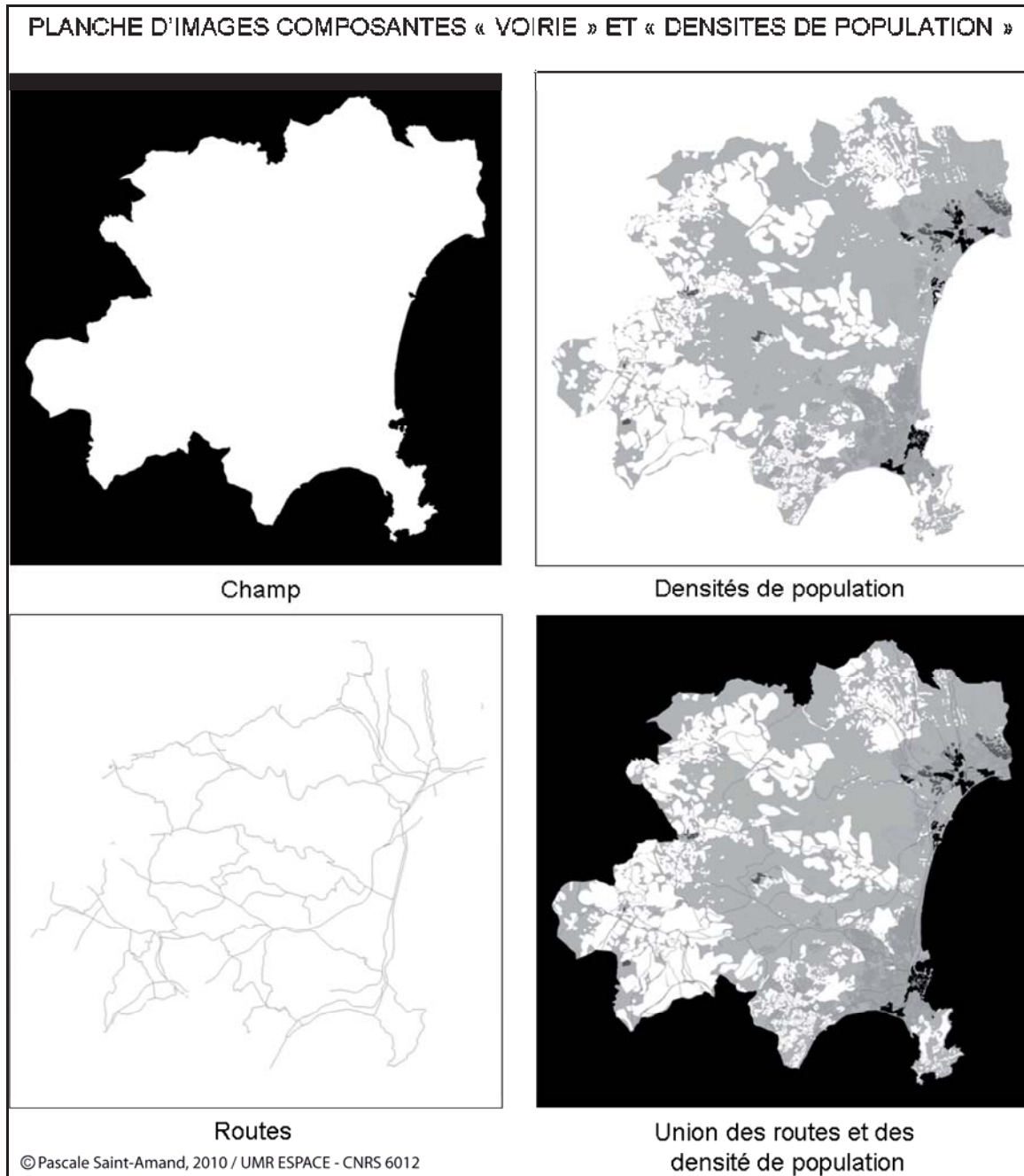


Figure 66 : Introduction des deux dernières composantes spatiales



#### 1.4. La régionalisation du champ d'étude en sous-systèmes territoriaux homogènes

En géomorphologie, et donc dans son sens premier, la ligne de partage des eaux sépare deux bassins hydrologiques, elle « *correspond au point le plus haut de l'interfluve et joint selon une ligne imaginaire les sommets où se partagent les eaux tombées* » (Derruau, 1969).

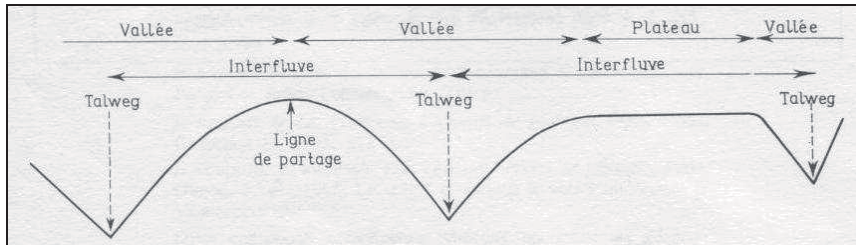


Figure 67 : Profil montrant des talwegs et des interfluves (Derruau, 1969)

En morphologie mathématique elle consiste à partitionner l'aire étudiée en **bassins versants** conditionnellement aux minima détectés sur l'image. Cet algorithme représente, pour Serge Beucher qui l'a introduit en 1979<sup>9</sup>, « l'outil de segmentation par excellence » (Beucher, 1990). Le processus de régionalisation du champ d'étude est donc initié à partir de cet algorithme qui va s'attacher à déceler – selon les critères spatiaux retenus – les discontinuités observées dans la structure spatiale du territoire. La ligne de partage des eaux faisant alors office de **ligne d'hétérogénéité**.

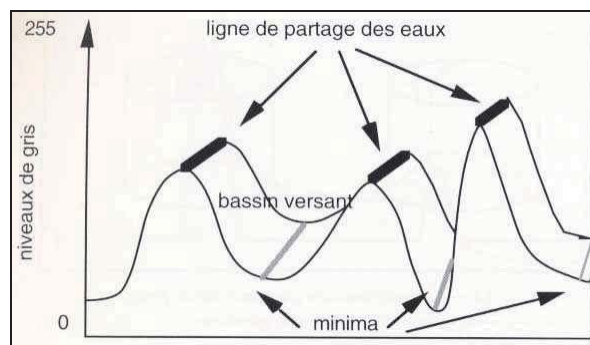


Figure 68 : Minima et ligne de partage des eaux en morphologie mathématique (Voiron-Canicio, 1995a)

La régionalisation du champ est effectuée par l'algorithme « ligne de partage des eaux avec marqueurs ». Les marqueurs ou minima imposés correspondent aux zones de bâti compact précédemment sélectionnées. C'est à partir de ces minima imposés sur l'image des densités de population que la ligne de partage des eaux est recherchée. Les bassins versants issus de cette transformation d'images sont appelés bassins de vie. Ils correspondent en effet aux zones de densités de population sous l'influence directe d'un marqueur « bâti compact-pôles de déplacements ».

<sup>9</sup> En collaboration avec Christian Lantuejoul.



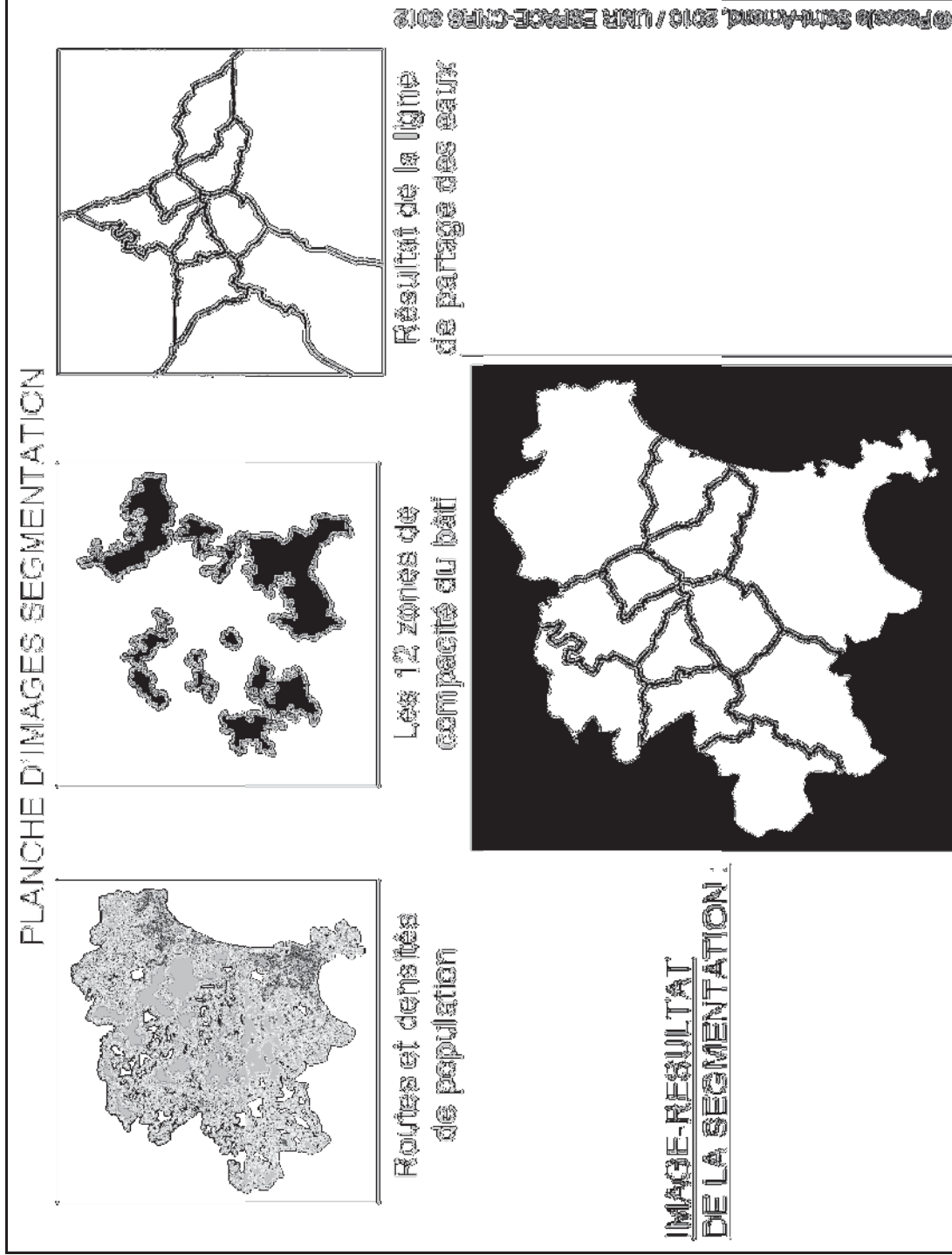


Figure 69 : Le champ d'étude découpé en 12 bassins de vie

L'image-résultat porte les caractéristiques morphologiques de l'espace qui ont permis de définir 12 sous-systèmes territoriaux homogènes du point de vue de leur structure, et selon les composantes spatiales qui ont été retenues : le bâti, les densités de population, les pôles générateurs de déplacement et la voirie principale du champ.

Cette segmentation est née de l'importance qui a été accordée à ces quatre éléments en réponse au postulat fort selon lequel ces facteurs – dans le cadre de la problématique – sont à l'origine de la différenciation spatiale des territoires. Ces quatre critères qui ont prévalu dans l'analyse ont engendré une configuration en 12 bassins de vie (figure 70).

Les agrégats détectés s'affranchissent totalement des limites administratives, ils témoignent seulement de la cohérence des structures spatiales étudiées au travers des parties élémentaires.

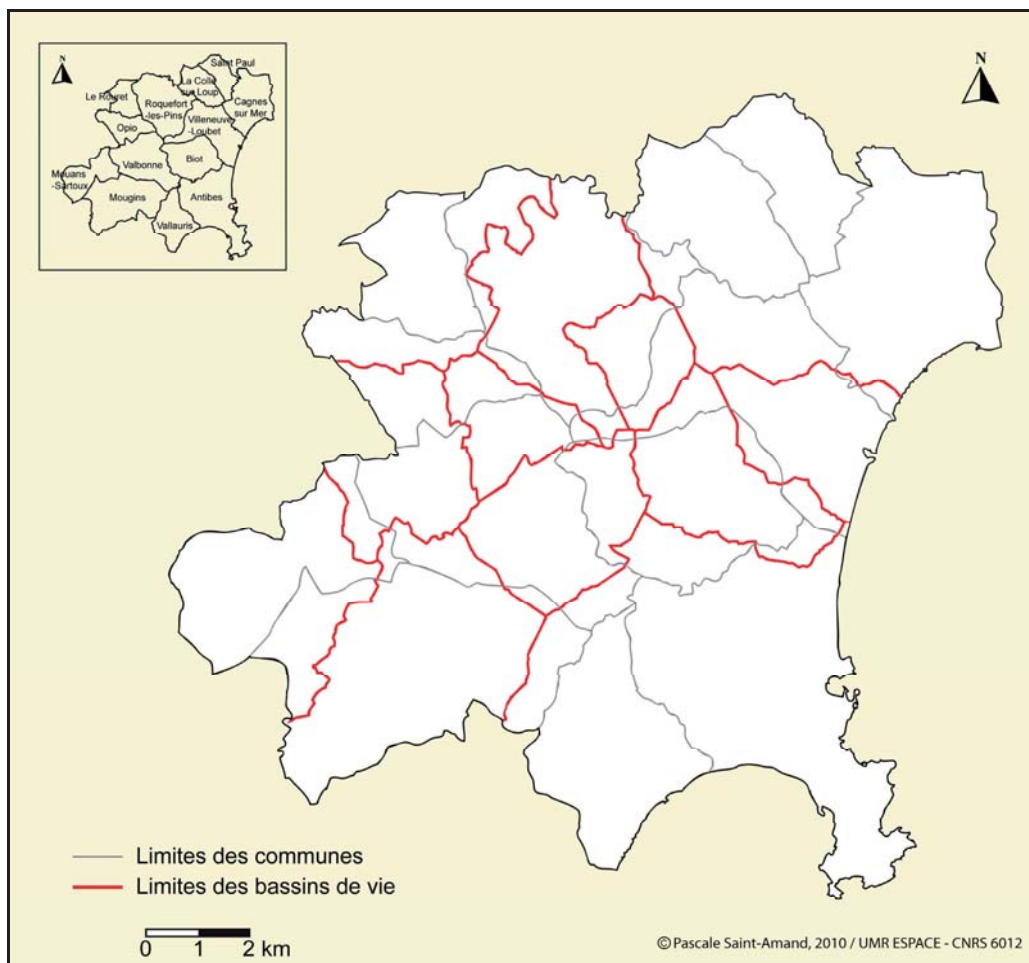
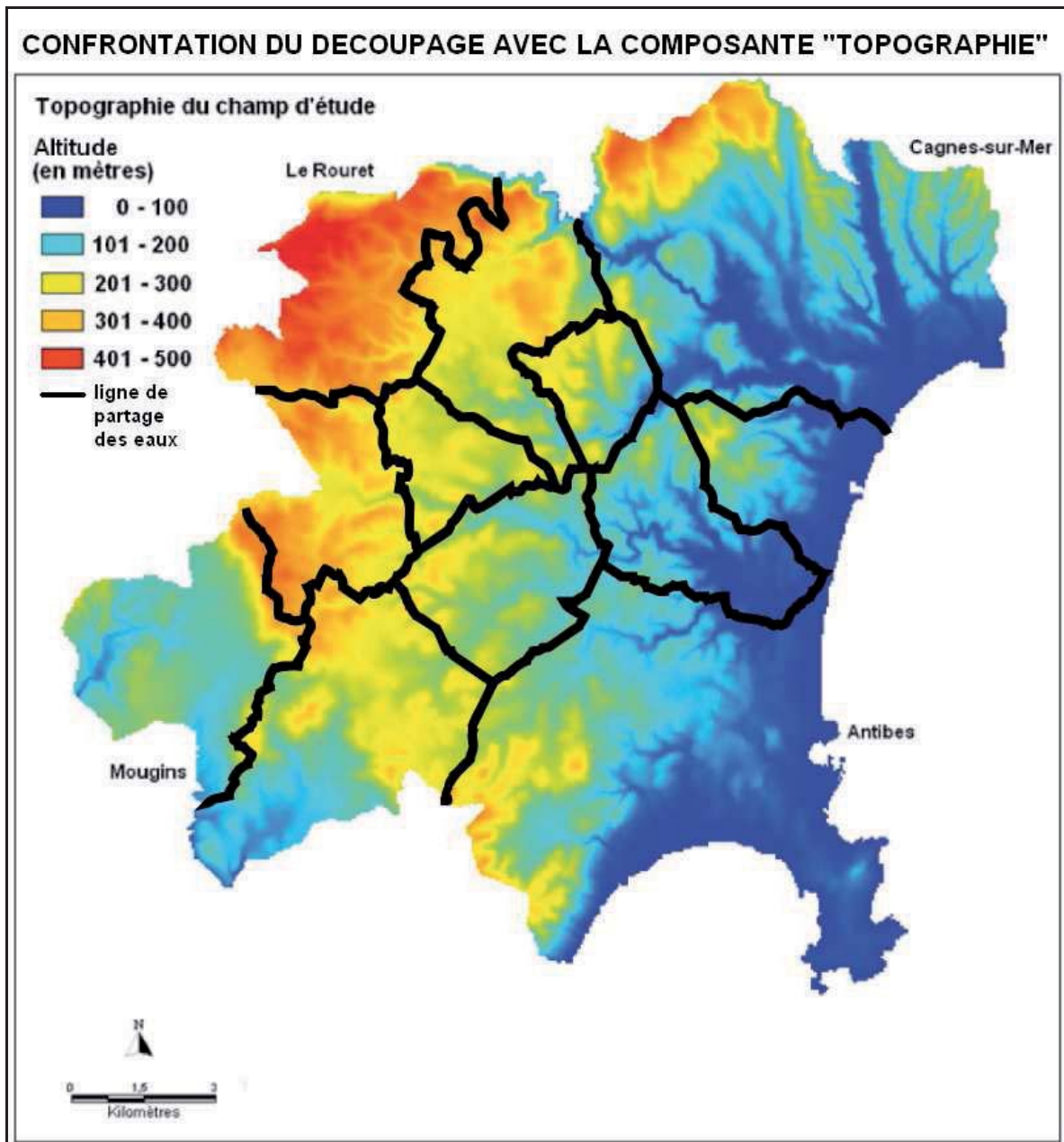


Figure 70 : Les distorsions entre limites administratives et celles des bassins de vie

Ces bassins sont centrés sur les zones de plus forte compacité du bâti et les pôles générateurs de déplacements. À aucun moment ils n'ont été analysés et / ou construits au regard de leur fonctionnalité. Ces études seront conduites dans la section suivante lorsqu'il s'agira de caractériser chaque unité spatiale prise individuellement.

***La confrontation du découpage avec la composante « topographie » par comparaison entre structures révélées et structures implicites :***

La cohérence des structures spatiales qui ont été révélées va maintenant faire l'objet d'une double vérification. La première est conduite à l'aide de la composante « topographie », apparue implicitement à deux reprises dans les étapes conduisant à la segmentation.



**Figure 71 : La ligne de partage des eaux issue de l'analyse épouse les formes du relief**

La figure 71 représente le Modèle Numérique de Terrain du champ d'étude sur lequel se superpose le résultat de la segmentation. Si quelques distorsions sont visibles, les limites des bassins suivent en grande partie les lignes de crête.

La seconde vérification a eu lieu sous une tout autre forme. Elle pourrait être qualifiée de « validation à *dires d'expert* » puisque l'image de la figure 70 a été soumise à plusieurs reprises au regard de différents acteurs de terrain, experts en déplacements-transports sur le champ d'étude. Il semble selon eux que l'analyse mette bien en évidence la cohérence des structures spatiales à l'intérieur de chaque bassin. Le découpage tel qu'il se présente reflète en grande partie leur ressenti issu d'une connaissance précise du terrain. L'ensemble Cagnes-sur-Mer / Saint Paul / La Colle sur Loup / et le nord-est de la commune de Villeneuve-Loubet apparaît comme une unité cohérente et bien dissemblable du point de vue structurel de l'ensemble Antibes / Vallauris. Les experts ont perçu l'image qu'ils avaient sous les yeux comme **une figure concrète de leurs représentations abstraites** des structures du territoire. Et c'est bien là l'un des objectifs de l'analyse spatiale par morphologie mathématique : rendre visibles les structures invisibles.

Les agrégats homogènes détectés par les analyses spatio-morphologiques doivent à présent être caractérisés au regard des potentiels qu'ils offrent à l'utilisation des modes de transport.

## **2. À la recherche des déterminants spatiaux présents sur le territoire pour l'utilisation potentielle des modes de transport**

Les opérateurs de morphologie mathématique appliqués sur les quatre composantes que sont la compacité du bâti, la distribution spatiale des pôles générateurs de déplacements, la configuration de la voirie et enfin les densités de population, ont fourni une structure de base matérialisée par le découpage du champ en 12 bassins de vie. Sur cette structure de base interviennent d'autres paramètres qui vont permettre de spécifier et de caractériser la propension de ces 12 bassins à procurer les conditions d'utilisation des modes de transports. Il va s'agir de recenser, et de fait constater l'absence ou la présence, des éléments territoriaux qui conditionnent l'utilisation potentielle des modes de transports sur chaque unité spatiale. Cette caractérisation va s'opérer à une double échelle spatiale : à l'échelle du bassin et à une échelle spatiale plus fine basée sur les différents types de structures bâties discrétisées au chapitre 5.

Le diagnostic spatial effectué dans la section précédente devient désormais un diagnostic régional avec pour objectifs majeurs d'affiner et de préciser les connaissances acquises sur les 12 bassins de vie préalablement détectés d'une part ; et d'autre part – et c'est en cela que cette étape est fondamentale – de capitaliser les connaissances spatiales pour la mise en relation des unités spatiales avec le système de transport qui aura lieu dans la quatrième partie de thèse. Ces informations prennent de multiples formes qui se déclinent suivant un large éventail : à partir de la donnée brute recensée et spatialisée jusqu'à la construction d'indicateurs issus d'analyses spatio-morphologiques.

La connaissance tirée de ce second diagnostic s'articule encore une fois autour des deux volets « territoire » et « déplacements » et met l'accent sur leur mise en relation. En effet, les critères qui ont été retenus pour la caractérisation des bassins de vie découlent directement de la capitalisation bibliographique relative aux déterminants spatiaux de l'utilisation des modes de transports. Pour chaque connaissance relevée dans l'état de l'art, le déterminant spatial *ad hoc* a été consigné comme information à connaître et à spatialiser sur le territoire récepteur.

Les 12 bassins de vie vont être examinés au regard des potentialités et des contraintes qu'ils présentent pour l'utilisation potentielle des différents modes de transports. Les connaissances à acquérir sur le territoire vont concerner la présence éventuelle de déterminants qui concourent à l'utilisation potentielle des différents modes de transports et / ou de la mise en pratique éventuelle de solutions de mobilité durable.<sup>10</sup>

Il est nécessaire de rappeler, à cette étape importante de la démarche, que la réflexion est notamment axée sur le potentiel d'utilisation des modes non mécanisés. L'habitat périurbain domine sur le champ d'étude, tel qu'il a été circonscrit et pensé, et c'est bien à l'intérieur de ce type d'espace qu'il est intéressant de tester la propension du territoire à nouer des interrelations fortes avec les modes de transports permettant ce type de cheminements. La mise en relation du territoire et du système de transport ne peut avoir lieu sans une phase d'identification des éléments majeurs de chacun des *deux systèmes* et sans un croisement des connaissances acquises sur ces *deux systèmes*.

Cette partie de l'analyse a donc pour vocation de connaître le territoire de manière très fine afin de déterminer sa(ses) réponse(s) à tout type de demande de déplacement.

Après une lecture attentive des objets présents sur le territoire, intervenant peu ou prou dans l'encouragement et l'utilisation potentielle de chaque mode de transport (cf. chapitre premier), il va s'agir d'enregistrer toutes les connaissances acquises sur le territoire pour les intégrer dans le raisonnement du système expert. Son fonctionnement sera largement explicité dans le chapitre suivant mais il est important de noter ici que le raisonnement issu du système expert intègre des règles de connaissance sous forme booléenne – c'est-à-dire en présence / absence – ou encore sous formes de seuils quantifiables. Il incombe dans cette partie de caractérisation des bassins de vie de préparer les données brutes recueillies, à leur intégration dans le système expert. Certaines données feront donc l'objet d'un simple recensement, d'autres seront construites, croisées avec d'autres et enfin restituées sous formes de seuils ou de classes déterminées *a posteriori*.

Le diagnostic territorial qui s'amorce maintenant est issu de données de plusieurs natures qu'il convient d'indiquer. Ces précisions vont être apportées suivant un ordonnancement relatif au travail qui a été produit sur chaque donnée. La figure 72 illustre par un code couleur la manière dont chacune d'elles est venue enrichir le diagnostic territorial spatialisé.

---

<sup>10</sup> Telles que le covoiturage, l'autopartage, le transport à la demande, les bus pédestres, etc.



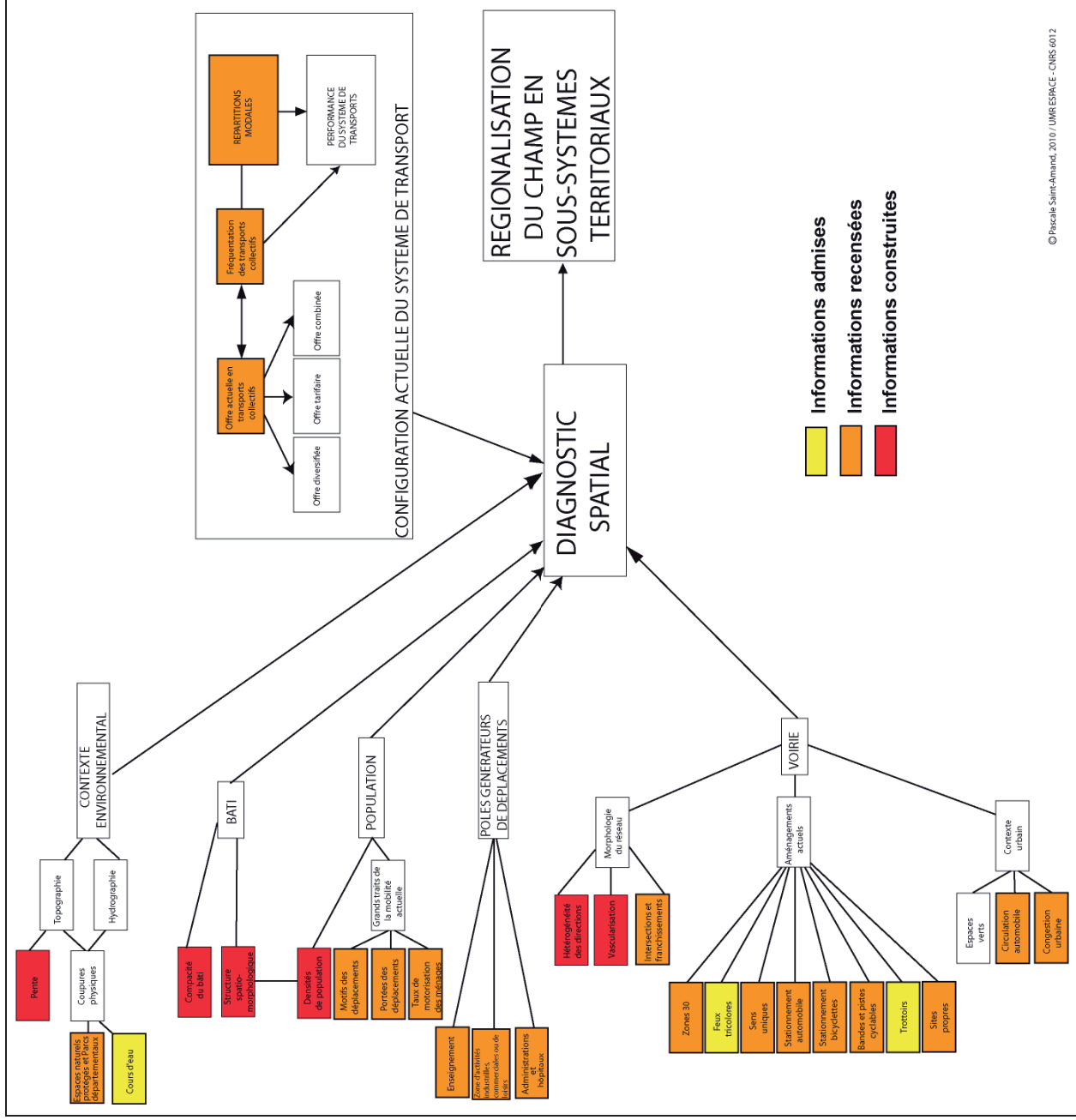


Figure 72 : Le travail effectué sur les données relatives aux déterminants spatiaux des pratiques de mobilité





***Les informations considérées comme admises :***

La contrainte potentielle exercée par un cours d'eau serpentant sur un territoire n'est pas apparue comme une donnée essentielle dans la caractérisation des bassins. Ce choix découle du postulat selon lequel la coupure physique engendrée sur le territoire par le réseau hydrographique est forcément comblée par la mise en place en un lieu d'un pont rattaché à la voirie. Pour rappel, cette recherche se fonde sur les infrastructures existantes et ce qui est donné en réponse ou début de réponse aux besoins du territoire en termes de système de mobilité durable.

Si la distribution spatiale des cours d'eau à l'intérieur des bassins n'a pas été prise en compte, à l'inverse, il a été admis d'emblée que chacun d'eux dispose d'aménagements urbains tels que les feux tricolores et les trottoirs. Ces deux déterminants influencent très fortement les pratiques de déplacement tout comme les choix modaux (Carré et *al.*, 1997), c'est pourquoi ils apparaissent dans le modèle conceptuel. Cependant, il aurait été inconcevable de pratiquer un recensement exhaustif ainsi qu'une cartographie complète de ces objets sur une zone d'étude recouvrant 13 communes. Ils sont donc admis par défaut comme faisant partie des aménagements existants sur la voirie.

Le fait d'admettre par défaut la présence de trottoirs et de feux tricolores pourrait biaiser fortement les analyses notamment celles qui portent sur les bassins où les lotissements pavillonnaires prévalent et sur ceux où s'étend le Parc d'activités sophipolitain. Cependant, l'absence – ou la présence – de ces aménagements participent de manière très peu effective dans la réponse fournie par le système expert, cette dernière étant le fruit d'un raisonnement complexe au cours duquel ces deux déterminants spatiaux interviennent uniquement en complément d'autres facteurs.

**2.1. Les informations recensées et spatialisées sous environnement SIG**

Pour un bon nombre d'entre elles, un long travail de géoréférencement à une échelle très fine a été nécessaire puisque beaucoup de données brutes existent uniquement sous forme de listes. Pour exemple, voici les générateurs de trafic<sup>11</sup> présents sur la zone d'étude fournis dans l'enquête ménages-déplacements de la métropole Côte d'Azur de 1998 :

---

<sup>11</sup> Il s'agit de l'appellation issue de l'EMD. Ces générateurs de trafic se nomment dans toutes les analyses effectuées « pôles générateurs de déplacements ».

<b>Communes</b>	<b>Libellé de la zone ou générateur de trafic</b>
Antibes	Zone d'Activités (Carrefour,...)
Antibes	Sophia Antipolis (ZI Les Trois Moulins)
Antibes	Marineland
Biot	Sophia Antipolis (ZI Saint Philippe)
Cagnes sur Mer	Hippodrome de la Côte d'Azur
Mougins	Sophia Antipolis (Font de l'Orme)
Valbonne	Sophia Antipolis (Centre International)
Valbonne	Sophia Antipolis 1 et 2
Valbonne	Sophia Antipolis (Les Claussonnes)
Vallauris	Sophia Antipolis (Zone Industrielle)
Villeneuve-Loubet	Zone Industrielle
Villeneuve-Loubet	Texas Instruments

**Tableau 9 : Liste des générateurs de trafic sur les 13 communes de la zone d'étude (Enquête ménages-déplacements, ADAAM06-CETE Méditerranée, 1998)**

Les données sont rassemblées et intégrées dans un SIG afin d'alimenter la connaissance :

- sur l'offre de transport collectif actuellement mise en place par les AOT ;
- sur les aménagements urbains présents sur le territoire et qui interviennent directement sur le potentiel d'utilisation des modes de transports.

Elles sont appliquées sur les 12 bassins de vie eux-mêmes convertis en images « vecteur » et géoréférencés dans MapInfo.

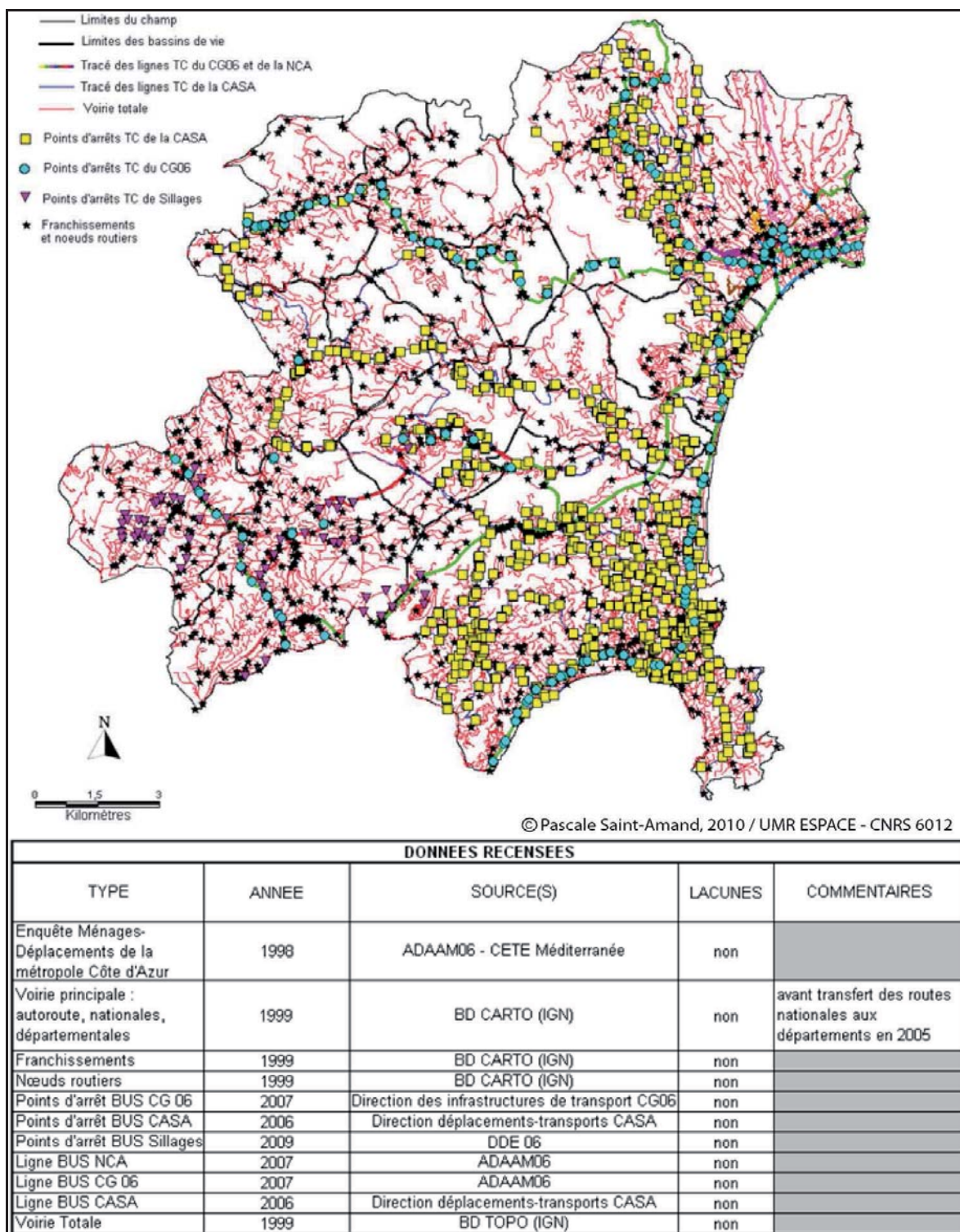
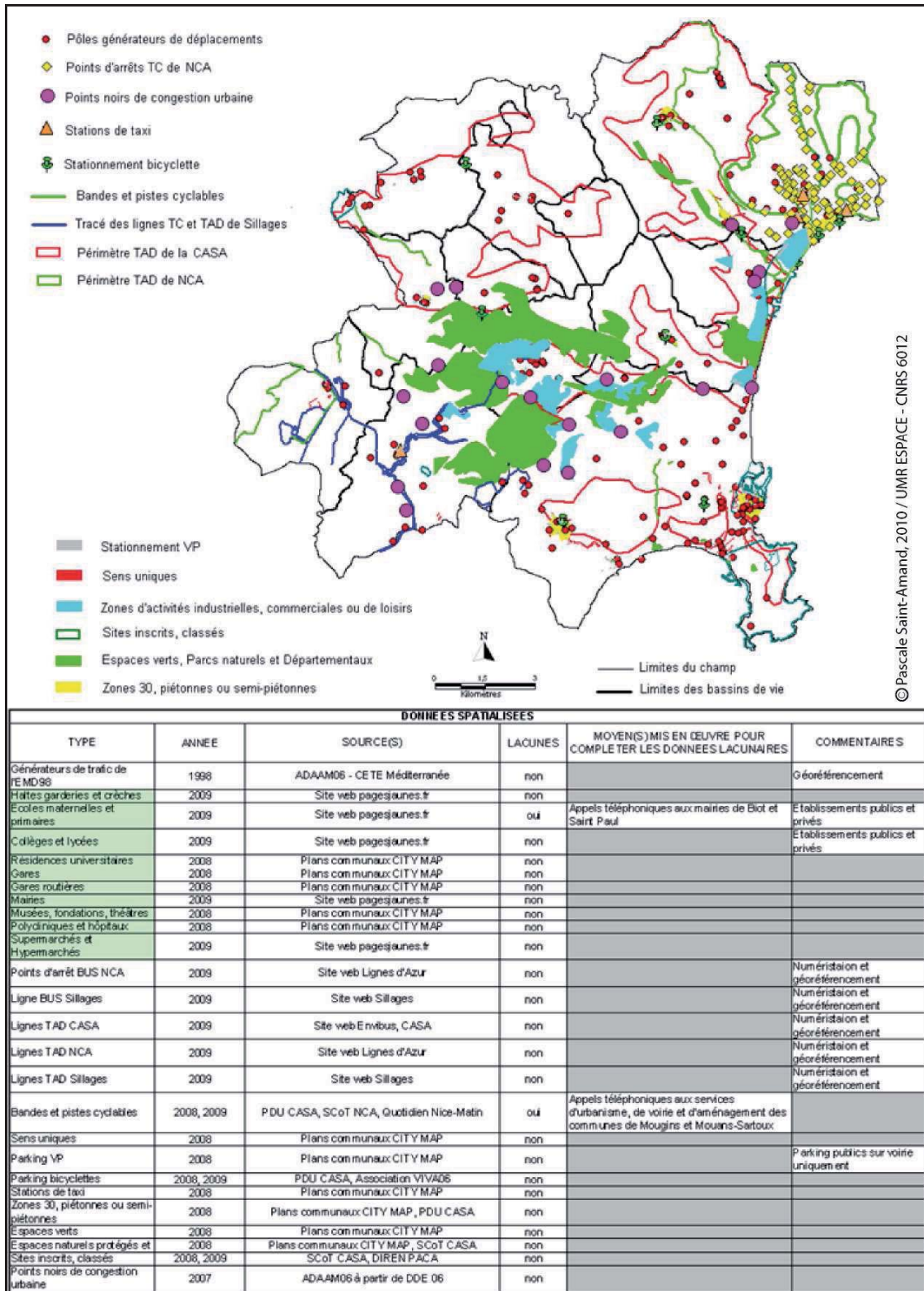


Figure 73 : Données appartenant à l'UMR ESPACE ou obtenues dans le cadre de partenariats avec le laboratoire

Il en est de même pour toutes les données collectées à partir des sources citées (figure 74).

Figure 74 : Données collectées et géoréférencées sous environnement SIG<sup>12</sup>

<sup>12</sup> Les données surlignées en vert dans le tableau viennent compléter les « générateurs de trafic » issus de l'EMD98 et se nomment dans chaque analyse : « pôles générateurs de déplacements ».



La localisation manuelle des éléments a été effectuée sur l'OrthoPhoto des Alpes-Maritimes (BD Ortho®, 2004) pour atteindre un meilleur niveau de précision quant à la disposition des objets un par un.

Concernant les données attributaires, comme par exemple, le trafic moyen journalier annuel (TMJA) des axes routiers, la couche cartographique du réseau de voirie principal a reçu une colonne d'information supplémentaire portant un renseignement numéraire quant au trafic quotidien sur chaque voie.

#### 2.1.1. L'introduction des informations relatives à la topographie

Déterminant spatial considéré comme l'un des plus contraignants à l'utilisation potentielle des modes non mécanisés (Ashley, Bannister, 1989 ; Aultman-Hall et *al*, 1997b; Noël, 2003), la déclivité des pentes a été introduite dans le SIG conditionnellement au réseau de voirie. Ce traitement des données a nécessité un croisement de deux couches d'informations. En premier lieu, le Modèle Numérique de Terrain a été converti en image « vecteur » où chaque polygone représente une courbe de niveau reliant en isoligne tous les Z de même altitude. Puis, les polygones de la couche VOIRIE\_TOTALE intersectent les polygones afin d'attribuer à chaque tronçon routier ses valeurs d'altitude et par conséquent une déclivité moyenne.

#### 2.1.2. L'intégration de la configuration actuelle des flux de mobilité

Cette étape est fondamentale puisqu'elle renseigne sur le fonctionnement actuel du système de mobilité, à travers trois connaissances essentielles :

- la portée et les motifs de déplacement ;
- les partages modaux compte tenu des deux informations précédentes.

Ces trois informations contiennent les pratiques de mobilité effectives sur le territoire et donc témoignent des interrelations actuelles entre besoins du territoire et système de mobilité. C'est de l'étude de ces interrelations que le constat d'adéquation ou d'inadéquation entre les deux systèmes émerge. Par ailleurs, la performance – ou la non performance – d'un système de transport intervient elle aussi sur les potentiels d'utilisation des modes non mécanisés et plus généralement des modes et des pratiques de transports durable (Aultman-Hall et *al.*, 1997a).

L'enquête ménages-déplacements se structure selon des données origines-destinations. Pour être attribuées sur des unités spatiales surfaciques délimitées elles ont été découpées en trois classes :

- déplacements internes dans chacun des 12 bassins (l'origine et la destination du déplacement se situent dans le même bassin) ;
- déplacements intra-champ d'étude (déplacements ayant pour origine et pour destination un des 12 bassins) ;

- échanges entre le champ d'étude et les grands pôles de déplacements à l'intérieur des Alpes-Maritimes<sup>13</sup>

Le découpage spatial de l'EMD98<sup>14</sup> ne se superposant pas sur les limites des bassins de vie, il a fallu créer une règle selon laquelle les flux de mobilités appartenant à l'unité spatiale de  $x$  de l'enquête ménages-déplacements sont appliqués sur le bassin de vie  $y$  contenant le centroïde de  $x$ .

De la même manière que pour les TMJA, les données brutes de l'EMD sont introduites dans le SIG sur la table attributaire attachée aux 12 bassins de vie.

### 2.1.3. Les considérations relatives aux performances actuelles du système de transport

La performance du système de transport actuel – proposé comme réponse ou début de réponse aux besoins du territoire – est prise en compte à deux niveaux dans le modèle conceptuel (cf. extrait du modèle de la figure 72). Il s'agit tout d'abord d'un déterminant non négligeable pour l'utilisation potentielle des modes de transports durables. Comme cela a été précisé plus haut, une offre de transports diversifiée qui met à la disposition des usagers des dessertes en transports collectifs satisfaisantes des points de vue temporel et spatial encourage les cheminements doux ainsi que des pratiques de mobilité durable comme l'utilisation des TAD (Josselin, Dekokère, 2002) ou l'intermodalité par exemple. D'autre part, un système de transport performant, laissant une part modale faiblement élevée à l'automobile, décongestionne l'espace urbain et incite par conséquent les mobilités douces qui sont alors effectuées dans un sentiment de sécurité accru (Owens, 1993 ; Noël, 2003).

Cette règle de connaissance étant admise, elle entre dans le recensement des données mis en œuvre dans le thème « VOIRIE », sous-chapeau « contexte ». Afin de pouvoir caractériser les bassins de vie au regard de cette règle, il convient à présent de lui conférer un caractère quantifiable. Considérer la performance du système de mobilité au travers des partages modaux est apparu légitime : la part modale du véhicule particulier observée sur chaque bassin de vie a été comparée au chiffre global démontré dans le département des Alpes-Maritimes. Les seuils retenus seront explicités au chapitre 8.

C'est aussi au travers des dysfonctionnements observés que se mesure la performance d'un système de transports collectifs, notamment au niveau des attendus formalisés par les usagers

---

<sup>13</sup> Grasse, Cannes, Vence et Nice.

<sup>14</sup> ***Inconvénient majeur à souligner :***

La connaissance des flux de mobilité est issue de l'EMD98 dont les limites ont été énoncées au chapitre 5. Par absence évidente de données de comptage et de fréquentation des transports collectifs maralpins, – tous réseaux confondus – ces flux sont mis en relation avec l'offre actuelle (cf. figures 73 et 74), c'est-à-dire après refonte des périmètres des AOT et après l'apparition de nombreux bouleversements concernant l'offre en transports collectifs dans le département ; et ce tant au niveau de la desserte (fréquences, trajets, correspondances), qu'au niveau tarifaire. Si cette mise en relation de données décalées dans le temps confère à l'analyse un biais notable, elle n'altère en rien l'intégrité de la démarche scientifique qui se veut tout d'abord reproductible.



et plus généralement par les acteurs de la société civile désormais impliqués fortement dans les problématiques de mobilités durables – au travers des PDE mais pas seulement – et parties prenantes du système territorial tel qu'il est conçu et envisagé dans cette recherche. Ces considérations seront largement prises en compte et analysées en quatrième partie de thèse.

## **2.2. La caractérisation des 12 bassins de vie à une double échelle spatiale**

Ce choix fait écho au postulat selon lequel le type d'habitat – individuel ou collectif – et le fait de vivre dans des espaces urbains ou périurbains engendrent des pratiques de transports et de déplacements différentes (Pushkarev, Zupan, 1975 ; Newman, Kenworthy, 1992 ; Handy, 1996 ; Vernez-Moudon *et al.*, 1997 ; Noël, 2003 ; Houot, 2004).<sup>15</sup>

L'analyse du type de structure morphologique du bâti présentée au chapitre 5 est reprise. Pour rappel, ces différents types de structures ont été évalués en prenant en compte les caractéristiques du bâti dans ses trois dimensions. La classification mise en œuvre prend en considération l'emprise au sol des bâtiments, les interstices entre les espaces bâtis et enfin la verticalité des bâtiments. Par ailleurs, ces trois indicateurs sont considérés dans le contexte global du tissu urbain auquel les agrégats bâtis appartiennent.

Chaque type de structure spatio-morphologique du bâti représenté dans une classe est maintenant renseigné au regard des aménagements présents sur le territoire, de l'offre actuelle en transports collectifs proposée par les AOT et de la configuration actuelle des flux de mobilité (figure 75).

Toutes les informations ont été collectées et spatialisées au cœur des 12 bassins de vie et attribuées au sein de chaque classe de bâti. Cependant, certaines d'entre elles relevées dans l'état de l'art comme déterminants spatiaux concourant très largement à l'utilisation potentielle des modes de transports, n'apparaissent pas dans les cartes construites.

En effet, des données qui semblent pourtant essentielles à l'étude des interrelations entre système territorial et système de transport – comme par exemple la configuration morphologique du réseau de voirie – sont apparues lacunaires voire inexistantes. Pour pallier ces manques, un niveau supérieur d'analyse s'avère nécessaire.

Deux mesures morphologiques du réseau viaire paraissent fondamentales à mettre en œuvre après la longue étape d'état de l'art sur ces questions :

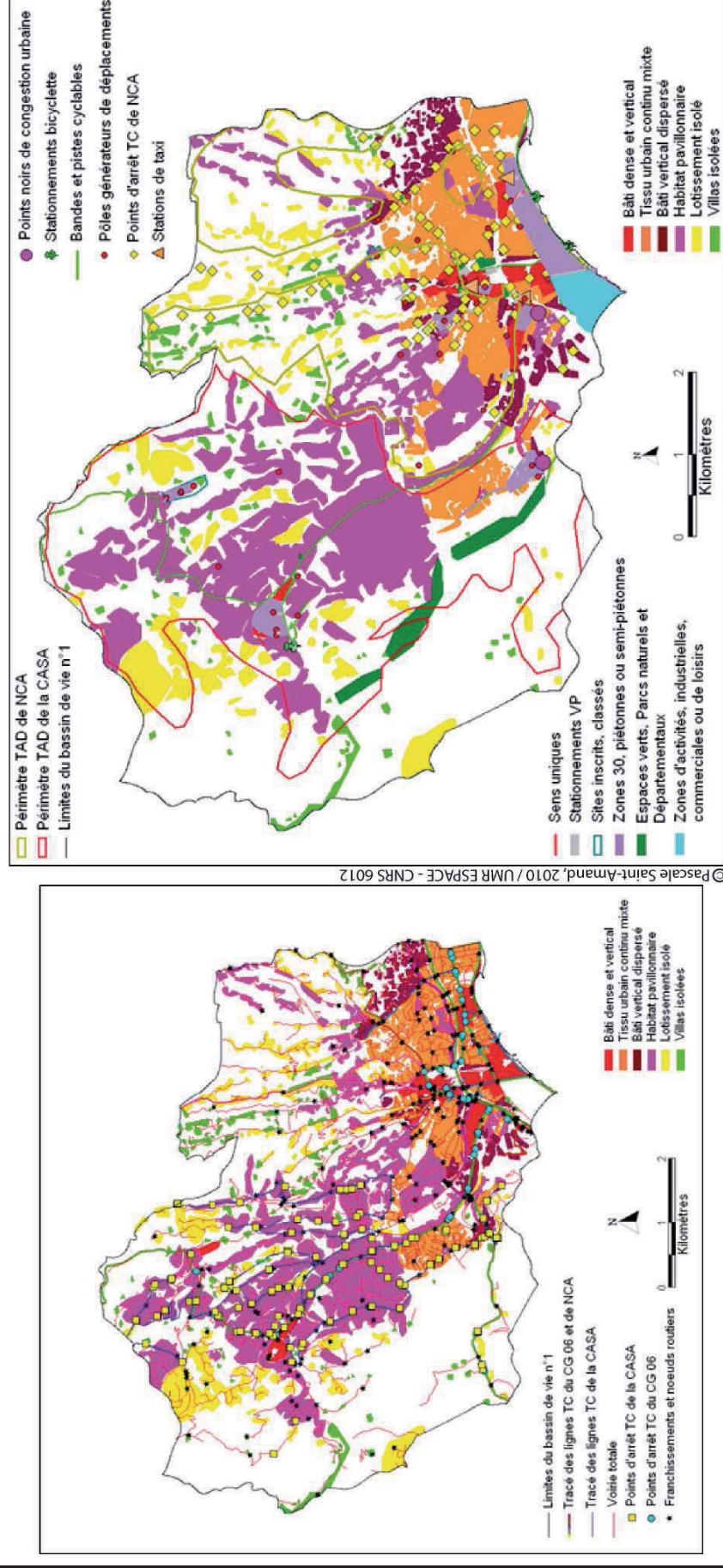
- la mesure de la vascularisation du réseau de voirie conditionnellement au tissu urbain desservi ;
- la mesure de l'allongement des directions du réseau.

La section suivante présente la construction de ces deux indices de mesure spatio-morphologique.

---

<sup>15</sup> Bibliographie sommaire seulement.

## La spatialisation des données à une double échelle spatiale



## Exemple du bassin de vie n°1

Figure 75 : Les données sont recensées et spatialisées sur chacun des bassins à l'intérieur des classes de bâti

### **3. La construction de deux indices pour une mesure spatio-morphologique du réseau viaire**

Si la propriété essentielle d'un réseau est d'unir les lieux de l'espace entre eux pour concourir à leurs interrelations, les indicateurs mobilisés en premier lieu dans l'étude de celui-ci sont bien naturellement la connexité et la connectivité. Les réseaux de transports peuvent être caractérisés par plusieurs autres paramètres dont va dépendre leur efficacité pour la desserte des territoires : leur longueur, leur densité – ou l'on considère la longueur physique du réseau conditionnellement à la superficie du territoire qu'il dessert – leur forme et là encore leur connexité (Beguïn, Thomas, 1997 ; Gleyze, 2007). À ceux-là s'ajoutent les notions de réticularité et enfin de nodalité (Bavoux et *al.*, 2005).

Afin de modéliser et de décrire les réseaux, une méthode puissante doublée d'une théorie a fait son apparition : la théorie des graphes, et se définit dans les ouvrages de références (Mathis, 2003 ; Finke, 2002) comme l'outil de représentation et de modélisation des réseaux le plus utilisé et le plus efficient. Cette théorie porte essentiellement sur l'existence de relations entre les éléments qui constituent le graphe, c'est en cela qu'elle répond parfaitement aux besoins du modélisateur, notamment dans l'étude des réseaux de transports qui s'appuie essentiellement sur les interrelations entre une origine et une destination.

L'étude des réseaux s'effectue le plus souvent à partir d'une représentation simplifiée en arcs et en nœuds sur lesquels il est aisé de procéder à différentes mesures pour en tirer des informations quant à sa structure, sa morphologie et finalement sa capacité à mailler et à desservir le territoire.

Dans la recherche de déterminants spatiaux pouvant concourir ou non au potentiel d'utilisation des modes de transports sur un territoire, et notamment des modes non motorisés, outre les mesures déjà existantes, – rappelées ci-dessus – il est apparu nécessaire de mettre au point une méthode capable de détecter les caractéristiques morphologiques du réseau de voirie à travers un espace urbain jalonné par les éléments contraignants que sont les bâtiments. Gabriel Dupuy a en effet mis en évidence que « *la répartition spatiale des zones bâties et l'architecture des réseaux sont indissociables* » (Dupuy, 1991), ce qui n'est pas sans rappeler la différence entre espace euclidien et espace géodésique (Voiron-Canicio, 1995a).

Il va s'agir d'appréhender la manière dont le réseau de voirie pénètre, contourne, chemine à l'intérieur du tissu bâti et confère ainsi aux cheminements doux une accessibilité et une desserte satisfaisante.

Il a été démontré dans de nombreux travaux, et notamment dans ceux de Cyrille Genre-Grandpierre (Genre-Grandpierre, Foltête, 2003), Jean-Christophe Foltête (Foltête, 2007) et Jean-François Gleyze (Gleyze, 2007) que ce qui rend l'espace favorable à l'utilisation de la marche à pied, ce sont la densité, la linéarité et la connectivité du réseau de voirie. En s'appuyant sur ces résultats, il convient d'observer dans quelle mesure le tissu urbain et le réseau de voirie s'interpénètrent et sont capables d'offrir aux mobilités douces une densité, une linéarité et une connectivité suffisantes afin de leur conférer un fort potentiel d'utilisation.

Les deux indices que sont la vascularisation et l'allongement du réseau viaire sont alors construits pour répondre aux besoins de cette analyse et se conçoivent bien évidemment en complément des méthodes traditionnelles de mesure.

### ***Analyse du réseau viaire au travers d'enveloppes bâties :***

Cette analyse est mise en œuvre afin d'acquérir une information sur la configuration du réseau viaire et notamment sur la capillarité de celui-ci contenue à l'intérieur des espaces bâtis : dans la procédure qui va suivre, le maillage du réseau viaire est appréhendé à travers la configuration bâtie des bassins de vie.

Au cours de cette analyse spatio-morphologique, les composantes spatiales majeures de la configuration spatiale des territoires que sont la voirie et les bâtiments sont étudiés de manière concomitante sous l'angle de leur morphologie conjointe, ainsi que dans leur distribution au sein des territoires – par distribution on entend leur densité, leur agencement les uns par rapport aux autres ainsi que leur espacement.

### **3.1. Du bassin de vie au bâtiment ou la spatialisation fine du potentiel offert par les territoires à la pratique des mobilités douces**

Il va s'agir de détecter sur le champ d'étude régionalisé en 12 bassins homogènes – et sur lequel le bâti périurbain prédomine – des espaces qui offrent un terrain propice à l'utilisation des modes doux et aux pratiques qui leurs sont associées : bus pédestres, bus cyclistes, multimodalité par exemple.

Ces modes de transport non motorisés doivent *de facto* se concevoir comme compléments en fin de chaîne de déplacement ou alors sur des trajets réduits en terme de distance-temps, à l'intérieur de zones multifonctionnelles – si l'on exclut les cheminements de loisirs et que l'on concentre l'analyse sur les déplacements domicile-travail, étude ou achat (Jones, 1990 ; Aultman-Hall et *al.*, 1997a ; Noël, 2003).

L'objectif de l'analyse réside dans l'identification des possibilités de cheminement offertes à l'intérieur de chaque type de structure spatio-morphologique du bâti.

La première étape consiste tout d'abord à réintroduire le bâti dans sa totalité à l'intérieur des polygones de classes de bâti construits au chapitre 5. En effet, le seul bâti résidentiel ne saurait faire l'objet des modélisations qui vont suivre, car lorsqu'on se déplace c'est bien à travers le bâti total et c'est à partir de l'ensemble des bâtiments avec le réseau viaire qui lui est associé que les opérateurs de morphologie mathématique vont caractériser le maillage et donc les potentialités de cheminement.

Il s'agit alors dans un premier temps d'intersecter les classes de bâti avec le bâti total de la zone d'étude afin de replacer dans les polygones les bâtiments qui ont été ôtés parce que non résidentiels :



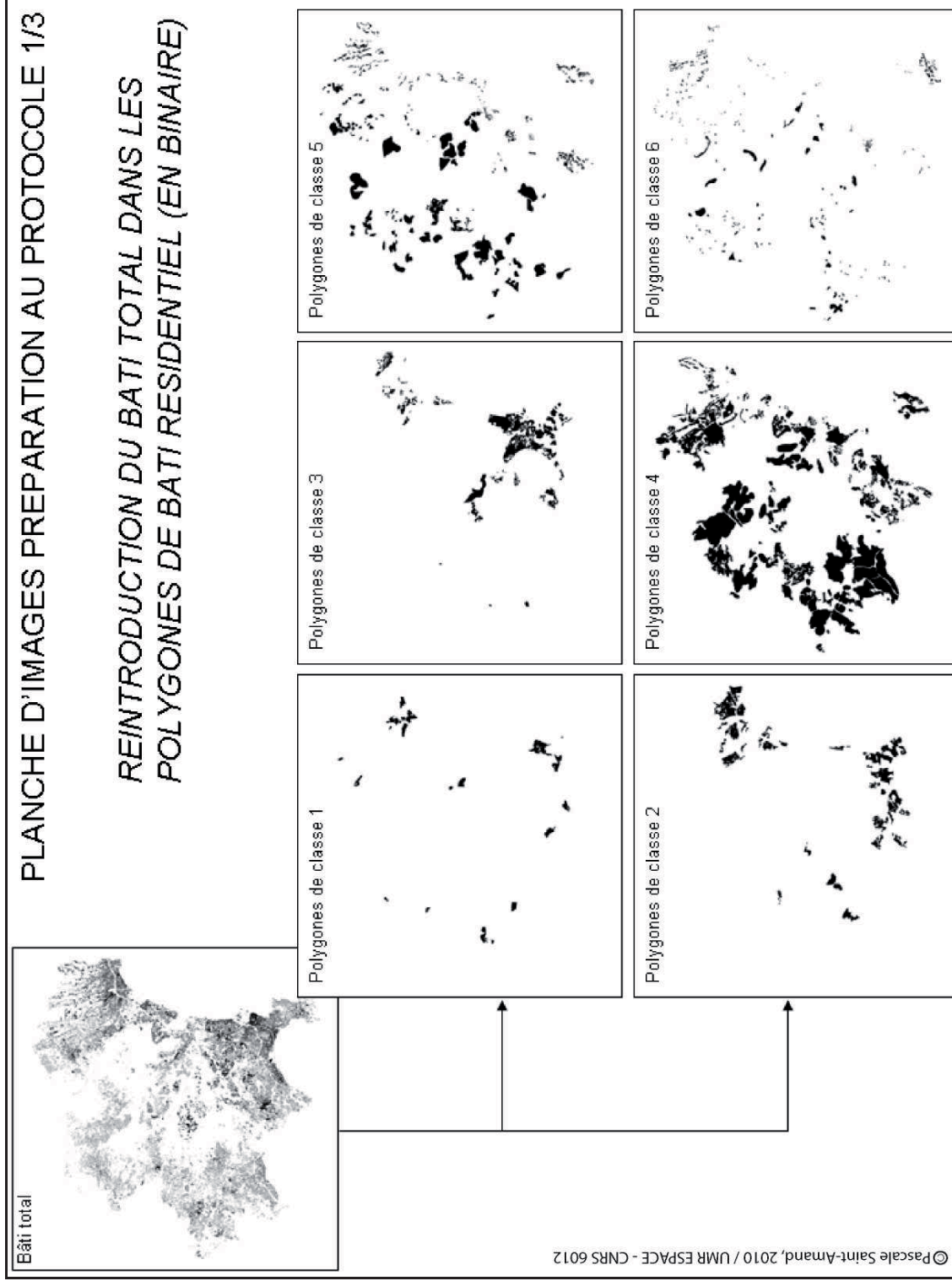


Figure 76 : L'analyse se fonde sur l'entièreté des bâtiments

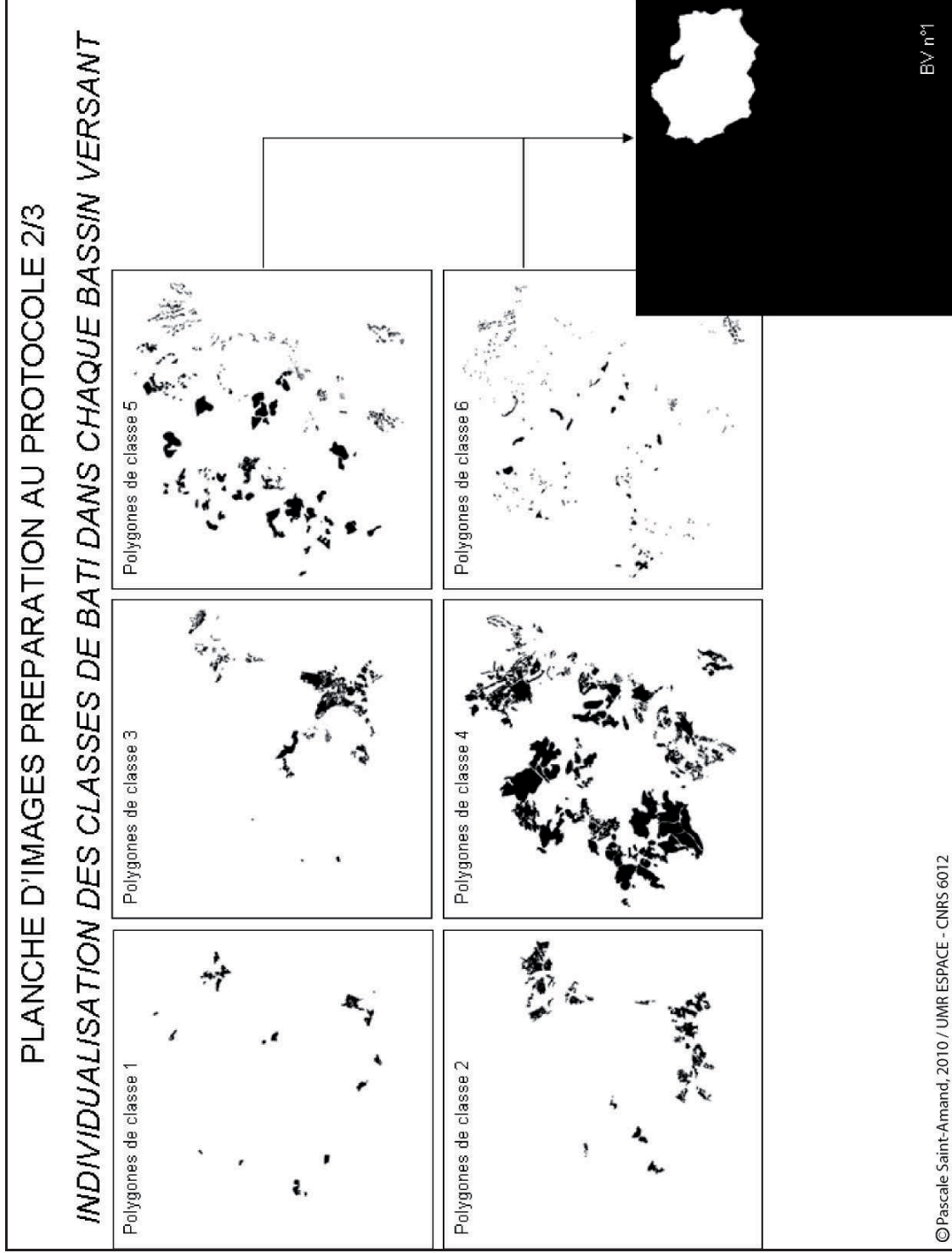
Une fois que chaque classe renferme dans une image le bâti total qui lui est associé, une deuxième intersection s'opère afin de travailler sur les 12 bassins versants pris individuellement.

Chaque bassin versant dispose d'une image pour chaque classe de bâti total qu'il contient. Le bassin versant n°1 de la figure 77 contient par exemple six classes de bâti, il y a donc six images qui lui sont associées. Le bassin versant n°4 contient quant à lui trois classes de bâti total (il s'agit des classes 4, 5 et 6), trois images lui sont associées<sup>16</sup>.

---

<sup>16</sup> La description du protocole s'effectue uniquement sur le bassin n°1. Les résultats complets par composante sont consultables en annexe 6.





**Figure 77 : Une analyse individuelle des particules isole chaque bassin versant dans une image**

### 3.1.1. Le bâti et le réseau à l'origine de l'indice de vascularisation

Comme cela a été évoqué en début de partie, **le bâti et le réseau de voirie sont introduits ensemble dans les modélisations spatio-morphologiques**. La notion de maillage d'un réseau doit en effet se concevoir en prenant en compte, conjointement à la voirie, les îlots bâtis.

La vascularisation du réseau de voirie va être observée et comparée à une vascularisation théorique reposant sur une partition de Voronoï sur l'image des éléments bâtis. Ce sont effectivement ces derniers qui contraignent les cheminements à travers l'espace.

Contrairement à l'image de la régionalisation du champ, le réseau de voirie est appréhendé dans son intégralité :

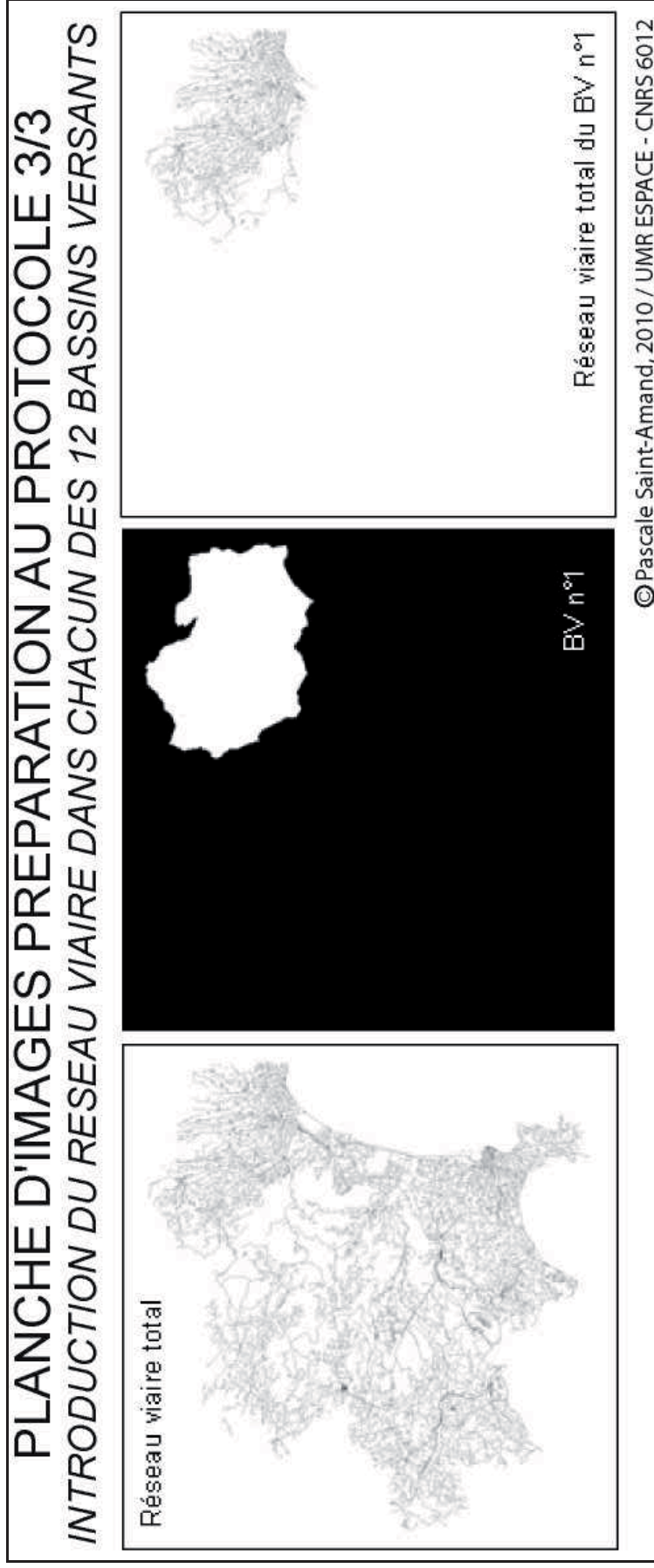


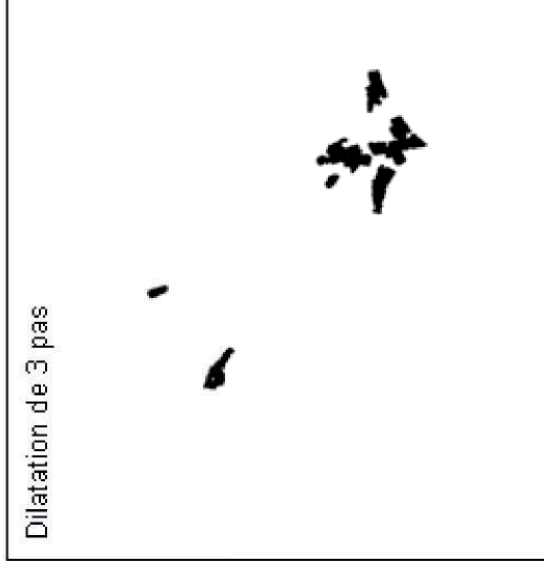
Figure 78 : Chaque bassin versant dispose de l'extrait du réseau viaire total qui lui est associé

### 3.1.2. Les opérations sur images binaires

La première opération de cette étape consiste à créer des aires de voisinage de 90 mètres autour de chaque bâtiment ou ensembles de bâtiments contenus dans l'image. Nous postulons qu'une telle distance, effectuée à pied ou à vélo en moins d'une minute, ne constitue pas un frein pour un cheminement en mode doux qui serait contraint par des détours éventuels (Héran, 1999).

Un pixel de l'image représente 30 mètres dans la réalité, une dilatation de trois pas est donc effectuée.

## PLANCHE D'IMAGES PROTOCOLE 1/4



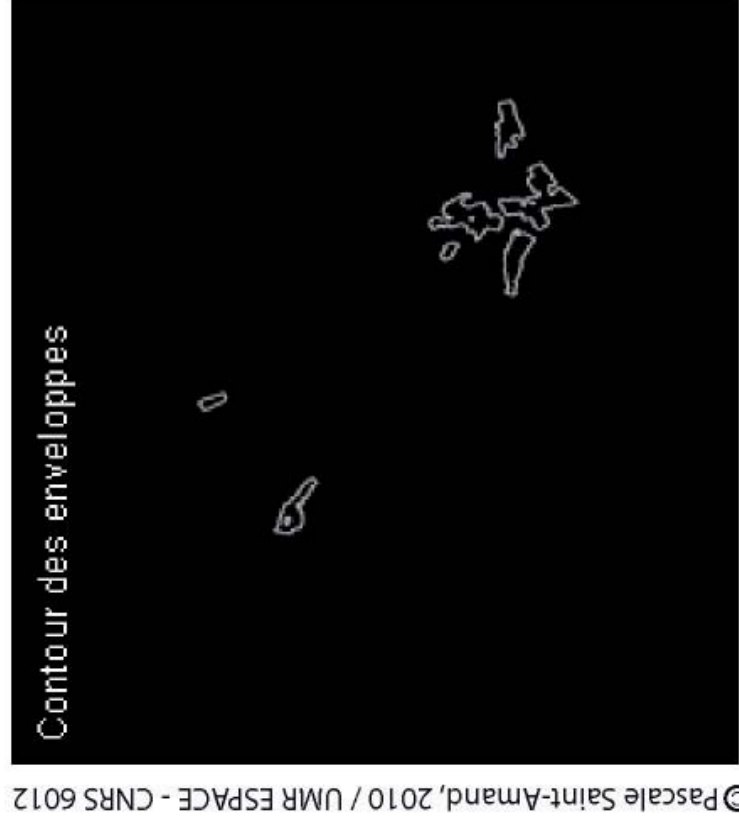
© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 79 : Création d'une enveloppe de 90 mètres autour des bâtiments<sup>17</sup>

Les contours de ces enveloppes de bâti dilaté vont être conservés et seront réintroduits lorsqu'il s'agira d'observer la configuration du réseau viaire dans les aires de voisinage de 90 mètres.

<sup>17</sup> Un zoom a été appliqué sur toutes les images suivantes pour une meilleure visibilité des composantes traitées.

## PLANCHE D'IMAGES PROTOCOLE 2/4



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 80 : Création d'une aire de voisinage à partir des enveloppes



L'algorithme de la squelettisation géodésique est appliqué sur les dilatés. Les squelettes donnent l'ossature du dilaté réduite à un pixel (Voronoi-Canicio Ch., 1995a) dans un espace géodésique c'est-à-dire ici, à l'intérieur de l'enveloppe bâtie. L'image (A) de la figure 81 représente la partition de Voronoï à l'intérieur de chaque enveloppe.

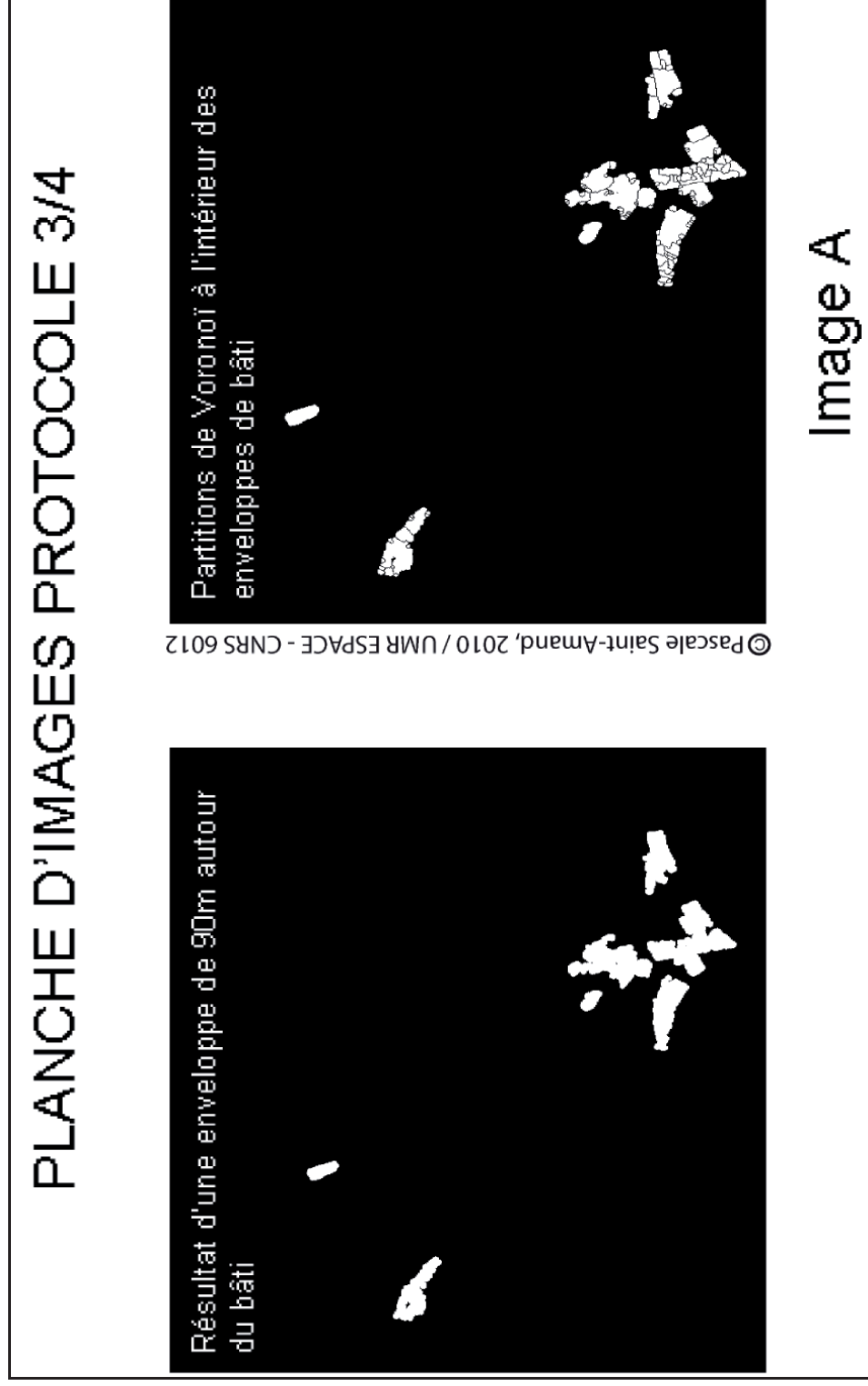


Figure 81 : Un maillage théorique « idéal » au travers des enveloppes bâties

Ces partitions, donnant la ligne d'équidistance entre les éléments du bâti, représentent pour cette analyse le maillage théorique qui devrait être observé à l'intérieur des enveloppes de bâti, maillage qui permettrait des cheminements autour des composantes bâties sur un réseau de voirie extrêmement dense.

L'image (B) de la figure 82 est le résultat de l'intersection effectuée entre les aires de voisinage autour du bâti et le réseau viaire, conditionnellement aux contours des enveloppes qui ont été conservés. Elle représente donc le réseau viaire réel observé dans les enveloppes de tissu bâti.

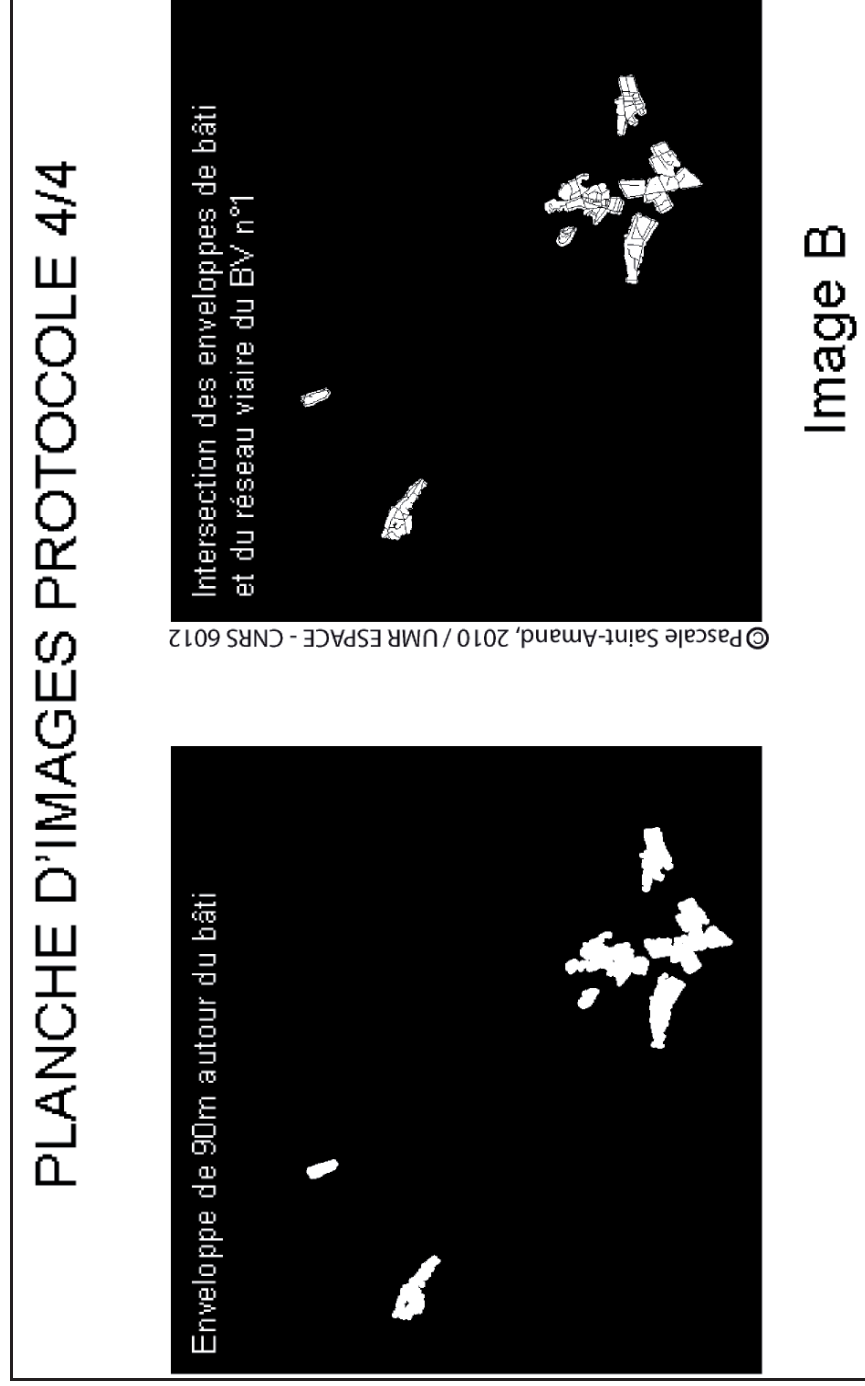


Figure 82 : Le réseau viaire réel observé dans les enveloppes

Afin de comparer les deux réseaux, une dimension de recouvrement  $s$  est calculée. Pour ce faire, chacune des deux images est transformée en opérant une dilatation hexagonale de taille 1 et une érosion hexagonale de taille 1. Les écarts de surface entre le dilaté et l'érodé sont mesurés :

$$s(1) = a [ X \oplus 1H ] - a [ X \ominus 1H ]$$

où  $s$  = dimension de recouvrement

$X$  = l'ensemble étudié

$a$  = la surface de l'ensemble transformé

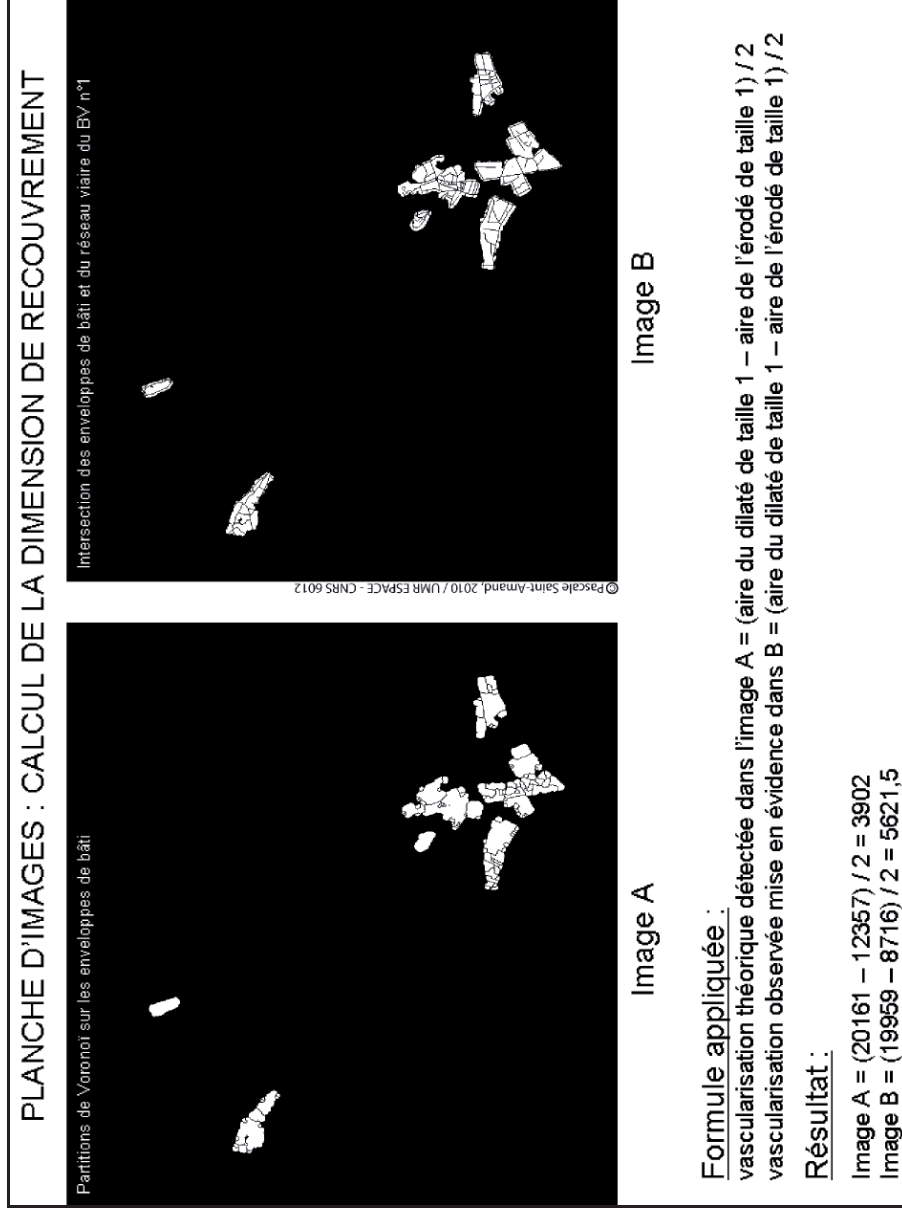


Figure 83 : Calculs des écarts entre maillage théorique et maillage observé

Puis, le rapport suivant permet de comparer le niveau de vascularisation observé par rapport à la vascularisation théorique :

$$s(1)B / s(1)A$$

Dans cet exemple, le rapport est :

$$5621,5 / 3902 = 1,4407$$

Si le rapport entre vascularisation théorique et vascularisation observée est inférieur à 1, la vascularisation des aires bâties situées dans un voisinage de 90 mètres est inférieure au modèle théorique de vascularisation représenté par une partition de Voronoï effectuée sur le bâti de cette aire, en d'autres termes, les possibilités de cheminements offertes dans une enveloppe de bâti de 90 mètres sont moindres que des possibilités de cheminement sur un maillage de vascularisation théorique.

### 3.1.3. Indice de vascularisation et périmètres propices à l'utilisation des modes doux

Si l'indice de vascularisation est égal à 144% cela signifie que la vascularisation des aires bâties situées dans un voisinage de 90 mètres est supérieure de 44% au modèle de vascularisation théorique. Cette valeur indique une desserte du bâti plus dense avec des ramifications, et plus dense que celle donnée par la partition de Voronoï qui ne comporte que des contours fermés.

Les classes de bâti <sup>18</sup> de chaque bassin versant sont *a priori* celles qui, *de facto*, offrent le plus de potentialités en termes de cheminements. En effet, c'est à l'intérieur des tissus de bâti denses, généralement situés en hypercentre des villes, que les cheminements en modes doux sont les plus aisés et donc les plus nombreux (INSEE, 2002 ; Saint-Amand, 2005). Mais si ces tissus de bâti compacts offrent des rapports distance-temps satisfaisants, sont-ils suffisamment fragmentés pour permettre au réseau viaire de posséder une capillarité correcte et donc de se révéler comme lieux propices aux déplacements en modes non motorisés ?

L'indice de vascularisation permet d'observer le maillage existant à l'intérieur d'une aire par rapport à un maillage théorique. Plus les rapports entre vascularisation théorique et vascularisation observée seront grands – c'est-à-dire supérieurs à 1 – plus l'indice sera élevé et plus les territoires se révéleront comme espaces propices aux mobilités douces.

---

<sup>18</sup> Bâti vertical et dense de noyau urbain ou centre historique.

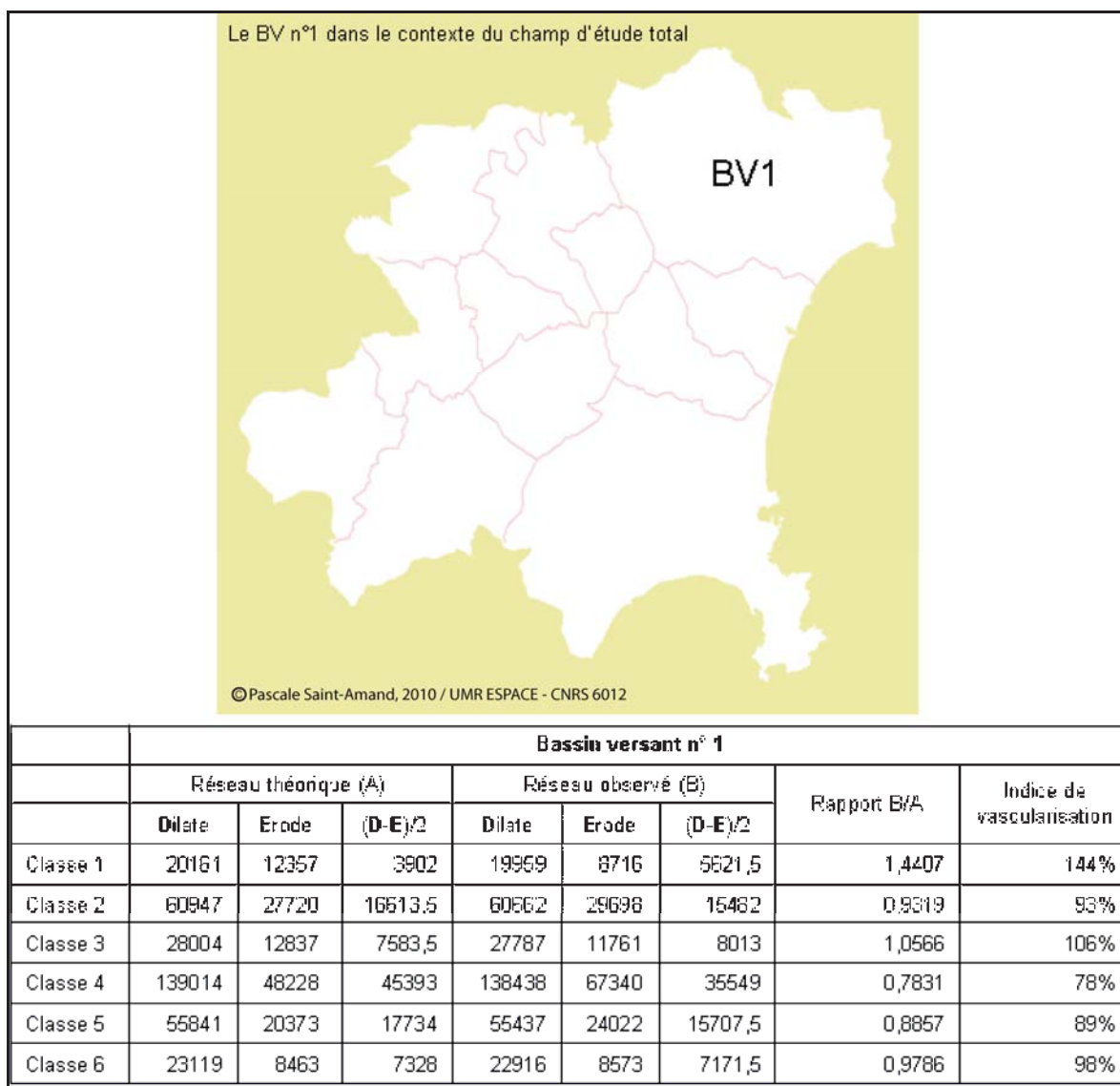


Figure 84 : Calculs conduisant à l'indice de vascularisation

Les résultats obtenus sur les 12 bassins versants vérifient l'indice de vascularisation. C'est à l'intérieur des classes de bâti 1 et 2 que la vascularisation observée des aires de voisinage autour des bâtiments est largement supérieure à la vascularisation théorique.

Par ailleurs, l'indice de vascularisation indique que dans les classes de bâti 4<sup>19</sup>, la vascularisation observée est bien inférieure à la vascularisation théorique. Ce résultat est lié au fait que la configuration du réseau de voirie dans ces zones est souvent réduite à une artère principale desservant tous les agrégats pavillonnaires et qui s'achève en impasse. Cette disposition de la voirie, très lâche, explique les valeurs inférieures à 100% obtenus par la classe 4 dans les 12 bassins de vie.

<sup>19</sup> Ensembles de lotissements, habitat pavillonnaire.

Les résultats obtenus par l'intermédiaire de cette mesure vont être spatialisés sur chaque classe de bâti des 12 bassins de vie. Ils viennent compléter la connaissance acquise sur le champ d'étude et seront intégrés dans la modélisation du raisonnement sous système expert.

### **3.2. Construction de l'indice d'allongement du réseau viaire : analyse de l'hétérogénéité des directions**

L'idée force selon laquelle « *la forme du réseau viaire a une incidence cruciale sur les allongements des parcours* » a bien été mise en relief dans les travaux de Frédéric Héran (Héran, 1999) et apparaît à de nombreuses reprises dans la littérature. Cette notion étant largement partagée par de nombreux chercheurs, la forme du réseau viaire apparaît alors comme un déterminant majeur à l'utilisation des modes doux qui se conçoivent et s'effectuent préférentiellement en recherche du plus court chemin (Aultman-Hall et *al.*, 1997a ; Noël, 2003 ; Piombini, 2006).

L'indice de sinuosité, largement utilisé en géographie physique pour caractériser la forme des réseaux hydrographiques, tel qu'il se présente dans la figure 85 ne saurait être pertinent pour l'analyse qui doit être menée. L'idée est de mettre en place une mesure capable de révéler le caractère isotrope ou anisotrope d'un réseau de voirie en mettant en œuvre un indice d'allongement des directions. Cet indice sera construit au travers d'une analyse portant sur les variations éventuelles de l'orientation des axes du réseau. L'anisotropie des directions étant préférable dans une recherche du plus court chemin.

Or, la formule qui consiste à diviser la distance euclidienne par la distance géodésique ne rend malheureusement pas compte des pérégrinations engendrée par les vecteurs  $DR_1$  et  $DR_2$ , qui en terme de mètres parcourus sont similaires mais véritablement dissemblables au niveau morphologique.



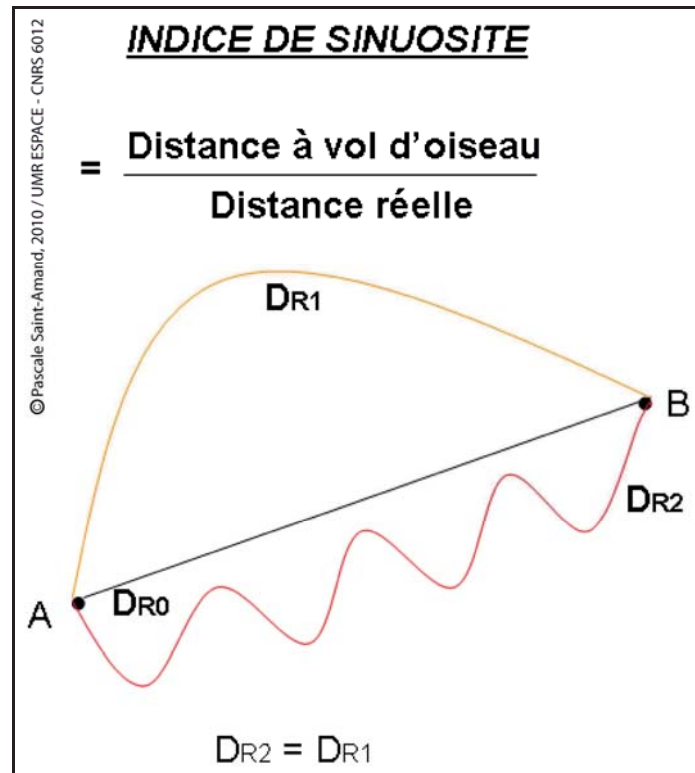


Figure 85 : Calcul de l'indice de sinuosité

Les images du réseau viaire total contenu dans chacun des 12 bassins pris individuellement sont reprises (figure 78). MicroMorph calcule pour chaque unité spatiale, le nombre de pixels occupés par le réseau de voirie dans les six directions d'une trame hexagonale.

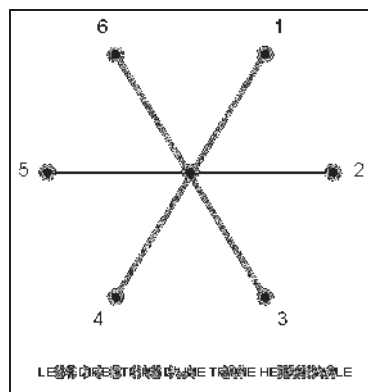


Figure 86 : Les voisinages en trame hexagonale (Voiron-Canicio, 1995a)

La mesure morphologique utilisée ici est une mesure élémentaire qui fournit une indication sur l'orientation des composantes de l'image par un comptage des *intercepts*. Ces « *intercepts* sont les mesures du nombre de fois où l'on pénètre dans une composante, en suivant l'un des axes de la trame » (Voiron-Canicio, 1995a).

Les valeurs restituées par le logiciel sont reportées dans un tableau (tableau 10). Il va s'agir à présent d'évaluer le caractère homogène – ou hétérogène – des directions suivies par les axes du réseau de voirie, au travers de la **variation observée dans les valeurs des six directions**.

BV	Directions						Moyennes	Ecart-type	Coeff Variation
	1	2	3	4	5	6			
1	27 232	26 683	26 258	27232	26683	26258	26 724	488,313765	1,83%
2	6 355	5 333	6 186	6 355	5 333	6 186	5 958	489,986939	8,22%
3	5 892	5 059	5 712	5 892	5 059	5 712	5 554	392,037073	7,06%
4	1 885	1 874	1 917	1 885	1 874	1 917	1 892	19,97999	1,06%
5	3 348	2 560	3 271	3 348	2 560	3 271	3 060	388,568999	12,70%
6	6 896	6 169	6 670	6 896	6 169	6 670	6 578	332,78742	5,06%
7	6 061	5 630	6 034	6 061	5 630	6 034	5 908	215,933941	3,65%
8	6 029	5 871	5 884	6 029	5 871	5 884	5 928	78,4499841	1,32%
9	6 730	5 732	6 690	6 730	5 732	6 690	6 384	505,353737	7,92%
10	9 731	9 279	9 783	9 731	9 279	9 783	9 598	247,931173	2,58%
11	37 395	34 706	38 402	37 395	34 706	38 402	36 834	1709,00306	4,64%
12	14 396	13 326	14 589	14 396	13 326	14 589	14 104	608,530251	4,31%

**Tableau 10 : Le coefficient de variation des directions observées sur le réseau de voirie selon une trame hexagonale**

Pour cela, un coefficient de variation est calculé. Il permet la comparaison des valeurs obtenues dans chacun des 12 bassins de vie. Plus ce coefficient est proche de 1, plus le réseau de voirie se révèle isotrope.

#### *La vérification de l'indice d'allongement du réseau viaire :*

La figure 87 démontre que le bassin versant n°4 possède un réseau viaire plutôt isotrope où aucune direction n'est véritablement privilégiée. À l'inverse, le bassin versant n°5 contient un réseau préférentiellement orienté sur les directions 1 et 4 ; 3 et 6 (tableau 10) avec de grandes artères parallèles, particulièrement propices à l'utilisation de la bicyclette.

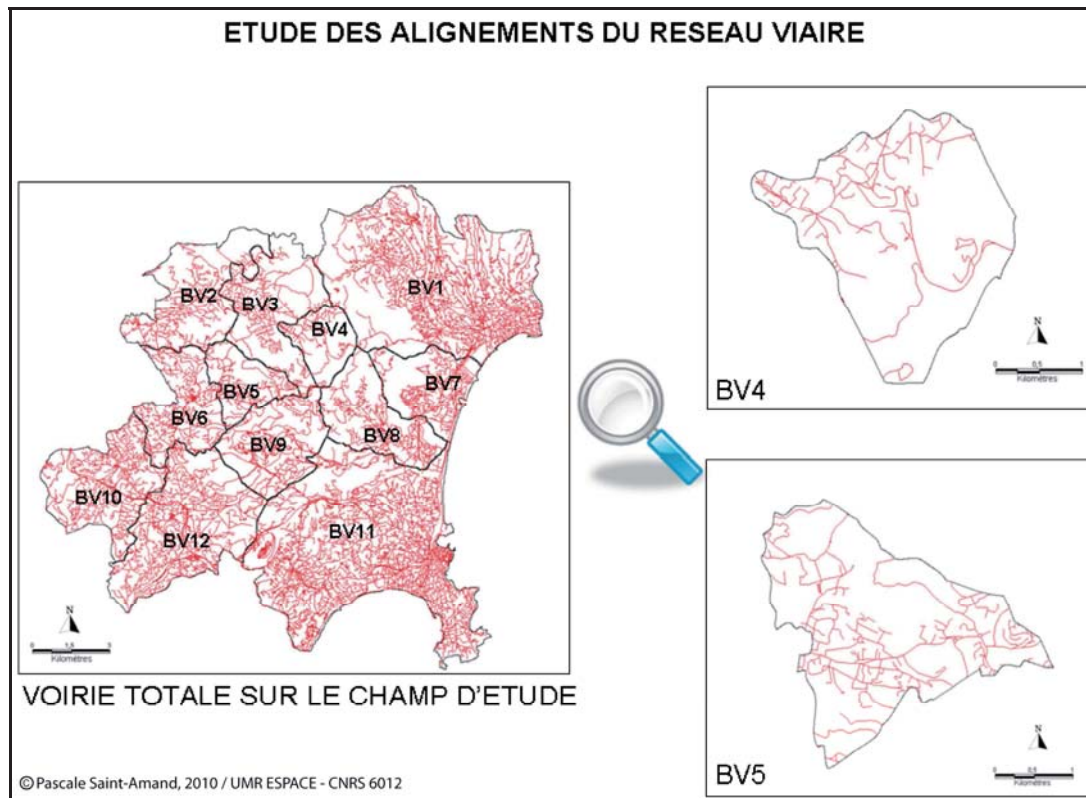


Figure 87 : La configuration du réseau de voirie des bassins n°4 et n°5 vérifie l'indice

Utilisés en complément des mesures offertes par la théorie des graphes, les algorithmes de morphologie mathématique se sont révélés particulièrement efficaces pour caractériser la forme du réseau de voirie. Déterminant spatial essentiel à l'utilisation potentielle des mobilités douces, la morphologie du réseau a été appréhendée conditionnellement au tissu bâti. Cette démarche a permis d'effectuer des analyses qui prennent en compte, de manière conjointe, la configuration des territoires au travers de deux composantes spatiales majeures : **le bâti et le réseau viaire**. Si le premier participe largement à la rugosité de l'espace, le second, pour peu que soient mises en place des méthodes de mesures robustes, peut se révéler source de potentiels pour tous types de mobilité.

\*\*\*\*\*

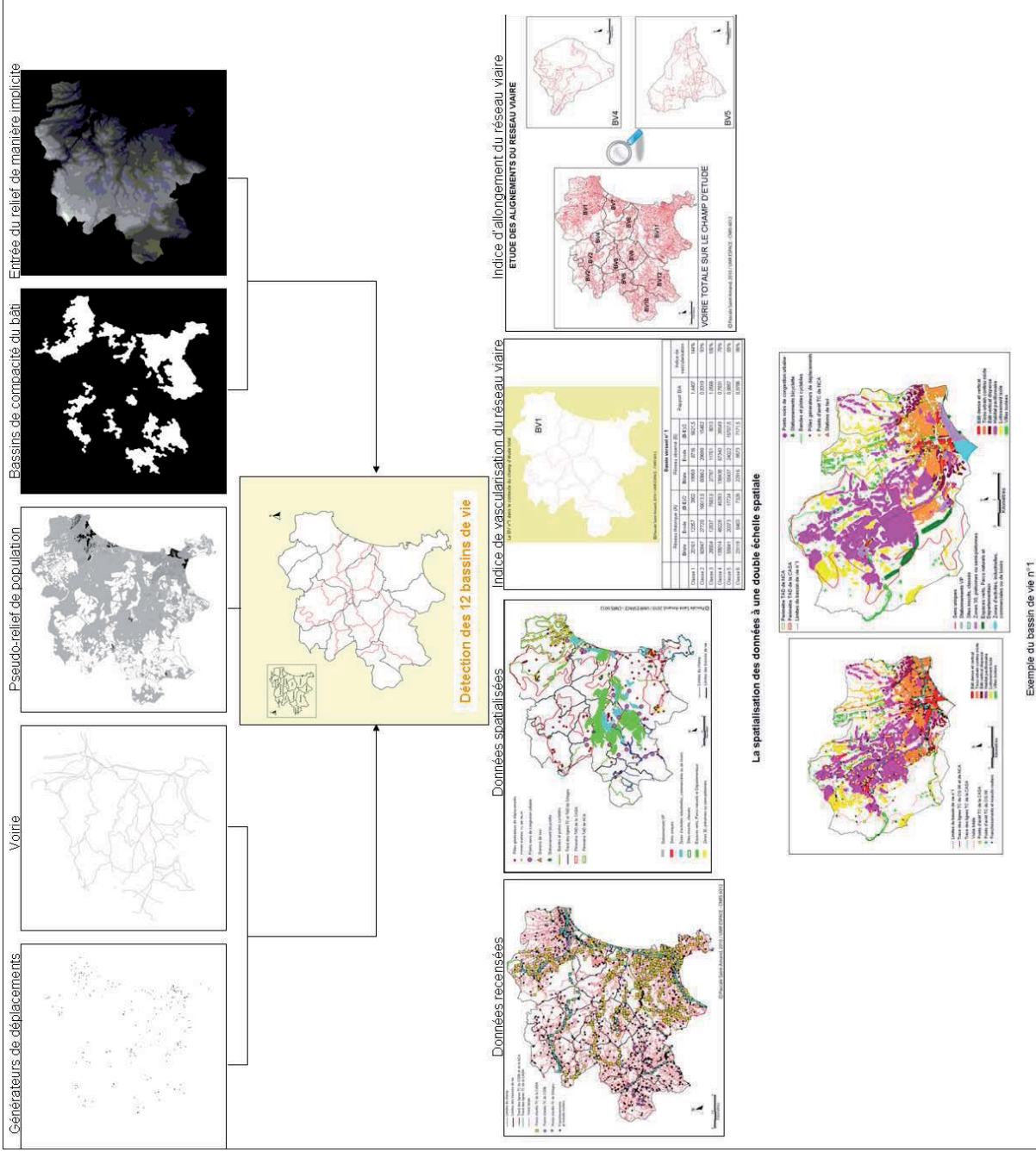
### Conclusion du chapitre 6 :

Le diagnostic mené sur la zone d'étude revêtait une double finalité. Il a d'abord permis de procéder à la régionalisation du champ en sous-systèmes territoriaux. Le système expert va être appliqué sur les 12 unités spatiales qui viennent d'être détectées.

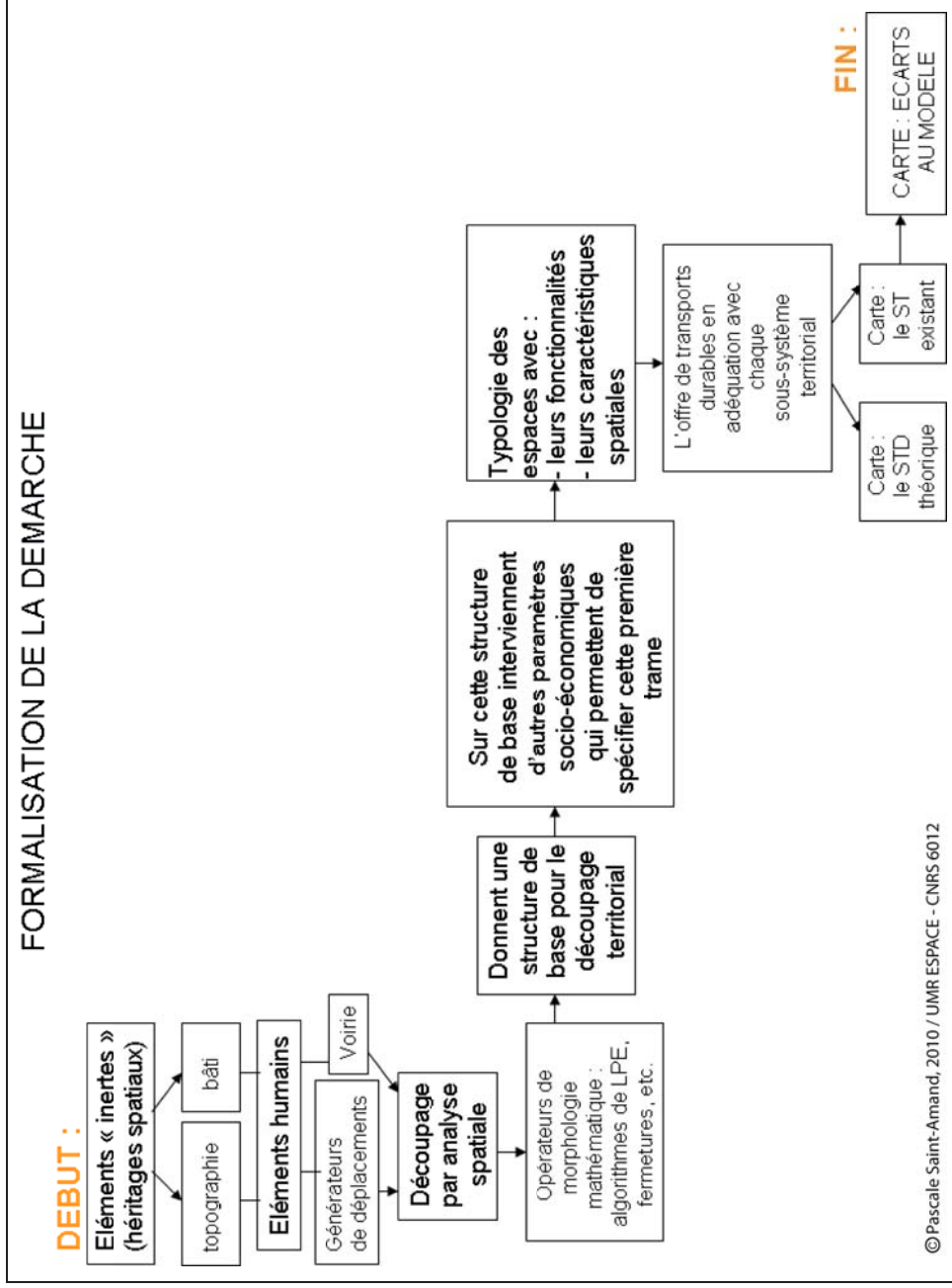
Dans un deuxième temps ce diagnostic s'inscrit comme une base de connaissances en entrée du raisonnement. La mise en regard des informations territoriales recueillies et construites et des déterminants spatiaux qui conditionnent l'usage des modes de transports va permettre de révéler les « possibles » en termes d'utilisation des transports durables sur le champ d'étude.



Fiche de synthèse du Chapitre 6 :



Une démarche reproductible :



STD : Système de transport durable  
ST : système de transport



## CHAPITRE 7 : L'INTÉGRATION DE LA MATÉRIALITÉ DE L'ESPACE AU CŒUR DU SYSTÈME EXPERT

*« Un système expert est un outil permettant de reproduire le raisonnement d'un expert ; le travail de ce dernier consistant à analyser un certain nombre de faits ou de données et à rendre un verdict ».*  
Maryse Guigo et al., *Gestion de l'environnement et systèmes experts.*

Ce chapitre se propose de présenter l'outil par l'intermédiaire duquel le degré d'adéquation entre l'aire d'étude et le système de transport va être évalué. La première section est consacrée à l'examen de la pertinence d'un tel outil, au sein d'une problématique particulière, dans laquelle l'espace est véritablement placé au centre de la réflexion. Après une présentation succincte des autres techniques de l'intelligence artificielle, le choix de l'outil est argumenté et justifié. En outre, il est précisé que les réponses issues du système expert doivent à la fois être replacées dans leur contexte spatial et faire l'objet d'analyses supplémentaires. La grande souplesse de l'outil est rappelée, notamment dans les possibilités de couplage offertes en amont et en aval de la modélisation raisonnement.

### **1. L'intérêt des systèmes expert en géographie et aménagement du territoire**

Le système expert est un outil issu de l'intelligence artificielle qui a pour objectifs de **modéliser un raisonnement et de produire une expertise dans un domaine précis**. Il a « pour caractéristiques de faciliter l'acquisition, la modification et la mise à jour des connaissances, mais aussi de produire des explications, c'est-à-dire préciser la façon dont les résultats sont obtenus » (Davoine, 1994).

À partir du moment où l'analyse à effectuer est structurable, les systèmes à base de connaissances permettent d'établir des diagnostics, des prévisions, des simulations, des planifications et mettent à la disposition des connaissances pour aider la décision.

Les intérêts des systèmes à base de connaissance sont multiples. Outils dits « évolutifs », ils autorisent l'enrichissement des connaissances en continu par l'implémentation de règles supplémentaires au fur et à mesure de l'acquisition des données par le modélisateur qui a aussi la possibilité de faire varier les paramètres de son modèle de raisonnement autant de fois qu'il le souhaite. En effet, une fois le raisonnement stocké dans le système, il appartient à l'utilisateur de valoriser son modèle de manière évolutive en y injectant de nouvelles connaissances. Ces possibilités sont notamment offertes par **les systèmes experts qui stockent le raisonnement indépendamment des règles de connaissances qui le**

**nourrissent**, ces dernières pouvant être enrichies et précisées tout au long du processus de modélisation.

Pour être traitées par un système expert, les données d'entrée, qui prennent la forme de règles de connaissances, doivent être formalisées et structurées. Il s'ensuit alors une modélisation du raisonnement cohérente, sans redondance ou lacune produisant des résultats comparables entre eux dans **un environnement totalement « transparent »**. En effet, le raisonnement ne demeure pas dans une boîte noire et peut être entièrement tracé grâce à la séparation des données et du système qui exploite ces informations : le moteur d'inférence. Il s'agit ici d'une caractéristique fondamentale des systèmes experts qui désagrègent la base de connaissances et le programme qui permet de la mobiliser (Pomerol, 1988).

Dans le domaine des transports et des déplacements, le foisonnement des travaux scientifiques suppose d'acquérir une pléthore de connaissances si l'on souhaite s'interroger sur une problématique et tenter d'y répondre en construisant une modélisation du raisonnement par l'intermédiaire d'un système à base de connaissances. Les systèmes experts offrent précisément les opportunités à la fois de capter, de structurer et d'explicitier la connaissance en vue de sa capitalisation et son utilisation. L'acquisition d'un grand volume de connaissances sous-tend, en effet, un ordonnancement minutieux et une structuration rigoureuse, c'est là où le système expert s'avère nécessaire et efficace.

Spécialiste des systèmes experts, Jean-Charles Pomerol énumère dans son ouvrage<sup>20</sup> les nombreuses tâches que peuvent effectuer de tels outils. Elles se déclinent de l'interprétation à la planification en passant par la simulation et la prévision concernant les volets prospectif et aide à la décision ; et de la maintenance à la conception en passant par le pilotage et le contrôle pour le volet aide technique. Plusieurs modes de raisonnement sont envisageables suivant l'objectif de l'analyse. Si le modèle final se veut exploratoire, l'étude doit s'effectuer en « chaînage avant » qui consiste à modéliser un raisonnement à partir de faits connus et d'observer *in fine* la ou les conclusions qui peuvent être tirées. Cette option sera retenue notamment pour les travaux de diagnostics. Inversement, le « chaînage arrière » cherche à démontrer la conclusion qui correspond à l'hypothèse qui a été posée, le système expert isole alors les conditions qui ont abouti à cette conclusion. Enfin, le « chaînage mixte » est une union des deux démarches précédentes : plusieurs faits observés conduisent à une conclusion qui va représenter l'hypothèse à confirmer. Ces trois possibilités renforcent d'une part l'idée de souplesse d'utilisation de ces outils et d'autre part démontrent que pour chaque objectif poursuivi, le système expert peut s'avérer efficace.

### **1.1. L'intérêt des systèmes experts par rapport aux autres techniques de l'intelligence artificielle**

D'autres techniques de l'intelligence artificielle sont apparues ces dernières décennies et coexistent, démontrant chacune apports et limites par rapport aux systèmes experts.

---

<sup>20</sup> POMEROL J.-C., 1988, *Les systèmes experts*, coll. Technologies de pointe, éd. Hermès, 63 pages.

Systèmes à base de connaissances tout comme les systèmes experts, les réseaux bayésiens sont issus de leur évolution (Naïm et *al.*, 2004). Ces derniers permettent d'introduire une probabilité d'occurrence en apportant un poids aux relations de cause à effet entre les variables, ce qui n'existe pas dans les systèmes experts où les relations ne sont pas quantifiées, il est néanmoins possible d'introduire des stratégies dans le raisonnement par l'introduction de contraintes, de hiérarchies et de pondérations sur les règles de connaissance. Les réseaux bayésiens s'attachent à modéliser la relation des variables par un graphe dont les chemins possibles sont pondérés par des statistiques conditionnelles. La règle de Bayes est la suivante : quelle est la probabilité que B arrive sachant A ? Cependant, cette intégration de probabilités rendant possible le traitement de données incertaines, engage deux inconvénients importants. L'un sur la mise en œuvre du modèle qui nécessite alors un coût de calcul élevé pour déterminer « une hypothèse optimale » dans « un cas général » ; l'autre découlant des probabilités elles-mêmes qui évacuent *de facto* tout concept intuitif (Lavoie, 2006). L'outil comprend une interface permettant de visualiser les relations entre les variables. Toutefois, du nombre important de données découlera une remise en question de la lisibilité du graphe. En effet, plus les données en entrée sont abondantes, plus le nombre de variables et de nœuds entre les variables est important et moins le graphe va se révéler lisible. À l'inverse, le système expert restitue l'ensemble des éléments inclus dans le raisonnement sous forme d'un réseau arborescent qui peut se révéler plus clair.

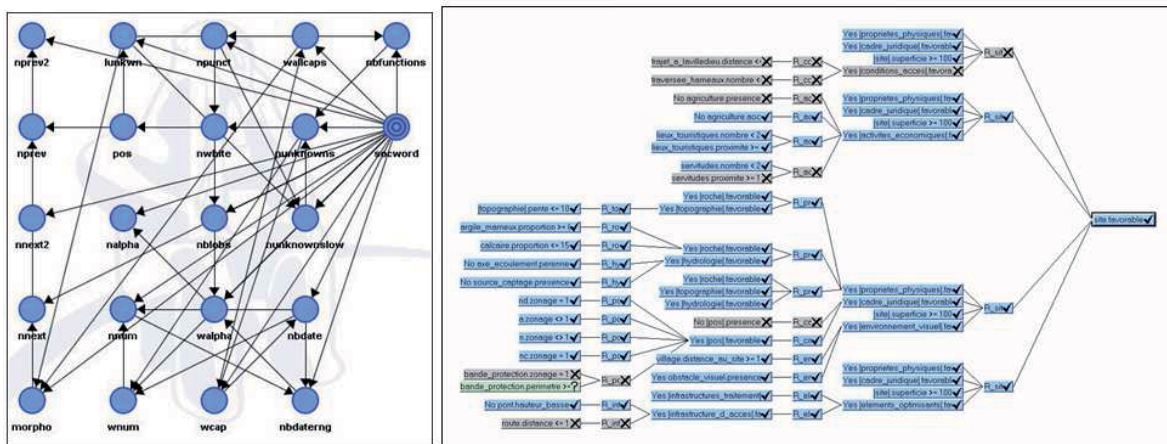


Figure 88 : Structure d'un réseau bayésien et arbre de connaissance d'un système expert<sup>21</sup>

Absents des systèmes experts, les algorithmes d'apprentissage offerts par les réseaux bayésiens ou neuronaux permettent de combler les connaissances lacunaires. Le réseau « apprend » et se sert de ses connaissances pour résoudre le problème. Néanmoins, la

<sup>21</sup> Le réseau bayésien est tiré d'une étude effectuée par un cabinet de consulting [www.pmelot.com](http://www.pmelot.com), l'arbre de décision est tiré de l'article : VOIRON-CANICIO Ch., DUBUS N., MAIGNANT G., BASSE R.-M., DUTOZIA J., SAINT-AMAND P., SEVENET M., PERRIN N., 2007, « L'imbrication des territoires et ses conséquences sur la gestion et la prospective territoriale », in *Actes du XLIII<sup>e</sup> Colloque de l'ASRDLF Les dynamiques territoriales : débats et enjeux des différentes approches disciplinaires*, Grenoble-Chambéry 11,12,13 juillet 2007, 16 pages.

souplesse d'implémentation de la connaissance dans les systèmes experts et l'enrichissement en continu des bases de données – sans remettre en cause l'intégrité du modèle – pallient efficacement ces manques.

Cette souplesse est d'ailleurs l'une des raisons pour laquelle le système expert a été privilégié dans cette recherche. On va le voir au cours de ce chapitre, les bases de connaissances injectées dans le modèle proviennent à la fois d'une recherche bibliographique approfondie, mais aussi et surtout de « **dires d'experts** ». Il apparaissait plus que périlleux de traduire un discours d'expert en règle contenant une probabilité, la difficulté de quantifier un « ressenti » étant plus que complexe.

Si elles diffèrent largement les unes des autres, *in fine* ces techniques de l'intelligence artificielle se révèlent être les meilleurs outils pour traiter, analyser et modéliser un problème complexe ; et à l'instar des réseaux bayésiens et neuronaux, les systèmes experts permettent de produire à la fois de l'expertise et des données.

Toutefois, certaines limites peuvent apparaître. Comme le souligne Giovanni Fusco, « les techniques d'intelligence artificielle sont les plus intéressantes dans les applications de découverte de connaissance mais elles sont très gourmandes en données »<sup>22</sup>. D'autre part, que ce soient les réseaux bayésiens, les systèmes experts ou les réseaux neuronaux, aucune de ces techniques n'aborde directement l'interaction spatiale comme c'est le cas avec les automates cellulaires ou les systèmes multi-agents. Il ne s'agit pas d'outils spécifiquement géographiques ; ce sont des techniques nées dans d'autres disciplines comme la médecine, les mathématiques ou la chimie qui peuvent aider à l'acquisition de connaissance en analyse spatiale et en aménagement du territoire. Et **c'est en couplant ces techniques de l'intelligence artificielle avec des outils de l'analyse spatiale** que le géographe peut alors spatialiser ses résultats et introduire les solutions issues du modèle de raisonnement dans le contexte spatial du territoire qu'il étudie.

## 1.2. L'origine des systèmes experts

L'expression « intelligence artificielle<sup>23</sup> » naît en 1956 aux États-Unis grâce au mathématicien John Mac Carthy et c'est en 1963 qu'Edward Feigenbaum, chercheur à l'Université de Standford, émet l'hypothèse que l'intelligence repose sur le stockage de grandes quantités de connaissances<sup>24</sup>. Il se propose donc de mettre en œuvre un outil informatique capable de

---

<sup>22</sup> Séminaire des Master II Recherche « Structures et Dynamiques Spatiales » et Professionnel « Image, Multimédia & Sciences Territoriales » : La géoprospective : démarche, modèles et applications en aménagement du territoire, Décembre 2008, Université de Nice-Sophia Antipolis.

<sup>23</sup> Le mot anglais « intelligence » peut être traduit en français par « intelligence » mais aussi par « connaissance ».

<sup>24</sup> On peut alors se demander si l'intelligence relève d'un simple stockage d'informations ou de la rapidité de traitement de ces dernières ou si l'intelligence est autre chose de plus subtil et de plus complexe que cela. Certains auteurs, Elaine Rich notamment, qualifient l'intelligence artificielle comme un « *domaine qui étudie comment faire exécuter à l'ordinateur des tâches pour lesquelles l'homme est aujourd'hui encore le meilleur* » (Rich, 1987). André Karchoud évoque l'intelligence artificielle comme « *un raisonnement produit par les ordinateurs mais pour lesquels il n'existe pas d'algorithmes vraiment satisfaisants* » (Karchoud, 1989).

modéliser le raisonnement humain : le premier système expert est né. Issu d'une collaboration pluridisciplinaire entre deux informaticiens, un médecin et un chimiste, DENDRAL est mis au point en 1965 et se propose d'identifier les différents composants chimiques des matériaux. On teste ensuite l'aptitude d'un système expert à produire des diagnostics, puisque capables de traiter une grande capacité d'informations et d'en déduire des solutions. La médecine s'attribue alors l'outil et les méthodes, puis invente un langage : MYCIN, encore utilisé de nos jours. L'usage des systèmes experts s'étend ensuite à beaucoup d'autres disciplines et applications comme par exemple la recherche de sites probables de gisements de pétrole (PROSPECTOR) et avec l'apparition de logiciels générateurs qui s'affranchissent de toute la partie programmation, tels que Smart Elements, les expérimentations foisonnent ; et ce dans des domaines très différents les uns des autres comme par exemple le diagnostic de panne de matériel informatique ou de réseaux de métro.

Très largement mobilisés, les systèmes experts connaissent un essor important dans les années 1970 : ce sont les seuls outils capables de stocker de l'information et de l'exploiter, puis essuient un revers sérieux au cours des années 1980 et 1990, cantonnés au rang d'outils de gestion de bases de données et non comme de véritables modèles de raisonnement. Le hiatus observé dans la bibliographie scientifique en atteste. Puis, avec l'apparition des SQL (Langage de données structurées) et des SGBR (Systèmes de gestion de bases de données), les systèmes experts ont alors été pratiquement abandonnés. L'intelligence artificielle est représentée aujourd'hui majoritairement par les réseaux bayésiens ou de neurones, et plus récemment par les algorithmes génétiques<sup>25</sup>.

Au cours des années 1990, les systèmes experts font leur apparition dans des domaines d'utilisation comme la géographie, la gestion de l'espace et l'aménagement du territoire, sous l'impulsion de l'équipe de chercheurs de Maryse Guigo et Maryvonne Le Berre<sup>26</sup> qui voit dans les potentiels qu'ils offrent de grandes perspectives de travail, notamment dans le domaine de l'environnement en s'appuyant sur leur capacité à prévoir les impacts éventuels d'implantation de structures et d'infrastructures sur un territoire ou encore de produire des diagnostics et des scénarii d'aménagement. Le volet d'aide à la connaissance et à la décision est désormais largement mis en relief. Toute une série de modèles voient le jour dans des domaines géographiques très variés où les systèmes experts s'avèrent très efficaces pour modéliser et simuler des situations complexes.

---

<sup>25</sup> Utilisés notamment par Rémy Chevrier dans la recherche de cheminements optimaux pour les dessertes de TAD.

<sup>26</sup> Université de Grenoble.



Modèles	Applications	Domaine
ELSA (Université de Grenoble)	Aide à la prévention des avalanches et aux choix de techniques de protection à partir de l'analyse des sites avalancheux	Géographie du risque
EXPERTGRAPH (École des Mines de Sophia Antipolis)	Couplé à un SIG, il permet de suivre en temps réel les incendies de forêt et de produire des cartes de niveaux de risque, en fonction de plusieurs paramètres : météorologie, type de végétation, niveau hygrométrique, vitesse du vent, <i>etc.</i>	Géographie du risque
HYDROLAB <sup>27</sup> (fruit d'un partenariat entre la Société européenne des géocogniticiens basée à Valbonne et le Comité interafricain d'études hydrauliques, Ouagadougou, Burkina Faso)	Aide à l'implantation de site de forage à partir de données géomorphologiques	Géographie physique
GALATÉE <sup>28</sup> (Université de Grenoble)	Gestion spatiale de l'assainissement d'une commune	Aménagement du territoire
BAOBAB (Université de Grenoble)	Aide à la gestion de l'eau en milieu sahélien et préconisations de solutions d'aménagements hydrauliques au Burkina Faso selon les ressources et les besoins en eau de chaque village	Aménagement du territoire
MERIS (Université de Grenoble)	Aide à la prévention des incendies de forêts	Géographie du risque
EXPERTOUR (Université de Grenoble)	Aide à la valorisation des ressources touristiques	Aménagement du territoire
NEXPERT DEC (Université de Grenoble)	Aide à l'implantation d'un site de traitement des déchets sur un ensemble de communes	Aménagement du territoire

**Tableau 11 : Les modèles réalisés sous système expert en géographie et disciplines connexes**

La géographie est une discipline de la complexité, l'intelligence artificielle est donc une méthode tout à fait adaptée dans ce cadre puisqu' « elle permet d'entrer dans le paradigme de la complexité » (Chamussy, 2009).<sup>29</sup> Par ailleurs, la confrontation à des problèmes du monde réel, constante en géographie, oblige à utiliser des données :

- mesurables formellement ou sous forme de probabilités ;
- issues d'avis d'experts, ou subjectives et donc discutables sur le plan sémantique.

<sup>27</sup> ELSA, EXPERTGRAPH et HYDROLAB sont antérieurs aux travaux de Maryse Guigo et Maryvonne Le Berre.

<sup>28</sup> Le prolongement de ce modèle se nomme Antinéa, l'équipe de Maryse Guigo utilise une formalisation orientée-objets développée dans le chapitre suivant.

<sup>29</sup> Séminaire des Master II Recherche « Structures et Dynamiques Spatiales » et « Systèmes Territoriaux, Développement Durable, Aide à la Décision » : *Systèmes à base de connaissances et aide à la décision dans la gestion de l'environnement*, Janvier 2009, Université de Grenoble Joseph Fourier.

Il est alors nécessaire de bâtir un pont entre la logique floue<sup>30</sup> de la connaissance humaine et la logique programmée de l'ordinateur. Les systèmes experts permettent précisément de tenir compte à la fois de variables quantitatives et qualitatives pour établir la base de connaissances et de structurer le savoir de façon logique.

### 1.3. Intérêts du système expert dans cette recherche

Cet outil est très intéressant dans le cadre de cette problématique et ce à plusieurs titres. La multiplicité des interactions entre les variables des deux systèmes pour lesquels une adéquation est recherchée va engendrer une complexité qu'il sera plus aisé d'appréhender en posant un raisonnement complet sur un graphe conceptuel. L'utilisation d'un système expert impose précisément une modélisation conceptuelle à plusieurs étapes de l'analyse.

Par ailleurs, l'acquisition des règles nécessaires à la modélisation du raisonnement permettra en quelque sorte de synthétiser les connaissances dans le domaine des déplacements mises en relief par de nombreux chercheurs. Cette étape d'acquisition engage en effet une capitalisation des connaissances sur le domaine considéré extrêmement vaste et rigoureuse. Elle permet de faire le point sur les recherches menées, d'en repérer les idées forces et les paradigmes afin de nourrir le raisonnement de bases robustes et actuelles. Elle implique aussi de s'interroger sur les connaissances implicites, incomplètes ou approximatives et exige la mise en cohérence et la structuration des informations acquises.

Dans le contexte de la problématique énoncée, cette étape fondamentale a nécessité de recenser les caractéristiques spatiales et territoriales requises pour l'utilisation potentielle d'un mode de transport. En effet, dans cette recherche, le système expert est mobilisé pour mettre en relation les caractéristiques du territoire avec les éléments spatiaux et urbains qui conditionnent l'utilisation – ou non – des différents modes de transports. Le modèle de raisonnement va être mobilisé pour mesurer la propension du système territorial dans sa structure spatiale et morphologique à nouer des interrelations fortes avec les composantes du système de transports. Pour chaque unité spatiale considérée, le système expert va **énoncer des verdicts** quand à l'utilisation potentielle de chaque mode de transport. À partir de ces verdicts, il conviendra d'évaluer **le degré d'adéquation entre le système territorial étudié et le système de transport actuel** ; et de fournir, dans un deuxième temps, des informations capitales aux décideurs concernant la marge de manœuvre dont ils disposent pour mettre en œuvre des initiatives en matière de mobilité durable sur le territoire.

Les possibilités de couplage *ante* et *post* modélisation offertes par le système expert vont concourir à dérouler une démarche d'aide à la décision à destination des décideurs.

---

<sup>30</sup> Spécialiste de la logique floue, Sophie de Ruffray, Professeure à l'Université de Rennes, a beaucoup travaillé sur ce sujet.



Enrichi par toutes les règles de connaissance qui ont été injectées dans le modèle, le système expert se propose de transmettre aux décideurs des solutions en matière de mobilité durable sur lesquelles ils pourront trancher en toute connaissance de cause puisque le raisonnement est transparent – cette transparence impose d'ailleurs au modélisateur de justifier parfaitement tous ces choix. En effet, les résultats issus des systèmes à base de connaissances permettent aux décideurs de « *visualiser un nombre conséquent de scenarii dans une transparence du cheminement intellectuel mené* » (Dubus, 1994). Le système expert offre en outre la possibilité d'établir des corrélations entre des éléments d'une ou plusieurs bases de connaissance dans ce même but de prise de décision. Le terme de système d'aide à la connaissance est alors tout à fait adapté dans ce cadre.

## 2. Les étapes de travail sous système expert<sup>31</sup>

### *Les étapes ante raisonnement :*

Absolument fondamentales, ces étapes regroupent le travail engagé dans le cadre d'une modélisation du raisonnement sous système expert et consistent à poser à la fois les idées et réflexions ainsi que tous les enchaînements de l'analyse sur des graphes conceptuels. Ces derniers invitent à asseoir tous les concepts mobilisés et à justifier tous les choix et arbitrages effectués au cours de l'analyse tant sur les éléments identifiés comme partie prenante de la connaissance que sur les liens qui les unissent.

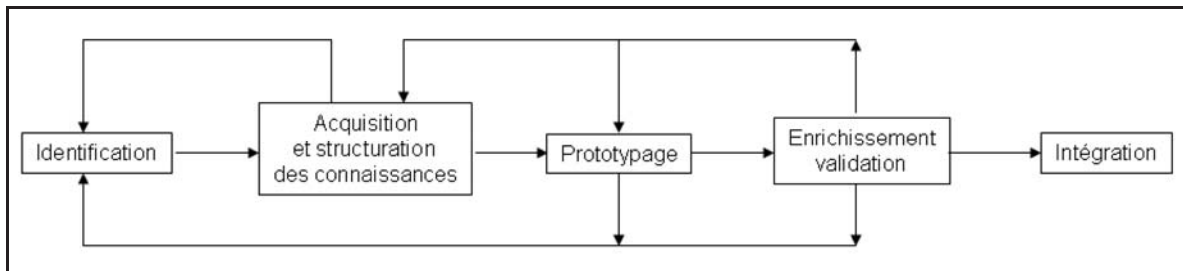


Figure 89 : L'enchaînement des étapes de travail sous système expert  
(Pomerol, 1988)

<sup>31</sup> Ces étapes de travail ont été mises en œuvre par les spécialistes des systèmes experts :

- DUBUS N., 1994, *Développement d'un système expert dans le processus de planification des ressources en eau au Burkina Faso*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 379 pages ;
- GUIGO M., DAVOINE P.-A., DUBUS N., GUARNIÉRI F., RICHARD B., BAILLY B., 1995, *Gestion de l'environnement et systèmes experts*, éd. Masson, coll. Géographie, 181 pages ;
- POMEROL J.-C., 1988, *Les systèmes experts*, éd. Hermès, coll. Technologies de pointe, 63 pages

et se déclinent dans cette thèse au cours des chapitres 7, 8 et 9.

## 2.1. Identification de la tâche à accomplir par le système expert

Cette étape consiste à énoncer précisément les tâches qui vont être effectuées par le système expert. Elle suppose donc que soient identifiés dans le même temps les moyens humains et matériels mis à disposition pour accomplir ce travail, les acteurs concernés, les buts finaux ainsi que les utilisateurs du système ; et invite en conséquence le modélisateur à réfléchir longuement aux questions auxquelles il souhaite voir répondre le modèle.

Dans cette thèse, l'objectif premier est de rechercher une adéquation entre les caractéristiques de l'espace récepteur du système de transport et les éléments concourant à une utilisation forte des modes de transports durables. La tâche à accomplir par le système expert est de proposer des solutions de mobilité durables et efficaces par rapport à l'espace traversé. Cela revient à **déterminer le mode de transport le plus performant compte tenu des caractéristiques du territoire sur lequel l'utilisateur chemine.**

### 2.1.1. Les objectifs de la modélisation sous système expert

Dans cette recherche doctorale, l'un des objectifs majeurs est de **mettre en relation un système territorial avec un système de transport pour tendre vers une mobilité qui soit en accord avec les principes du développement durable.** Cette mise en relation ne pourra avoir lieu sans une phase d'identification des éléments majeurs de chacun des deux systèmes et sans un croisement des connaissances acquises sur ces deux systèmes.

La base de connaissances concernant le territoire récepteur a été construite au travers d'une connaissance terrain accrue<sup>32</sup>, du diagnostic spatial et du recensement des données présentés au chapitre précédent ainsi que des dires d'experts glanés au cours d'entretiens ou apparaissant plus formellement dans des documents et rapports d'étude. Cette somme d'informations représente le **diagnostic territorial**, c'est-à-dire la connaissance terrain qui sera mise en relation avec les éléments spatiaux et urbains influençant l'utilisation des modes de transports (figure 90).

---

<sup>32</sup> Cette connaissance est peu formalisable mais demeure néanmoins fondamentale. Elle est issue d'une pratique quotidienne du terrain depuis plusieurs années et permet donc de percevoir en détails le fonctionnement général du territoire.

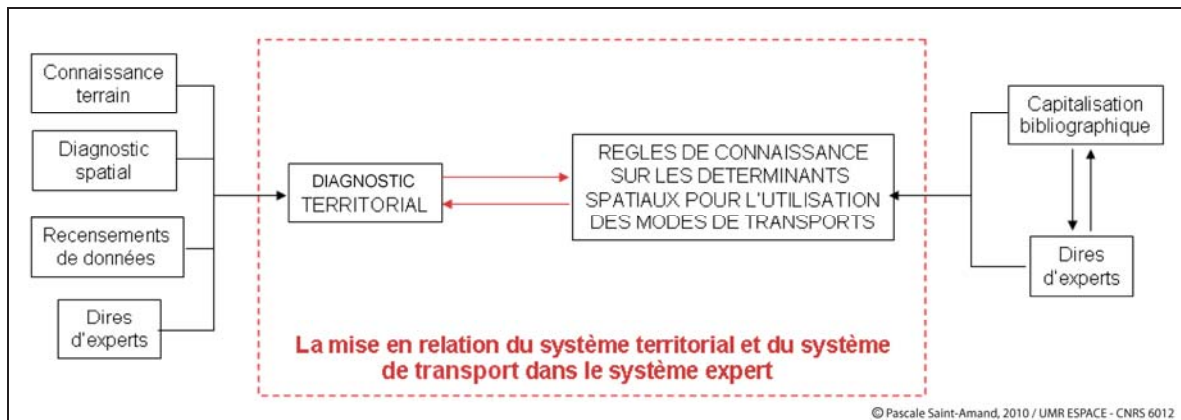


Figure 90 : À la recherche d'une adéquation entre système territorial et système de transport

Le but recherché étant d'évaluer les interrelations possibles entre système territorial et système de transport afin de tendre vers une adéquation entre ces deux systèmes. Le raisonnement du système expert va permettre dans un premier temps de mesurer la propension du territoire dans sa structure spatiale et morphologique à entretenir des relations optimales avec le système de transport et ainsi de répondre aux besoins exprimés par le territoire. L'hypothèse étant qu'une mobilité durable s'atteint notamment par ce biais.

La complexité de ces objectifs requiert la multi-expertise offerte par les modélisations du raisonnement avec système expert.

### 2.1.2. Les suites à donner à cette modélisation

Le système expert sera tout autant utilisé à des fins prospectives que celles de l'aide à la décision en effectuant plusieurs simulations. Il s'agit d'introduire dans le raisonnement le « champ des possibles » et d'observer comment le système territorial répond lorsqu'on modifie la donnée au niveau de l'offre de transports durables.

La modélisation va permettre d'appréhender les solutions de déplacement *ad hoc* selon l'espace considéré. En d'autres termes, le système expert va proposer un ou plusieurs modes de transport **qu'il évalue adéquats** selon les spécificités de l'espace sur lequel il s'exerce. Il s'agira ensuite de prendre en compte ces solutions et de les hiérarchiser selon les considérations qui prévalent.

Par exemple, le système expert préconise que c'est l'automobile qui est le mode le plus adapté sur l'espace X, puis en seconde option le bus. Les deux solutions sont prises en compte et consignées, puis dans un deuxième temps une réflexion sera engagée : si les solutions sont examinées selon des considérations de budget temps de transport (BTT), par exemple, la première option sera préférentiellement retenue. Mais ces décisions ne sauraient être prises sans l'intervention des gestionnaires du territoire. Il leur incombe la tâche de relier les

réponses offertes par le système expert à leurs besoins, leurs marges de manœuvre et leur *desiderata*.

C'est en engageant un dialogue sur les résultats obtenus avec les décideurs que seront établies de véritables réflexions sur les politiques d'encouragement qui doivent être menées. L'analyse conduite dans le cadre de la thèse détectera les types de solutions de transports permises par la configuration spatiale du territoire récepteur, la détermination des « possibles » sera menée de concours avec les gestionnaires (cf. chapitre 10).

## 2.2. Acquisition et structuration des connaissances

*« La mise en œuvre d'un système expert suppose l'acquisition d'une somme de « savoir » en amont d'une quelconque modélisation. »*

Maryse Guigo et *al.*, Gestion de l'environnement et systèmes experts.

L'une des caractéristiques premières des systèmes experts réside d'une part dans leur capacité à **organiser les connaissances en vue de leur modélisation**, et d'autre part à établir des corrélations entre des éléments d'une ou plusieurs bases de connaissance dans un but de prise de décision.

L'analyse conduite par le système expert intervient *de facto* après la phase de diagnostic car c'est en partie ce dernier qui alimente la base de connaissances nécessaire aux modélisations.

Dans cette recherche, la connaissance introduite dans l'analyse est issue (figure 92) :

- du diagnostic territorial comportant les données acquises, recensées et spatialisées sur la configuration spatiale et morphologique du territoire et sur le contexte urbain du champ d'étude (cf. chapitre 6) ; diagnostic imbriquant sans cesse éléments territoriaux et éléments relatif au système de transport ;
- d'une analyse conduite sur la configuration actuelle des déplacements tirée de l'enquête-ménages de la métropole azuréeenne ;
- d'une synthèse des connaissances scientifiques effectuée à partir de la capitalisation bibliographique des déterminants spatiaux à l'origine des potentiels d'utilisation des modes de transport. Synthèse validée dans un deuxième temps par les dires d'experts.

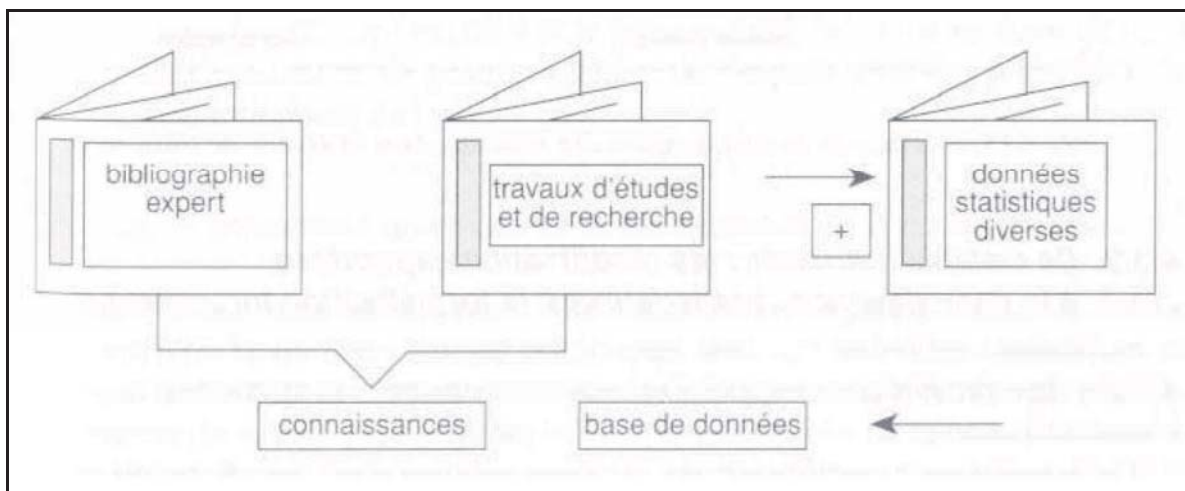
Ce dernier volet nécessite plusieurs précisions :

Les connaissances sur les déterminants spatiaux d'utilisation des modes de transport proviennent de plusieurs sources. Elles sont issues en premier lieu d'un long travail de

synthèse bibliographique de la littérature scientifique francophone et anglo-saxonne, des rapports d'expertise des organismes d'état (PREDIT, Ministère des transports et de l'équipement, CERTU, CETE, *etc.*) et enfin de bases de données européennes de mutualisation des expériences telles que SMILE ou Energie-cities. Cette synthèse a permis de nourrir la base et de rassembler les connaissances actuelles sur les déterminants spatiaux des modes de transports. Elle est effectuée afin de satisfaire deux objectifs majeurs :

- connaître les déterminants et leur rôle respectif dans les choix modaux des usagers ;
- établir des stratégies de raisonnement sur les règles de connaissances (cf. chapitre 8).

La figure 91 présente les différents types d'informations qui peuvent être mobilisés à des fins de modélisation à l'aide de systèmes à base de connaissances :



**Figure 91 : Acquisition des connaissances**  
(Guigo *et al.*, 1995)





Lors de la collecte des règles, un classement a été effectué selon trois sphères apparues comme essentielles pour répondre aux hypothèses et entrer dans le raisonnement du système expert : la sphère de la configuration spatiale du territoire, la sphère de la configuration des déplacements actuels sur le territoire et enfin la sphère propre au déplacement : les critères endogènes. Ces derniers incarnent les règles obligatoires qui doivent être réunies et satisfaites pour décréter adéquate ou non l'utilisation du mode considéré sur le territoire.

Utilisation de la marche à pied	
Déterminants	Références
Critères endogènes	
Déplacement de courte durée (80% < 15 min)	Mignot, 2001; Von Der Mühl, 2004; INSEE, 2002
Déplacement compris entre quelques dizaines de mètres et 2km	Owens, 1993; Handy, 1996; Houot, 2004
Déplacement sans bagages	Genre-Grandpierre, Foltête, 2003
Critère de l'âge	Houot, 2004; INSEE, 2002
Critères exogènes	
Déplacement diurne	INSEE, 2002
Absence / présence d'une circulation automobile dense	Piombini, Flitti, 2003; Hine, 1996
Absence / présence d'espaces verts	Houot, 2004; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003; Piombini, Flitti, 2003
Réseau viaire bien maillé	Houot, 2004; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003
Absence / présence de coupures urbaines	Handy, 1996; Bonanomi, 1990
Fragmentation de l'occupation du sol	Héran, 1999; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003; Vernez-Moudon et al., 1997; Pushkarev, Zupan, 1975
Fort potentiel d'accessibilité / forte perméabilité urbaine	Noël, 2003; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003; Piombini, 2006
Franchissement d'infrastructure autoroutière	Bonanomi, 1990; Noël, 2003
Absence / présence d'aménagements piétons	Owens, 1994; Handy, 1996; Houot, 2004; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003; Piombini, 2006
Qualité de l'environnement construit	Handy, 1996; Carré, Julien, 2000; Piombini, Flitti, 2003
Absence / présence de commerces	Owens, 1993; Handy, 1996
Commerces et services ayant un accès direct à la rue	Owens, 1994; Handy, 1996; Noël, 2003; Houot, 2004; Piombini, 2006
Grande mixité des fonctions commerciales et résidentielles	Noël, 2003; Owens, 1993; Genre-Grandpierre, Foltête, 2003; INSEE, 2002
Quartiers centraux	Noël, 2003; Owens, 2003
Niveau de pollution sonore ou atmosphérique	Owens, 1993; Piombini, 2006
Revenus du ménage	Vernez-Moudon et al., 1997; Pushkarev, Zupan, 1975
Taux de motorisation du ménage	Houot, 2004
Densités urbaines fortes	Handy, 1996; Noël, 2003; Houot, 2004; Vernez-Moudon et al., 1997; Pushkarev, Zupan, 1975; Newman, Kenworthy, 1992; Anderson, 1996
Fortes densités de population	Vernez-Moudon et al., 1997; Pushkarev, Zupan, 1975
Recherche du chemin le plus court et le plus direct	Piombini, 2006
Perception du danger	Owens, 1993; Piombini, 2006

**Tableau 12 : Les déterminants de l'utilisation de la marche à pied avec références bibliographiques<sup>33</sup>**

Ces tableaux de synthèse ont été construits pour chaque mode de transport ainsi que pour les pratiques de mobilité durable qui leur sont associées (tableau 13). Cependant, certains choix se sont imposés et méritent d'être justifiés.

La pratique de multimodalité a finalement été évacuée de l'analyse, considérant qu'à partir du moment où le système expert déclenche la possibilité à chacun des modes d'entretenir des interrelations satisfaisantes avec le système territorial, il était redondant de produire une analyse supplémentaire ; la multimodalité étant la résultante d'une association de différents modes.

<sup>33</sup> Tous les autres tableaux de règles figurent en annexe 7.

MODES	PRATIQUES
Marche à pied	Bus pédestre
Bicyclette	Bus cycliste
Bus	Intermodalité
	Usage des parcs-relais
Automobile	Autopartage
	Autosolisme
	Covoiturage sur route / autoroute
Transports à la demande	
Multimodalité	
	Partage des temps
	PDE / PDA / PDES

**Tableau 13 : Connaissances acquises pour les modes et les pratiques qui leurs sont associées**

Il en est de même concernant les pratiques. L'autosolisme, c'est-à-dire le fait d'emprunter seul un véhicule particulier pour effectuer un déplacement, revient à analyser la possibilité d'utiliser ou non l'automobile, cette pratique n'apparaît donc pas dans la modélisation.

Par ailleurs, le partage des temps ainsi que la mise en place de PDE, PDA et PDES<sup>34</sup> relèvent d'impulsion émanant d'autres sphères que celle de la démarche individuelle. Une structure organisationnelle s'avère obligatoire pour mettre en œuvre ces différentes pratiques, à ce titre, elles ont donc été soustraites de l'analyse.

D'autres informations de natures différentes sont venues compléter les bases initiales, certaines notions devant être précisées, explicitées ou complétées : l'étape d'acquisition et de structuration se révèle très mouvante et extrêmement frugale en concepts.

CONNAISSANCES COMPLEMENTAIRES ACQUISES		
Rayonnement du mode autour de son point d'arrêt		Références
Bus	300 m	Stambouli, 2007; CASA, 2008
Tramway	400 m	Atelier Parisien d'Urbanisme, 2006
Métro	500 m	Atelier Parisien d'Urbanisme, 2006
RER	600 m	Atelier Parisien d'Urbanisme, 2006
Nombre maximum de modes par chaîne de déplacement	2	Piombini, 2006
Temps maximal d'attente du bus à l'arrêt	20 % du temps total de déplacement	Hoogendoorn, Hoogendoorn-Lanser, 2001; Vleugels, Verbruggen, 2005
Temps maximal de marche à pied pour atteindre un arrêt de bus	10 minutes	Vleugels, Verbruggen, 2005
Budget temps de déplacement des ménages	environ 1 heure / jour	Bavoux et al., 2005; Joly, 2004; Zahavi, 1974
Budget des ménages consacré aux déplacements	10 à 15 % du budget total	Allaire, 2006

**Tableau 14 : L'acquisition d'informations complémentaires<sup>35</sup>**

<sup>34</sup> PDA : Plan de Déplacements des Administrations ;

PDE : Plan de Déplacements Entreprise ;

PDES : Plan de Déplacements Etablissement Scolaire.

<sup>35</sup> Les durées sont bien entendu à relativiser en cas de trajets en modes de transports lourds tels que train, TGV et avions (cf. Chapelon, 2003).

La synthèse de cette somme de connaissances a donné lieu à l'élaboration d'une base de données conséquente à destination des experts en déplacements-transports : le système expert se nourrit de données issues de plusieurs sources mais ne saurait s'affranchir des précieux « dires d'experts » qui ont pour vocation de valider les connaissances qui vont être introduites dans le moteur d'inférence.

Des entretiens informels avec les experts de l'ADEME, de la CASA, d'associations d'utilisateurs sont ainsi menés tout au long du processus de modélisation du raisonnement. Ces acteurs appartiennent à différents horizons de manière à valider les bases de connaissances selon un consensus très large.

Les experts déplacements-transports de la CASA interviennent à trois moments forts du processus : en phase d'acquisition des connaissances, lors de la validation du raisonnement avant la modélisation et enfin en aval du modèle pour une validation ultime des résultats.

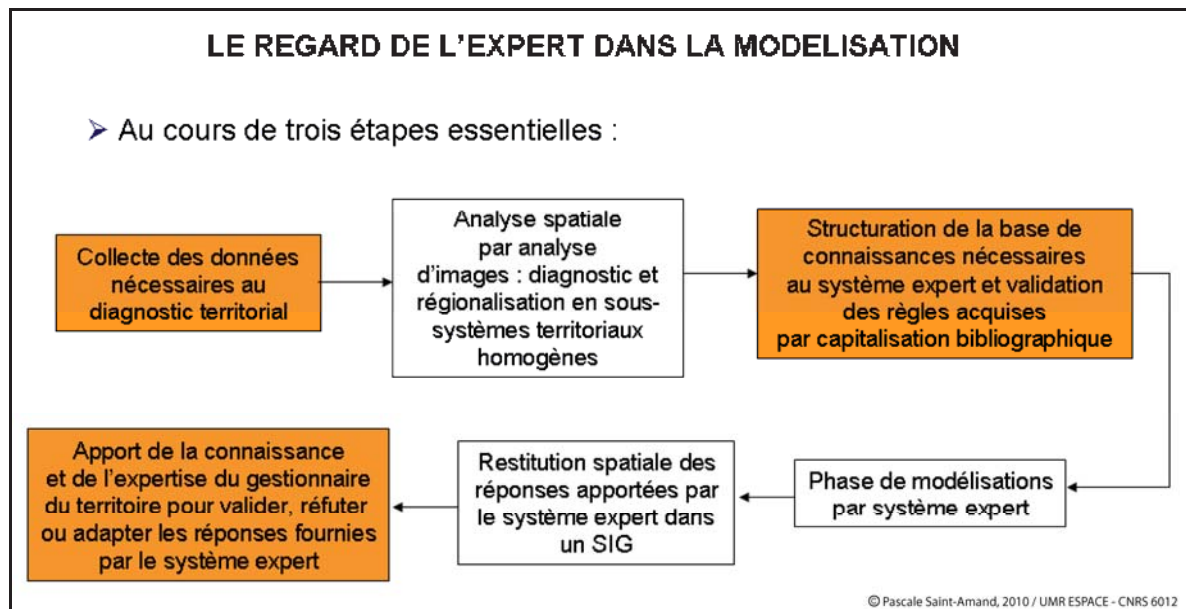


Figure 93 : Acquisition et validation : l'intervention des experts est essentielle

En amont des analyses, Jean-Charles Pomerol invite le modélisateur à se poser deux questions indispensables :

- la base de connaissances est-elle complète ?
- la base de connaissance est-elle cohérente ?

Il n'y a pas de moyen automatique ou informatique pour répondre à ces interrogations, il appartient à l'utilisateur de soumettre l'entièreté de son expertise au regard des spécialistes (Pomerol, 1988). Cette démarche suppose que toute subjectivité soit écartée ou alors que les choix établis soient rigoureusement justifiés.

Étape extrêmement chronovore, l'acquisition des connaissances prend fin définitivement lorsque s'achève la modélisation elle-même. Elle nécessite des partenariats solides car de constants allers-retours s'effectuent avec les experts au fur et à mesure du processus. Elle se précise d'autant plus après l'étape de modélisation conceptuelle qui vient spécifier les contours de l'expertise.

### 2.3. La modélisation conceptuelle

Comme cela a été précisé en début de chapitre, modéliser le raisonnement par l'intermédiaire d'un système expert engage à formuler l'expertise sous forme de graphes conceptuels ; et de la qualité du modèle dépend largement celle du système (Pomerol, 1988).

À l'enchaînement mis en œuvre par Jean-Charles Pomerol (figure 89), s'ajoutent deux étapes supplémentaires : le modèle conceptuel et la formalisation orientée-objets. Elles ont pour vocation d'asseoir une nouvelle fois la démarche intellectuelle, de repréciser les concepts encore flous et enfin d'acquiescer de nouvelles notions si elles avaient été omises.

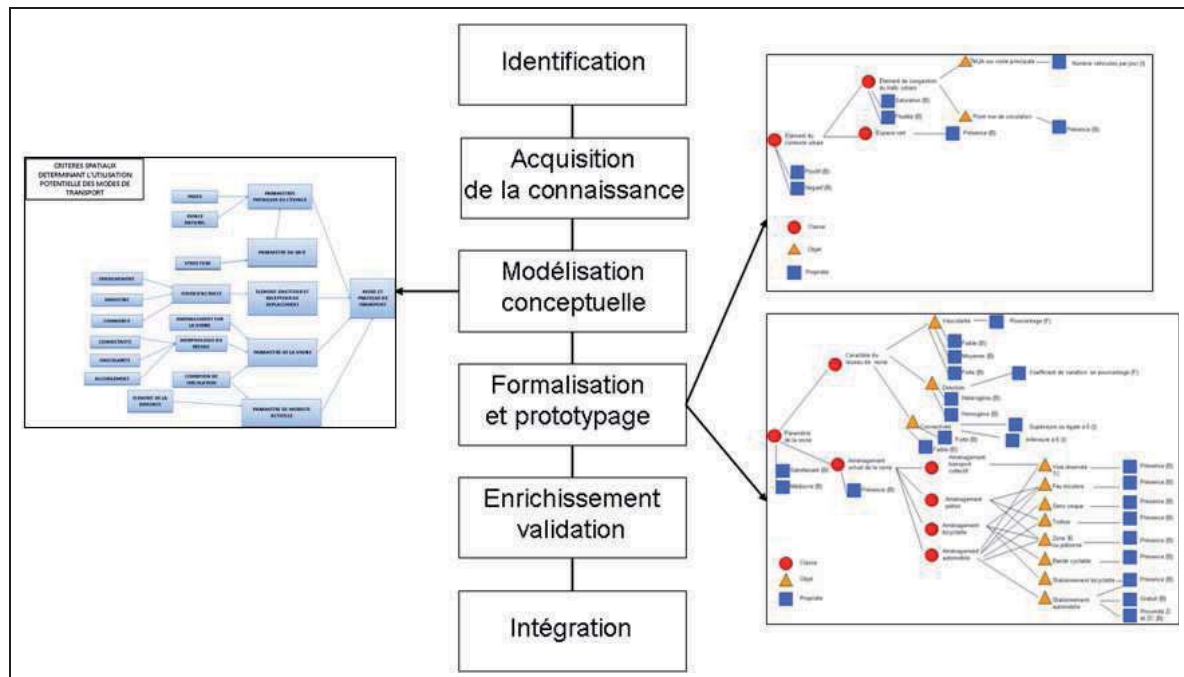


Figure 94 : L'enchaînement de Jean-Charles Pomerol s'enrichit ici d'une modélisation conceptuelle complémentaire et d'une formalisation orientée-objets (d'après Dubus, 1994)

Outre le modèle conceptuel présenté en chapitre 4, qui sous-tend toute la démarche modélisatrice, le graphe de la figure 95<sup>36</sup> concerne directement l'expertise qui va être menée ; et confère dans le même temps une lisibilité du domaine d'étude. C'est à partir de cette ossature élémentaire que les étapes relatives à la formalisation du raisonnement se déroulent.

<sup>36</sup> Nommé modèle structurel par Nathalie Dubus.

Selon l'état de l'art et les « dires d'experts », l'utilisation potentielle des modes de transport est conditionnée par les critères spatiaux et urbains indiqués dans la figure 95. Quatre boîtes primaires regroupent les éléments essentiels : les paramètres physiques de l'espace, les paramètres du bâti, de la voirie et de la mobilité actuelle et enfin les éléments émetteurs et récepteurs de déplacements. Les éléments physiques du territoire appartiennent à ces boîtes élémentaires car ils influent fortement sur l'utilisation potentielle des modes non motorisés. Puis les objets se subdivisent, des propriétés et des caractéristiques ont été attribuées aux grands éléments.

Ces propriétés décrivent à la fois les données qui doivent être mobilisées dans l'analyse et les indicateurs qu'il faudra rassembler. Cette étape a donc bien pour objet de revenir sur l'acquisition des connaissances et de projeter leur formalisation.

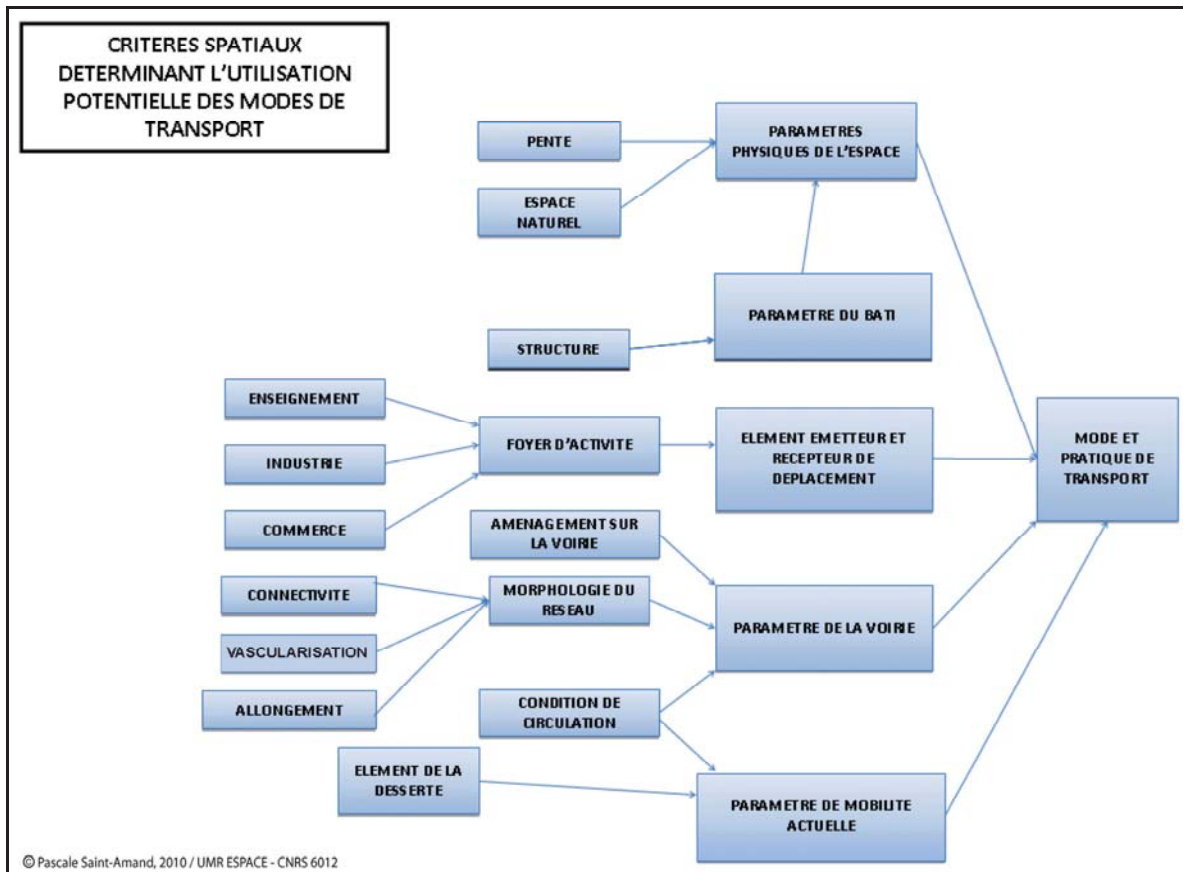


Figure 95 : Le modèle conceptuel représente le domaine du savoir à acquérir

### **3. Des résultats spatiaux sont attendus**

#### **3.1. Un outil de modélisation a-spatial pour répondre à une problématique géographique ?**

Les systèmes experts sont a-spatiaux, c'est-à-dire que les interactions spatiales et les relations de voisinages ne sont pas prises en compte. Ils ne sont en effet pas dédiés à l'analyse spatiale proprement dite, car ils ne tiennent pas compte de la position des objets dans l'espace, ni des liens spatiaux qui peuvent exister entre eux (Dubus, 1994 ; De Ruffray, 2004).

Toutefois, les systèmes experts ont d'ores et déjà été mobilisés dans des problématiques purement spatiales, et ce en déployant deux démarches différentes :

- **en intégrant des règles de connaissances sur les territoires ;**
- **en recherchant *a posteriori* des lieux du territoire capables de recevoir certains types d'aménagements.**

Ici, le système expert est plaqué sur tous les types de bâti à l'intérieur des douze sous-systèmes territoriaux préalablement détectés par l'analyse d'images. Il s'applique en définitive sur les plus petites entités spatiales mais se nourrit de connaissances multiscalaires.

#### ***Le couplage de méthodes pour partir et retourner à l'espace :***

Ce système expert est intégré dans une chaîne de modélisations mobilisant plusieurs méthodes d'analyse spatiale ; en amont par le diagnostic territorial, et en aval par la spatialisation des résultats sous environnement SIG. En outre, il s'applique sur des unités spatiales et intègre des règles de connaissance prenant en compte les distances, les espacements, les contigüités, les voisinages et les interactions spatiales. Le raisonnement introduit dans le système expert s'appuie sur ces règles fondamentales, et les résultats attendus s'inscrivent résolument dans le contexte spatial du champ d'étude.



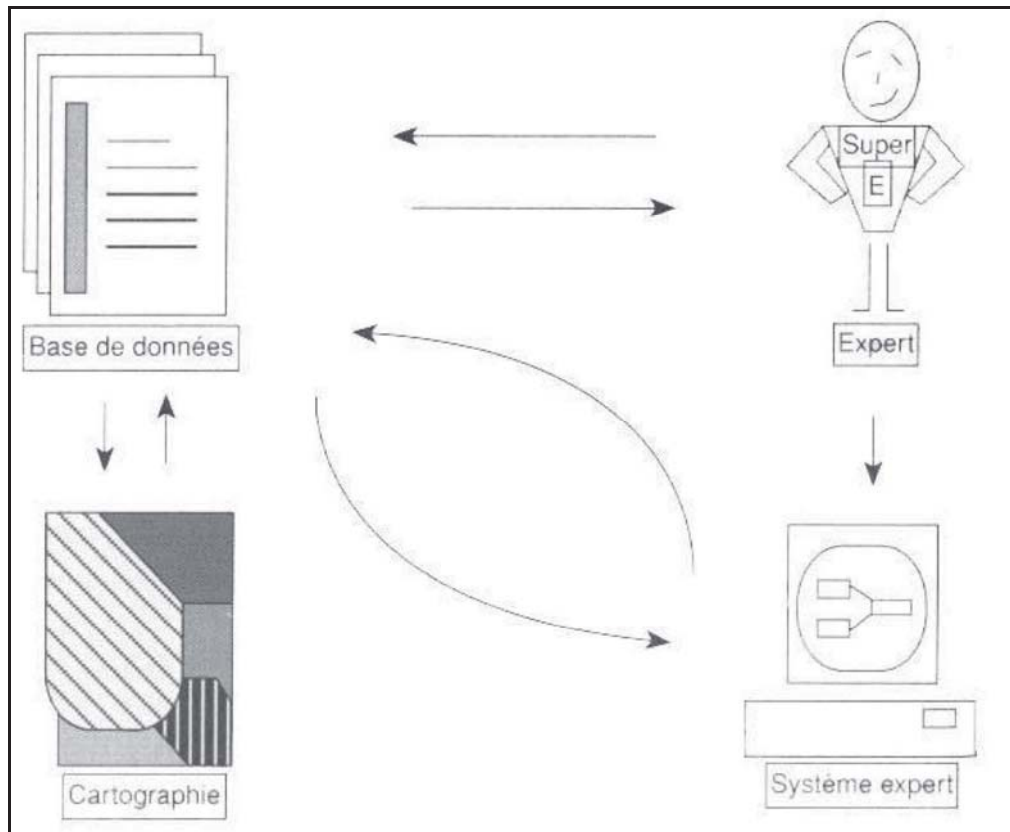


Figure 96 : Chaîne de traitement intégrée  
(Guigo et al., 1995)

Les règles entreront dans le système expert et seront combinées au diagnostic des sous-systèmes territoriaux. Et c'est de ce croisement que seront issues :

- des cartes de potentiel d'usage des modes de transport, ce sont les cartes de simulation : modes et pratiques à privilégier selon l'espace traversé ;
- des cartes d'adéquation entre systèmes territoriaux et utilisation des modes de transport.

Sur chaque zone sera associé un (ou plusieurs) mode(s) et une (ou des) pratique(s) de transport considéré(s) comme le(s) plus adéquat(s). Ces solutions seront hiérarchisées selon qu'elles soient prescrites comme ayant les caractères « favorables » ou « très favorables » ; l'arbitrage final sur ces conclusions appartiendra aux décideurs. Le système expert ne se substitue en aucun cas à l'expert mais mobilise des connaissances, raisonne de manière transparente et restitue des solutions à partir desquelles il appartient aux gestionnaires de décider selon le projet de territoire qu'ils poursuivent.

Il s'agira de confronter ces résultats « théoriques » avec ce qu'il est possible de mettre en œuvre au niveau des acteurs en prenant en compte des considérations juridiques, économiques et sociologiques, puisque jusqu'ici, le raisonnement a eu lieu par rapport à la configuration spatiale des territoires.

### 3.2. L'intégration s'effectue à deux niveaux

#### 3.2.1. Le Système d'Informations Géographiques

C'est la restitution des réponses fournies par le système expert traduites sous environnement SIG. L'aptitude du territoire dans sa configuration spatiale et morphologique à recevoir certains modes de transports durables et certaines pratiques de mobilité durables va être spatialisée et apparaître sous forme de cartes.

Bien évidemment, l'analyse ne se contentera pas de démontrer une mosaïque représentant le ou les transports adéquats sur chaque bassin. L'enjeu majeur est bien de « raisonner en système » et donc de réfléchir, avec le concours de la CASA et de ses experts en déplacements-transports sur la mise en place de « hubs » multimodaux afin de mettre l'accent sur les espaces interstitiels ou synapses entre les aires précédemment mises en évidence.

Enfin, il conviendra de procéder au rattachement du système de transports durables détecté avec les grandes infrastructures de transport, telles que la ligne SNCF littorale, et avec les grands pôles urbains du département – Cannes, Grasse, Vence et Nice – où l'offre en transports collectifs s'avère conséquente et diversifiée, et où les modes doux bénéficient d'une configuration spatiale et morphologique *ad hoc* pour une large utilisation (cf. chapitre 10).

#### 3.2.2. Intégrer les résultats obtenus dans une politique volontariste

L'objectif est de livrer ces résultats aux décideurs car c'est à eux qu'il appartient d'estimer, de jauger, de choisir, et enfin d'appliquer ou non les solutions préconisées selon les impératifs de leur politique d'organisation et de gestion des transports.

Comme il a été précisé en début de thèse, le parti de recherche retenu pour répondre à la problématique est la spatialité. Conséquemment, les règles de connaissances et les raisonnements tenus n'ont trait qu'aux déterminants spatiaux d'utilisation des modes de transports.

Les règles qui déterminent les conditions d'utilisation des différents modes de transports relevant aussi d'autres sphères – juridique, économique, politique ou encore financière – ne sont pas entrées dans le raisonnement qui s'attache à **analyser les potentiels offerts en termes de mobilité durable par la configuration spatiale des territoires.**

\*\*\*\*\*

### **Conclusion du chapitre 7 :**

« Réaliser un système expert est plus qu'avoir recours à un simple outil, c'est acquérir une nouvelle façon de penser » (Dubus, 1994). C'est, en effet, formaliser ses connaissances à toutes les étapes de travail et c'est aussi les enrichir et les remanier sans cesse. Cela implique que l'expérimentateur maîtrise son expertise de manière extrêmement pointue.

Le recours à cet outil s'avère pertinent dès les premières étapes de travail : le système expert aide à structurer les connaissances acquises dans le domaine des interactions territoire-transport, où les connaissances sont particulièrement nombreuses. Son caractère a-spatial est pallié par l'adoption d'une double posture :

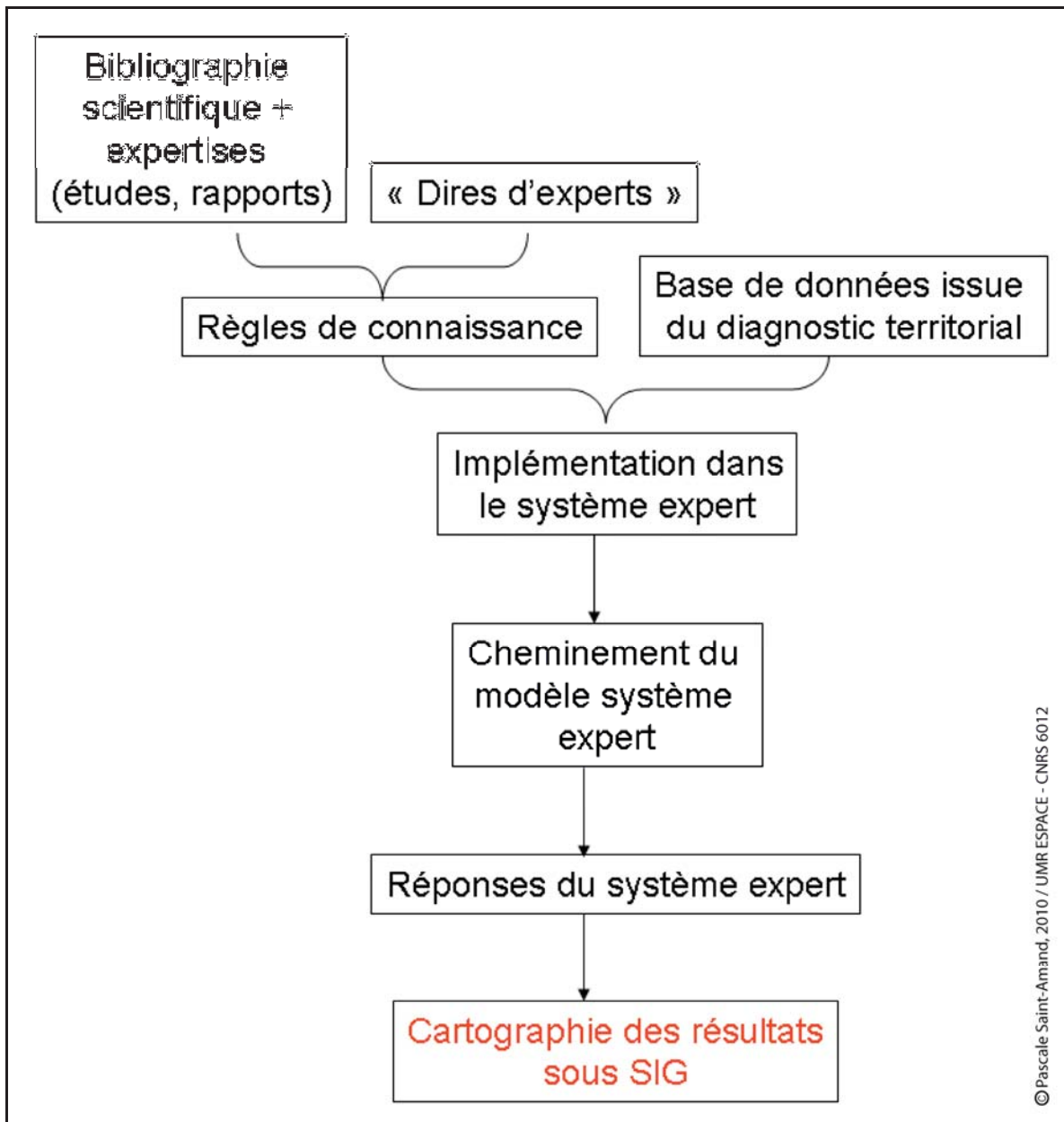
- l'intégration de règles de connaissances sur l'espace ;
- la modélisation d'un raisonnement en fonction d'un espace.

Par ailleurs, des couplages avec des outils SIG sont parfaitement envisageables et permettent de replacer l'expertise dans son contexte spatial.

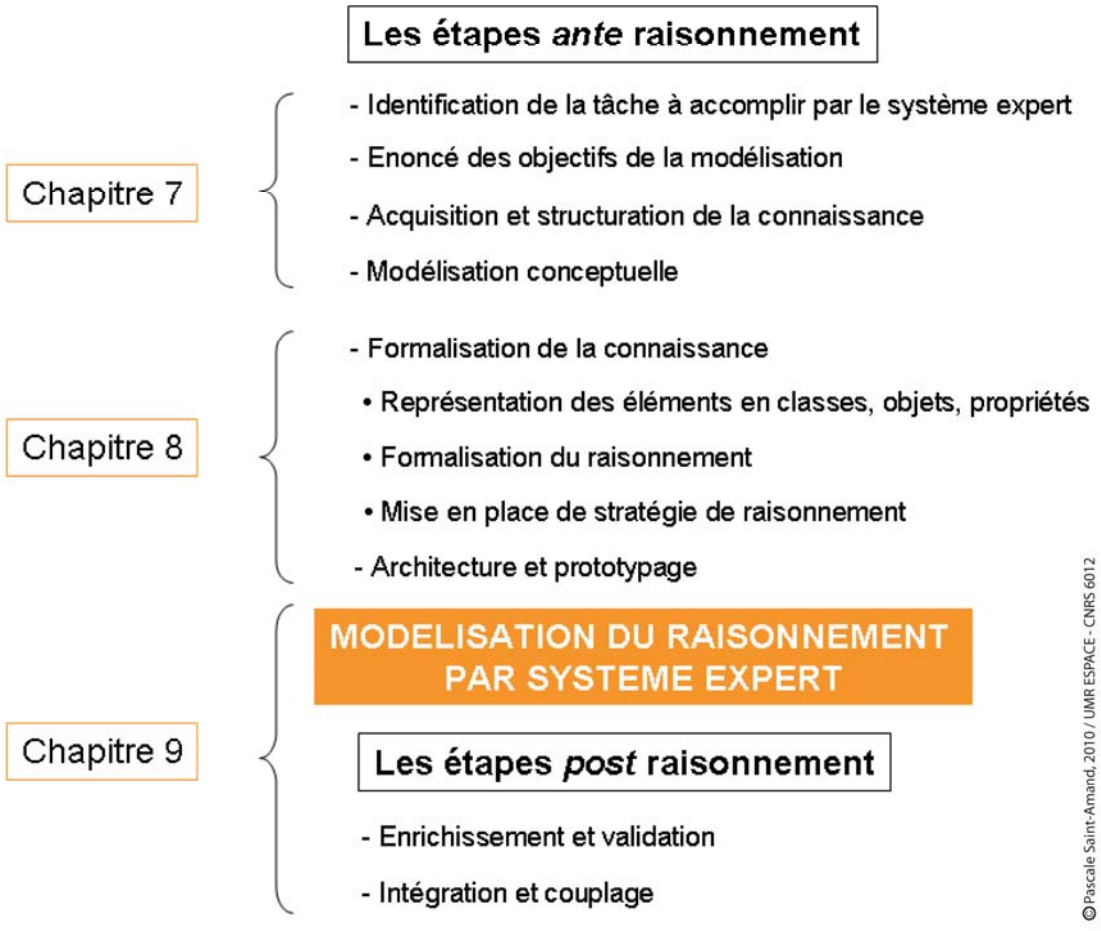
### Fiche de synthèse du Chapitre 7 :

Le système expert permet de mesurer l'aptitude du territoire dans ses composantes physiques et morphologiques à recevoir un système de transport durable.

Démarche mise en œuvre :



## LES ETAPES DE TRAVAIL SOUS SYSTEME EXPERT SE DECLINENT AU TRAVERS DE TROIS CHAPITRES



## CONCLUSION DE LA TROISIÈME PARTIE

Les analyses morphologiques conduites au chapitre 6 aboutissent :

- à la régionalisation du champ d'étude en 12 bassins de vie ;
- à la construction de deux indices spatio-morphologiques du réseau viaire.

Elles ont permis de déterminer les unités spatiales cohérentes sur lesquelles va se prolonger la démarche d'analyse, tout en permettant la caractérisation de certaines de leurs composantes élémentaires.

Le point, la ligne, la surface ont été mobilisés pour aboutir à ces agrégats spatiaux surfaciques. C'est ici que l'on mesure toute l'efficacité de la morphologie mathématique mobilisant des algorithmes puissants capables de révéler et de mettre en forme les éléments sous-jacents qui composent l'espace géographique.

À chaque étape de cette analyse se sont relayées deux tâches essentielles : une *écriture sur l'espace* pour alimenter la connaissance des éléments en présence et une *lecture de l'espace* pour en détecter les structures.<sup>37</sup>

Chacune des analyses croise un élément du territoire avec un élément rattaché au système de transport :

- les éléments émetteurs et récepteurs des flux de mobilité ont été inscrits au sein des bassins de compacité du bâti ;
- le réseau de voirie a été introduit dans l'image des densités de population.

Les analyses spatio-morphologiques conduites à partir des « composantes élémentaires de l'espace » ont abouti à une régionalisation du champ d'étude en 12 bassins de vie. Le diagnostic territorial qui a été mené va à présent constituer la base de connaissance relative au territoire, et va se placer en entrée du raisonnement dans le système expert.

Le chapitre 7 a positionné les systèmes experts dans le champ de l'intelligence artificielle et a permis d'identifier de manière concrète la tâche qui leur incombe au sein de la démarche d'analyse. L'application du raisonnement sous système expert va permettre d'adopter une préconisation de mode de transport efficace sur chacune des unités spatiales détectées.

La démarche d'analyse se poursuit et prend fin dans la partie suivante.

---

<sup>37</sup> Lectures : configuration des éléments bâtis et des densités de population - Ecritures : étiquetage des pôles générateurs et introduction de la voirie.





## **QUATRIÈME PARTIE : À LA RECHERCHE D'UNE ADÉQUATION ENTRE LES DEUX SYSTÈMES : POUR UNE MOBILITÉ DURABLE**

*« Il ne s'agit pas de revenir à la marche à pied, mais d'opérer une optimisation globale nécessairement différente de la somme de nos préférences individuelles. »  
Marc Wiel, *Ville et automobile*.*

Cette quatrième et dernière partie a pour objet de mettre en évidence le degré d'adéquation existant entre l'aire d'étude et le système de transport actuel. Subséquemment, les écarts observés entre parts modales actuelles et parts modales « possibles » fourniront une première idée aux gestionnaires sur qu'il est souhaitable d'entreprendre pour profiter au mieux des potentiels alloués par les territoires.

Le chapitre 8 décrit les étapes qui préparent le modèle dans la production de son raisonnement. Les modélisations conceptuelles sont conduites, et font apparaître que c'est au prix d'une formalisation rigoureuse que s'obtient un modèle robuste.

Le chapitre 9 voit le modèle MOBI-EXPERT procéder au raisonnement et livrer ses verdicts au cours d'une centaine de simulations. Le volet « aide à la connaissance » permis par les systèmes experts est mis en exergue par l'intermédiaire de l'analyse spatiale conduite grâce au Système d'Information Géographique.

La recherche prend fin au cours du chapitre 10 qui a pour objet la valorisation de MOBI-EXPERT – construit dans le cadre d'un étroit partenariat avec les experts. Le modèle est éprouvé à deux reprises. Il est tout d'abord sollicité dans son pouvoir prospectif : deux projets concrets viennent s'insérer dans les simulations. Il est enfin au centre des échanges menés avec l'ensemble des acteurs de terrain, qui commentent à cette occasion la démarche engagée.



## CHAPITRE 8 : ARCHITECTURE DU RAISONNEMENT SOUS SYSTÈME EXPERT

*« Nos faibles îlots de connaissances se répartissent sur de vastes océans d'ignorance surmontant des abysses d'incertitudes. »*

Jean-Claude Lefeuvre.

Les entités élémentaires de la connaissance sont les déterminants spatiaux. Le premier travail de rassemblement des indicateurs relevés dans la littérature comme étant ceux qui interviennent fortement dans l'utilisation des modes de transport a eu lieu.

Les connaissances acquises et validées par les experts ont des contours imprécis, le but est à présent de les formaliser, de les expliciter avant leur entrée dans le système expert. Deux étapes sont nécessaires :

- la formalisation de la connaissance en classes-objets-propriétés ;
- l'édition des règles qui mettent en jeu ces classes, objets et propriétés.

Le travail se décompose donc en deux analyses distinctes et consiste à structurer très précisément non seulement des éléments formant le **squelette de la connaissance** – formalisation par objets – mais aussi le raisonnement tenu sur ces éléments – formalisation par règles de production (Dubus, 1994). L'ensemble de l'expertise est contenue à la fois dans cette formalisation et dans les règles de production.

### **1. La formalisation de la connaissance : une représentation en classes – objets – propriétés**

*« C'est lors de cette étape que se construit le modèle formalisé. Il représente l'expertise dans ses moindres détails, s'établissant au niveau des atomes de connaissances identifiées, et est directement lié aux formalismes de représentation de la connaissance. »*  
Nathalie Dubus, *Développement d'un système expert dans le processus de planification des ressources en eau au Burkina Faso.*

Afin de faciliter la manipulation des connaissances, une représentation centrée-objet a été mise au point. Cette étape est capitale puisqu'elle permet de structurer la connaissance et

oblige à se poser des questions et à justifier ses choix en permanence. À titre d'exemple, avant même de livrer les définitions liées à la représentation centrée-objet, une formalisation autour d'un objet simple peut être effectuée comme suit :

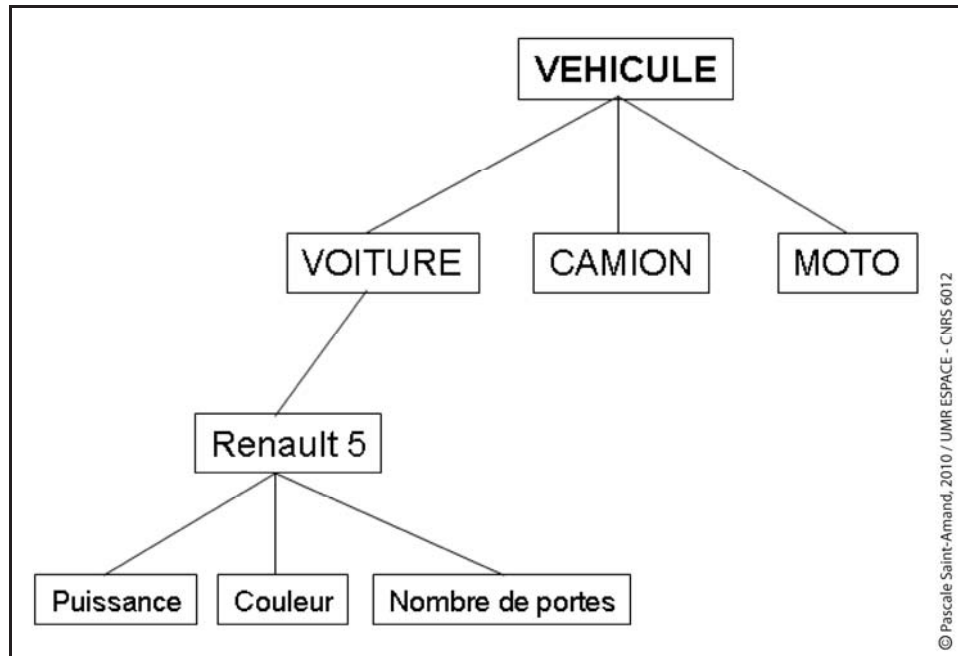


Figure 97 : Architecture en classes – objets – propriétés (d'après Karchoud, 1989)

L'objet Renault 5 est caractérisé par sa puissance, sa couleur, son nombre de portes, il appartient à la sous-classe voiture (sorte de), qui elle-même appartient à la classe véhicule. Un élément est « objet » à partir du moment où il est possible de le décrire : c'est une voiture comprenant un « sous-objet » : une porte (une partie de). L'objet rattaché à la classe hérite des propriétés. Cela permet notamment de structurer la connaissance, de sorte à pouvoir réutiliser autant que possible ce qui a déjà été défini (Karchoud, 1989).

La structure de l'information s'effectue donc autour d'éléments décomposés en classes **○** et en objets **△** auxquels des propriétés **□** sont attribuées.

Cette représentation centrée-objet va aboutir à la création d'un graphe de formalisation de la connaissance comprenant le concept d'appartenance – quel objet appartient à quelle classe – et le concept d'héritage représentant les éléments qui bénéficient des mêmes caractéristiques.

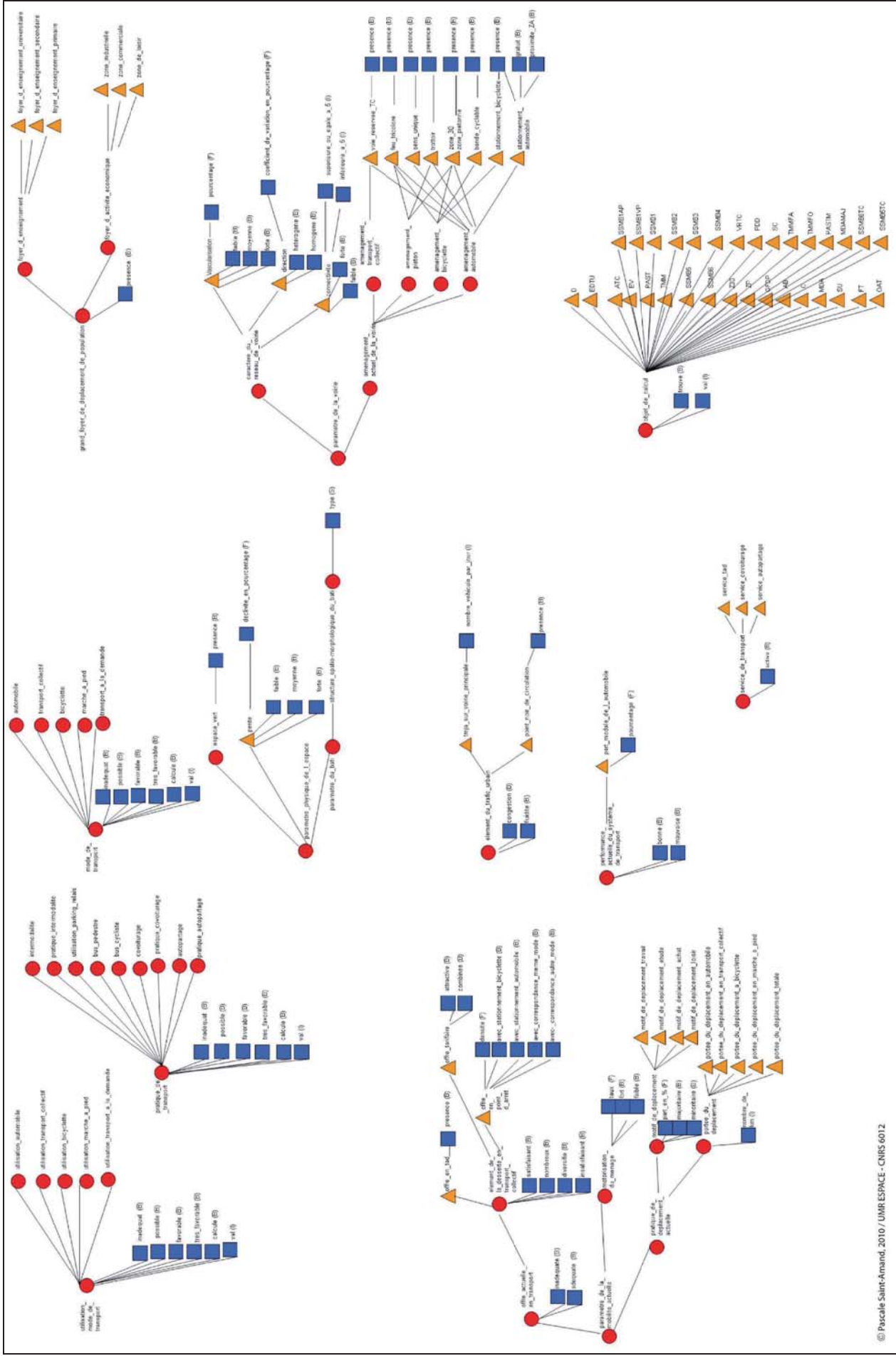


Figure 98 : Prototype final en classes – objets – propriétés





C'est sur la formalisation en classes-objets-propriétés que se rattache le raisonnement du système expert. La démarche intellectuelle pour produire cette décomposition de la connaissance s'avère particulièrement complexe. Mais cette étape, incontournable dans la mobilisation d'un système expert, permet de recenser l'ensemble des éléments du domaine d'expertise.

Les classes :

- « utilisation du mode de transport » ;
- « pratique de transport » ;
- « mode de transport » représentent les domaines sur lesquels le système expert raisonne.

La classe « objet de calculs » est mobilisée par le système expert lors des simulations afin de calculer les scores obtenus pour chaque règle soumise à pondération.

L'ensemble des classes restantes représente les **éléments qui conditionnent l'utilisation potentielle des modes de transport**. Ils ont été définis dans l'état de l'art (chapitre premier) ; consignés dans le modèle conceptuel de la démarche de thèse (chapitre 4) ; recensés, spatialisés et, le cas échéant, construits (chapitre 6) ; et enfin apparaissent dans le modèle conceptuel autour des connaissances acquises (chapitre 7). Ils figurent à présent sous cette forme structurée : la représentation centrée-objet, qui sera injectée en premier dans le logiciel.

Les propriétés qui caractérisent les objets peuvent être formulées selon plusieurs natures : booléenne, une chaîne de caractères, un nombre décimal ou entier, un caractère flottant ou encore une date et une heure. L'intérêt de cela étant de pouvoir combiner trois approches qui peuvent s'avérer complémentaires :

- qualitative ;
- quantitative avec la fixation de seuils ;
- floue : le système expert permet de manipuler des connaissances floues c'est-à-dire incertaines ou imprécises, d'y revenir, de les préciser ou bien de les transformer en données qualitatives toujours en fonction des dires d'experts et des validations. Les connaissances de l'expert ou encore de l'utilisateur, bien qu'elles soient livrées avec une acuité particulière, peuvent être formulées en langage « naturel » surtout lorsqu'elles sont tirées d'entretiens informels. Elles demeurent tout de même modélisables grâce à la grande souplesse des systèmes experts qui permettent de travailler et de réfléchir à partir de seuils qualitatifs et quantitatifs.

Dans un premier temps, l'imprécision et l'incertitude sont exprimées qualitativement : la connaissance floue est traduite par un terme qualitatif du type fort, moyen, faible par exemple.

Au fur et à mesure que l'imprécision disparaît, le système expert permet de compléter les règles.<sup>1</sup>

Pour aboutir à la modélisation du raisonnement, le système expert va être sollicité pour travailler en présence / absence et quantités / proportions. La connaissance se décompose, l'opérateur estime alors la propriété d'un objet et une valeur est incluse si celle-ci n'est pas booléenne. L'analyse requiert à présent la fixation de seuils quantitatifs pour caractériser les propriétés des objets.

Des seuils de valeur sont introduits dans les règles de production. Ceux-ci seront déterminés avec une attention particulière. Ils proviennent de sources diverses comme par exemple des PDU ou des documents d'urbanisme, mais aussi ont été fixés à partir de choix personnels validés ensuite par les experts (tableau 15).

Dans un système expert, il est possible d'intégrer du raisonnement directement sur les données initiales au cours de la phase d'éditions des règles de production. Les unités de raisonnement ou règles de production signifient qu'à chaque fois qu'une situation est identifiée, une action est automatiquement exécutée. La forme de ces règles peut alors être définie comme suit :

<b>si</b> « situation » <b>alors</b> « action » <sup>2</sup>
--

Dans le logiciel Smart Elements, la règle apparaît sous la tournure plus élaborée de :

<b>si</b> « situation » <b>alors</b> hypothèse booléenne <b>et</b> faire « action »
---

Il s'est agi de convertir les seuils attribués aux propriétés en conclusions booléennes.

L'information tirée à partir du terrain relative à la déclivité de la pente apparaît en pourcentage dans le SIG. Cette donnée va être traduite en caractère qualitatif booléen. Les experts déplacements-transports des Alpes-Maritimes déterminent dans les différents PDU des seuils pour caractériser les pentes au regard de l'utilisation de la bicyclette. L'information suivante apparaît au fil des documents et **légitime l'hypothèse booléenne issue des données chiffrées** :

- 3% : pente considérée comme raisonnable ;
- entre 4% et 6% de déclivité : pente plutôt dissuasive ;
- au-delà de 7% : pente considérée comme rédhibitoire.

---

<sup>1</sup> Grâce à la séparation des données et du moteur d'inférence (cf. chapitre 7).

<sup>2</sup> « situation » correspond à l'hypothèse de la règle et « action » à la conclusion (De Ruffray, 2004).

Il en est de même pour toutes les données chiffrées issues des recensements ou des modélisations effectuées par analyse d'images et morphologie mathématique. La validité des seuils apparaît au travers des documents d'urbanisme mais est souvent issue aussi de déductions logiques.

Pour exemples, la part modale de l'automobile sera spécifiée comme « bonne » dans la mesure où elle n'excède pas le pourcentage observé sur l'ensemble du littoral maralpin : 57%. Le taux de motorisation du ménage sera défini comme « fort » à partir du moment où la cellule familiale détient plus d'un véhicule motorisé.

Après avoir **assigné ces seuils sur les bases de connaissances**, la deuxième étape de cette formalisation de règles de production consiste à introduire les règles en elles-mêmes. Ce sont elles qui vont permettre au système expert de produire le raisonnement logique et de répondre aux hypothèses posées par le modélisateur.

Connaissances	Type à l'origine	Source	Traitement mis en œuvre	Seuils retenus
Déclivité de la pente	Pourcentage	PDU CASA	Croisement d'un MNT et de la couche d'information "voirie" dans le SIG	3% => faible; entre 4 et 6% => moyenne; à partir de 7% => forte
Vascularisation du réseau viaire	Pourcentage		Analyse spatio-morphologique du réseau viaire par opérateurs de morphologie mathématique	Entre 50% et 100% => faible; entre 101% et 150% => moyenne; entre 151% et 255% => forte
Alignement du réseau viaire	Pourcentage		Analyse spatio-morphologique du réseau viaire par opérateurs de morphologie mathématique	Inférieur ou égal à 5% => hétérogène; supérieur à 6% => homogène
Connectivité du réseau viaire	Comptage	IGN	Recensement à partir d'une couche d'information de la BD TOPO® dans le SIG	Supérieure ou égale à 5 => forte; inférieure à 5 => faible
Congestion / fluidité du trafic de véhicules	Comptage	CG06	Attribution des caractères "fluide" ou "saturé" dans la table attributaire de la couche d'information "voirie" dans le SIG	De 1 à 20 000 véhicules/jour => fluidité; plus de 20 001 véhicules/jour => congestion
Part modale de l'automobile	Pourcentage	ADAAM 06	Attribution des caractères "bonne" ou "mauvaise" dans la table attributaire de la couche d'information "performance actuelle du système de transport" dans le SIG	Inférieure ou égale à 57% (part observée pour le littoral des Alpes-Maritimes) => bonne; supérieure à 57% => mauvaise
Motorisation du ménage	Taux	ADAAM 06	Attribution des caractères "fort" ou "faible" dans la table attributaire de la couche d'information "taux de motorisation du ménage" dans le SIG	Inférieur ou égal à 1 => faible; supérieur à 1 => fort
Portée du déplacement	Comptage	ADAAM 06	Attribution des caractères "propice" ou "inadapté" dans la table attributaire de la couche d'information "pratique actuelle de déplacement" dans le SIG	Selon le mode considéré, le nombre de kilomètres parcourus sera propice ou inadapté
Motif de déplacement	Comptage	ADAAM 06	Attribution des caractères "majoritaire" ou "minoritaire" dans la table attributaire de la couche d'information "Motifs de déplacement" dans le SIG	Part inférieure ou égale 50% => minoritaire; supérieure à 50% => majoritaire
Densité des points d'arrêt de réseaux TC	Taux	ADAAM 06	Attribution des caractères "nombreux", "diversifié" ou "insatisfaisant" dans la table attributaire de la couche d'information "éléments de la desserte en TC" dans le SIG	Inférieure ou égale à 800 mètres => nombreux; supérieure à 801 mètres => insatisfaisant
Fréquence des autobus				
Vitesse commerciale des autobus				
Données manquantes				

Tableau 15 : Conversion des connaissances en caractères booléens

Le prototype final du raisonnement est composé de :

- 47 classes ;
- 68 objets ;
- 233 règles.

Cette complexité de l'expertise justifie pleinement la mobilisation d'un système expert qui raisonne de manière systématique et restitue des résultats parfaitement comparables entre eux.

## 2. Formalisation du raisonnement et mise en place de stratégies sur les règles

Cette étape fondamentale engage à effectuer un très grand nombre d'arbitrages et de choix, elle est extrêmement intéressante à conduire.

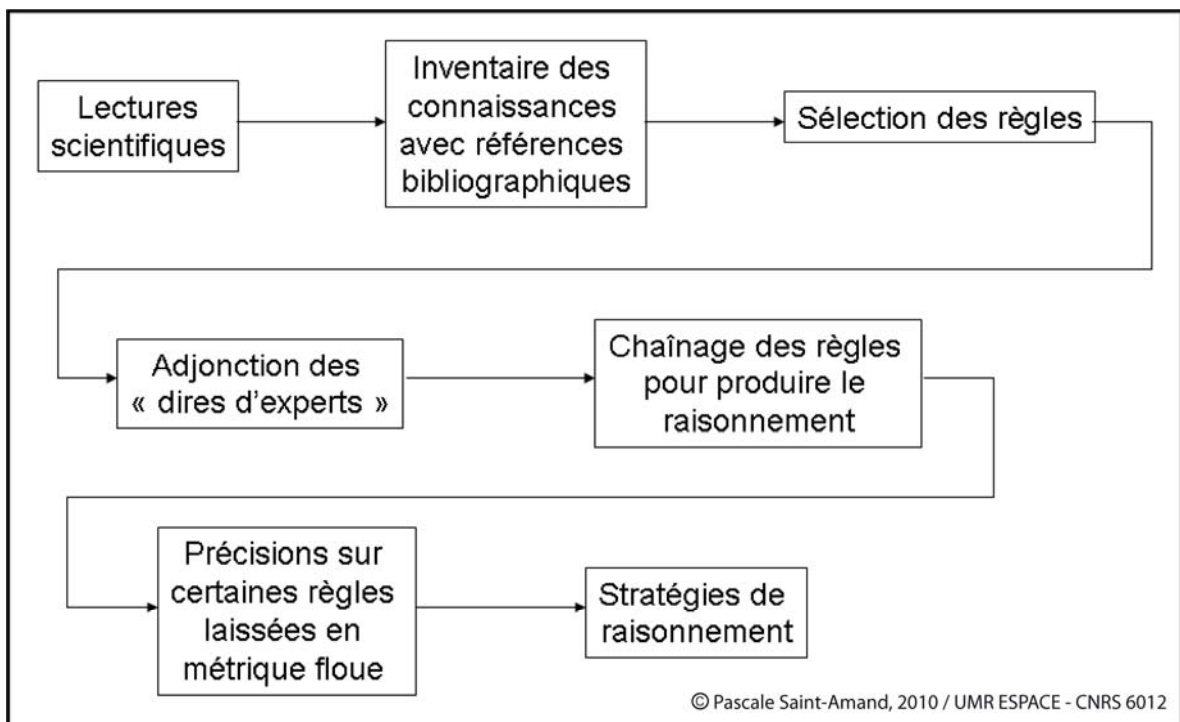


Figure 99 : Le travail effectué sur les règles

Les connaissances acquises sur les déterminants d'utilisation des modes de transport sont listées et un premier tri s'opère afin de déterminer les sphères concernées par chacune de ces connaissances.<sup>3</sup> L'ajout de « dires d'experts » vient préciser les connaissances floues et valider les connaissances acquises dans la littérature. Une fois cette sélection effectuée, la deuxième étape de la formalisation consiste à introduire dans le système expert uniquement les règles de connaissances qui renseignent sur les configurations spatiales requises en vue de l'utilisation d'un mode de transport ou en vue d'une pratique de déplacement à réaliser. Un

<sup>3</sup> Afin d'asseoir le raisonnement sur des bases robustes, une règle de connaissance n'est retenue que si elle apparaît au moins deux fois au cours des lectures ou si elle s'avère bien étayée par l'auteur au travers de nombreuses références. Elle est ensuite discutée et validée (ou non) avec l'expert.

chaînage est alors introduit sur les règles afin que le raisonnement découle des conclusions précédemment tirées.

Les règles s'enchaînent les unes aux autres pour former **un îlot ou un corpus de connaissances** : des conditions aboutissent à des étapes intermédiaires de raisonnement qui seront reprises pour aboutir à d'autres conditions et *in fine* à d'autres conclusions. Plusieurs types de liens logiques existent :

- deux conditions doivent être réunies dans la même règle, elles sont injectées en ET ;
- deux conditions peuvent aboutir à une seule et même conclusion, elles sont entrées en OU.

D'autres combinaisons sont envisageables comme l'incompatibilité entre deux règles, la présence obligatoire d'un élément pour continuer de raisonner, ou encore la pondération des règles de production qui introduit la notion de hiérarchie entre les éléments. Toutes les règles sont sous-tendues par l'hypothèse majeure : l'utilisation d'un mode est conditionnée par la configuration territoriale de l'espace traversé. Le raisonnement est en fait un récapitulatif des variables spatiales pour l'utilisation potentielle des modes.

La réflexion se structure en plusieurs temps :

Après l'énoncé des questions relatives à chaque indicateur entrant en jeu à l'intérieur du modèle conceptuel, la réflexion porte sur le potentiel d'adéquation entre le système territorial et le système de transport durable. Puis elle s'attache au potentiel d'adhésion en déclarant le mode ou la pratique « favorable » ou très « favorable » engageant ainsi fortement l'AOTU à intégrer ces solutions dans sa gestion des déplacements.

Pour chaque mode et pour chaque pratique, les règles sont dégagées par ordre d'importance :

- les règles majeures ;
- les associations de règles majeures ;
- les alternatives possibles ;
- les règles facultatives qui comptent lorsqu'elles sont associées à des règles majeures ;
- et enfin celles qui n'interviennent pas sur l'utilisation potentiel du mode.

Les règles facultatives sont tout d'abord appréhendées seules puis en étant associées les unes aux autres, et enfin en association avec des règles obligatoires. Un poids peut leur être attribué. La mise en place de ces stratégies sur le raisonnement sera précisée dans la partie suivante.

Cette étape préparatoire à la modélisation sous système expert oblige à se poser de multiples questions et à justifier tous les choix développés. Le ressenti acquis par la capitalisation bibliographique sur l'obligation de trouver certaines règles et le caractère facultatif d'autres règles ne suffit pas, là encore l'expert intervient en phase de validation.

Les postulats à partir desquels se déroule le raisonnement peuvent à présent être formulés :

Les postulats *ante* modélisation :

Ce sont les règles qui sont fixées par l'expérimentateur afin de dessiner des contours du raisonnement mis en œuvre pour répondre à la problématique et aux hypothèses.

Premier postulat :

Tous les modes de transport et toutes les pratiques de déplacement sont mobilisables sur tous les territoires. Le système expert va permettre de déterminer, compte tenu de la connaissance qu'il contient sur le territoire, sur la configuration des déplacements, sur l'offre en mode de transport collectif et enfin sur les critères déterminant l'utilisation des modes, le potentiel d'usage de chaque mode et de chaque pratique selon le type de territoire traversé. Ce potentiel détecté, il appartiendra aux décideurs de prendre en considération les préconisations obtenues par modélisation sous système expert. Après avoir été considérée « possible » par rassemblement des conditions d'utilisation « idéales », l'utilisation du mode ou la pratique de déplacement se révèle ensuite « favorable » voire « très favorable ».

Deuxième postulat :

Les modes ne s'excluent pas les uns les autres, lorsqu'ils sont déterminés comme efficaces sur l'espace étudié, ils peuvent entretenir plusieurs relations : lien simple, chaînage, ou complément.

Troisième postulat :

Les pondérations octroyées sur les éléments propices au déplacement par le biais du mode ou de la pratique sont comptabilisées et sommées. Le caractère « favorable » se déclenche si le score obtenu est compris entre 1 et la moitié des points totaux possibles, le caractère « très favorable » s'obtient pour tout score supérieur à la moitié des points totaux possibles.

À titre d'exemple : pour l'utilisation de la marche à pied, si le caractère « possible » a été déclenché, elle sera identifiée comme « favorable » à un score inférieur ou égal à 9 ; « très favorable » à un score supérieur ou égal à 10 puisque le total des points possibles s'élève à 19. Les termes « possible » et « inadéquat » ne doivent pas être pris *stricto sensu*. Ils définissent, pour cette modélisation, l'utilisation d'un mode sous conditions offrant un potentiel satisfaisant ou pas.

Quatrième postulat :

Les valeurs de pondération sont comprises entre 1 et 3. Le chiffre 1 étant mobilisé sur un déterminant qui a son importance mais qui n'est pas primordial ; le chiffre 3 est attribué lorsque le déterminant est extrêmement favorisant. L'ensemble des pondérations appliquées dans la modélisation ont fait l'objet de débats avec les différents experts et ont été validées à ces occasions.



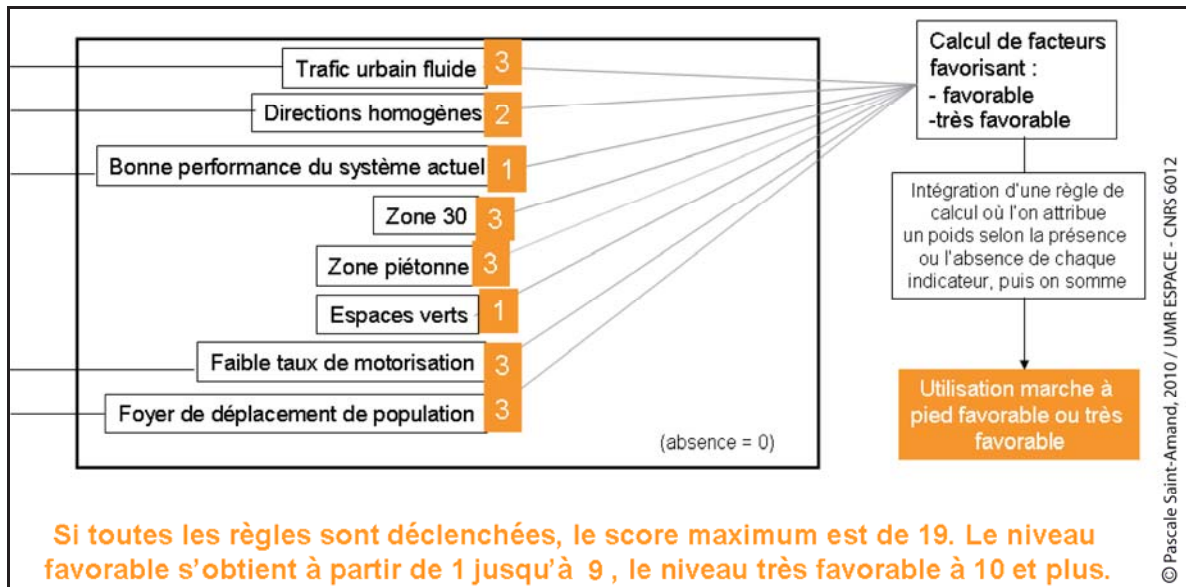


Figure 100 : Pondérations établies sur les règles facultatives du raisonnement

Le caractère « inadéquat » signifie que le territoire et le déplacement par le mode envisagé entretiennent des interrelations inadéquates mais pas rédhibitoires : un déplacement en mode doux peut tout à fait avoir lieu sur une pente démontrant une déclivité supérieure à 7%, mais **la configuration spatiale du territoire n'est pas à proprement parler favorable** dans cet exemple.

Possible : signifie que le système territorial offre des potentialités certaines pour l'utilisation du mode ou de la pratique étudiée, il est nécessaire d'encourager les déplacements par des mesures tarifaires, la mise en place de nouveaux aménagements, de grandes opérations de communication par exemple.

Favorable : signifie que les conditions offertes par le système territorial sont bonnes pour une utilisation du mode étudié, il faut continuer d'encourager les pratiques avec une communication *ad hoc*.

Très favorable : signifie que le système territorial offre des conditions d'utilisation optimales pour le mode étudié. Les deux systèmes sont en adéquation.

*Les questions qui ont été posées pour produire ce raisonnement :*

Quelle est la configuration spatiale requise, puis les aménagements et infrastructures qui influent de manière négative ou positive sur le potentiel offert à la base par les caractères spatiaux du territoire à la pratique de mobilités durables ?

Que doit offrir un territoire pour observer un potentiel fort d'utilisation des différents modes de transport et la mise en pratique de déplacements durables ?

Les réponses sont issues de la capitalisation bibliographique présentée dans le chapitre précédent, de la connaissance acquise sur le sujet depuis le début de la recherche, le ressenti, la logique, l'expérience, l'usage personnel de certains modes et la mise en œuvre de certaines pratiques. Une fois que le raisonnement complet a été produit, il a été soumis une nouvelle fois à une validation par les experts de l'ADEME et de la CASA. Plusieurs étapes et allers-retours ont été nécessaires, les figures 101 et 103 à 111 présentent les raisonnements finaux tels qu'ils ont été injectés dans le système expert.

La case du haut contient les éléments qui doivent absolument figurer **ensemble** sur le territoire pour enclencher un usage potentiel du mode ou de la pratique étudié(e). Parfois quelques nuances peuvent apparaître comme ici dans la figure 101 où la pente peut se révéler faible ou moyenne et le bâti peut appartenir aux classes 1 ou 2. Il est parfaitement évident qu'un déplacement en marche à pied peut avoir lieu au sein de tous les types de bâti, le raisonnement est donc bien issu du postulat évoqué plus haut : les éléments les plus favorisants pour ce mode apparaissent ensemble et conduisent à considérer l'utilisation du mode sur le territoire étudié particulièrement efficiente.

La case du bas rassemble en quelque sorte les éléments qu'il faudrait trouver sur le territoire pour que l'utilisation du mode considéré se révèle spécialement adaptée à l'espace traversé. Les éléments sont pondérés à l'aide de la même capitalisation bibliographique et des mêmes validations que pour le raisonnement initial. Leur présence – ou absence – entraîne un calcul et un score final débouchant sur une conclusion. Ce sont ces conclusions tirées sur chaque sous-système territorial, issues des raisonnements complexes qui seront spatialisées sous environnement SIG.

Raisonnement tenu pour l'utilisation du mode marche à pied :

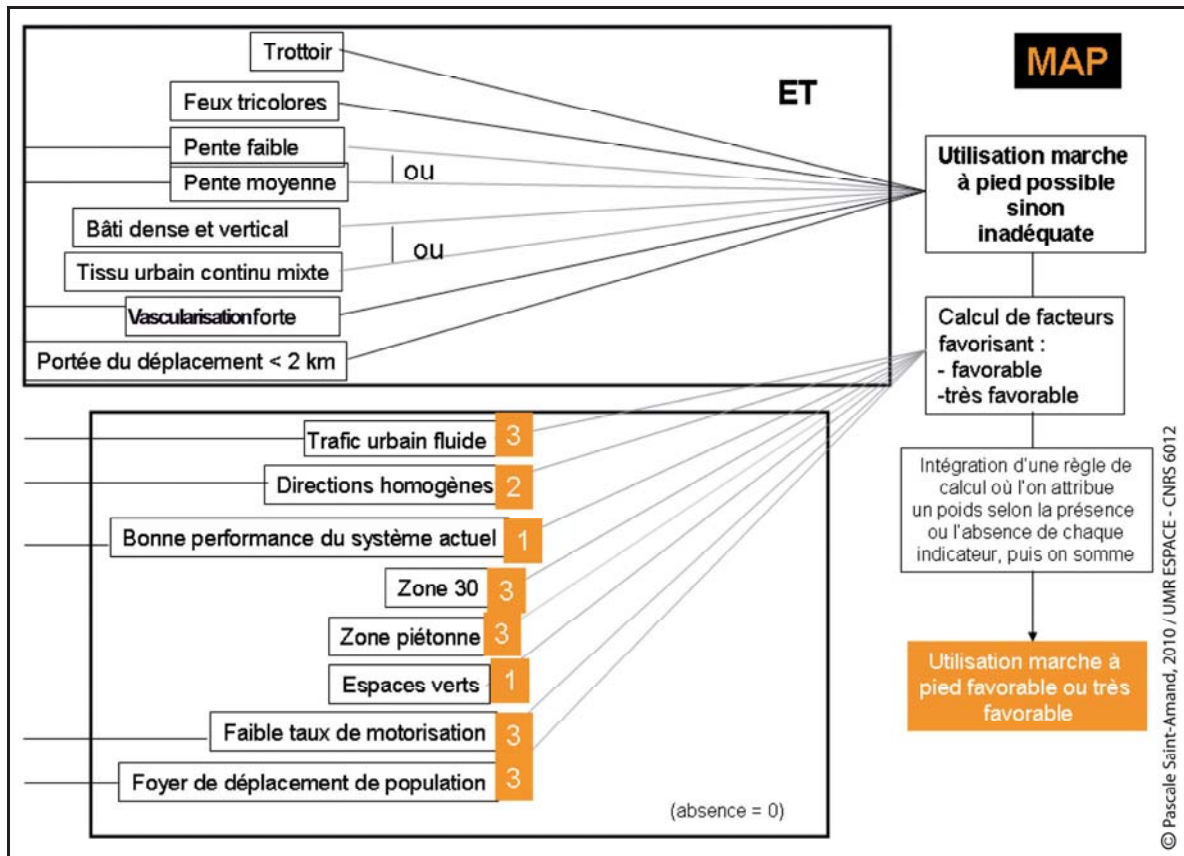


Figure 101 : Raisonnement injecté dans le système expert sous forme de règles de production pour l'utilisation de la marche à pied

Des trottoirs urbains ainsi que des feux tricolores permettent à l'utilisateur de se sentir en sécurité lors de son cheminement. L'existence des feux tricolores induit implicitement que l'on se situe dans un espace où il y a présence d'intersection(s), on peut donc imaginer que le réseau viaire offre un maillage propice à la fois pour la pénétration du piéton dans le tissu bâti et offre des possibilités supplémentaires dans la recherche du plus court chemin. Les éléments peuvent donc être envisagés pour eux-mêmes mais aussi pour ce qu'ils signifient de manière tacite pour l'ensemble de la configuration urbaine.

La marche à pied est un mode préférentiellement utilisé sur des espaces peu accidentés en termes topographiques puisqu'il ne fait appel à aucune autre énergie que celle de l'utilisateur lui-même.<sup>4</sup> Une pente faible ou moyenne telles qu'elles ont été caractérisées ne défavorisent pas un cheminement piéton, une pente forte oui.

<sup>4</sup> Il en est de même pour tous les modes doux (on peut trouver aussi dans la littérature l'appellation « modes actifs »), notamment pour la bicyclette sauf si celle-ci dispose d'une assistance électrique.

L'hypercentre des villes est un lieu où les cheminements piétonniers sont nombreux, parfois même majoritaires en termes de part modale (INSEE, 2002). Les tissus urbains denses et continus contenus dans ces espaces impliquent un maillage très fin du réseau de voirie, par ailleurs, la ville pédestre évoquée par Marc Wiel (Wiel, 1999) est bien celle des centres anciens où les fonctions citadines sont ramassées en un même lieu. Cette mixité fonctionnelle des centres-villes, facteur de cheminements de courtes distances, encourage elle aussi l'utilisation de la marche à pied.

Critère endogène au cheminement pédestre, une portée du déplacement comprise entre quelques dizaines de mètres et deux kilomètres favorise très fortement ce choix modal ; au-delà de cette distance, la marche à pied est totalement évacuée des solutions de déplacement de l'utilisateur.

En recherche du plus court chemin, les possibilités de cheminement offertes par le maillage du réseau de voirie interviennent fortement. Pour se rendre du point A vers le point B (figure 102), deux options se présentent à l'utilisateur : le chemin bleu et le chemin vert. L'allongement du réseau permet sur le chemin vert de réduire la distance parcourue entre les deux points. L'homogénéité des directions du réseau de voirie est donc un critère déterminant dans l'utilisation des mobilités douces.

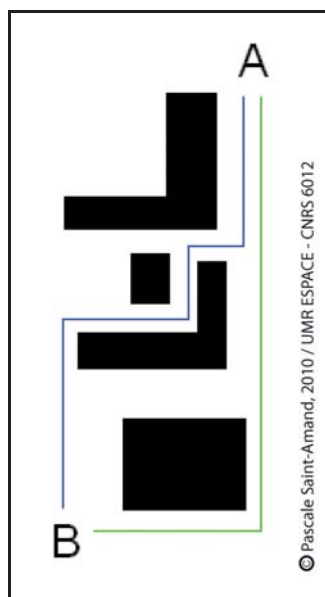


Figure 102 : De l'intérêt de l'homogénéité des directions pour l'utilisation des mobilités douces<sup>5</sup>

<sup>5</sup> Cyrille Genre-Grandpierre a beaucoup travaillé sur les indices morphologiques des réseaux. Il mobilise notamment l'indice de sinuosité pour corroborer l'idée selon laquelle le réseau porte dans ses caractères intrinsèques des potentiels favorisant les flux pédestres.

Par ailleurs, une bonne performance du système de transport provoque un cercle vertueux bien connu puisqu'elle aboutit à des partages modaux pour lesquels la voiture particulière perd son caractère hégémonique. Cette règle apparaîtra conséquemment au cours de tous les autres raisonnements.

Si la présence d'espace vert n'est pas déterminante, dans le sens où un piéton qui se rend sur son lieu de travail n'engagera pas un détour pour le traverser, il n'en est pas de même concernant les déplacements de loisir ou de promenade. L'environnement urbain entre en considération pour ce type d'usagers qui chemineront préférentiellement au travers de zones 30 ou piétonnes.

Un faible taux de motorisation du ménage engendre *de facto* ce que l'on appelle des **usagers captifs** d'autres modes, c'est-à-dire que ces derniers sont contraints d'inventer des mobilités excluant obligatoirement le véhicule particulier pour leurs besoins de déplacement ; ceci étant la résultante de facteurs variés tels que l'absence du permis de conduire ou même l'absence de véhicule à disposition. Ces usagers se reportent alors sur les modes doux, sur les réseaux de transports collectifs et s'engagent dans de nouvelles pratiques comme l'autopartage ou le covoiturage.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

L'importance du trafic motorisé influence les déplacements non motorisés (Owens, 1993) ; la fluidité du trafic urbain a été considérée dans le sens où la circulation sur la voie est réduite, ce qui améliore le sentiment de sécurité du piéton qui chemine sur un réseau très peu emprunté par les modes motorisés. Ce caractère de fluidité engendre par contre une augmentation des vitesses de parcours de ces mêmes modes motorisés, le sentiment de sécurité du piéton disparaît. Le poids alloué à cet élément est passé de 3 à 1.

La connectivité d'un réseau de voirie peut produire deux effets contradictoires sur un cheminement piéton : à l'instar des feux tricolores, elle induit la présence de nœuds sur le réseau et favorise *de facto* les arbitrages effectués par le piéton en recherche du plus court chemin. Cependant, les intersections à plusieurs branches découragent l'utilisation de la marche à pied, considérée comme trop dangereuse sur des axes où les coupures urbaines sont difficiles à franchir. Là encore, le sentiment de sécurité induit par la configuration spatiale du réseau influe nettement sur le potentiel d'utilisation du mode. L'élément « connectivité » a été retiré du raisonnement pour son caractère paradoxal.

Raisonnement tenu pour la pratique du bus pédestre :

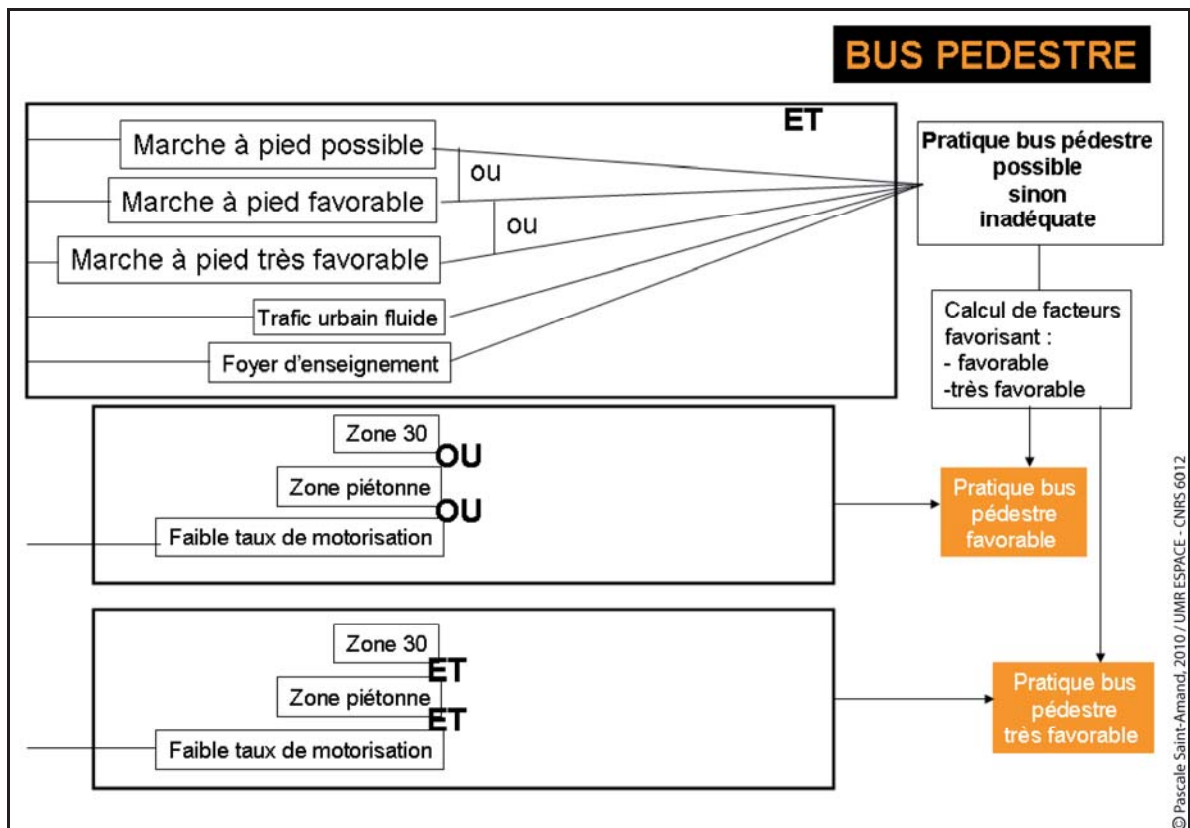


Figure 103 : Raisonnement pour la pratique du bus pédestre

Le raisonnement sur la pratique du bus pédestre n'est enclenché qu'à la condition où la marche à pied a été évaluée comme « possible » sur la portion de territoire étudiée. Pour qu'elle soit considérée à son tour comme « possible », s'ajoutent les règles du trafic urbain fluide et bien évidemment la présence d'au moins un établissement scolaire.<sup>6</sup>

La présence de zones 30 ou piétonne vient renforcer le potentiel de la pratique en conférant au déplacement, effectué par de jeunes enfants ou jeunes adultes, une sécurité supplémentaire.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

Le trafic urbain fluide est entendu dans le sens où le réseau de voirie devra être très peu emprunté par les modes motorisés. S'il est une pratique où la sécurité est un des critères fondamentaux pour déclencher sa mise en œuvre, le bus pédestre est sans aucun doute la première concernée.

<sup>6</sup> Tous niveaux confondus : primaire, secondaire ou universitaire.

Raisonnement tenu pour l'utilisation du mode bicyclette :

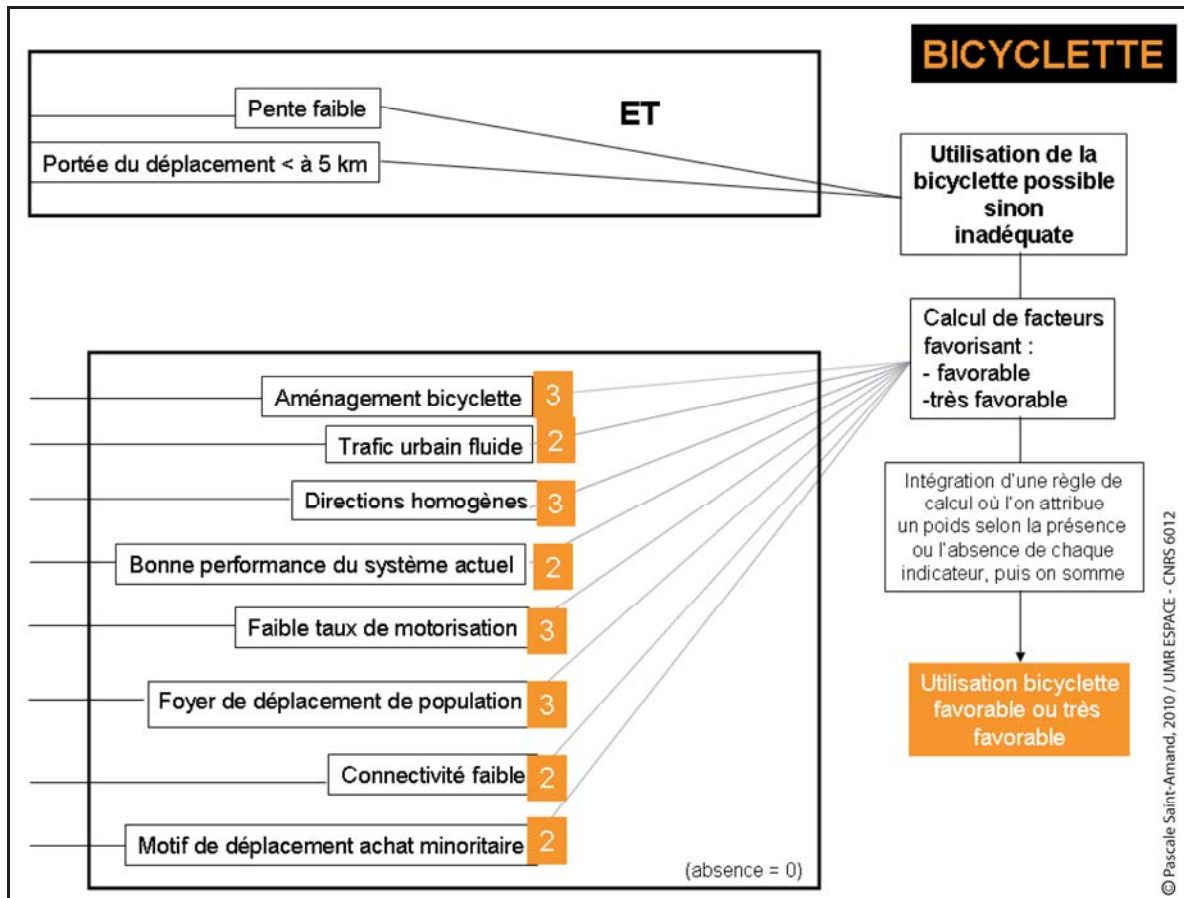


Figure 104 : Raisonnement pour l'utilisation de la bicyclette

Considérée comme redoutable concurrente de l'automobile sur les trajets de courtes distances en zone urbaine dense (Héran, 2001), l'utilisation de la bicyclette dépend de deux critères majeurs : une pente faible et un déplacement n'excédant pas les cinq kilomètres. Ces conditions inhérentes aux mobilités douces s'appliquent plus fortement encore dans le cadre des déplacements domicile-travail.

De manière générale, un usager emprunte les transports en commun et se déplace en modes doux parce que l'offre globale en transports est diversifiée et parce que la performance du système de transport est convenable. L'usager doit se trouver dans une situation de confiance dans laquelle il peut envisager l'utilisation de plusieurs modes et ce à n'importe quel moment de la journée. Dans la littérature, la prégnance de cet axiome se traduit souvent de la manière suivante : « on utilise le mode x tout d'abord parce qu'il est possible d'utiliser d'autres modes. »

Dans un autre registre, on estime qu'une rue supportant un trafic roulant à plus de 30 km/h de moyenne et ne disposant pas d'aménagements cyclables bien conçus, est dissuasive pour un



nombre non négligeable de cyclistes et doit donc être considérée comme non praticable à bicyclette (Héran, 1999) ; la pondération portant sur les aménagements cyclables a été élevée à 3.

À l'instar de la marche à pied, l'usage de la bicyclette peut être influencé par l'absence de véhicule particulier : la pondération affectée à l'item « faible motorisation du ménage » est similaire et maximale.

Par ailleurs, si les zones commerciales ou de loisirs attirent assurément beaucoup de cyclistes, en zone urbaine dense et en cas d'achats, la marche à pied vient directement concurrencer la bicyclette, les paquets devenant une contrainte au déplacement cyclistes (Jones, 1990). Après discussions avec les experts, la pondération initialement évaluée à 3 est ramenée à 2 car de nouvelles pratiques d'achat apparaissent : il est désormais possible de bénéficier de livraisons à domicile et ce dans de nombreuses enseignes.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

En cas de congestion de la voirie le cycliste chemine en parallèle, il est paradoxalement plus à l'aise au cours de son déplacement que lors d'une situation de fluidité du trafic motorisé. Le poids définitivement retenu pour l'item « trafic urbain fluide » est donc intermédiaire.

Plus encore que pour un marcheur, le carrefour à plusieurs intersections représente un réel frein pour le cycliste qui redoute les franchissements sur ces coupures urbaines dangereuses. D'une manière générale, un parcours linéaire avec une homogénéité presque parfaite des directions sera d'autant plus apprécié car il limitera *de facto* les détours et favorisera une vitesse du déplacement constante.

*Raisonnement tenu pour la pratique du bus cycliste :*

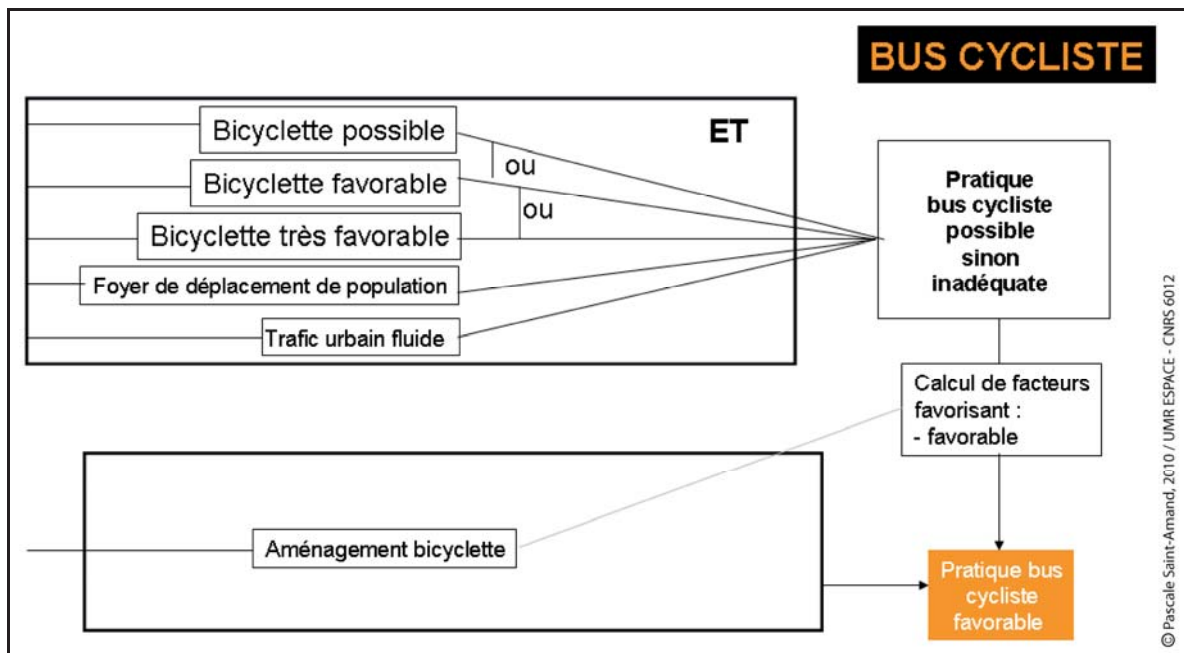


Figure 105 : Raisonnement pour la pratique du bus cycliste

Le raisonnement appliqué sur cette pratique associée au mode bicyclette fonctionne de la même manière que pour celui de la figure 103 : il n'est déclenché qu'à l'aide de la conclusion « possible » pour l'utilisation de la bicyclette.

Concernant cette pratique essentiellement destinée à un jeune public, un trafic sur voirie peu important est fortement recommandé. À l'inverse, la congestion du réseau n'est pas un point discriminant.

Les aménagements bicyclette comme la présence de bandes ou pistes cyclables rendent le bus cycliste « favorable » sur le territoire concerné. Là encore, le sentiment de sécurité pèse fortement sur le choix de cette pratique et ce quel que soit le type d'utilisateur concerné.

Encore très peu répandu, le bus cycliste naît souvent sous l'impulsion d'associations de cyclistes et peut être adapté pour cheminer vers l'école. Dans les Alpes-Maritimes, l'association Viva06<sup>7</sup> met en place des itinéraires pour ses adhérents dans le cadre de leurs déplacements domicile-travail.

<sup>7</sup> Viva06 : Vivre en ville autrement dans le 06.

*Raisonnement tenu pour l'utilisation des transports en commun :*

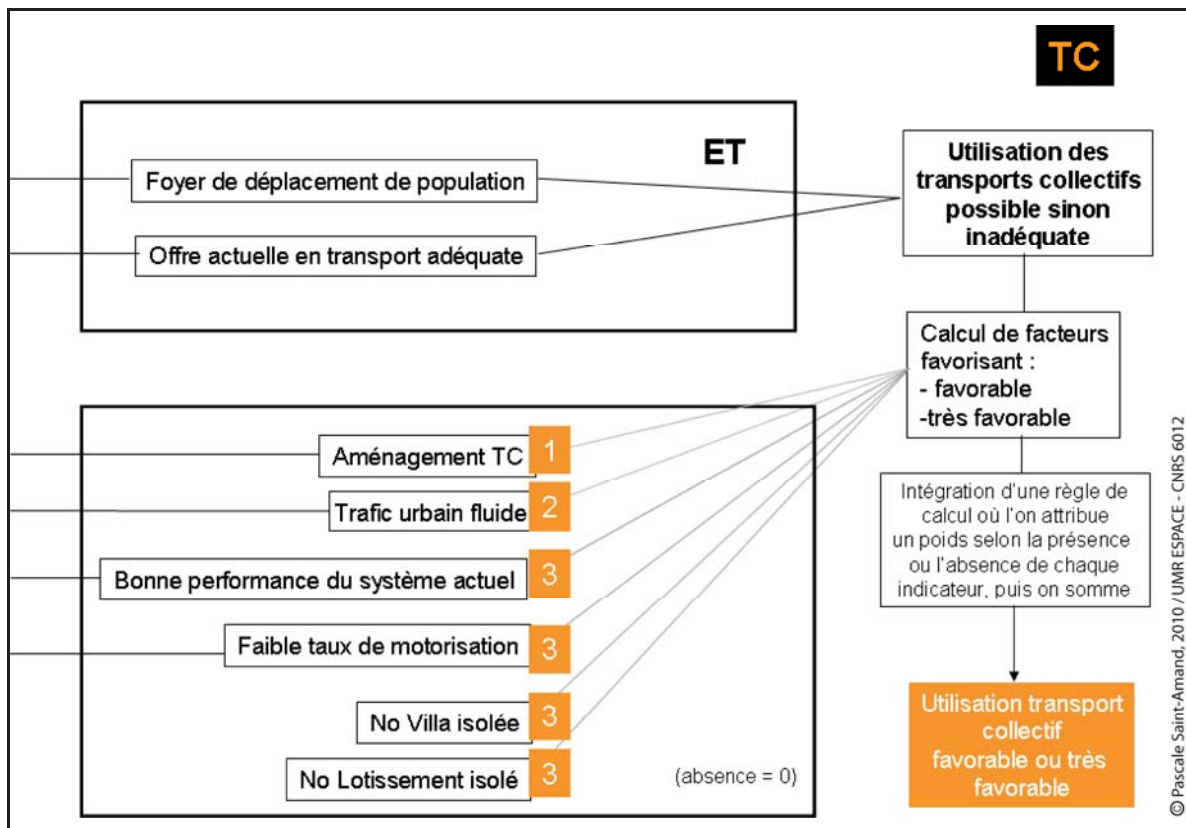


Figure 106 : Raisonnement pour l'utilisation des transports collectifs routiers<sup>8</sup>

La première règle obligatoire de ce raisonnement reprend l'idée que l'utilisation des transports en commun s'effectue préférentiellement en zones urbaines denses (Kenworthy, Laube, 1999). Elle est renforcée dans l'édition des deux dernières règles facultatives qui pointent l'écueil d'une desserte efficace dans les aires où le mitage urbain est prégnant. La deuxième règle confirme le fait que l'offre de transports en commun doit être à la fois diversifiée, attractive et fournir sur les plans temporel et spatial des fréquences et une desserte satisfaisantes.

L'item « trafic urbain fluide » est inclus mais pèse peu car si cette condition intervient directement sur la vitesse commerciale du bus, l'aménagement de sites propres avec voie réservée rééquilibre les désagréments éventuels dus à la congestion urbaine.

<sup>8</sup> Le raisonnement mis en œuvre s'applique uniquement pour l'utilisation des transports en commun routiers.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

Un postulat important est introduit : l'offre tarifaire des transports collectifs routiers est forcément attractive puisque le département des Alpes-Maritimes dispose de tarifs parmi les moins chers de France.<sup>9</sup>

*Raisonnement tenu pour la pratique de l'intermodalité :*

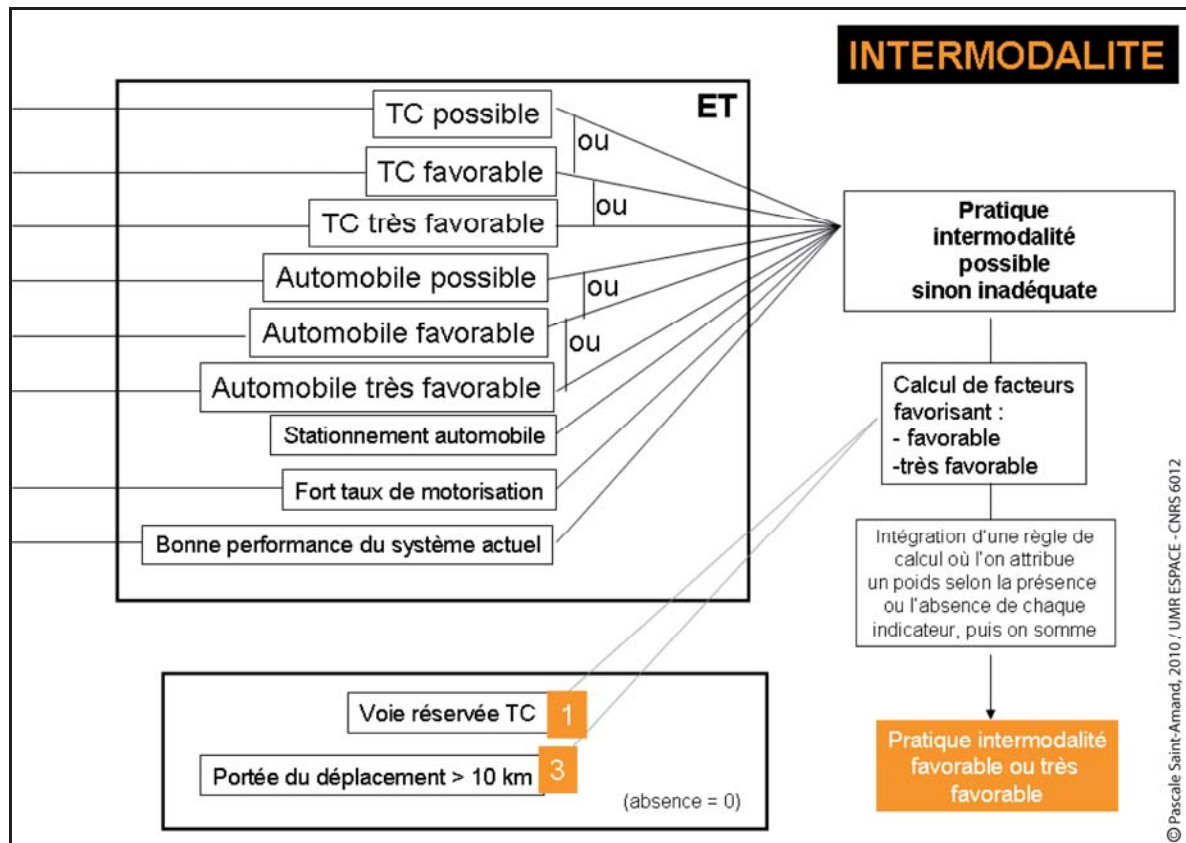


Figure 107 : Raisonnement pour la pratique de l'intermodalité<sup>10</sup>

On considère généralement que l'intermodalité implique l'utilisation d'au moins un transport en commun. Sur le champ spatial étudié, aucune infrastructure n'offre actuellement la possibilité de combiner bicyclette et transports en commun ; le raisonnement s'exécute ici sur l'association automobile-transport en commun routier. Les premières conditions obligatoires résultent donc du déclenchement des deux modes requis : automobile et TC.

<sup>9</sup> Louis Nègre Sénateur Maire de Cagnes-sur-Mer, 1<sup>er</sup> Vice-président de la Communauté Urbaine de Nice-Côte d'Azur, Président de l'ADAAM06 (Agence des Déplacements et de l'Aménagement des Alpes-Maritimes), 1<sup>er</sup> Vice-président du GART (Groupement des Autorités Responsables des Transports) aux 21<sup>ème</sup> Rencontres Nationales du transport public à Clermont-Ferrand 7-9 Novembre 2007.

<sup>10</sup> L'intermodalité existe de fait pour les transports en commun puisqu'il est nécessaire de marcher à destination du point d'arrêt.

La combinatoire étudiée exige une bonne performance du système de transport afin de mettre en relation dans les meilleures conditions possibles les deux maillons de la chaîne envisagée. Par ailleurs, l'assemblage de deux modes entraînant *de facto* une rupture de charge substantielle ne saurait être mis en œuvre pour procéder à un déplacement de faible portée. Vincent Lichère relève qu'à Marseille 97% des déplacements intermodaux sont plus longs que la moyenne et que 70% font plus du double de la distance moyenne (Lichère, 1999) : le seuil retenu dans l'édition de la règle est fixé à 10 kilomètres.

*Raisonnement tenu pour l'utilisation des parking-relais :*

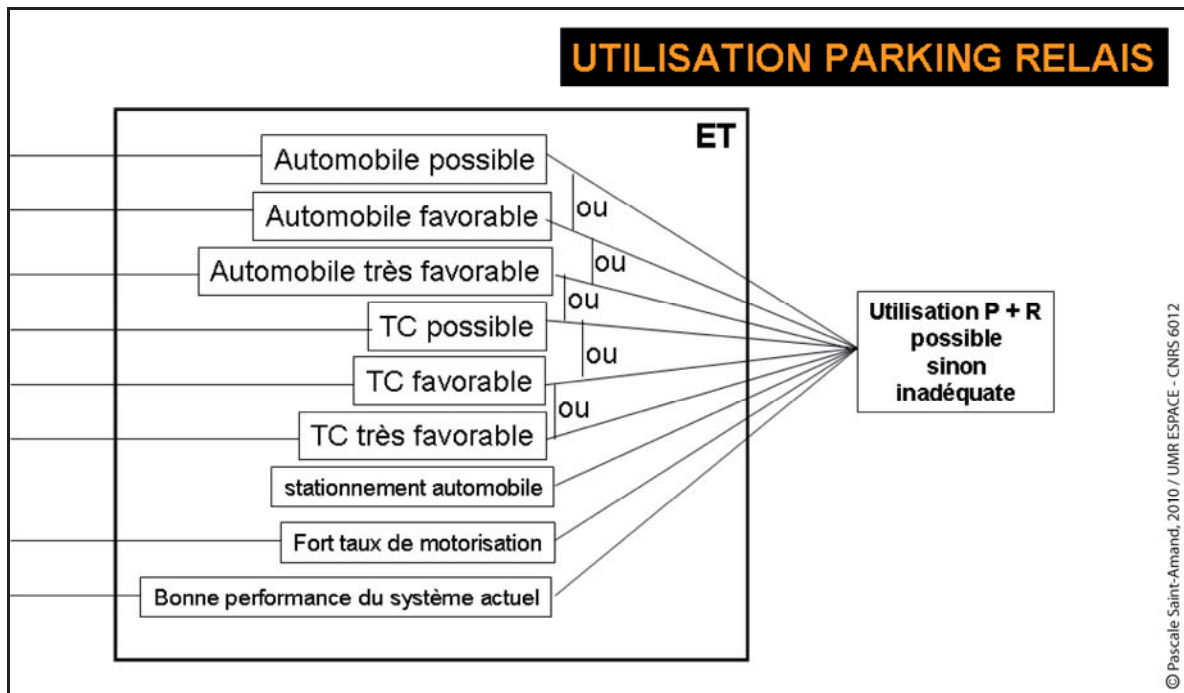


Figure 108 : Raisonnement pour l'utilisation des parking-relais<sup>11</sup>

Dans son étude pour le CERTU, Jean Delcroix (Delcroix, 1998) distingue deux types de facteurs favorisant l'utilisation des parking-relais :

- les facteurs influençant le choix *a priori* : la notoriété, l'accessibilité, la visibilité ;
- les facteurs influençant le choix *a posteriori* : le prix, la qualité de l'ouvrage, la distance parcourue à pied pour le rejoindre.

Le positionnement retenu consiste à rendre « possible » l'utilisation des parkings-relais à partir du moment où seules les conditions intrinsèques sont réunies, considérant qu'il incombe aux AOT de favoriser en amont cet usage en actionnant les leviers relevés par Jean Delcroix.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

<sup>11</sup> Définition des P + R : Parcs de stationnement dévolus à la correspondance entre la voiture et les transports collectifs (CERTU).

L'item « offre tarifaire combinée » est redondante avec « bonne performance du système actuel », il est soustrait du raisonnement.

*Raisonnement tenu pour l'utilisation de l'automobile :*

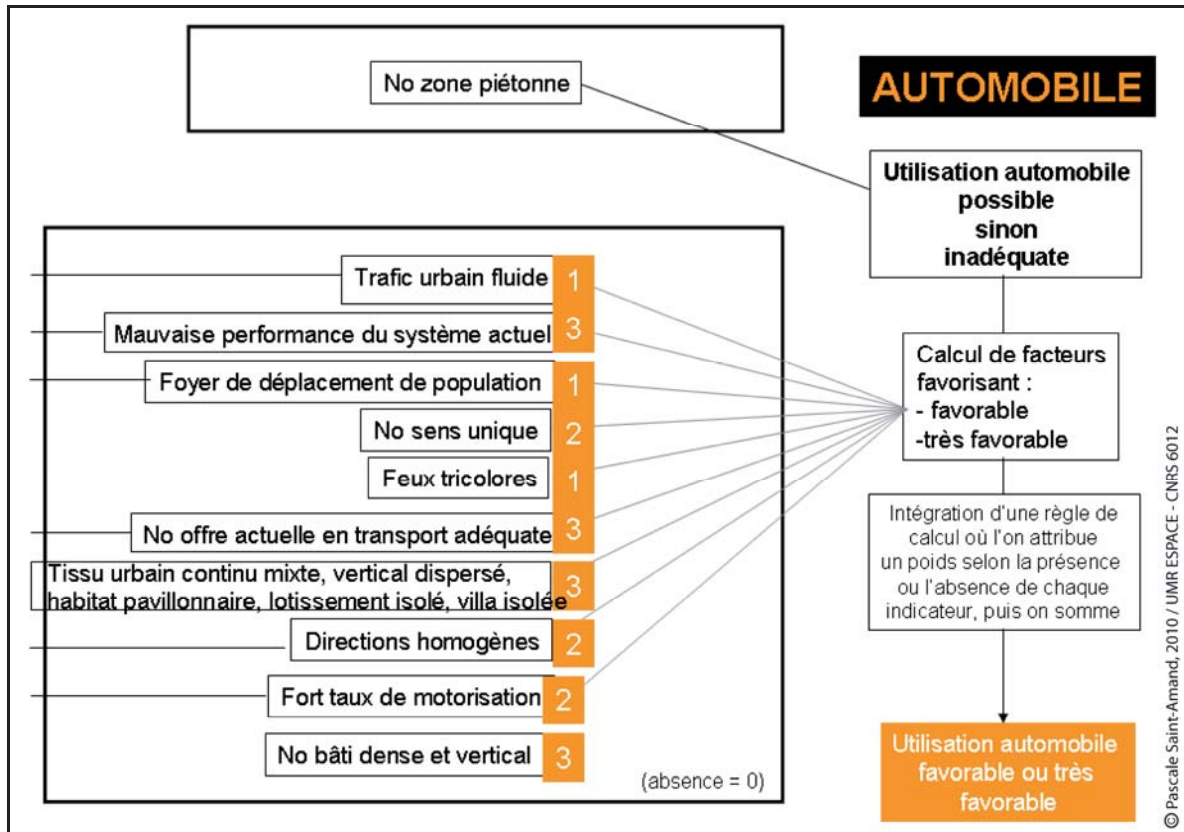


Figure 109 : Raisonnement pour l'utilisation de l'automobile particulière<sup>12</sup>

L'analyse effectuée par le système expert ne vise en aucun cas à évacuer l'automobile du système. Bien au contraire, utilisée en complément de modes collectifs ou doux, la voiture particulière peut concourir à la mise en œuvre plus efficace de mobilités durables. Dans cette modélisation, l'utilisation « possible » de l'automobile va permettre de lancer le raisonnement à la fois sur l'utilisation des transports à la demande et sur la pratique de l'intermodalité. Son caractère « possible » sur un maximum de sous-systèmes territoriaux déclenchera une marge de manœuvre très vaste pour la mise en œuvre de pratiques de déplacements durables en de multiples lieux, c'est une opportunité non négligeable.

Le raisonnement produit pour l'utilisation de l'automobile illustre la manière selon laquelle le système expert peut être stoppé dans son raisonnement si une condition – préalablement

<sup>12</sup> L'autosolisme est une pratique qui s'effectue individuellement par l'utilisation d'une automobile particulière : la pratique n'est pas prise en compte pour cause de redondance avec le raisonnement effectué sur l'utilisation de l'automobile.

Raisonnement tenu pour la pratique de l'autopartage : Les règles sont connues, le raisonnement a été effectué et validé (cf. annexe 8). Néanmoins, il n'existe aucune station d'autopartage sur le champ d'étude.



sélectionnée en ce sens – est déclenchée en premier. Le système expert va s'interroger en premier lieu sur la présence ou l'absence d'une zone piétonne dans le sous-système territorial pris en compte. Si la réponse est oui, le système s'arrête et révèle l'utilisation de l'automobile impossible sur la zone en question.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

Les documents obligatoires – tels les PDU – ainsi que de multiples travaux scientifiques désignent le stationnement automobile comme étant un levier majeur pour encourager les reports modaux. On remarque tout de même que si le stationnement peut se révéler comme un facteur très contraignant, *in fine* il n'impacte que très peu l'utilisation de l'automobile.

*Raisonnement tenu pour l'utilisation des transports à la demande :*

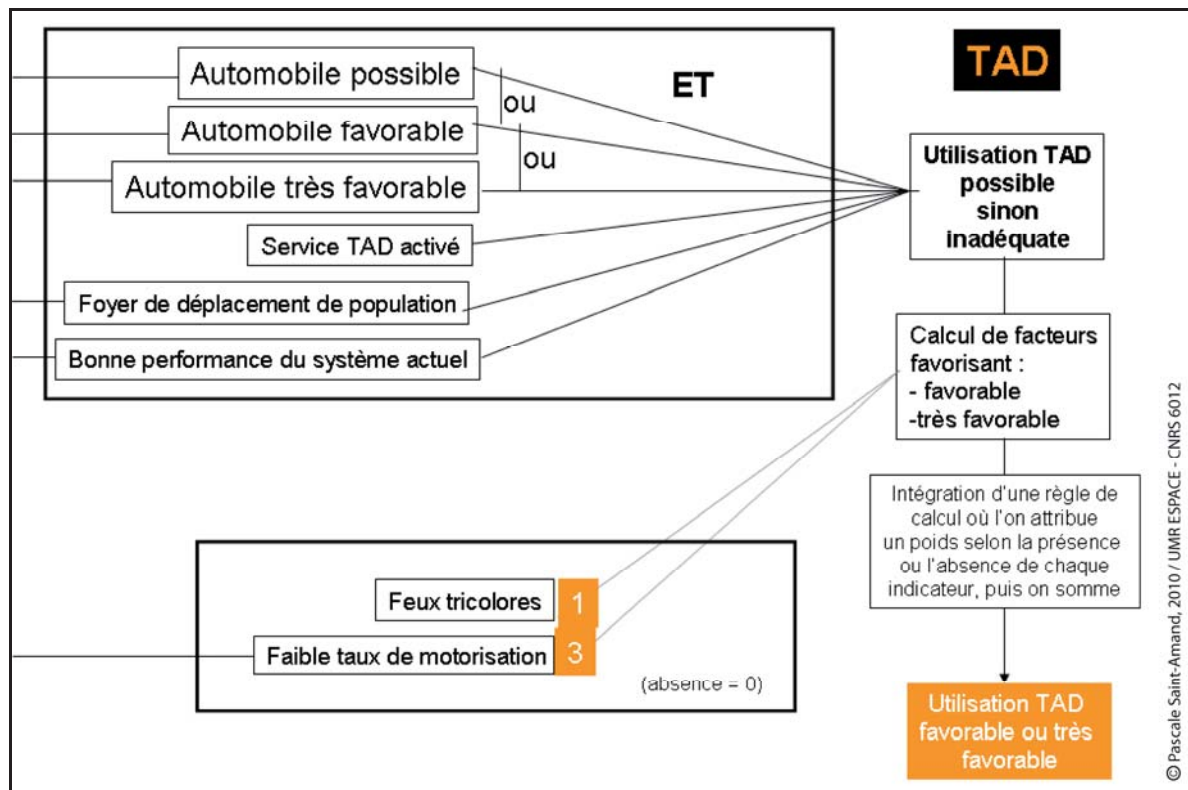


Figure 110 : Raisonnement pour l'utilisation du transport à la demande

L'utilisation de l'automobile doit avoir été déclarée possible, la première condition obligatoire découle donc du fait qu'il n'y a pas de zone piétonne sur le champ – seule règle réhibitoire pour l'automobile.

Pour améliorer la performance du service, les contraintes sur le réseau de voirie doivent être minimales avec peu de sens uniques – qui obligent le véhicule à effectuer de nombreux détours



– et peu de feux tricolores qui induisent la présence de nombreux carrefours et donc des temps d'attente important dans la circulation : les TAD étant des services qui impliquent la correspondance avec les transports en commun, il s'agit de minorer les pertes de temps.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

L'item « trafic urbain fluide » a été retiré car les TAD fonctionnent aussi dans la congestion et sont activés le plus souvent par des personnes captives des transports en commun. En ce sens, la pondération sur le « taux de motorisation du ménage » a été réajustée à 3.

La performance du système actuel d'abord pondéré à 3 a été ajoutée aux règles obligatoires car le principe même d'un TAD réside dans le rabattement des usagers sur les transports en commun.

*Raisonnement tenu pour la pratique du covoiturage :*

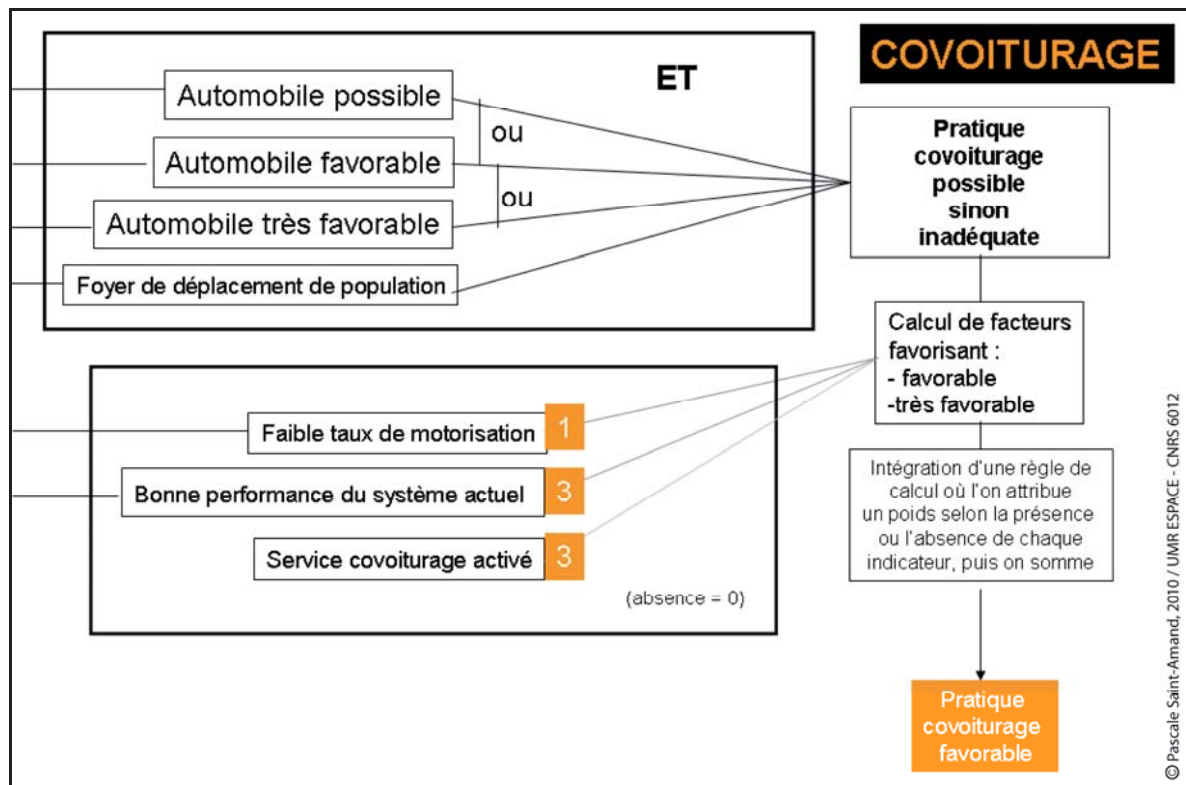


Figure 111 : Raisonnement pour la pratique du covoiturage

Le covoiturage est une pratique qui a tendance à se développer lors de la montée du prix du carburant. En effet, les coûts de déplacement sont les premières raisons de cette mise en pratique (Groupe Chronos, 2008). Les scientifiques s'accordent pour dire que le covoiturage, même s'il s'agit d'une pratique courante de manière informelle – notamment au sein des ménages – nécessite la mise en relation des personnes entretenant surtout une relation de confiance.

Les nouveaux rythmes de travail, imposés par les 35h par exemple ou encore les solutions de partage des temps réduisent les trajets aux heures de pointes mais du coup fragilisent les réseaux de covoitureurs qui pourraient voir le jour. Le site Internet Chronos évoque le « principe de certitude : je dois faire ce parcours et arriver à l'heure » sur lequel l'enjeu est de créer le maximum « d'occurrences de synchronisation ». De plus, la pratique du covoiturage doit être dotée de réseaux informels – sites Internet par exemple – et physiques.

Ces réseaux physiques peuvent prendre la forme de maisons de la mobilité comme à Marseille Luminy ou à l'Université de Nanterre qui se proposent de mettre en relation les usagers en organisant des rencontres au cours desquelles se nouent des rapports de confiance entre les protagonistes. Le PDE peut aussi être un bon moyen d'insuffler une dynamique, c'est bien dans l'entreprise que se trouve un vivier d'usagers se rendant tous en un même lieu.

Ces réflexions sont à l'origine des deux critères qui ont été pris en compte dans le raisonnement puisque les règles pondérées fortement sont : un service de covoiturage activé, une bonne performance du système actuel de transport car il faut que le covoitureur puisse sentir qu'une autre solution de repli est possible au cas où.

*Les réajustements produits sur ce raisonnement après validation des experts :*

La pondération de l'item « bonne performance du système actuel » est rehaussée à 3 conséquemment à ce qui vient d'être notifié.

La possibilité de stationner un véhicule n'a pas été considérée comme étant une règle fondamentale pour pratiquer le covoiturage, en effet, de plus en plus d'entreprises proposent des places de parking réservées aux covoitureurs.

Ces dix raisonnements vont à présent être formalisés en règles de production qui se scindent en trois groupes distincts mais d'égale importance :

- les règles primaires : pour spécifier un seuil quantitatif en booléen, spécifier la propriété d'un objet ou d'une classe ;
- les règles intermédiaires<sup>13</sup> : interviennent sur les sous-classes pour spécifier les classes ;

---

<sup>13</sup> Une règle intermédiaire employée à plusieurs reprises dans les raisonnements : la bonne performance du système actuel :

L'efficacité d'un réseau est souvent traduite par le rapport : longueur totale du réseau sur la superficie du territoire qu'il dessert. Cela ne convient pas si l'on considère que le réseau rayonne au moins au niveau de ses nœuds sur le territoire : la performance du système de transport actuel est évaluée dans cette analyse selon trois critères qui sont apparus comme déterminants :

- la part modale de l'automobile dans le partage total ;
- une offre actuelle en transports en commun diversifiée et attractive ;
- les possibilités de pratiquer l'intermodalité.

- les règles complexes : pour formaliser le raisonnement et spécifier les conditions requises à l'utilisation ou non d'un mode de transport par rapport à la configuration du territoire (figure 112).

Ces trois types de règles forment l'arbre de connaissance complet pour procéder à la modélisation du raisonnement. Elles s'enchaînent entre elles par des liens de plusieurs natures :

- l'utilisation du mode est « possible » uniquement si les conditions requises sont déclenchées de concert ;
- les conditions d'utilisation des modes partagent la même hypothèse ou la même conclusion ;
- certaines règles ne sont mobilisables que si d'autres avant elles ont été déclenchées.

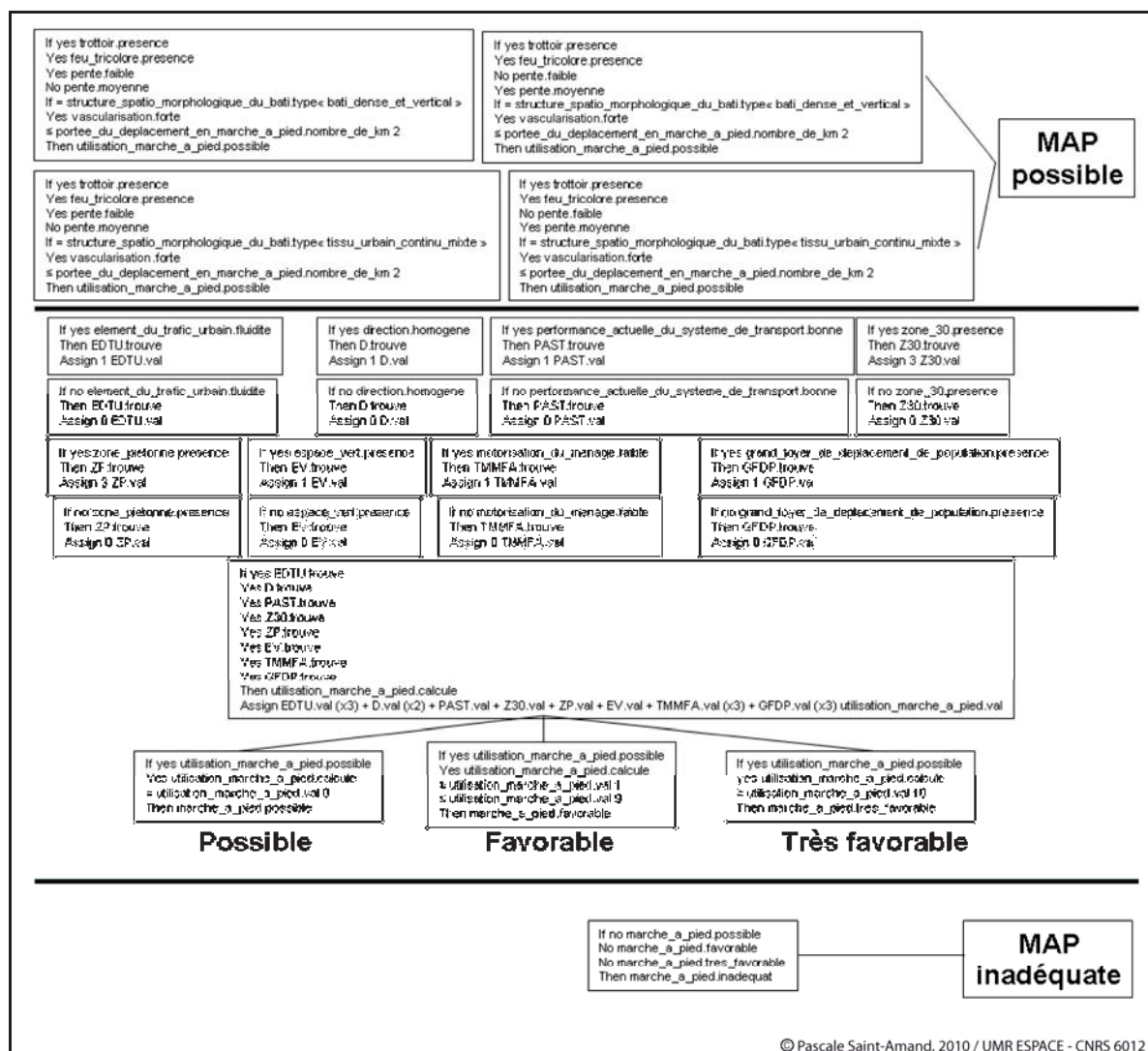


Figure 112 : Règles de production complexes formalisées à partir du raisonnement de la figure 101<sup>14</sup>

<sup>14</sup> Ici ne figurent que les règles concernant l'utilisation de la marche à pied, toutes les règles relatives aux autres modes et à toutes les pratiques sont consultables en annexe 9.

De la formalisation en classes-objets-propriétés découle le raisonnement ; et chaque grande règle qui conduit à l'utilisation ou non du mode de transport provient d'un raisonnement précédent sur les règles primaires et intermédiaires. La figure 113 montre la manière selon laquelle le raisonnement chemine. La formalisation centrée-objet est le substrat sur lequel le système expert s'appuie – les cadres roses entourent les classes, les objets et les propriétés qui sont mobilisés pour le raisonnement sur la marche à pied. Riche de sa connaissance issue des règles primaires, intermédiaires et complexes, le modèle produit un raisonnement et délivre son verdict.

Le système expert pose des questions concernant la présence ou l'absence des objets.

Exemple pour l'utilisation de la marche à pied :

- y a-t-il présence de trottoirs, de feux tricolores, de zone 30, de zone piétonne, d'espace vert dans le champ n°1 ?<sup>15</sup>
- quel est le type de structure spatio-morphologique du bâti dans le champ n°1 ?
- quelle est la portée moyenne des déplacements dans le champ n°1 ?

Puis il raisonne sur les sous-classes et les classes en suivant les liens des conclusions successives. Enfin, il aborde le raisonnement complexe et parvient aux conclusions finales sur l'utilisation de la marche à pied sur chaque unité spatiale.

---

<sup>15</sup> Le système expert va raisonner sur 55 champs.









Les règles et bases de connaissances qui entrent dans le système expert découlent de la vision du système de transport durable développée au cours de la thèse. Elles sont donc listées selon les sphères préalablement mises en évidence.

Certaines données qui caractérisent le territoire sont issues de classifications moyennes et quelques indicateurs ou seuils retenus sont grossiers puisqu'ils se rapportent à l'échelle du bassin de vie. Le biais engendré dans le raisonnement par ce lissage a été contourné en établissant une base de connaissances multiscalaires et en appliquant le système expert sur les plus petites entités spatiales identifiées.

\*\*\*\*\*

### **Conclusion du chapitre 8 :**

L'ensemble de la connaissance est désormais prête à entrer dans le système expert. La formalisation centrée-objet a permis, à la fois de décomposer cette connaissance de manière à en vérifier la cohérence, de combler les lacunes éventuelles et de structurer les bases mobilisées. L'enrichissement du prototype s'est poursuivi tout au long des étapes qui viennent d'être décrites.

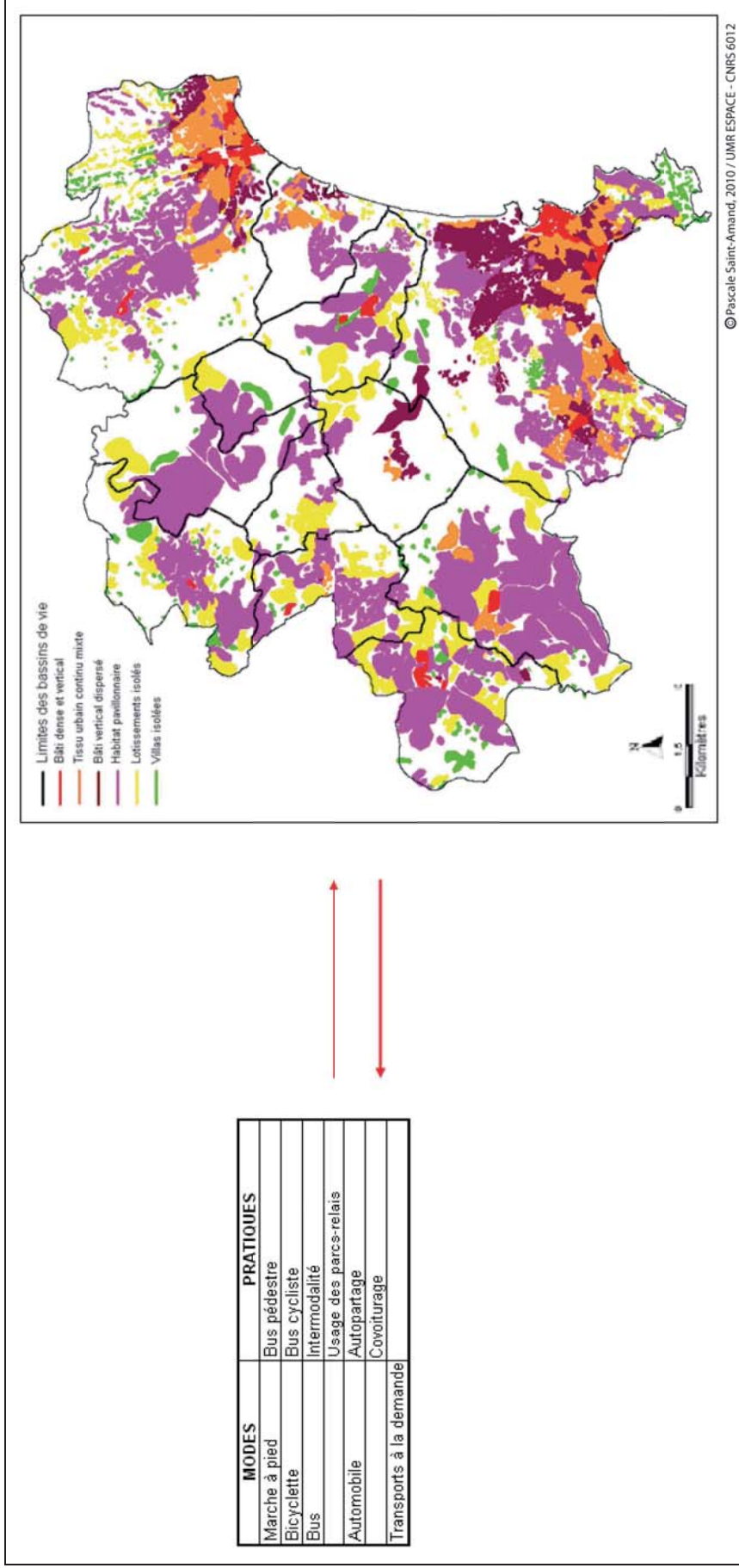
Le prototype final contient 47 classes et 68 objets sur lesquels s'appliquent 233 règles de production. Le système expert va produire, en toute transparence, un raisonnement systématique. Pour chaque unité spatiale préalablement détectée, et compte-tenu des caractéristiques qu'elles contiennent, l'outil délivrera le potentiel d'utilisation des différents modes de transports ainsi que la possibilité de mettre en œuvre une pratique de déplacement durable.

Les simulations peuvent commencer. Le système expert MOBI-EXPERT est prêt à livrer ses verdicts.





Le système expert va mettre en relation les cinq modes et les six pratiques de mobilité durable avec les 55 sous-systèmes territoriaux identifiés :



## CHAPITRE 9 : LA MISE EN ŒUVRE DU MODÈLE MOBI-EXPERT – MODÉLISATION DU RAISONNEMENT

La mise en œuvre du modèle suppose que tous les éléments qui composent le raisonnement soient à présent rassemblés. Toutes les étapes décrites depuis le chapitre 7 ont été entreprises sans aucun logiciel. Le modèle entier a d'abord été construit sur papier. Il a fait l'objet de nombreuses corrections, modifications et enrichissements.

Cet avant dernier chapitre de la thèse représente finalement le basculement de la réflexion autour du système expert à la modélisation et aux simulations proprement dites. À partir de maintenant, toute l'expertise reprenant à la fois la modélisation conceptuelle, les bases de connaissances, les classes-objets-propriétés ainsi que les règles nécessaires au raisonnement va être implantée dans le logiciel Smart Elements.

### 1. Une centaine de simulations effectuée en toute transparence<sup>16</sup>

L'architecture en classes-objets-propriétés est le premier élément à entrer dans le logiciel. La figure 114 présente le passage entre la version de base de la formalisation et son entrée dans Smart Elements :

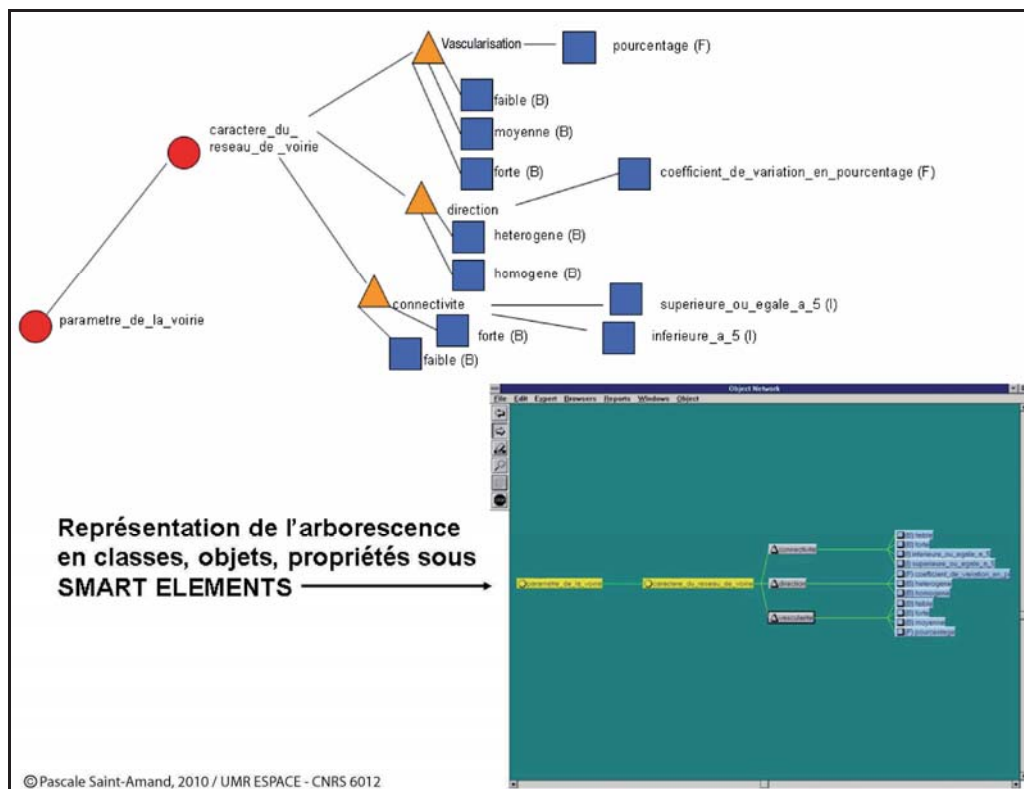


Figure 114 : Formalisation en classes – objets – propriétés avec Smart Elements

<sup>16</sup> Cet environnement transparent est permis grâce au traçage complet du raisonnement dans le modèle (cf. chapitre 7 et section 1.1. de ce chapitre).

À cette étape encore, des réajustements et des corrections sont apportés : les classes et objets redondants sont retirés et les propriétés à vocables « non neutres » sont substituées ou soustraites de l'arborescence. L'exemple de la propriété « contraignants » et « non contraignants » relative à la classe « paramètres physiques de l'espace » montre à quel point le choix des termes empruntés dans le modèle a une importance cruciale ; et montre finalement combien le modélisateur doit réfléchir, arbitrer et justifier parfaitement toutes les options retenues.

Si une topographie accentuée peut se révéler extrêmement contraignante aux déplacements effectués en mode non mécanisés et donc s'imposer comme un frein important à l'usage de la bicyclette par exemple, elle n'en demeure pas moins complètement neutre pour l'utilisation d'un mode motorisé. Le modèle MOBI-EXPERT a pour particularité, entre autres, de modéliser de manière simultanée un raisonnement comprenant les déterminants d'utilisation de cinq modes de transport et de six pratiques de déplacement, et cela en s'appliquant sur un champ d'étude par essence hétérogène. Dans ces conditions, les propriétés appliquées aux objets du modèle doivent présenter un caractère neutre, car un élément contraignant pour un mode ou une pratique peut se révéler au contraire très encourageant ou encore complètement négligeable pour un ou une autre.

Le même argument s'applique à propos de la propriété « inadéquats » et « adéquats » sur la classe « caractères du réseau de voirie ». En effet, un réseau de voirie démontrant une vascularisation très développée au travers des aires bâties est considéré comme un élément adéquat aux mobilités douces. Cette capillarité importante laisse cependant présager un réseau très fin se déclinant souvent, en territoires méditerranéens, jusqu'aux impasses et aux ruelles étroites à l'intérieur desquelles un cheminement en mode mécanisé peut s'avérer difficile. Là encore, ne pouvant s'appliquer aux cinq modes et aux six pratiques simultanément, la propriété a été soustraite de la formalisation en classes-objets-propriétés.

Enfin, l'objet « offre en autobus » rattaché à la classe « éléments de la desserte en transports collectifs » ainsi que ses propriétés ont été ôtées faute de données relatives aux fréquences et à la vitesse commerciale des véhicules. MOBI-EXPERT étant un modèle évolutif pouvant s'enrichir à l'infini, il est tout à fait envisageable de revenir sur ces retraits après obtention des données de base et de conduire de nouvelles simulations en prenant en compte ces éléments importants.

La figure 115 reprend la formalisation complète en haut à gauche, les 47 classes en jaune, les 68 objets en gris et leurs propriétés attachées en bleu. Le logiciel permet une vue d'ensemble, l'« overview » ainsi que des zooms, c'est le cas ici avec la classe « aménagements actuels de la voirie » :



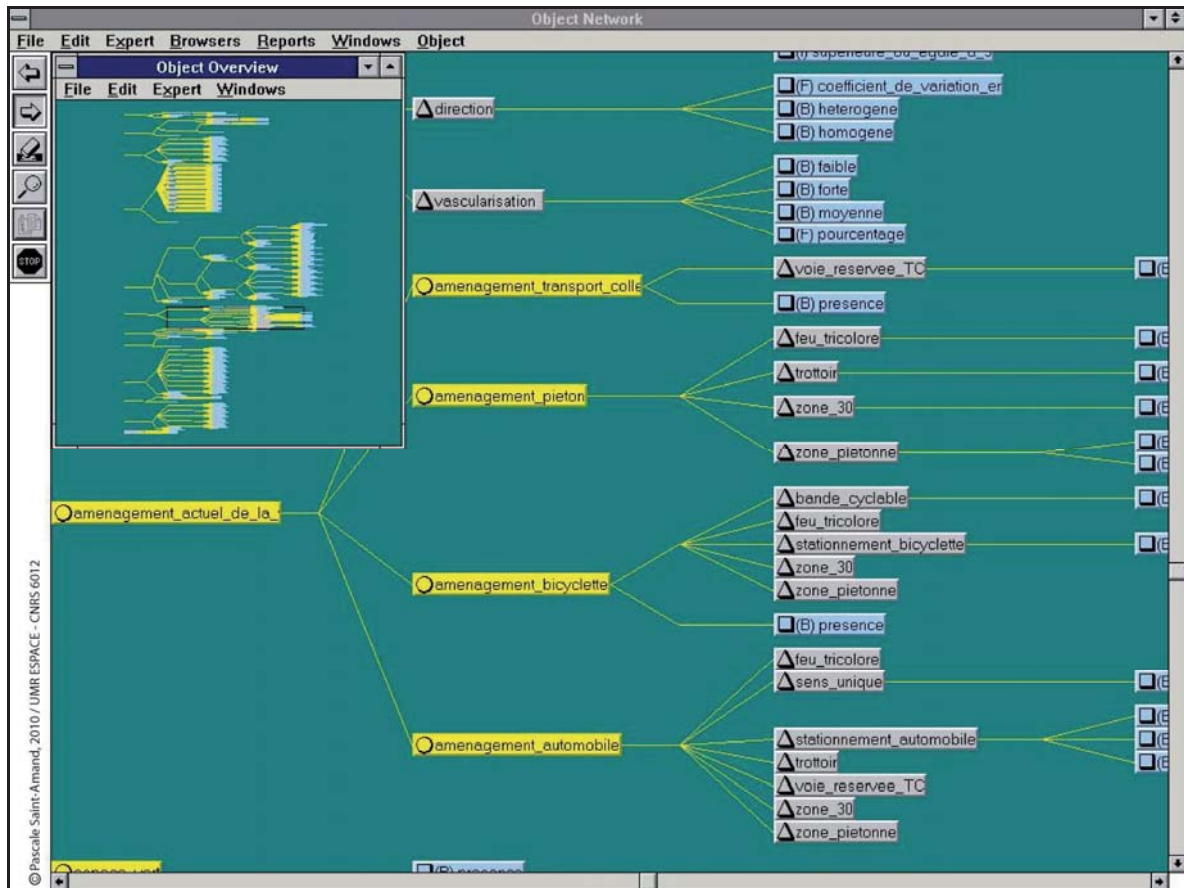


Figure 115 : Prototype final en classes – objets – propriétés avec Smart Elements (zoom sur la classe « aménagement\_actuel\_de\_la\_voie » et « overview » de l'arborescence complète)

Après l'entrée de l'architecture complète dans le logiciel, il s'agit de saisir les 233 règles de connaissances que compte le modèle. La procédure retenue a voulu que ces dernières soient intégrées dans l'ordre suivant : règles primaires, puis règles intermédiaires et enfin règles complexes.

Comme cela a été précisé dans le chapitre précédent, ces trois catégories distinctes ont un rôle précis pour la modélisation du raisonnement : les règles primaires spécifient la propriété des objets ou des classes et peuvent préciser un caractère booléen à l'aide d'un seuil quantitatif, les règles intermédiaires spécifient les classes et enfin les règles complexes formalisent le raisonnement. La problématique de cette recherche et plus précisément la mesure de la réceptivité du territoire à recevoir un système de transport durable et ainsi tendre vers une mobilité durable implique une mise en relation constante des éléments spatiaux avec les déterminants de l'utilisation potentielle des modes de transport. Les règles sont alors construites autour de deux objectifs :

- la caractérisation des éléments ;
- ce que ces éléments impliquent pour l'utilisation potentielle des modes de transport.

Le tableau 16 montre comment elles sont tirées de la littérature puis traduites en langage Nexpert Object pour être injectées dans le modèle avec l'enchaînement *ad hoc* indispensable à



la mise en relation territoire-transport. L'exemple ci-dessous traite de la relation entre la déclivité des pentes et l'utilisation potentielle de la bicyclette :

<b>Règle de connaissance issue du PDU de la CASA</b>	<b>Règle traduite en langage Nexpert Object</b>
<p>« Contrairement à une idée répandue, les voiries structurantes de la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis sont pour la plupart accessibles aux cyclistes, puisque pour 80 % d'entre elles, la pente est inférieure à 3% (pente considérée comme raisonnable). Pour certaines en revanche, on constate des reliefs très escarpés dissuasifs à l'usage du vélo, hormis pour les sportifs (pente supérieure à 7%) ». <sup>17</sup></p>	<p>If <math>\leq</math> pente.declivite_en_pourcentage 3 Then pente.faible</p> <p>If <math>&gt;</math> pente.declivite_en_pourcentage 3 <math>\leq</math> pente.declivite_en_pourcentage 6 Then pente.moyenne</p> <p>If <math>&gt;</math> pente.declivite_en_pourcentage 6 Then pente.forte</p> <p>If yes pente.faible Then utilisation_bicyclette.possible</p>

**Tableau 16 : Transcription des règles en langage Nexpert Object**

La figure 116 illustre quant à elle l'arborescence complète du raisonnement :

<sup>17</sup> Plan de Déplacements Urbains de la Communauté d'Agglomération de Sophia Antipolis arrêté en Conseil Communautaire le 29 Janvier 2007, 277 pages.



Figure 116 : Vue d'ensemble des 233 règles de connaissance composant le raisonnement

### **1.1. Tests sur un prototype réduit**

Avant de lancer des simulations complètes, il est recommandé de tester le modèle sur des prototypes réduits pour lesquels les réponses sont connues à l'avance. Le modélisateur acquiert au cours de toutes les étapes précédentes une connaissance accrue de son modèle, il lui est aisé de raisonner sur des simulations très réduites et de pouvoir vérifier le déroulement du raisonnement en confrontant ses attendus avec ces résultats réduits. Les objectifs de ces tests sont les suivants :

- détecter les manques, les redondances et les incohérences éventuelles ;
- vérifier que les sessions se déroulent selon la logique du raisonnement de l'expert ;
- pouvoir effectuer des comparaisons entre les résultats issus du modèle et les « dires d'expert » (Pomerol, 1988).

Des petits paquets de règles sont alors entrés dans le logiciel et une simulation est mise en œuvre pour chaque mode et chaque pratique. Grâce au traçage complet du raisonnement dans l'arborescence, trois difficultés majeures sont apparues à l'issue de ce travail. La première de ces difficultés est inhérente à l'analyse simultanée des cinq modes et des six pratiques de déplacement. De la même manière que pour la formalisation en classes-objets-propriétés, les pondérations appliquées sur les règles diffèrent selon le mode ou la pratique considérée. Puis, dans un deuxième temps, le même constat a pu être dressé concernant certaines règles qui se sont révélées contradictoires selon le mode ou la pratique étudiée.

### **1.2. Réglage de quelques paramètres du modèle**

La figure 117 illustre ce propos à partir de l'objet « trafic urbain fluide » qui apparaît pour quatre modes de transport différents et qui entraîne des conséquences divergentes sur le potentiel d'utilisation de chacun d'eux, selon que la présence de cet objet se vérifie où non sur le territoire. Pour contourner cette difficulté, la stratégie mise en œuvre a consisté à reformuler les règles concernées avec un facteur de pondération à 1 et d'appliquer ensuite un coefficient multiplicateur selon le cas considéré. Pour la marche à pied, le trafic urbain fluide étant pondéré à 3, il est alors multiplié en fin de règle à 3.

OBJET	PONDERATION	MODE
Trafic urbain fluide	3	MAP
	2	Bicyclette
	2	TC
	1	Automobile

Règles de départ :	Règles corrigées :
If yes element_du_trafic_urbain.fluidite Then EDTU.trouve Assign 3 EDTU.val If no element_du_trafic_urbain.fluidite Then EDTU.trouve Assign 0 EDTU.val If yes EDTU.trouve Assign EDTU.val utilisation_marche_a_pied.val	If yes element_du_trafic_urbain.fluidite Then EDTU.trouve Assign 1 EDTU.val If no element_du_trafic_urbain.fluidite Then EDTU.trouve Assign 0 EDTU.val If yes EDTU.trouve Assign EDTU.val (x3) utilisation_marche_a_pied.val

© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 117 : Corrections sur les règles de pondération

Une fois cette reformulation effectuée sur les pondérations, les règles contradictoires doivent être revues. Les tableaux 17 et 18 montrent qu'une « bonne performance du système de transport actuel » encourage l'utilisation d'un certain nombre de modes. C'est la situation inverse qui favorise l'utilisation de l'automobile. La même remarque s'applique sur l'objet « taux de motorisation du ménage » qui, en étant faible, pousse l'utilisateur à l'utilisation des alternatives à l'automobile et *a contrario* conforte son hégémonie dans le système s'il est fort.

Bonne performance du système actuel		Faible taux de motorisation du ménage	
Mode ou pratique	Pondération	Mode ou pratique	Pondération
MAP	1 x 1	MAP	1 x 3
Bicyclette	1 x 2	Bicyclette	1 x 3
TC	1 x 3	TC	1 x 3
Autopartage	1 x 3	TAD	1 x 3
Covoiturage	1 x 3	Autopartage	1 x 1
		Covoiturage	1 x 1
Mauvaise performance du système actuel		Fort taux de motorisation du ménage	
Automobile	1 x 3	Automobile	1 x 2

Tableaux 17 et 18 : Quelques règles contradictoires à reformuler avant simulation

La parade appliquée dans cette situation a voulu que de nouveaux objets soient créés. C'est ainsi que TMMFA et TMMFO sont venus se substituer à TMM « taux de motorisation du ménage » pour les règles concernant l'utilisation de l'automobile. Le cas de la « performance du système de transport actuel » a soulevé une troisième difficulté : les « fausses » propriétés

booléennes. Si pour le modélisateur « bonne » est bien l'inverse de « mauvaise » et « fluidité » le contraire de « congestion », il n'en est pas de même pour Smart Elements qui ne reconnaît pas ces vocables comme des caractères booléens. Le logiciel prend en compte la présence ou l'absence de la propriété « bonne », et le fait qu'elle ait été déclarée « mauvaise » ne signifie pas son absence. Les règles ont alors été reformulées en retirant les termes « mauvaise » et « congestion » et en attribuant à leur place un raisonnement et une traduction en langage Nexpert Object en :

- « yes\_fluidité » et « no\_fluidité », cette dernière représentant pour le modélisateur l'expression de la « congestion » ;
- « yes\_bonne » et « no\_bonne », cette dernière représentant une « mauvaise performance du système de transport actuel ».

Ces quelques réglages se sont avérés indispensables avant les simulations car il n'est pas rare que des incohérences, même souvent minimes, puissent conduire à des dysfonctionnements très importants lors de la mise en œuvre des simulations. Force a été de constater que les tests effectués sur un prototype réduit du modèle sont absolument obligatoires. Par ailleurs, la visibilité offerte par les systèmes experts sur le déroulement des sessions reste un atout majeur, d'une part pour permettre la vérification constante de la cohérence du raisonnement et d'autre part pour pouvoir retracer sans cesse le chemin qui conduit de l'hypothèse à sa validation.

### 1.3. Une simulation commentée...

Le système expert est mobilisé dans cette recherche pour identifier sur 55 sous-systèmes territoriaux hétérogènes le potentiel d'utilisation de cinq modes de transport et de six pratiques de déplacement. Ces potentiels vont être détectés selon la présence ou l'absence sur les territoires des déterminants à l'utilisation de chaque mode et de chaque pratique.

Les simulations qui vont être effectuées vont conduire à un verdict où chacun des 55 sous-systèmes territoriaux se verra attribuer un potentiel d'utilisation qui se décline en quatre attributs selon son intensité : inadéquat pour un potentiel d'utilisation nul, puis possible, favorable et très favorable.<sup>18</sup>

Le système expert applique son raisonnement de manière simultanée sur les 11 modes et pratiques de déplacement, pour chacun des 55 sous-systèmes territoriaux. Les règles de connaissance injectée dans le modèle rassemblent les déterminants des modes de transport et des pratiques de déplacement qu'il faut trouver sur le territoire pour qu'ils soient utilisés ou qu'elles soient mises en œuvre. Les questions qui vont être posées par le modèle portent donc sur les caractères du territoire x : quels aménagements sont présents sur le territoire, quelle est la topographie de ce territoire, quelle est la configuration actuelle des déplacements sur ce territoire, quelle est l'offre actuelle en système de transport, *etc.*, l'objectif final étant

---

<sup>18</sup> Pour rappel, ce sont les pondérations appliquées sur les règles qui déterminent un score final et donc l'intensité du potentiel.

d'évaluer les capacités de x à procurer les conditions *ad hoc* pour l'utilisation de chaque mode de transport et pour la mise en œuvre de chaque pratique de déplacement.

Cela revient à poser cette question globale : le système territorial x est-il en adéquation avec le système de transport ? Contient-il suffisamment d'éléments pour pouvoir utiliser tel ou tel mode, mettre en œuvre telle ou telle pratique ?

Avant l'étape de simulations, les réponses concernant les 55 sous-systèmes territoriaux sont consignées dans une matrice Excel :

	BV1					
Indicateurs	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	≤ 3 ≤ 6	≤ 3 ≤ 6	≤ 3	≤ 3
Zone piétonne	oui	non	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	oui	oui	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	oui	non	non
Vascularisation	144%	93%	106%	78%	89%	98%
Direction	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	oui	oui	oui	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	oui	oui	oui	non	non	non
Bande cyclable	oui	oui	non	oui	non	non
Stationnement bicyclette	oui	oui	non	non	non	non
Stationnement automobile	oui	oui	oui	non	non	non
TMJA sur voie principale	> 20 001	> 20 001	≤ 20 000	> 20 001	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	oui	oui	oui	non	non	non
Part modale de l'automobile	53%	53%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	oui	non	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	oui	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	oui	oui	oui	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	oui	non	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	325	325	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	0,99	0,99	0,99	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Figure 118 : Réponses pour les 55 sous-systèmes territoriaux<sup>19</sup>

À gauche figurent les 35 indicateurs sur lesquels les questions du système expert vont porter. Les réponses sont inscrites dans les six colonnes correspondantes aux six types de structure spatio-morphologique du bâti contenues à l'intérieur du bassin de vie n°1.

Les simulations débutent par le chargement de l'architecture complète de la connaissance : la formalisation en classes-objets-propriétés et les règles. Puis il appartient au modélisateur de choisir le chaînage de raisonnement parmi les trois possibilités offertes par les systèmes experts.

<sup>19</sup> Pour les 12 bassins de vie et à l'intérieur de ces bassins pour chaque type de structure spatio-morphologique du bâti. L'ensemble des réponses fournies au système expert figurent en annexe 10.



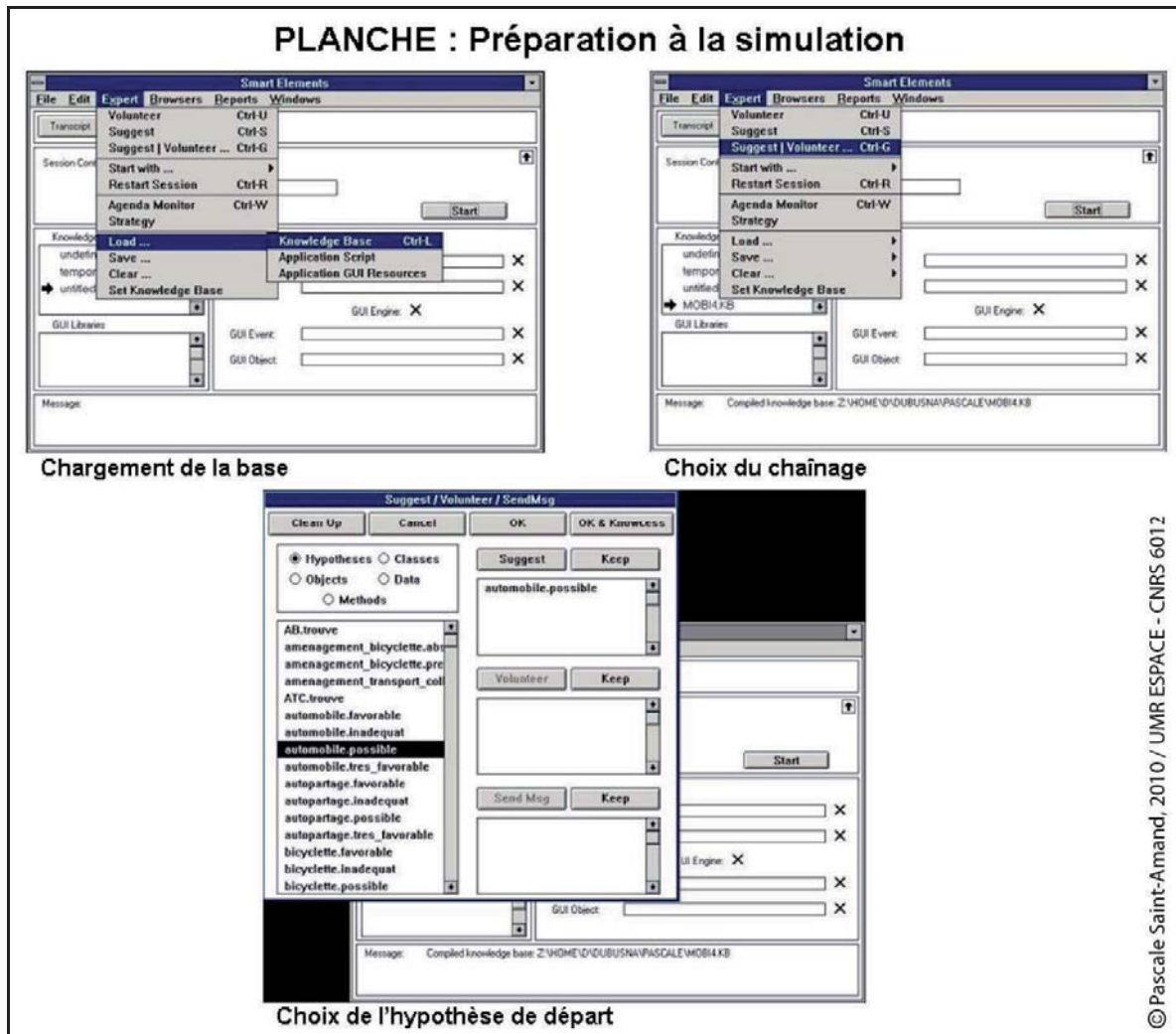


Figure 119 : Chargement de la base de connaissance, sélection du chaînage et de l'hypothèse à vérifier

Les 55 simulations sont effectuées en chaînage mixte<sup>20</sup> à partir de l'hypothèse selon laquelle l'utilisation de l'automobile est possible. Le modèle traite simultanément des possibilités pour l'usage des 11 modes et pratiques, ce choix sur l'automobile n'oriente en rien la modélisation du raisonnement. Les questions s'enchaînent et le verdict tombe sur l'ensemble des modes et pratiques en fonction du territoire considéré.

Pour chacune des simulations, le modèle pose 35 questions. Il intègre donc dans son raisonnement les 35 indicateurs relatifs à chaque territoire.

La figure 120 illustre la manière dont le raisonnement avance dans le modèle au fur et à mesure du déroulement de la session. Ici, la deuxième simulation vient de commencer, elle s'effectue sur la classe 2<sup>21</sup> du bassin de vie n°1. Le système expert interroge le modélisateur sur un indicateur dont la propriété est booléenne :

<sup>20</sup> Pour rappel ce type de chaînage est une union des deux démarches permises par les systèmes experts : le chaînage avant et le chaînage arrière. En chaînage mixte, plusieurs faits observés conduisent à une conclusion qui va représenter l'hypothèse à confirmer.

<sup>21</sup> Tissu urbain continu mixte.







Il s'agit ici de la 45<sup>ème</sup> simulation sur la classe de bâti 1<sup>22</sup> du bassin de vie n°11, MOBI-EXPERT souhaite connaître le pourcentage de la part modale de l'automobile sur ce territoire. Le chiffre 57 est entré<sup>23</sup> et grâce aux règles de connaissances, le modèle attribue à la performance du système de transport actuel la propriété « bonne » en présence ou en absence :

- Vignette en bas à gauche : « Quel est le pourcentage de la part modale de l'automobile sur le territoire de la classe 1 du bassin de vie n°11 ? ».
- Vignette en haut à gauche : La réponse est 57%.
- Vignette en bas à gauche : La réponse 57 est entrée dans la case.

Le système expert agrège cette réponse avec d'autres indicateurs pour évaluer la performance du système de transport actuel. Pour rappel, cette dernière dépend :

- de la part modale de l'automobile ;
- d'éléments de la desserte en transports collectifs nombreux, diversifiés et satisfaisants<sup>24</sup>.
- Vignette en bas à droite : L'arbre de décision en tire les conséquences sur les règles attachées ainsi que sur le verdict à apporter à la fin de la session.

Au cours de certaines simulations, il est possible que le système expert ne pose pas l'ensemble des 35 questions. En effet, l'héritage des propriétés évoqué au chapitre 7 attribue une réponse à plusieurs questions.

Le système expert pose la question de la présence ou non d'un foyer d'enseignement primaire. Si la réponse fournie est oui, il considère directement qu'il y a présence d'un grand foyer de déplacement de population puisque les règles ont été entrées dans ce sens<sup>25</sup> ; il passe alors directement à la question suivante concernant le taux de motorisation du ménage. Si la réponse est non, il va dérouler toutes les questions concernant tout d'abord les foyers d'enseignement puis les foyers d'activités.

---

<sup>22</sup> Bâti dense et vertical.

<sup>23</sup> Comme il a été spécifié dans les chapitres précédents, les réponses fournies au système expert sont multiscalaires. La part modale de l'automobile à 57% a été observée sur l'ensemble du bassin de vie n°11. Pour les 6 classes de bâti contenues dans ce bassin, le même pourcentage remplira la case réponse.

<sup>24</sup> Cf. Règles intermédiaires en annexe 9.

<sup>25</sup> Cf. Règles intermédiaires en annexe 9.

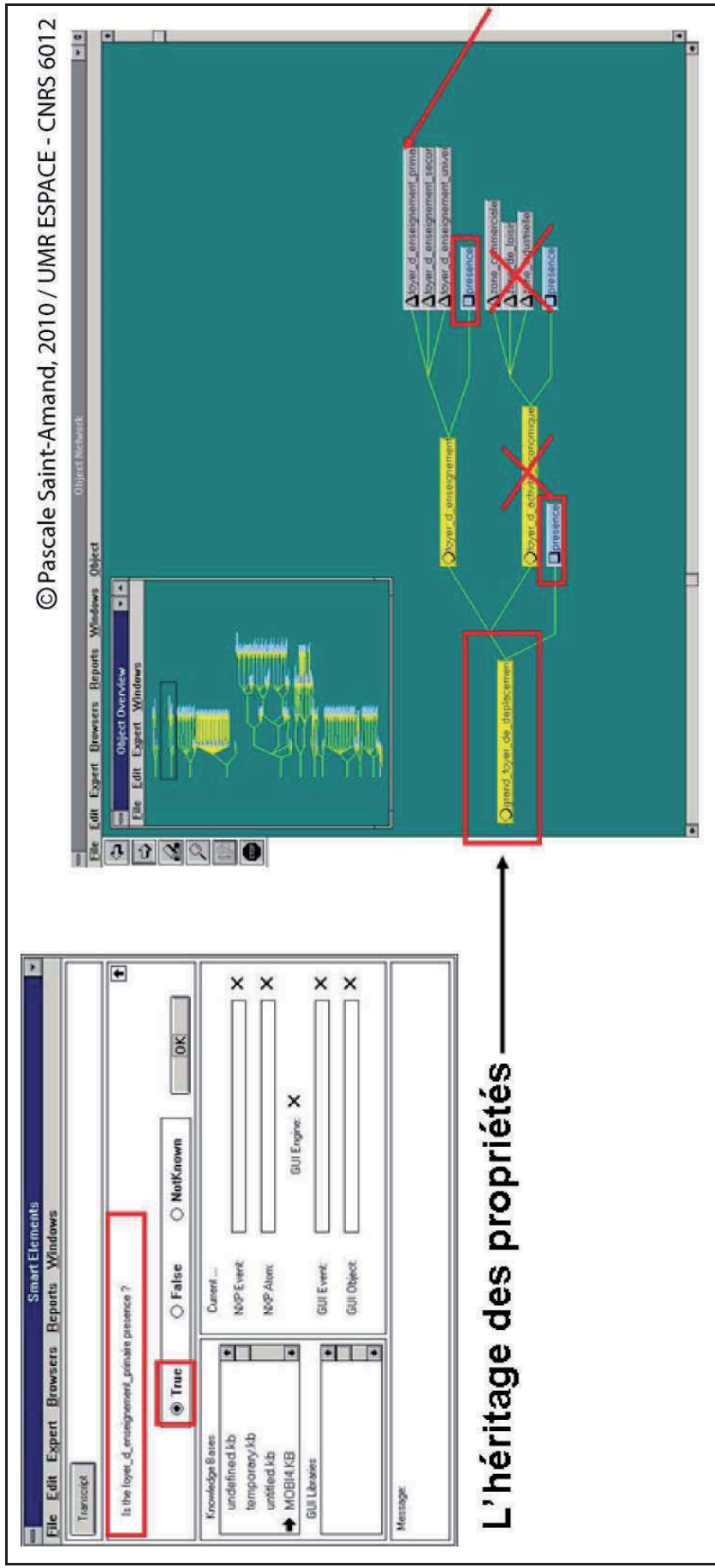


Figure 122 : La propriété « présence » appliquée sur les objets est héritée par la classe

Ici, la présence d'un foyer d'enseignement primaire a permis au système expert de conclure à la présence d'un grand foyer de déplacement de population, il a donc évacué les cinq questions concernant :

- le foyer d'enseignement secondaire ;
- le foyer d'enseignement universitaire ;
- le foyer d'activités économiques (avec la présence ou l'absence d'une zone commerciale, industrielle ou de loisirs).



Le modèle s'enrichit des réponses successives. Le déroulement de la simulation est consultable à tout moment en activant la commande « rule network ». Les zooms présentés dans la figure 123 montrent que la session avance normalement, les affirmations bleues et grises sont cochées en présence / absence de vrai / faux ; l'affirmation de la case rose attend la réponse du modélisateur.

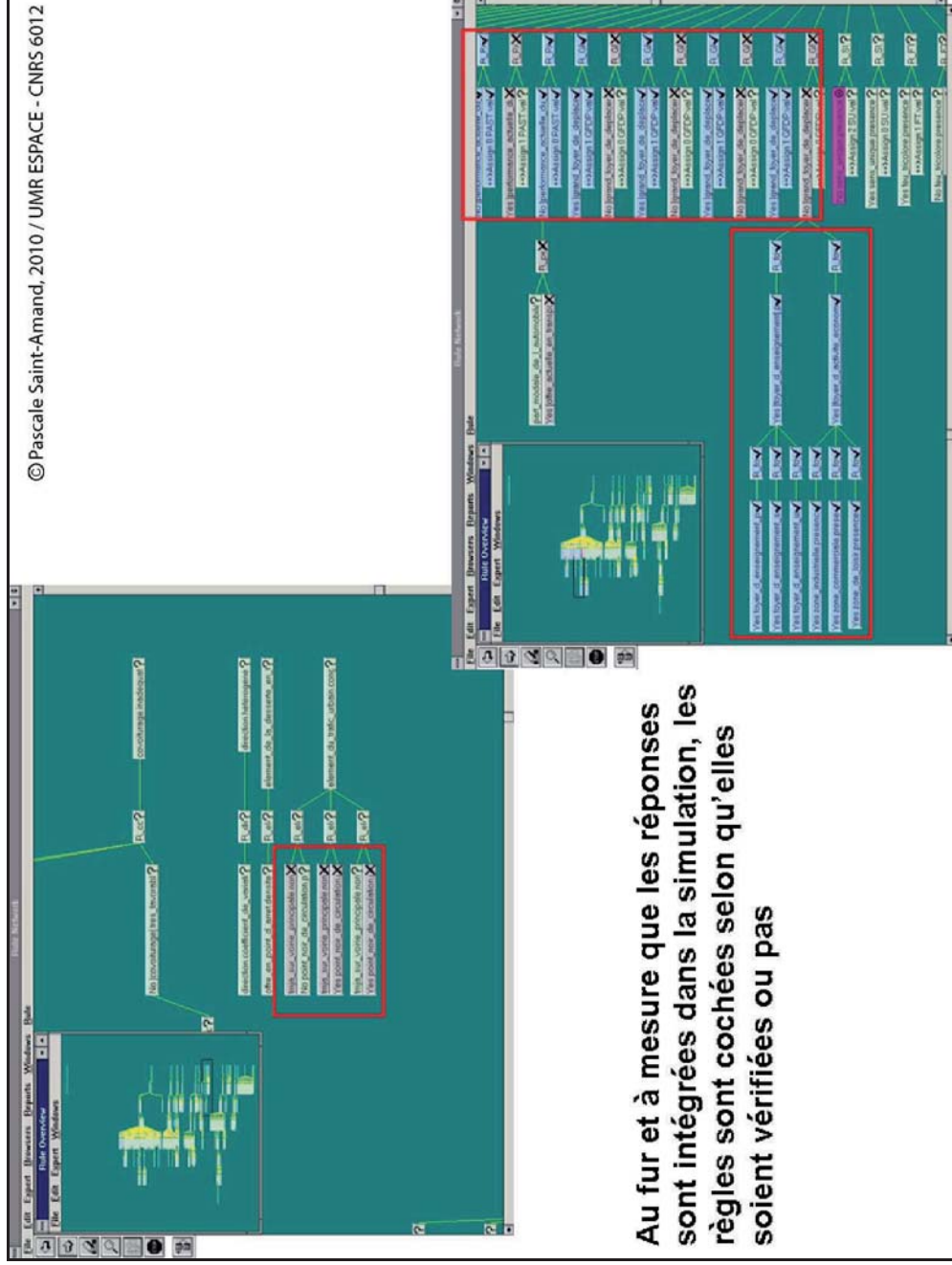


Figure 123 : Le « rule network » s'enrichit au fur et à mesure de la simulation

Les résultats apparaissent dans l'arbre de décision comme l'illustre la figure 124, les affirmations fausses deviennent grises et les vraies bleues.

Dans le navigateur, plusieurs commandes peuvent être activées pour obtenir le texte correspondant à la simulation. Smart Elements offre trois extractions de fichiers-résultats :

- le « case status » est un fichier dans lequel toutes les réponses sont consignées ;
- la « list of rules » contient toutes les règles du système ;
- le « full report » contient à la fois l'ensemble des règles mobilisées pendant la simulation dans l'ordre dans lequel elles ont été déclenchées et les réponses apportées.





Après chaque simulation, un « case status » est consigné. Les réponses sont alors extraites et résumées dans des matrices Excel.<sup>26</sup> La base de connaissance doit être réinitialisée pour la simulation suivante, la commande « restart session » est activée : le rule network est vierge et donc prêt pour la session prochaine.

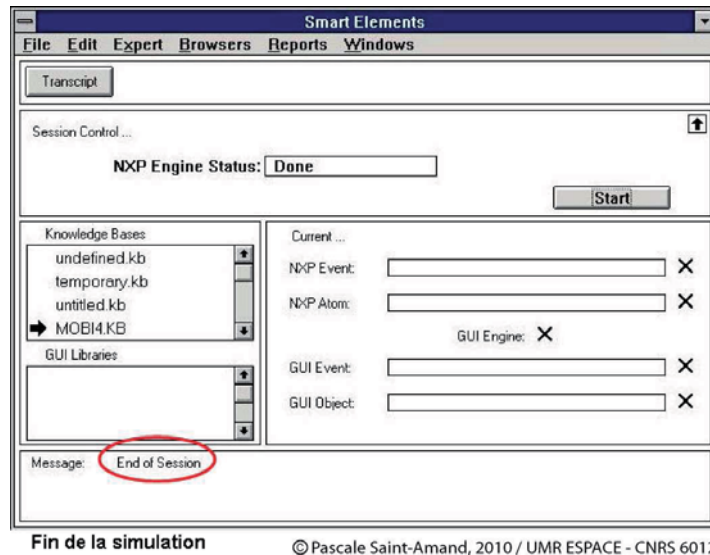


Figure 125 : Le système expert doit être réactivé pour la simulation suivante

MOBI-EXPERT a appliqué son raisonnement sur les territoires puisque c'est bien à partir de la connaissance de la configuration et des dynamiques de chaque sous-système territorial que toutes les réponses ont été fournies pour chaque simulation. Cependant, Smart Elements a délivré ses 605 verdicts<sup>27</sup> sur des numéros de sessions. Seul le modélisateur sait que la dixième simulation, par exemple, s'applique dans la classe 6 du bassin de vie n°2 et que cette dernière se localise à l'ouest des communes du Rouret et de Roquefort-les-Pins et au nord de la commune d'Opio, qu'elle jouxte la frontière du champ d'étude et enfin qu'elle est contigüe avec le bassin de vie n°3.

Il s'agit à présent de localiser ces verdicts afin de pouvoir conduire toutes les analyses spatiales que requiert la problématique. Le système expert vient de livrer une première vue d'ensemble des relations qu'entretiennent le système territorial et le système de transport : c'est le volet « aide à la connaissance » qui a été activé.

<sup>26</sup> Cf. annexes 11 et 12.

<sup>27</sup> Réponses pour les 11 modes et pratiques de déplacement sur 55 sous-systèmes territoriaux.

## **2. Les résultats bruts issus du système expert : volets diagnostic et aide à la connaissance**

### **2.1. La restitution spatiale des résultats dans le SIG, intégration et couplage des outils**

Les résultats du système expert sont à présent spatialisés sous SIG, mais l'attention du lecteur est attirée sur le fait qu'il ne s'agit pas seulement d'un travail de localisation de l'information. Il est question ici d'un véritable retour à l'espace. L'information est plaquée sur le territoire et se rattache alors aux processus spatiaux par recontextualisation des solutions issues du système expert dans un champ d'interactions et de dynamiques complexes.

#### ***Le mode de représentation retenu, un défi sémiologique :***

La première difficulté de cette étape s'est posée lorsqu'il a fallu projeter des résultats sous forme de tableaux Excel sur des cartes en gardant à l'esprit le projet de pouvoir communiquer tout au long du processus avec les décideurs et différents experts sur le terrain. Elles se doivent donc d'être claires et porteuses d'informations nouvelles. Pour chacun des 55 sous-systèmes territoriaux, 11 réponses déclinées en 4 niveaux sont sorties du modèle. Un rappel des objectifs initiaux s'avère nécessaire :

Le premier objectif consiste à jauger du potentiel de chaque territoire à l'entretien d'interactions nombreuses et efficaces avec un système de transport. Par ailleurs, l'idée force est bien de « raisonner en système », il s'agit donc d'examiner, dans un premier temps, la morphologie globale de ces potentiels exprimés par les territoires – c'est aussi la raison pour laquelle les zones de contact entre les aires seront à étudier avec le plus grand soin.

Conséquemment, la cartographie envisagée a pour première finalité d'informer – dans le sens premier du terme – les solutions apportées par le système expert ; de faire émerger le cas échéant un ou plusieurs axes majeurs qui pourront être retenus comme lieux prioritaires ou lignes de force à partir desquels l'adéquation entre les deux systèmes prendra son assise.

Pour des raisons évidentes de lisibilité des résultats, les réponses sur les 11 modes et pratiques de déplacement ne sont pas représentées simultanément sur chaque sous-système territorial. Le parti retenu a abouti à la construction de 11 cartes – autant qu'il y a de modes et de pratiques de déplacement – figurant pour chacune d'elle l'utilisation possible (ou non) du mode, la mise en œuvre possible (ou non) de la pratique de déplacement ainsi que le niveau de potentiel associé. Les règles sémiologiques conventionnelles ont servi de base à la stratégie retenue :

<b>Informations à cartographier</b>	<b>Dénominations</b>	<b>Type</b>	<b>Sémiologie <i>ad hoc</i></b>
Utilisation possible du mode ou de la pratique	Inadéquate / un des trois niveaux de potentiels	Opposition	Couleur froide / chaude
Niveaux de potentiels	Possible / Favorable / Très favorable	Gradient	Nuancier à partir de la couleur chaude

**Tableau 19 : Les règles sémiologiques de base ont été respectées**

Le deuxième objectif découle de ce qui vient d'être mentionné à propos de la détection de lieux prioritaires. Un aperçu concret des lieux du territoire porteurs de forts potentiels servira de socle de connaissance pour la recherche de points de contacts, au sein du système de transport, nécessaires à deux pratiques durables s'il en est : la multimodalité et l'intermodalité. Mais ces derniers ne pourront émerger sans la mise en œuvre d'analyses spatiales additionnelles ; ce projet représentant le troisième et dernier objectif poursuivi par la cartographie exhaustive des résultats du système expert.

En résonance avec ses trois finalités, les résultats cartographiques se déclinent selon plusieurs niveaux de complexité.

## **2.2.Premier niveau : les résultats bruts par mode et par pratique ou la localisation de l'utilisation potentielle des modes**

Les résultats issus du système expert pour l'utilisation de l'automobile entérinent d'ores et déjà le raisonnement du modèle. Le croisement entre ces cartes de potentiels et les parts modales observées viendront renforcer cette première validation (cf. chapitre 10).

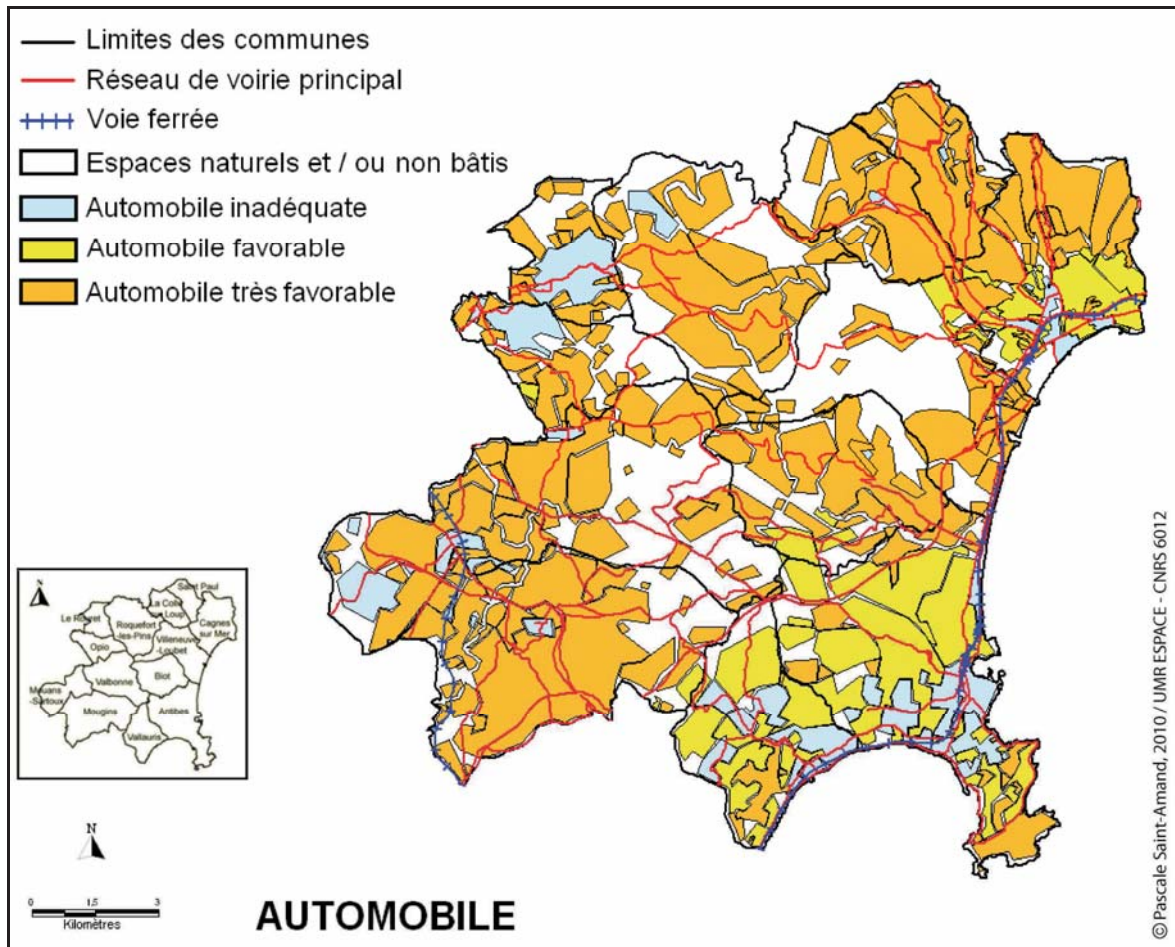


Figure 126 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation de l'automobile<sup>28</sup>

La seule règle pouvant entraver l'utilisation de l'automobile était la présence de zones piétonnes (cf. chapitre 8). Ce mode se révèle *de facto* inadéquat dans les aires où se localisent ces dernières. Par ailleurs, c'est bien dans les zones de bâti dense que l'automobile est déclarée favorable, mais ce mode n'atteint pas des scores extrêmes comme dans les zones périurbaines où son hégémonie s'explique à présent, à la fois par les caractéristiques intrinsèques des territoires et par le hiatus observé dans une offre de transports collectifs satisfaisante. Dans de multiples travaux, l'automobile se révèle comme le mode le plus efficace quelle que soit la portée du trajet et quel que soit son motif (Dupuy, 1995 ; Dupuy, 1999 ; Héran, 2001). Cependant, il est intéressant d'observer que l'automobile, même si elle prédomine sur l'ensemble du champ, n'apparaît presque jamais comme seule alternative (figures 127 et 128).

<sup>28</sup> Afin de pouvoir saisir une mesure plus concrète de l'utilisation potentielle des modes sur le territoire, les couches SIG d'informations relatives au réseau de voirie ainsi qu'à la voie ferrée ont été juxtaposées sur les résultats bruts. C'est finalement par ses liens que les potentiels détectés prendront corps, ils se devaient de figurer dès la restitution des résultats bruts.

D'autres choix modaux potentiels apparaissent. MOBI-EXPERT ainsi que les analyses sous SIG vont le démontrer. D'autres modes peuvent s'imposer, d'autres combinaisons peuvent s'envisager et, surtout, une autre utilisation de l'automobile est possible.

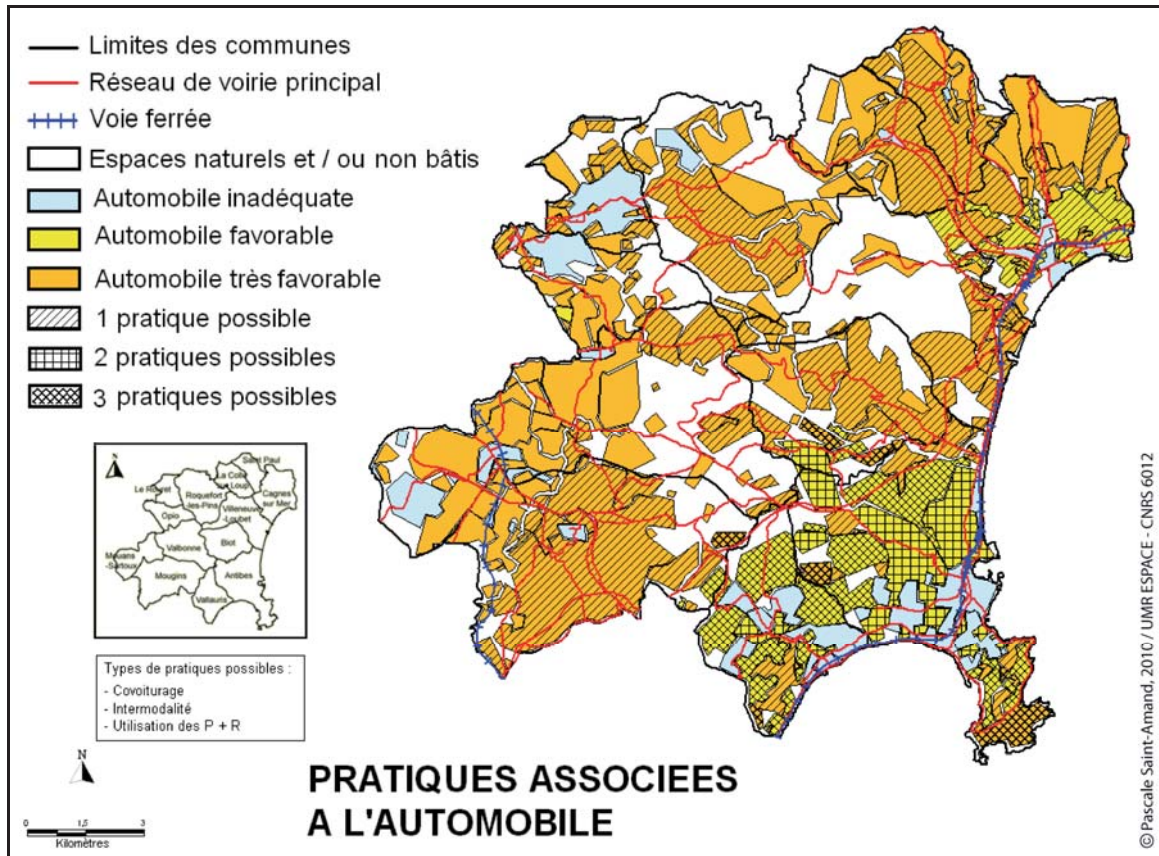


Figure 127 : Potentiels offerts par les territoires pour une autre utilisation de l'automobile

Les potentiels offerts par les territoires à l'utilisation de l'automobile sont très importants et finalement ne contredisent en rien les thèses exprimées dans de multiples travaux scientifiques selon lesquelles l'urbanisme contemporain reste élaboré par et pour l'automobile (Bassand, 1997 ; Wiel, 1999, 2002).

Nonobstant, de nouvelles pratiques de mobilité émergent et se développent à partir de ce mode hégémonique (cf. chapitre 10). Nombreux sont ceux qui ont bien compris qu'il serait moins hasardeux de repenser les mobilités à partir de l'automobile plutôt que de tendre vers sa chimérique exclusion du système. L'enjeu se situe désormais dans l'offre et dans la mise en œuvre de nouvelles pratiques comme le covoiturage, l'autopartage ou encore l'intermodalité.

Le champ d'étude procure, par l'intermédiaire des potentiels observés, une marge de manœuvre assez conséquente comme le montre la figure 127, où même dans les zones périurbaines des pratiques de mobilité durable sont possibles.



Ces cartes de potentiels croisées avec la physionomie actuelle de la mobilité – portées des déplacements, modes et motifs – donneront toute latitude aux AOTU pour accompagner la mise en œuvre de ces nouvelles pratiques.<sup>29</sup>

Les règles aboutissant à une « possible » utilisation de la bicyclette étaient au nombre de deux : une déclivité de pente inférieure ou égale à 3% et une portée du déplacement inférieure à cinq kilomètres. Pour le raisonnement tenu sur ce mode, toutes les autres règles venaient préciser le niveau de potentiel grâce à leur facteur de pondération. Les résultats obtenus montrent que le territoire offre toujours un élément de plus lorsque les conditions « pente faible » et « portée du déplacement inférieur ou égale à 5 kilomètres » sont réunies : le niveau d'utilisation « possible » ne figure pas sur cette carte, l'usage de la bicyclette est inadéquat, favorable ou très favorable (figure 128).

Le réseau de voirie plaqué sur ces aires de potentiels peut permettre de détecter des couloirs ou des axes sur lesquels la mise en place d'aménagements *ad hoc* viendra renforcer encore la capacité des territoires à favoriser ce type de mobilité douce :

- les bandes et pistes cyclables pourront améliorer le sentiment de sécurité de l'utilisateur ;
- les arceaux de stationnement et parking fermés pourront lever l'appréhension associée au vol ;
- des vélostations pourront encourager des reports modaux éventuels.

Par l'intermédiaire des informations tirées de l'enquête ménages-déplacements – notamment à propos des modes utilisés selon les motifs – il est envisageable de créer des itinéraires cyclables en connectant plusieurs pôles générateurs de déplacement présents dans les aires à forts potentiels d'utilisation.

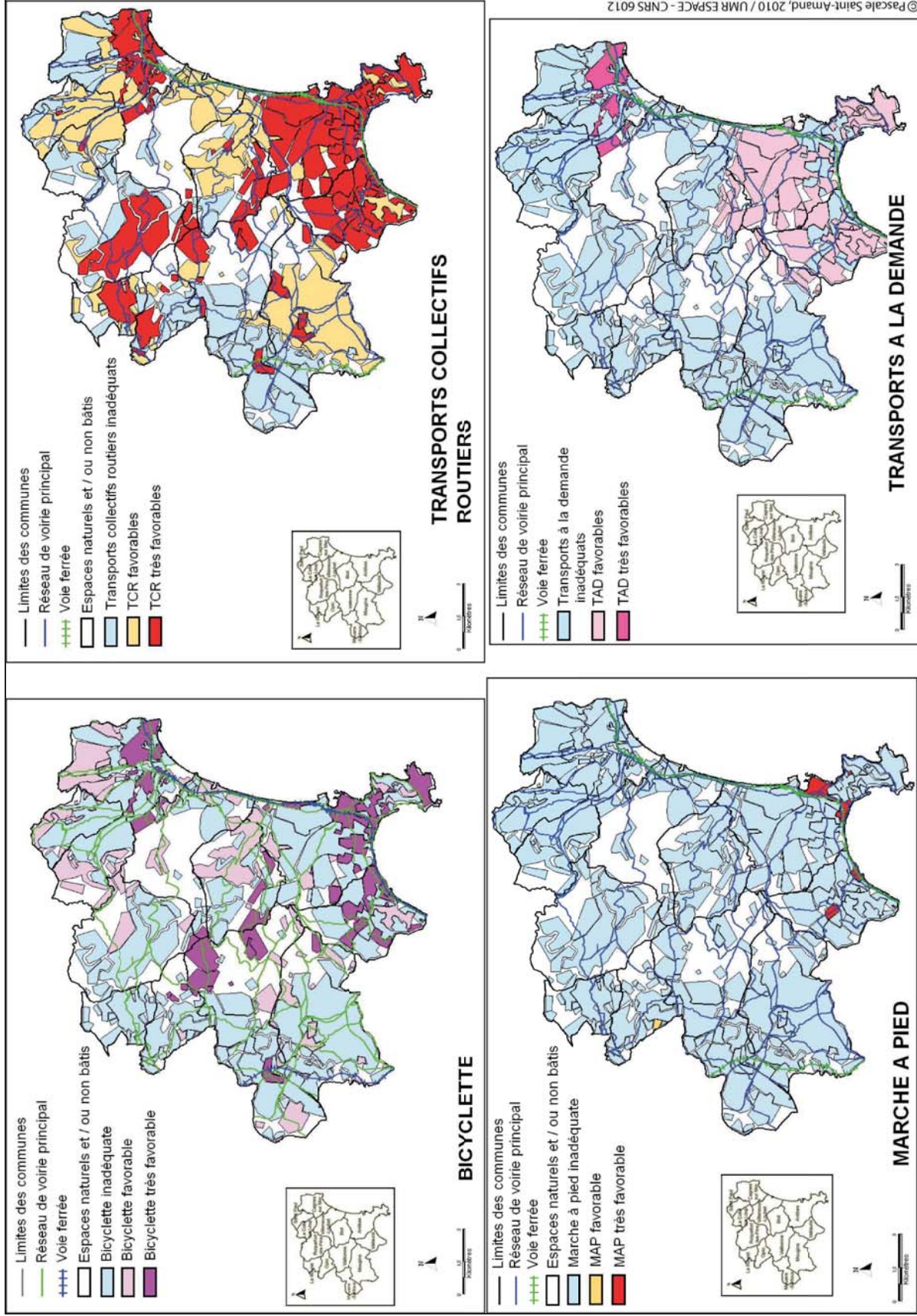
Ces considérations seront développées longuement au chapitre suivant car ces premiers résultats cartographiques ont bien pour vocation d'aider à la connaissance, ils indiquent les lieux du territoire capables de nouer de solides interactions avec le système de transport selon chaque mode et chaque pratique de déplacement.

---

<sup>29</sup> Cette partie se contente de traiter des résultats bruts. Les véritables analyses, comprenant ces considérations, débutent à la section suivante.







© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 128 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation de la bicyclette, des transports collectifs routiers, de la marche à pied et des transports à la demande



Les simulations relatives aux transports collectifs se sont limitées au mode routier. Aux vues des règles qui composaient le raisonnement, notamment celles concernant le type de structures spatio-morphologiques du bâti, les résultats obtenus vont bien au-delà des attentes initiales. La zone périurbaine allant de Cagnes sur Mer jusqu'au nord d'Opio, en passant par La Colle sur Loup, Saint Paul, Roquefort-les-Pins et enfin Le Rouret, offre de larges perspectives pour un renforcement éventuel du réseau de transports en commun. Plusieurs options sont envisageables en termes de desserte, au niveau spatial tout d'abord, où de nouvelles lignes TC pourraient être mises en place en épousant les contours des aires à très fort potentiel ; et au niveau du service lui-même en renforçant les fréquences des véhicules par exemple.

Deux axes distincts forts intéressants se détachent au sud du champ :

- depuis la gare SNCF de Biot jusqu'à la technopole de Sophia Antipolis ;
- depuis la gare SNCF d'Antibes et le centre-ville en direction de ce même Parc d'activités. Ces deux lignes directrices ainsi que les options décrites plus haut sont à retenir pour les analyses ultérieures.

Concernant la marche à pied, la carte de la figure 128 matérialise une importante distorsion entre les attendus et les résultats des simulations. Etant le mode naturel de l'être humain pour effectuer un déplacement, la marche à pied est bien évidemment « possible » dans tous les lieux de l'espace, sur tous les territoires. Il est d'ailleurs un des seuls modes qui soit mobilisable sans la présence d'infrastructures ou d'aménagements *ad hoc*.

Paradoxalement, les règles complexes aboutissant à son utilisation « possible » étaient nombreuses et exigeaient du territoire des pré-requis multiples et variés. Au cours de la section suivante, le parti retenu a exigé le renouvellement des simulations sur ce mode après soustraction des règles jugées trop restrictives.

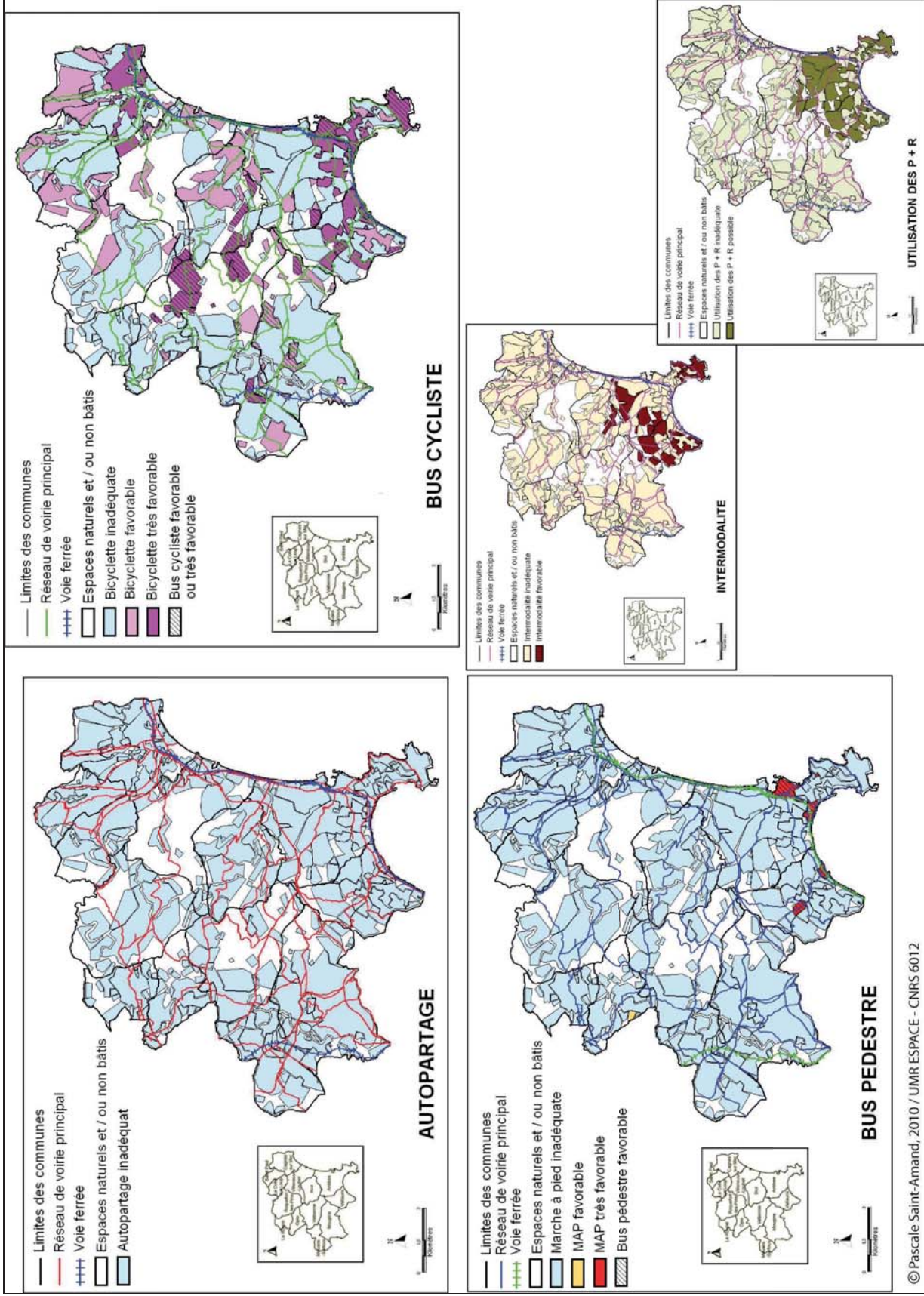
De la même manière, le raisonnement appliqué à l'utilisation des TAD a fait apparaître des potentiels extrêmement faibles, étonnamment dans les parties périurbaines du champ qui auraient dues être, selon la logique, les zones les plus favorables à ce mode. Ce fort décalage provient encore une fois du nombre important de déterminants qui étaient imposés afin de déclarer les TAD « possibles ». Un réexamen du raisonnement ainsi que de nouvelles simulations se sont avérés nécessaires (cf. section 3).

Une pratique « possible » du covoiturage ne pouvait être déclenchée qu'à partir du moment où l'automobile avait fait l'objet du même verdict au préalable. La présence d'un pôle générateurs de déplacements venait compléter les pré-requis à cette pratique.

Pour cette carte, le Parc d'activités sophilopolitain a été incrusté sur la vignette de positionnement (figure 129). Si le covoiturage s'effectue sans aucune distinction préférentielle quant au motif du déplacement, le périmètre couvert par la technopole attire quotidiennement plus de 30 000 navetteurs (CASA, 2007). S'il y a bien un lieu du champ d'étude adapté à ce type de pratique, il s'agit bien de ce Parc où les entreprises de plus de 10 salariés sont majoritaires et peuvent ainsi créer des réseaux de covoitureurs fournis et étendus dans le cadre de leur PDE.







© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 130 : Potentiels offerts par les territoires à la pratique de l'autopartage, du bus cycliste, du bus pédestre, de l'intermodalité et à l'utilisation des P + R



Les potentiels du bus cycliste épousent les aires mises en évidence pour une utilisation « favorable » et / ou « très favorable » de la bicyclette. Ils sont mis en exergue dans les espaces comportant les foyers d'enseignement et les zones d'activités. Les territoires contenant de nombreux aménagements – notamment des bandes ou pistes cyclables – sont ceux qui démontrent les potentiels les plus marqués : une telle pratique nécessitant un sentiment de sécurité accru ; à l'instar du bus pédestre, qui lui aussi se cale *de facto* sur les zones favorables à la marche à pied, et englobe dans le même temps un foyer d'enseignement primaire ou secondaire. Les nouvelles simulations effectuées sur la marche à pied dans la section suivante viendront sans doute rehausser les possibilités du bus pédestre.

La combinaison transports collectifs routiers-automobile a fait l'objet du raisonnement tenu sur la pratique de l'intermodalité. Logiquement, celle-ci se révèle « favorable » dans le bassin le mieux pourvu en termes de desserte TC, avec une population démontrant de fort taux de motorisation et avec une offre de stationnement importante. C'est d'ailleurs dans le même bassin de vie que l'utilisation des P + R, étape nécessaire à la combinatoire d'intermodalité envisagée, a été déclarée « possible ».

L'aspect général de ces cartes attire l'attention sur un espace s'étirant de la partie ouest d'Opio et englobant la commune de Mouans-Sartoux, comme une sorte de couloir où un maximum de modes et de pratiques de déplacement se révèlent inadéquats. Les raisons sont multiples : cet espace contient tout d'abord des pentes assez marquées, peu encourageantes aux mobilités douces. Par ailleurs, le hiatus observé dans le maillage de pôles émetteurs et récepteurs de déplacement a bloqué un verdict « possible » ou « favorable » sur un certain nombre de pratiques comme le covoiturage, le bus pédestre et le bus cycliste ainsi que sur différents modes comme les TC et TAD. Pour ces derniers, une offre très réduite tant aux niveaux quantitatif que spatial a abouti à l'émergence d'un axe quasiment dépourvu d'alternatives à l'automobile. Là encore, grâce au modèle MOBI-EXPERT et son volet aide à la connaissance, il incombe aux gestionnaires et décideurs de tirer les conclusions qui s'imposent à la lecture de ces cartes.

Il n'est pas surprenant qu'à l'inverse, les communes urbaines littorales offrent toutes les caractéristiques requises à la multiplicité des solutions de transports durables, conférant ainsi une palette très large en termes de stratégies à mettre en œuvre.

### **2.3. Deuxième niveau : croisement de deux modes ayant été déclarés très favorables**

Parmi les stratégies possibles, deux combinatoires ont retenu plus particulièrement l'attention. La première offre des possibilités non négligeables en termes de mobilité durable. L'automobile et les transports collectifs routiers ont été prescrits comme étant « très favorables » simultanément sur les mêmes aires. Par ailleurs, au regard de ces résultats



cartographiques, 3 axes majeurs se dessinent à partir – ou à destination – du Parc d'activité sophilopolitain :

- l'axe Roquefort-les-Pins => Valbonne => Parc ;
- l'axe Mougins => Parc ;
- l'axe Gare SNCF de Biot => Parc.

Si pour les deux derniers, la voirie peut être porteuse de la combinatoire en question, sous réserve de la mise en place de parking-relais et d'une offre en TC satisfaisante ; pour le premier de ces axes, il appartient là encore aux décideurs de trancher sur ces résultats et d'imaginer des solutions pour bénéficier au mieux de ces deux importants potentiels croisés.

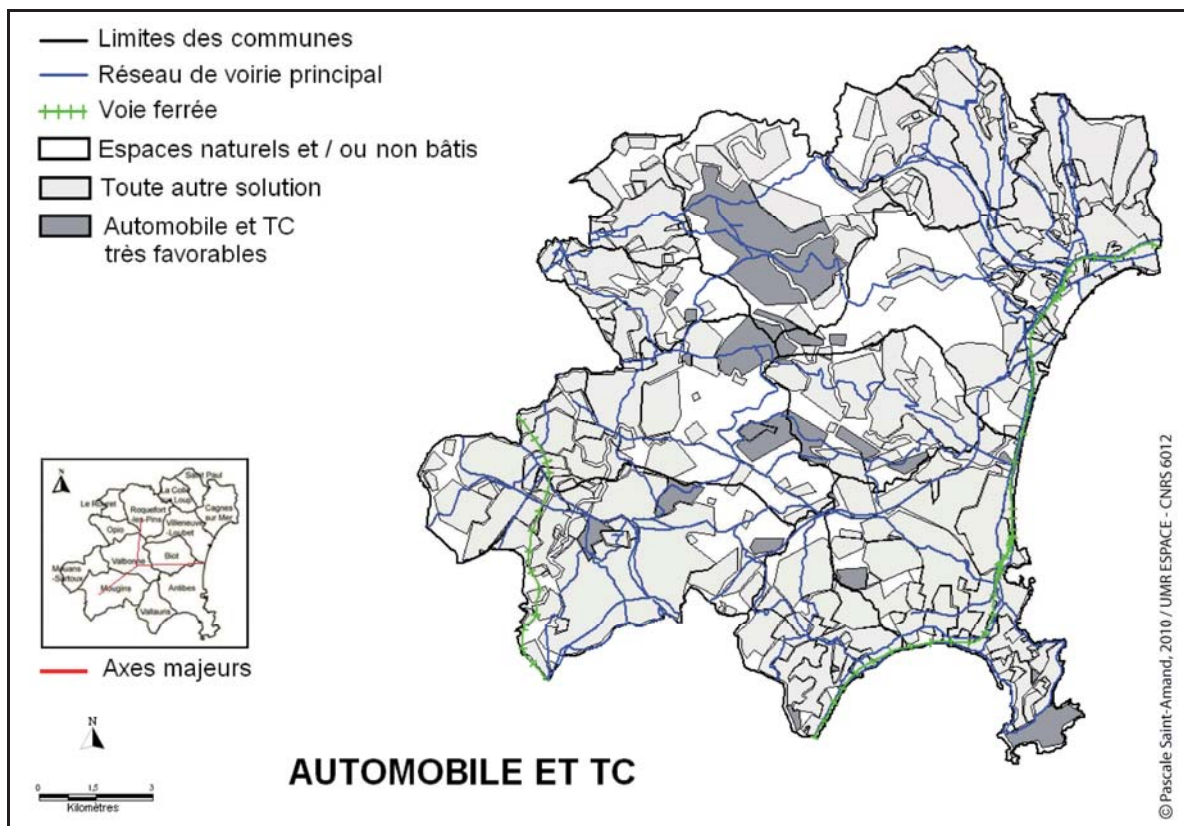


Figure 131 : La combinaison intermodale automobile-transports collectifs routiers

La deuxième combinaison intermodale envisagée fait intervenir à présent le mode ferroviaire. La figure 132 représente les potentiels mêlés des TC routiers et de la bicyclette. Dans un deuxième temps, les gares SNCF du champ ont été plaquées sur cette carte.

Il s'agit ici de prendre la mesure du potentiel porté par le territoire, de le jauger et de finalement décider d'investir – ou non – dans des solutions de transport capables d'intégrer les bicyclettes à bord des modes mécanisés. Le système expert procure l'information de base, mais si intéressante et pertinente soit-elle, elle ne se substitue pas à la décision des gestionnaires du territoire.

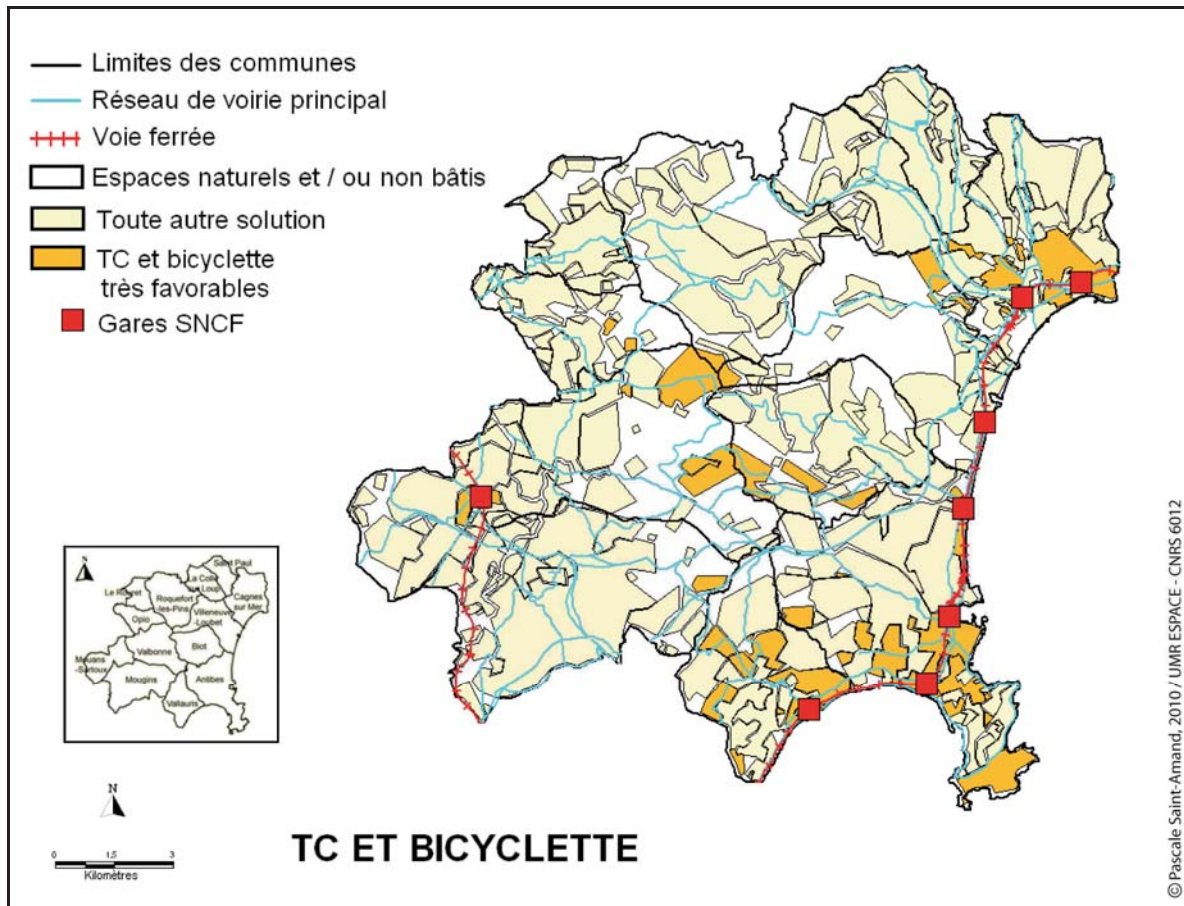


Figure 132 : La combinaison intermodale transports-collectifs-bicyclette

#### 2.4. Troisième niveau : croisement des résultats bruts avec l'offre en transport actuelle sur le champ d'étude

Afin de prendre toute la mesure des potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des modes de transport, il est apparu logique de confronter les résultats bruts issus du système expert avec ce qui est proposé actuellement sur le champ d'étude comme réponse ou début de réponse aux besoins exprimés par le système territorial.

De nombreuses distorsions apparaissent, notamment dans le nord du champ où le territoire confère des potentiels non négligeables à l'utilisation des transports collectifs routiers (figure 133). On note qu'il ne suffit pas de disposer de nombreux points d'arrêts pour qu'une aire soit décrétée favorable ou très favorable aux TCR – notamment au nord de Cagnes sur Mer et au nord et à l'ouest de Mouans-Sartoux. Ceci renforce l'idée que le raisonnement pris en charge par MOBI-EXPERT est bien plus complexe que cela.

Les cartes des figures 133 et 134 illustrent finalement la marge de manœuvre dont disposent les AOTU pour pouvoir harmoniser, si elles le souhaitent, leur offre en transports collectifs par rapport aux possibilités allouées par la configuration des territoires.



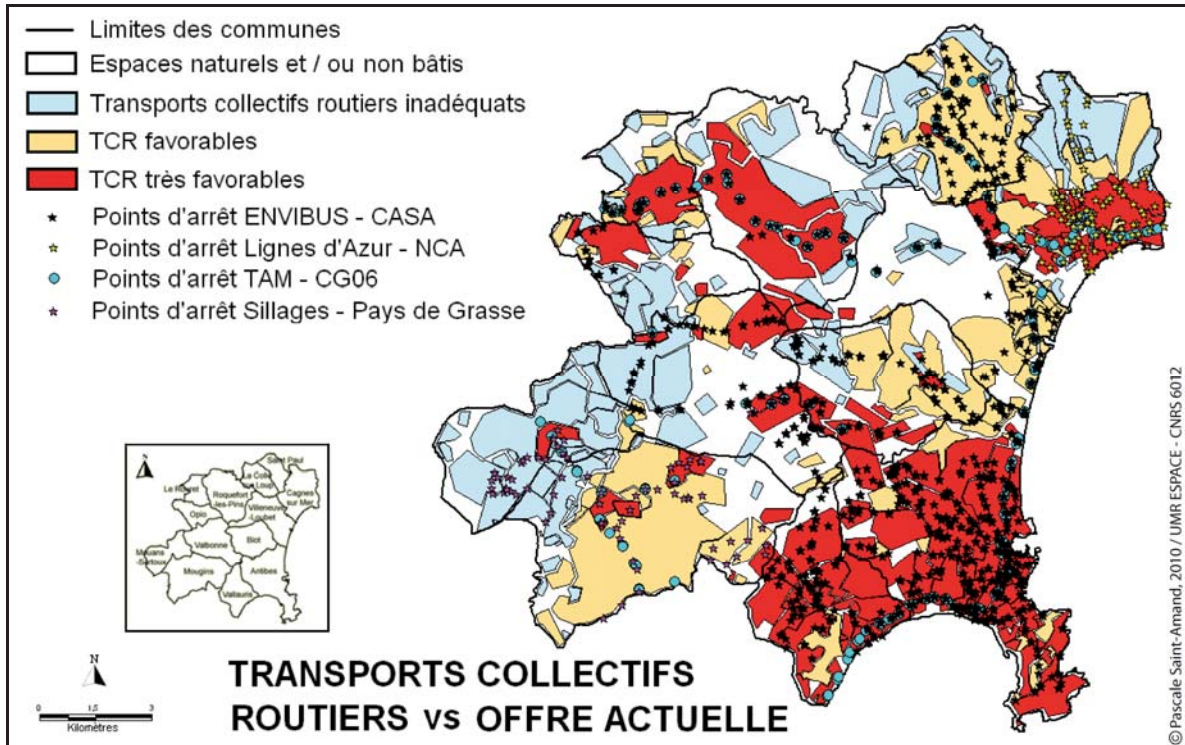


Figure 133 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports collectifs routiers et l'offre actuellement proposée sur le champ d'étude

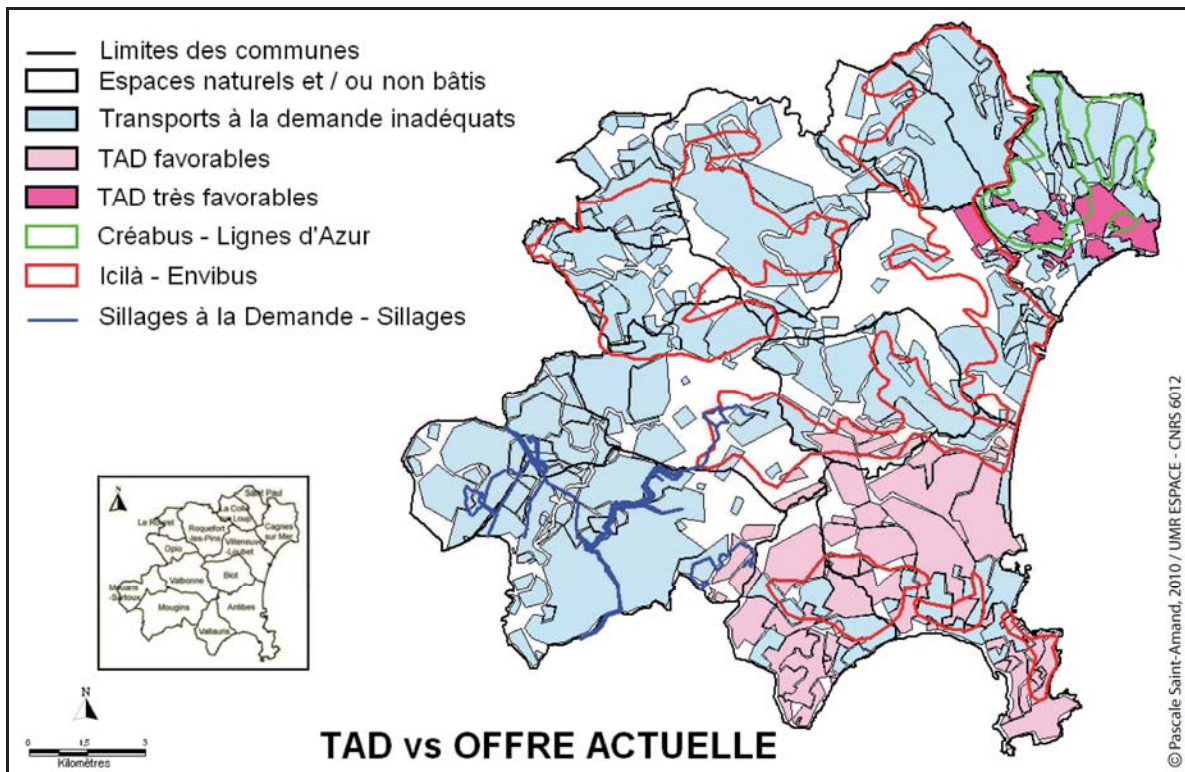


Figure 134 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports à la demande et l'offre actuellement proposée sur le champ d'étude

Il paraissait alors tout à fait naturel de se tourner, à ce moment précis du protocole de modélisation, vers les experts transports-déplacements afin de recueillir leur opinion sur ces premiers résultats.

Cette étape comprend deux finalités distinctes. En associant les experts à tous les niveaux de la chaîne de modélisations, l'un des objectifs poursuivis consistait à confronter les points de vue de l'acteur local avec celui du chercheur. Les différences observées dans les approches et les démarches employées par chacun d'eux ne peuvent être que source de richesses. C'est justement dans l'optique de nourrir encore le modèle qu'ont été mises en place plusieurs réunions de travail autour des résultats cartographiques. Les échanges autour de ces premiers résultats avaient pour but de recueillir les réactions des gestionnaires du territoire sur ces informations nouvelles et le cas échéant de recalibrer le modèle en fonction de leurs appréciations.

### **3. Réajustements et premières analyses**

La validation de MOBI-EXPERT s'est établie à plusieurs niveaux :

- une première validation des connaissances a déjà eu lieu lors des tests sur un prototype réduit ;
- les résultats issus du modèle ont montré une certaine cohérence : l'automobile reste le mode privilégié et efficient, et ce quelles que soient les caractéristiques des territoires et quelles que soient les configurations des déplacements – en termes de portée et de motifs.

La troisième validation intervient maintenant, lors d'une phase de discussion autour des résultats avec les experts en déplacements-transports de la CASA.<sup>30</sup>

#### **3.1. La validation du modèle par « dires d'experts » : quelques réactions autour de trois cartes**

Le principe même des transports à la demande veut que l'offre en transports collectifs routiers soit suffisamment solide puisqu'il s'agit bien d'un service qui consiste à rabattre l'utilisateur sur le réseau collectif. C'est pour cette raison que la règle « bonne performance du système de transport actuel » faisait partie des règles obligatoires pour décréter « possible » l'utilisation des TAD. Cependant, les règles intermédiaires aboutissant à cette dernière étaient très nombreuses :

---

<sup>30</sup> D'autres types d'acteurs seront interpellés sur les analyses complémentaires. La section 2 du chapitre 10 sera consacrée à la restitution de ces rencontres et de ces discussions autour des résultats du système expert.

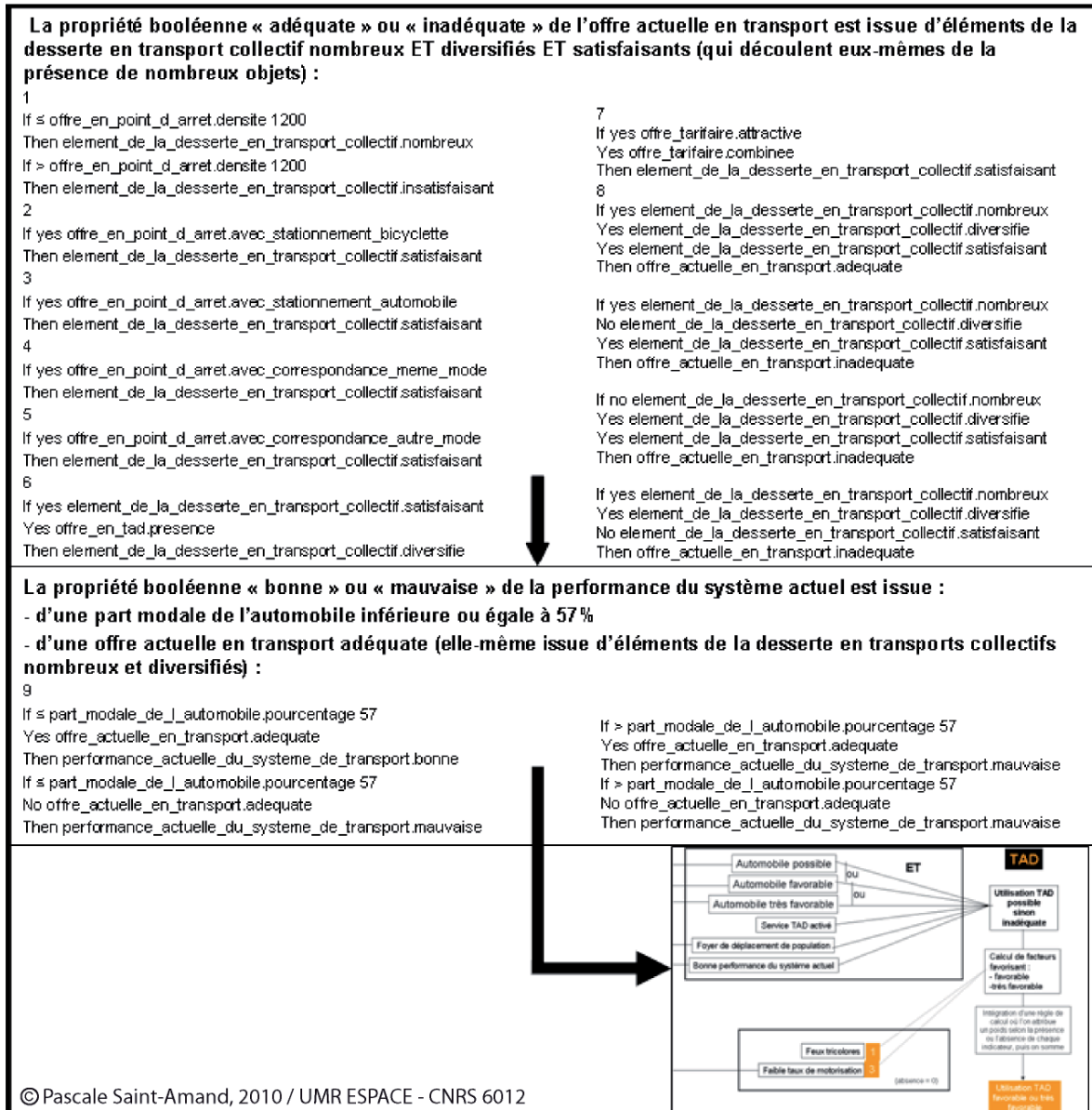


Figure 135 : L'enchaînement des règles sur le raisonnement des TAD

La vérification de l'ensemble de ces règles devait être de mise pour décréter la propriété « bonne » sur la « performance du système de transport actuel ». Une fois cette dernière validée, elle venait rejoindre cinq autres règles nécessaires au déclenchement de l'utilisation « possible » des TAD, présentant pour quatre d'entre elles un raisonnement préalable du même ordre. Cet exemple, qui témoigne de la complexité du raisonnement pris en charge par MOBI-EXPERT, laisse penser que certaines règles peuvent se montrer trop restrictives. De concert avec les experts de la CASA, il a été décidé de renouveler les 55 simulations sur le TAD après le retrait de cette règle complexe.

Sans cette restriction, voici les potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des TAD :



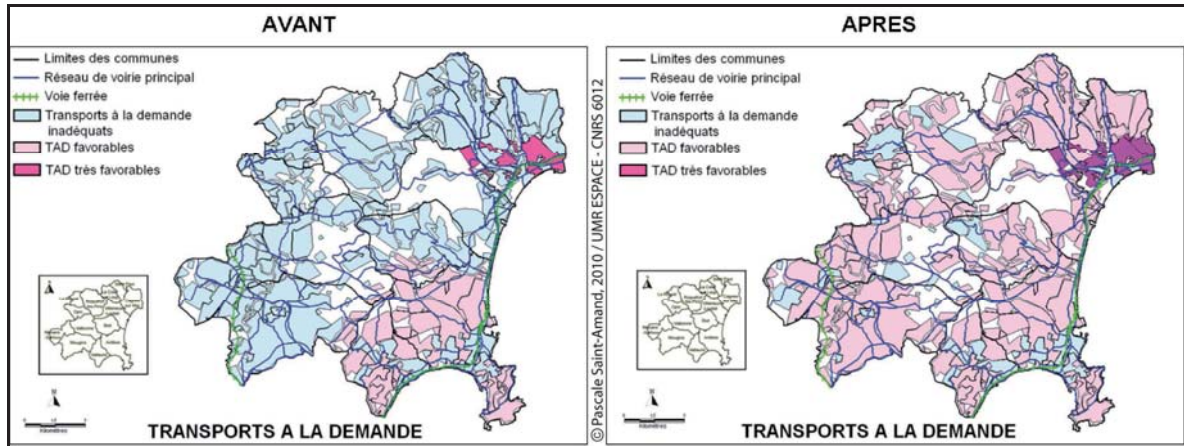


Figure 136 : Nouvelles simulations sur les potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports à la demande<sup>31</sup>

Le champ des possibles s'étend. Le caractère favorable des TAD vient logiquement retrouver sa place dans les zones périurbaines, en substitution et / ou complémentarité des TC traditionnels. De la même manière, il est apparu souhaitable aux experts de la CASA de ne pas limiter l'usage possible de la marche à pied aux seules zones de bâti dense. Sans restriction sur le type de structure spatio-morphologique du bâti traversé par le marcheur, voici les cartes obtenues :

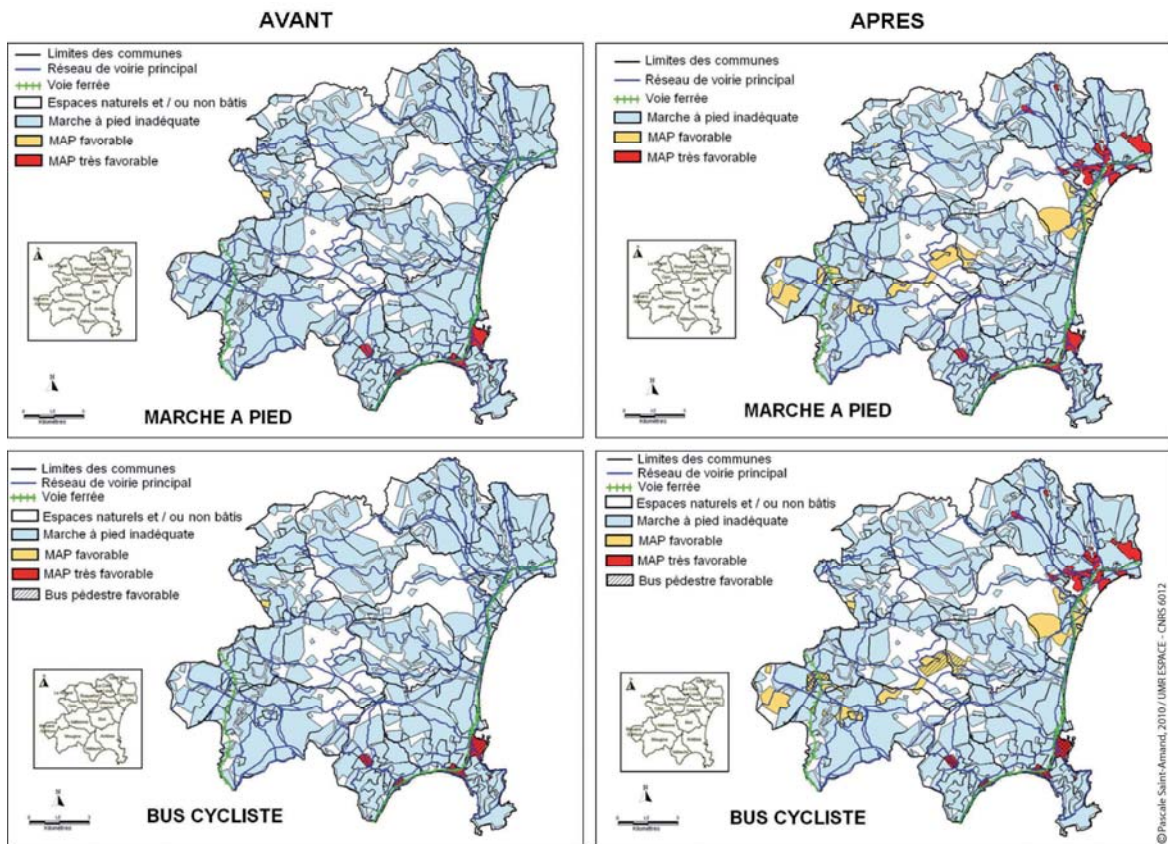


Figure 137 : Nouvelles simulations sur la marche à pied et le bus pédestre

<sup>31</sup> Les réponses du système expert sur ces nouvelles simulations figurent en annexe 13.



Là encore, les possibilités offertes par les territoires se démultiplient. De nouveaux axes émergent sur lesquels il est possible de s'appuyer pour, d'une part inciter les mairies à enclencher les dispositifs de bus pédestre au sein des écoles comprises dans les aires à forts potentiels et d'autre part, envisager d'autres cartes de combinaisons intermodales : marche à pied-TC ou encore marche à pied-automobile par exemple.

Outre ces précieux conseils sur les modifications de certains paramètres du modèle, les experts de la CASA ont porté au débat plusieurs interrogations, directement issues de la vision pragmatique qui caractérisent les personnes en contact direct avec le terrain et les élus, et qui réfléchissent sur des échéances très réduites dans le temps.

Après avoir reconnu la pertinence d'une telle démarche, les principales questions portaient sur la chaîne de modélisation elle-même et notamment sur ses capacités éventuelles de fournir des résultats en termes de dimensionnement des infrastructures. Cette notion est fondamentale pour entraîner l'adhésion des décideurs, il s'agit alors de réfléchir à des analyses qui permettraient d'apporter cette connaissance supplémentaire. Les pistes retenues seront exposées au chapitre suivant car elles font partie du volet « aide à projet et à la décision sous système expert ».

### 3.2. Questionnements sur l'effet de contiguïté spatiale

*« Analyser les sous-espaces, indépendamment les uns des autres, c'est négliger l'idée même de liens existants entre des espaces voisins. C'est comme l'écrivait déjà B.J.L. Berry<sup>32</sup> en 1973, considérer chacun d'eux comme « un vaisseau spatial autosuffisant flottant dans un vide totalement indépendant des autres régions ». »*

Christine Voiron-Canicio, *Espace, structures et dynamiques régionales : l'arc méditerranéen.*

---

<sup>32</sup> BERRY B.J.L., 1973, *A paradigm for modern geography*, Directions in geography, R.J (ed.), Methuen, London.

Dans un article paru en 2003, Cyrille Genre-Grandpierre et Jean-Christophe Foltête (Genre-Grandpierre, Foltête, 2003) calculent le potentiel offert par la morphologie urbaine pour l'usage de la marche à pied dans deux communes distinctes : Besançon et Lille. Ils émettent l'hypothèse selon laquelle « l'organisation spatiale des structures urbaines, entendue comme les différentes modalités d'agencement du bâti, du réseau viaire et des espaces vides, qui définit l'offre de transport piétonnier, peut influencer les comportements de mobilité piétonnière. » Après avoir cartographié des zones d'iso-potential issues de calculs d'accessibilité, une enquête est réalisée auprès des populations afin de comparer les possibilités virtuelles offertes par les communes de Besançon et Lille avec la réalité des déplacements quotidiens effectués en marche à pied.

Un des résultats obtenus dans cette étude montre que « le potentiel de marche à pied, défini à partir du domicile, détermine dans une certaine mesure l'usage de ce mode de déplacement. » Cependant, il est démontré que « calculé ponctuellement, ce potentiel s'avère insuffisant pour rendre compte de toutes les pratiques effectuées. » Les deux chercheurs expliquent qu'« un lieu à faible potentiel sera sans doute plus fréquenté par les piétons s'il est entouré de zones à fort potentiel que s'il l'est de zones à faible potentiel », et c'est cette idée qui est majeure : pour un géographe, ce qui compte n'est pas tant la valeur d'un lieu que la relation qu'entretient ce lieu avec son environnement (Voiron-Canicio, 2005).<sup>33</sup>

Les îlots entourés de zones très favorables à tel ou tel mode, induiraient donc virtuellement qu'ils recèlent le même niveau de potentiel. Pourquoi certaines aires démontrent-elles un niveau moindre ?

L'explication se recherche par le fait que les systèmes experts ne sont pas dédiés à l'analyse spatiale. Ils ne tiennent donc pas compte de la position des objets dans l'espace, ni des liens spatiaux qui peuvent exister entre eux (Dubus, 1994 ; De Ruffray, 2004). Pour pallier cette lacune, des règles de pondération auraient pu être envisagées. Elles auraient eu pour objet de venir renforcer le potentiel d'un sous-système territorial compte-tenu des résultats obtenus sur les sous-systèmes territoriaux contigus. Mais une difficulté demeure : la quantification de cet effet de contiguïté spatiale. Doit-on attribuer aux règles dédiées une pondération de facteur 1, 2 ou 3 ? La question reste posée.

Néanmoins, il est envisageable de reconsidérer les réponses issues du système expert en appliquant les résultats de la démonstration de Cyrille Genre-Grandpierre et de Jean-Christophe Foltête selon lesquels « *la fréquentation des marcheurs en un lieu, qui résulte de marcheurs locaux (pratique endogène) et de marcheurs en « transit » venant d'autres quartiers (pratique exogène), dépend du potentiel de ce lieu, mais aussi des valeurs de potentiel des zones environnantes* » (Genre-Grandpierre, Foltête, 2003).

---

<sup>33</sup> Séminaire du Master II Recherche « Structures et Dynamiques Spatiales » : *Analyse spatiale par analyse d'images*, Octobre 2005, Université de Nice-Sophia Antipolis.

D'autres cartes intégrant cet effet de contiguïté spatiale pourraient être construites en fixant des règles préalables pour l'attribution de nouveaux potentiels aux zones concernées.

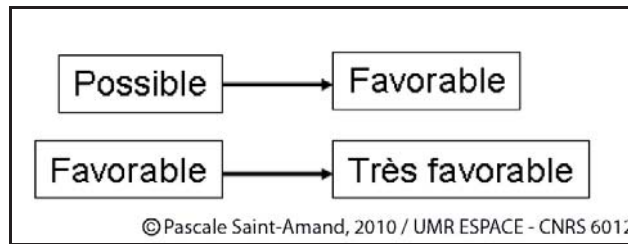


Figure 138 : L'effet de contiguïté spatiale permettrait le franchissement d'un niveau

Mais il est bien évident que selon le type de mode de transport considéré – doux ou mécanisé – la distance de l'effet de contiguïté s'étire ou se rétrécit dans l'espace. Pour la marche à pied, une aire de potentiel profitera des pratiques exogènes uniquement issues des aires qui lui sont immédiatement contigües. À l'inverse, pour les TC, l'aire en question bénéficiera des pratiques exogènes issues des aires ayant un voisinage de rang 1, 2, voire 3 ou plus.

Là encore, comment quantifier cet effet et comment le traduire spatialement. Où s'arrête-t-il ? Quelles sont ses limites et quelles sont les discontinuités qu'il engendrerait sur les aires de potentiels ? Il est très difficile de répondre à ces interrogations, cependant, il est fondamental de retenir que l'effet de contiguïté spatiale existe et qu'il intervient fortement dans chaque auréole de potentiel.

\*\*\*\*\*

### Conclusion du chapitre 9 :

Par l'intermédiaire du couplage de deux outils : les systèmes experts qui génèrent l'aide à la connaissance et les SIG qui spatialisent l'information et en permettent l'analyse, la modélisation a pu être conduite et les simulations ont pu être cartographiées, puis portées à la connaissance des experts déplacements-transports.

Les réponses apportées aux questions posées par le système expert lors des simulations provenaient de tableaux Excel. Les verdicts ont été à leur tour consignés dans des matrices de même nature. Les possibilités de couplage offertes par l'outil sont certaines et il est tout à fait envisageable de créer un pont entre les deux logiciels. De grandes compétences en informatique sont requises dans ce cadre, cependant, il est important de noter que le modèle MOBI-EXPERT est finalisé et peut être intégré dans une chaîne automatique.

Les capacités des systèmes experts ne s'arrêtent pas là. Dans le chapitre suivant, une aide à projet sera mise en œuvre en s'appuyant sur le pouvoir prospectif de MOBI-EXPERT.





## CHAPITRE 10 : RAISONNER « EN SYSTÈME »

La spatialisation des verdicts issus de la modélisation sous système expert est une étape capitale. Elle permet d'insérer les raisonnements tenus au sein des contextes territoriaux tout en facilitant les échanges avec les experts.

Ce chapitre présente les analyses conduites en partenariat étroit avec les acteurs de terrain. L'opérationnalité du raisonnement de MOBI-EXPERT est testée au travers des démarches permises par les systèmes experts : l'aide à projet et à la décision.

### **1. Les autres volets méthodologiques permis par les systèmes experts : l'aide à projet – prospective et aide à la décision**

#### **1.1. La valorisation du modèle : deux projets à tester pour encourager les pratiques de mobilité durable**

Les deux projets à tester sont volontairement de nature différente afin de pouvoir éprouver la puissance de l'outil système expert sur deux cas distincts. L'un permettra d'engager une démarche prospective et de rechercher une localisation optimale pour un projet favorisant une pratique de mobilité durable. L'autre permettra de simuler des changements éventuels engendrés sur l'ensemble du système de transport, et d'observer *in fine* les conséquences réelles, une fois le projet d'infrastructure arrêté.

##### **1.1.1. Recherche d'un lieu privilégié pour l'implantation d'une station d'autopartage**

Pour rappel, la pratique de l'autopartage a été déclarée inadéquate sur l'ensemble des 55 sous-systèmes territoriaux, c'est-à-dire sur l'ensemble de la zone d'étude. Les simulations ont été effectuées dans un premier temps sur la situation existante, en l'occurrence sur un champ ne comportant pas de station d'autopartage formelle. La règle « service autopartage activé » étant obligatoire dans le raisonnement, il allait de soi que les résultats aient été négatifs en tous lieux.

Une deuxième session de simulations est alors mise en œuvre au cours de laquelle la contrainte du service activé disparaît. Il s'agit maintenant de s'appuyer sur l'outil système expert dans son volet prospectif en recherchant alors les lieux de l'espace *ad hoc* pour l'implantation d'une station d'autopartage.

La première démarche consiste à rechercher les lieux du champ d'étude qui bénéficient d'un verdict possible, favorable ou très favorable sur le mode automobile. Une fois ce premier tri effectué, chaque sous-système territorial est analysé un à un ; et les points suivants leur sont attribués selon la règle de présence / absence :



- un taux de motorisation des ménages faible = 1 point ;
- la présence d'un foyer de déplacement de population = 2 points ;
- un motif de déplacement achat majoritaire par rapport à l'ensemble des motifs = 2 points ;
- la présence de bâti dense et vertical ou d'un tissu urbain continu mixte = 3 points ;
- une bonne performance du système actuel = 3 points.

Par défaut, le service autopartage est activé sur l'ensemble du champ d'étude.

Le score maximal pouvant être obtenu est de 11 points. Le potentiel d'accueil d'une station d'autopartage par le territoire est alors évalué comme suit :

- inadéquat dans les aires où l'utilisation de l'automobile l'est aussi ;
- faible si le sous-système territorial permet l'automobile mais ne contient aucun autre déterminant ;
- moyen si le sous-système présente un score compris en 1 et 5 points ;
- fort si le score obtenu par le sous-système territorial atteint 6 ou plus.

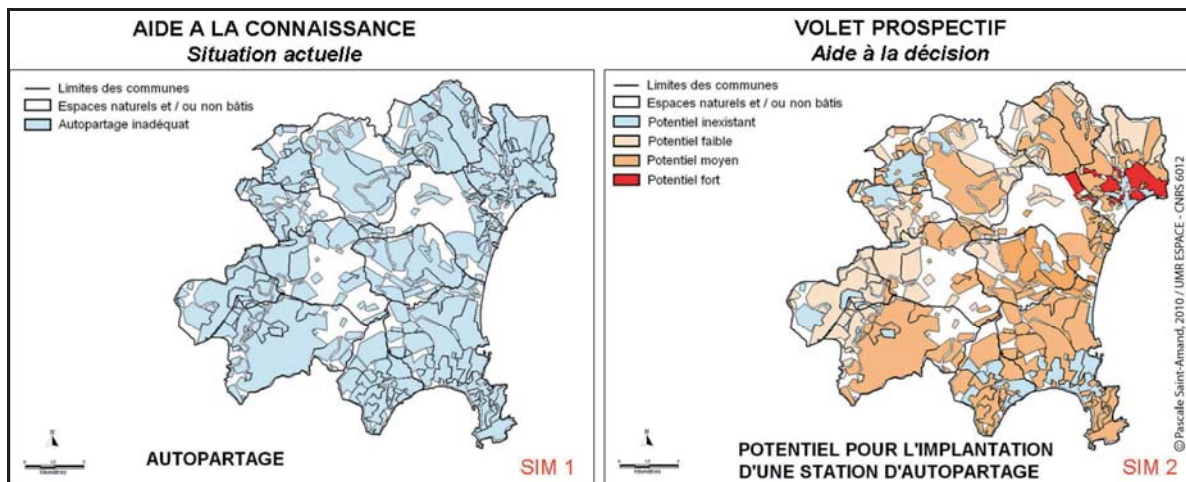


Figure 140 : Les deux sessions de simulations effectuées sur la pratique de l'autopartage

C'est d'ailleurs le cas à Cagnes sur Mer où un sous-système atteint le score de 9 points : seule la règle sur le motif de déplacement achat a fait défaut.

Des scénarii peuvent alors être établis selon le nombre de points obtenus par chaque sous-système : la zone démontrant le score le plus fort représenterait le scénario d'implantation n°1 (en rouge), puis la ou les zones à scores médians les scénarii n°2 (en orange) etc.

Sous-systèmes territoriaux sur lesquels l'automobile a été déclarée "possible" au moins :					
N° BV	Classes de bâti	Scores obtenus	N° BV	Classes de bâti	Scores obtenus
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>9</b>	7	3	2
	3	3		4	2
	4	2		5	2
	5	0		6	0
	6	0	8	4	2
<b>2</b>	<b>1</b>	<b>5</b>		5	2
	5	2		6	0
	6	0	<b>9</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
3	4	2		3	2
	5	0		4	0
	6	0		5	0
4	4	2		6	0
	5	0	10	3	0
	6	0		4	0
5	4	2		5	0
	5	2	<b>11</b>	<b>3</b>	<b>5</b>
	6	0		<b>4</b>	<b>5</b>
<b>6</b>	<b>1</b>	<b>3</b>		<b>5</b>	<b>5</b>
	3	0		6	2
	4	0	<b>12</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
	5	0		4	2
	6	0		5	2
<b>7</b>	<b>2</b>	<b>5</b>		6	0

Tableau 20 : Scenarii envisageables pour l'implantation d'une station d'autopartage

Au cours de ce travail de simulations à des fins prospectives, une information nouvelle est venue conforter les résultats du modèle : à partir de 2011, 70 stations d'Autos Bleues seront disséminées sur le territoire de la Communauté Urbaine Nice Côte d'Azur. Cagnes sur Mer fait partie des communes prioritaires qui disposera – dès le premier trimestre de l'année – avec Nice et Saint Laurent du Var de 17 stations en avant-première (AVEM, 2010).<sup>34</sup>

#### 1.1.2. Intégration d'un projet de TCSP inscrit dans le PDU de la CASA<sup>35</sup>

Un des points fondamentaux développé dans le PDU de la CASA met l'accent sur le renforcement d'axes structurants nord-sud, notamment à l'origine ou à destination du Parc d'activité sôphopolitain. À partir de points majeurs identifiés sur le territoire de la CASA, il est envisagé la création d'un TCSP permettant de tendre vers deux objectifs :

- assurer une desserte rapide du Parc de Sophia Antipolis depuis la gare ferroviaire d'Antibes, comme une continuité de voie ferrée ;
- desservir largement la population qui se trouve sur l'axe de ce TCSP (CASA, 2008).

<sup>34</sup> Cf. annexe 14.

<sup>35</sup> Cf. annexe 15.

Au chapitre précédent, l'aspect général des cartes de potentiels offerts par les territoires aux différents modes de transports – et aux pratiques de déplacement qui leur sont associées – démontrait plusieurs axes sur lesquels il était question de s'appuyer pour asseoir les lignes directrices de l'adéquation entre système territorial et système de transport.

Un des axes identifiés prenait naissance à l'intérieur de l'hypercentre d'Antibes – englobant la gare SNCF – et cheminait jusqu'au Parc. La session de simulations qui est présentée maintenant a pour objet de vérifier la réceptivité du territoire, sur lequel chemine cet axe, à la mise en place d'un TCSP et par conséquent à la pratique de l'intermodalité<sup>36</sup> ; puisque l'idée sous-jacente est bien de rabattre l'utilisateur sur cette ligne structurante.

Après avoir sélectionné le sous-système territorial à tester<sup>37</sup>, la session s'opère en deux temps. Il s'agit en premier lieu de réaliser une simulation classique, la même qui a été exposée au chapitre précédent à une différence majeure près : répondre oui à la question « y a-t-il présence d'une voie réservée TC sur le territoire? ».

Les verdicts annoncés par le système expert sont satisfaisants : trois modes et deux pratiques se révèlent « possibles » et « très favorables », cependant l'intermodalité est encore inadéquate. Un examen précis du « rule network » est alors mis en œuvre afin d'identifier nettement les règles qui verrouillent un verdict favorable sur cette pratique.

Pour être décrétée « possible », le raisonnement tenu sur l'intermodalité doit vérifier cinq règles au moins, dont celle d'une offre actuelle en transport adéquate. C'est précisément cette dernière qui faisait défaut. En faisant varier le déterminant de la « part modale de l'automobile » de 57% au lieu de 69%, l'intermodalité passe du caractère « inadéquat » à « favorable » et permet alors d'envisager sur l'axe en question toutes les combinaisons intermodales (train-TCSP, automobile-TCSP, bicyclette-TCSP, marche à pied-TCSP, TAD-TCSP, TC-TCSP) puisque pour rappel, le bassin de vie n°11 offre de forts potentiels pour l'utilisation de tous les modes de transport.

---

<sup>36</sup> Plusieurs combinaisons intermodales sont envisageables et donnent encore plus de relief à ce projet de TCSP.

<sup>37</sup> Le Parc sophilopolitain se situe à l'intérieur de la classe 3 du BV n°9.

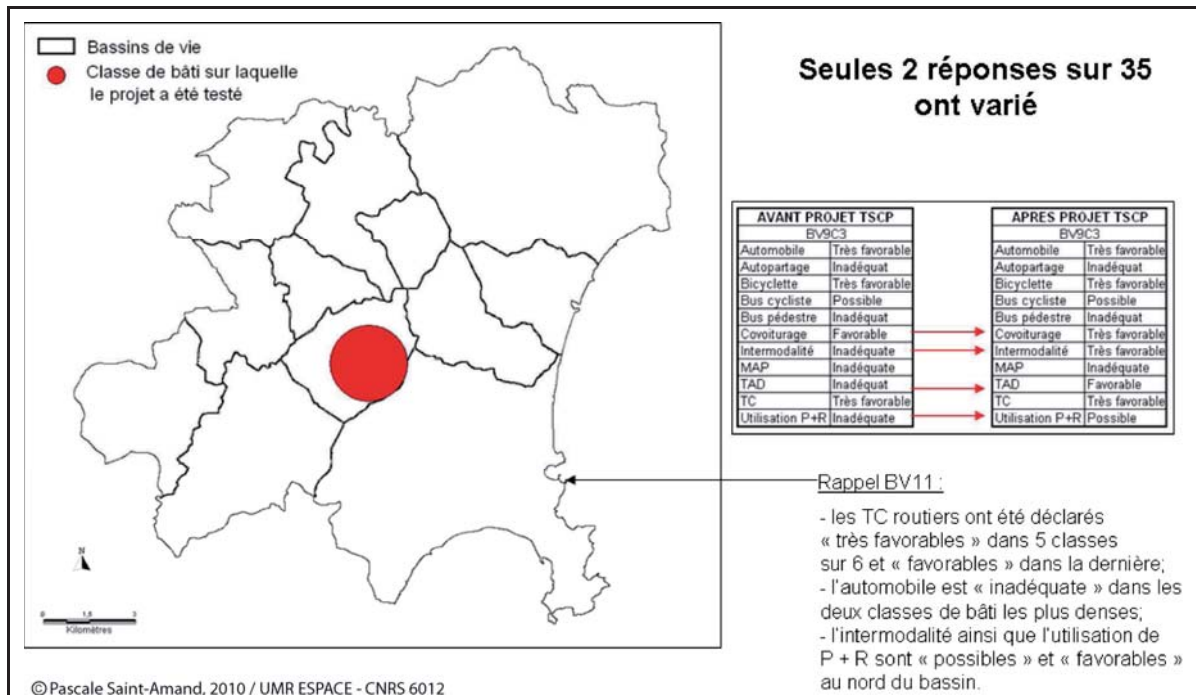


Figure 141 : Simulations avec variation sur deux réponses

Le fait que les systèmes experts délivrent une transparence totale sur les raisonnements a permis de remonter dans la simulation et d'identifier la règle à l'origine du blocage. La session entière de simulation est réitérée en faisant varier uniquement deux réponses :

- oui à la présence d'une voie réservée aux TC ;
- une part modale de l'automobile à hauteur de 57% au lieu de 69%.

Le système expert attribue au bassin de vie n°9 quatre nouveaux potentiels : le covoiturage passe d'un niveau « favorable » à celui de « très favorable » ; l'intermodalité, les TAD ainsi que l'utilisation des P + R deviennent « possibles » voire « favorables » ou « très favorables ».

Ce résultat illustre bien à quel point la variation d'un paramètre peut remettre en cause l'entièreté du système de mobilité et que l'offre de transport doit être conçue comme une donnée influant à la fois sur les partages modaux que l'on observe, mais aussi et surtout sur l'ensemble du contexte territorial ; ici, jusqu'à l'échelle de l'aire urbaine.

En diminuant le pourcentage de la part modale de l'automobile et en créant virtuellement la présence d'un site propre, la conclusion attendue s'est déclenchée. MOBI-EXPERT prend à présent une autre dimension : il pointe les règles à satisfaire pour aboutir à l'adéquation entre système territorial et système de transport. Il indique les leviers à actionner sur le territoire récepteur pour permettre au projet de prendre forme sous les meilleurs auspices.

L'outil système expert, et plus précisément sa capacité à produire un raisonnement prospectif, a été mobilisé à la fois pour asseoir un projet fictif sur le territoire, mais aussi afin d'évaluer la

pertinence d'un projet d'ores et déjà spatialisé. Dans les deux cas, le dispositif s'est montré satisfaisant. Cependant, si les systèmes experts offrent des indications sur la pertinence des projets dans leur contexte spatial et territorial, en revanche, ils sont incapables de produire des indications sur le dimensionnement de ces projets. Or, l'adhésion des décideurs se gagne notamment par l'énoncé de cet indicateur<sup>38</sup>. L'idée serait donc de coupler l'outil système expert, qui ici a pour objet d'aider véritablement à la décision, avec un outil statistique.

### ***Réinterroger le modèle à l'infini :***

MOBI-EXPERT constitue l'architecture d'un raisonnement qui a pour objectif de mettre en relation la configuration des territoires avec les déterminants des modes de transport afin de détecter pour chaque lieu l'intensité des relations pouvant être entretenues avec cinq modes de transport et six pratiques de déplacement.

À partir de ce modèle de base, il est envisageable de réutiliser l'arborescence de connaissance à plusieurs fins :

- préciser avec encore plus d'acuité le raisonnement et enrichir les simulations de nouvelles connaissances, en réinjectant de nouvelles règles, en les précisant, ou encore en faisant varier les pondérations sur celles-ci ;
- introduire plus de souplesse sur les règles et envisager ainsi plusieurs scénarii possibles : traiter des TAD en incluant ou non la règle sur les TC par exemple ;
- tester la pertinence de projets fictifs sur un territoire donné et en retirer les impacts éventuels sur l'ensemble du système de mobilité et sur l'ensemble du contexte territorial ;
- appliquer le même raisonnement sur d'autres territoires.

Cette dernière possibilité permettant finalement, à partir de diagnostics territoriaux rigoureux, d'appliquer le modèle MOBI-EXPERT sur tous les territoires où il sera question de rechercher une adéquation entre système territorial et système de transport.

## **1.2. La détermination du degré d'adéquation entre système territorial et système de transport durable**

L'étape qui se déroule à présent est fondamentale puisqu'elle a pour finalité de répondre à la problématique de thèse et de clore la démarche méthodologique initiée depuis le chapitre 6. À partir des résultats spatialisés issus du système expert, il s'agit d'examiner les correspondances, ou distorsions éventuelles, entre ce que permet le territoire en termes de choix modal, et les parts modales observées pour chaque mode de transport.

---

<sup>38</sup> Le dimensionnement est considéré ici comme la somme de : motifs nombreux + quantité de fréquentation observée ou potentielle (reports modaux projetés par exemple).



1.2.1. Les écarts observés entre potentiels offerts par les territoires et réalité des déplacements

L'aspect général de cette carte valide une troisième fois la justesse du raisonnement tenu par MOBI-EXPERT. Un des premiers constats qui peut être établi porte sur les concordances réelles entre les potentiels exprimés par le territoire à l'utilisation de l'automobile et sa part modale effective. L'automobile est en effet le mode sur lequel il est possible de s'appuyer pour corroborer les résultats obtenus. Au sein d'un urbanisme conçu par et pour l'automobile (Kaufmann, Jemelin, 2003), son utilisation s'avère sans limites, et son efficacité reste notoire par rapport à tous les autres modes (Héran, 2001).

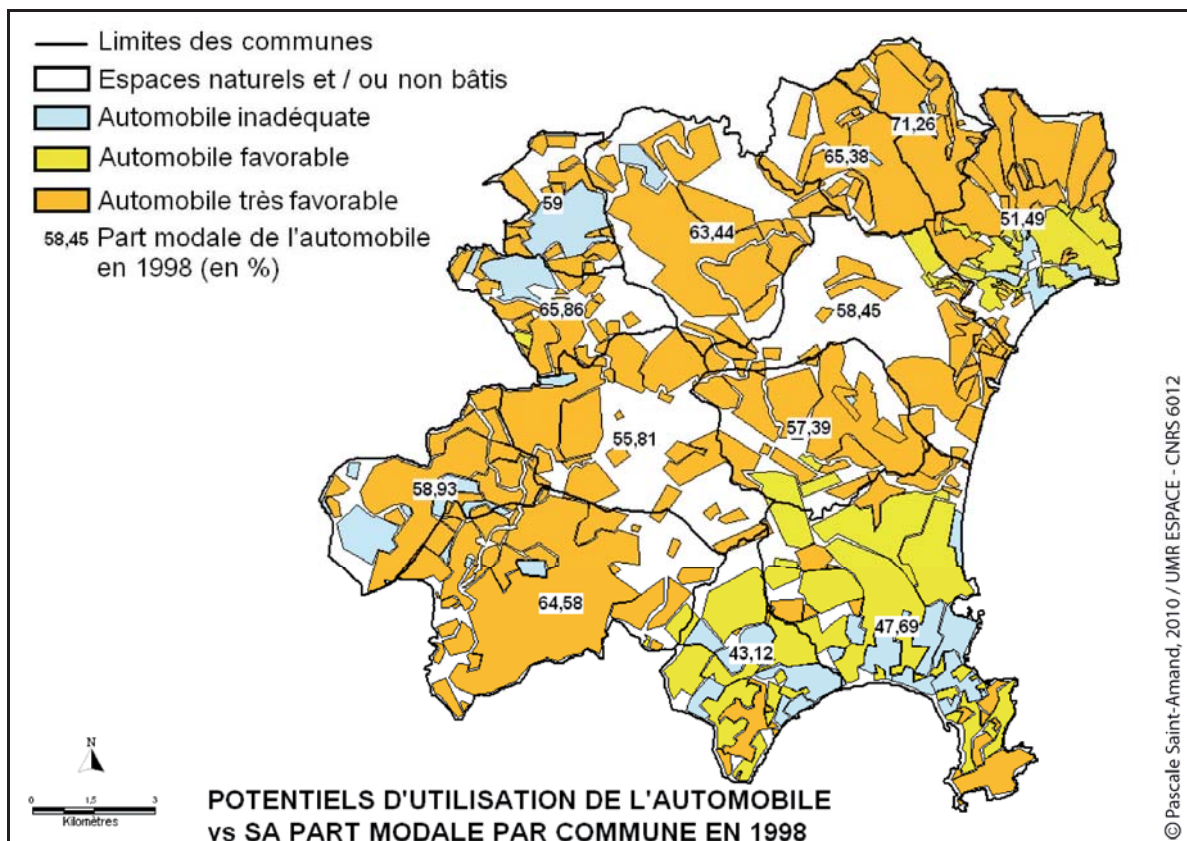


Figure 142 : Détecter les possibles et les confronter au réel

Dans le détail donc, les parts inférieures à 50% s'observent à Vallauris et à Antibes, là où certaines zones sont déclarées inadéquates et où peu d'aires offrent un potentiel « très favorable » à l'automobile. À l'inverse, dans les communes qui attribuent de solides possibilités à ce mode, les parts atteignent souvent les 60%, voire plus de 70% à Saint Paul.

Contrarier l'utilisation de l'automobile par différents leviers bien connus : diminuer l'accessibilité automobile par l'aménagement des réseaux routiers (Genre-Grandpierre, 2001), restreindre les possibilités de stationnement (Peigne, Poutchy-Tixier, 2005), interdire l'accès des centre-villes aux véhicules particuliers (Ribi, 2001), instaurer des systèmes de péages urbains à l'entrée des hypercentres (comme à Londres, Stockholm ou Milan par exemple); est



un concept qui prend tout sens au vue de cette carte-résultat. Là encore, l'application de ces quelques exemples de mesures restrictives appartient aux décideurs.

Les cartes des figures 144 et 145 montrent quant à elles des distorsions très importantes entre potentiels et parts modales effectives. Elles illustrent finalement la marge de manœuvre dont disposent les AOTU pour améliorer les répartitions modales entre modes mécanisés et modes doux, modes particuliers et modes collectifs, et ce de manière quantitative.

Les efforts fournis par les AOTU depuis la formalisation des PDU et des objectifs qu'elles sont invitées à formuler, en termes de réduction d'émissions de GES, pour développer les mobilités douces – notamment la bicyclette – s'observent déjà concrètement sur le terrain. De nombreux textes de loi – la LOTI et la LAURE notamment – qui stipulent, entre autres obligations, la mise en place de bandes ou pistes cyclables pour tout nouvel aménagement d'un tronçon de voirie contribuent aussi à l'amélioration des conditions de cheminements doux.

Ces contraintes insufflent donc de nouvelles dynamiques qui sont aussi, il faut le reconnaître, les conséquences d'une concurrence tacite entre les structures intercommunales en termes d'image. Dans un contexte où les préceptes du développement durable sont de mise, les objectifs fixés dans les PDU les engagent fortement, certes, mais elles souhaitent aussi être reconnues au sein de leur département respectif comme intercommunalité où le cadre de vie est agréable et où il fait bon d'installer son entreprise ou sa famille.

Pour les experts de la CASA, l'enjeu est de mener une politique qui s'appuie sur la continuité des itinéraires, cyclables bien évidemment, mais pas seulement.

La gare SNCF d'Antibes est identifiée comme nœud majeur sur le territoire de la CASA : point de convergence des déplacements par mode ferroviaire, et de deux axes routiers structurants – les départementales 6007 et 6098, toutes deux munies de bandes cyclables -, c'est à partir de ce pôle d'échanges que sont pensés les projets à haute valeur stratégique pour favoriser les pratiques intermodales.

La chaîne de déplacement suivante (figure 143) ayant pour origine le domicile et pour destination le lieu de travail – ou d'étude – sur le Parc sophilopolitain prendrait appui sur le TCSP évoqué dans la partie précédente. L'individu se déplace avec sa propre bicyclette jusqu'à la gare SNCF d'Antibes où il dépose son véhicule à la vélostation. Cette dernière propose plusieurs services comme les réparations, le dépannage, la maintenance des engins mais surtout leur sécurité : cadenassés, ils stationnent à l'intérieur même du pôle d'échange. L'utilisateur emprunte maintenant le TCSP<sup>39</sup> qui chemine jusqu'au Parc. Au terminus de la ligne

---

<sup>39</sup> La mise en service d'un BHNS (Bus à Haut Niveau de Service) fait partie des options envisagées. Se reporter à l'annexe 16 pour en découvrir la définition exacte.

se localise une deuxième vélostation, l'utilisateur utilise une bicyclette en libre-service – du type Vélo'V ou Vélib – et achève son déplacement jusqu'à son lieu de travail. Il réalise la chaîne inverse pour regagner son domicile.

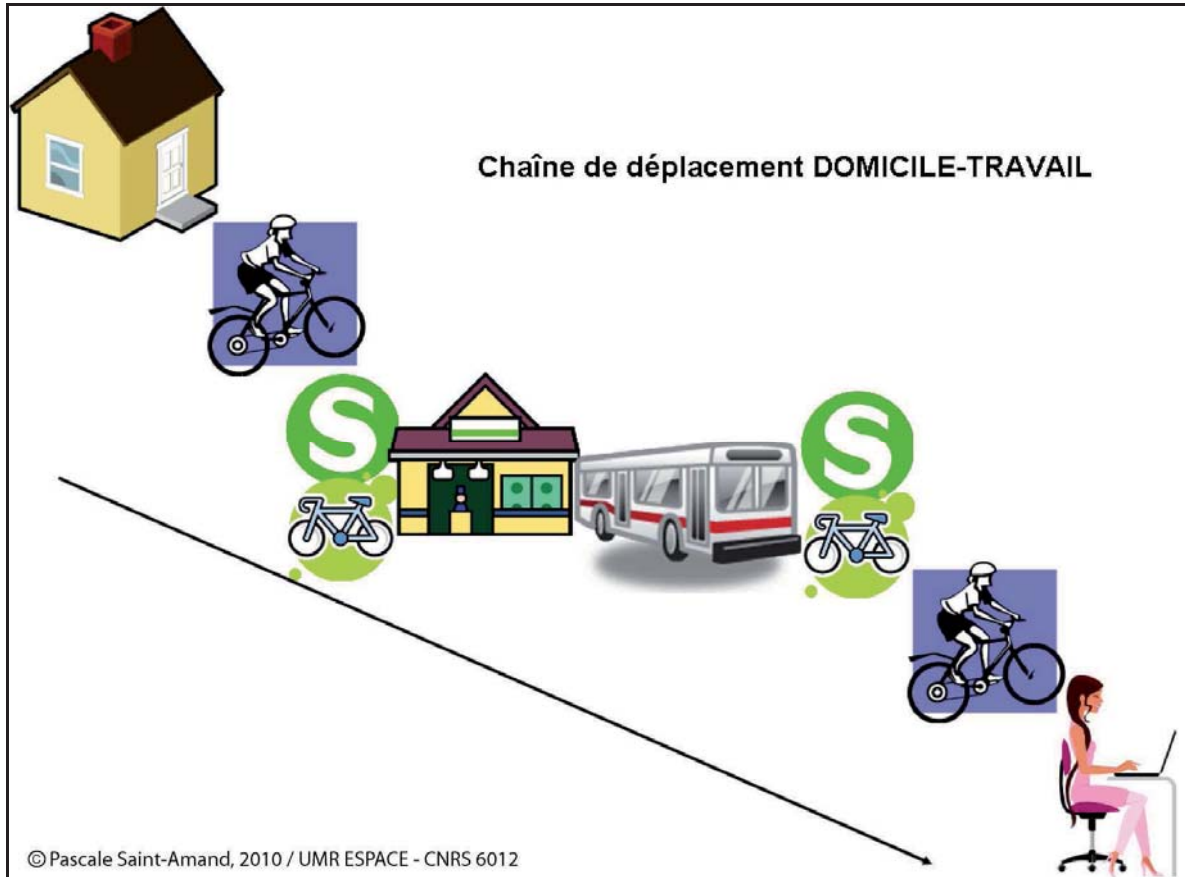


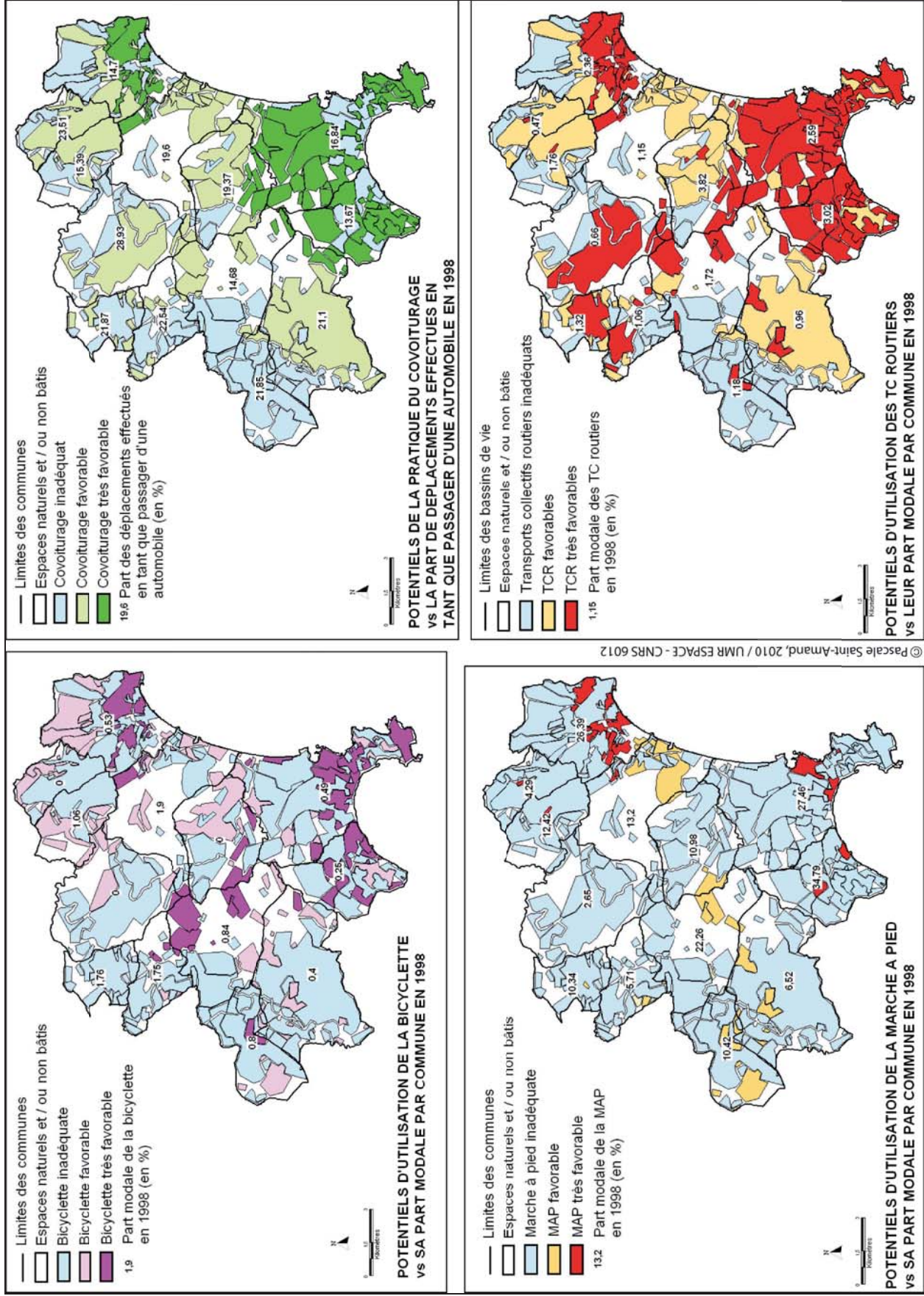
Figure 143 : Le projet d'implantation de vélostations de la CASA

La carte-résultat pour l'utilisation de la bicyclette (figure 144) montre que ce projet s'inscrirait parfaitement sur le territoire au sein de l'axe de potentiel « très favorable » : Gare SNCF d'Antibes – Parc d'activités.

L'ensemble des cartes de la figure 144 donne finalement l'intensité à laquelle il faudra intervenir pour tendre vers des concordances satisfaisantes entre potentiels offerts par les territoires et parts modales. Elles confèrent aussi une information de premier ordre : le lieu d'intervention, elles répondent aux questions :

- où ?
- comment ?
- combien ?





© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012

Figure 144 : La détermination du degré d'adéquation entre système territorial et système de transport durable



Et c'est à partir de ces informations de base, cependant fondamentales, que les décideurs doivent réfléchir et trancher.

Si l'on examine de près la carte concernant les TC routiers, le différentiel est extrêmement élevé entre ce que permettent les territoires et les parts modales observées. Plusieurs stratégies peuvent s'avérer payantes pour atteindre l'adéquation entre potentiels et parts modales :

- une extension spatiale des dessertes TC, peut-être même dans les zones périurbaines où les potentiels se sont révélés très satisfaisants (notamment sur le triptyque Roquefort-les-Pins / Opio / Le Rouret) ;
- un renforcement des fréquences dans les zones déjà bien desservies (préférentiellement en heure de pointe) ;
- et pour aller plus loin : la possibilité d'embarquer les bicyclettes à bord des bus urbains et interurbains.

La carte correspondant au covoiturage indique que cette pratique se développe plutôt de manière « informelle » au sein des familles ou cercles amicaux – ce qui explique les différentiels positifs par rapport aux réponses du modèle calées sur des déterminants bien précis – et échappe ainsi aux règles normatives qui impliquent la nécessaire constitution de réseaux d'usagers ou encore la formalisation de PDE. Ainsi, de nombreux usagers se rassemblent au travers du champ sur plusieurs parkings gratuits et covoiturent jusqu'à leur lieu de travail.

Par ailleurs, la part modale du covoiturage exprimée sur cette carte inclue l'accompagnement des écoliers, collégiens et lycéens sur leur lieu d'étude et / ou d'activités sportives ; ce fait accentue les chiffres issus de l'enquête ménages-déplacements.

En fin de section, un rapprochement entre potentiels du covoiturage et motifs de déplacement fera apparaître les réels efforts à fournir pour développer cette pratique.

#### 1.2.2. Détecter l'ensemble des potentiels offerts par les territoires : la définition de lieux prioritaires

Afin de cerner au mieux les lieux du champ sur lesquels il est possible de s'appuyer, une carte de synthèse est construite. Elle est conçue à partir des verdicts « possible », « favorable » et « très favorable » qui jalonnent l'ensemble des 55 sous-systèmes territoriaux. D'éventuelles nuances peuvent être introduites à ce traitement cartographique :

- en intervenant sur les niveaux par l'unique prise en compte des lieux à forts potentiels ;
- en scindant les résultats par types de modes (mécanisés ou actifs).

Le deuxième objectif s'inscrit dans un repérage de lieux favorables aux pratiques d'intermodalité, de multimodalité, et à la mise en place de pôles d'échanges.



La détermination des possibles est la résultante de facteurs humains et de contingences matérielles découlant des politiques des décideurs. Ici, le volet potentiel offert par le territoire est largement mis en relief (figure 145).

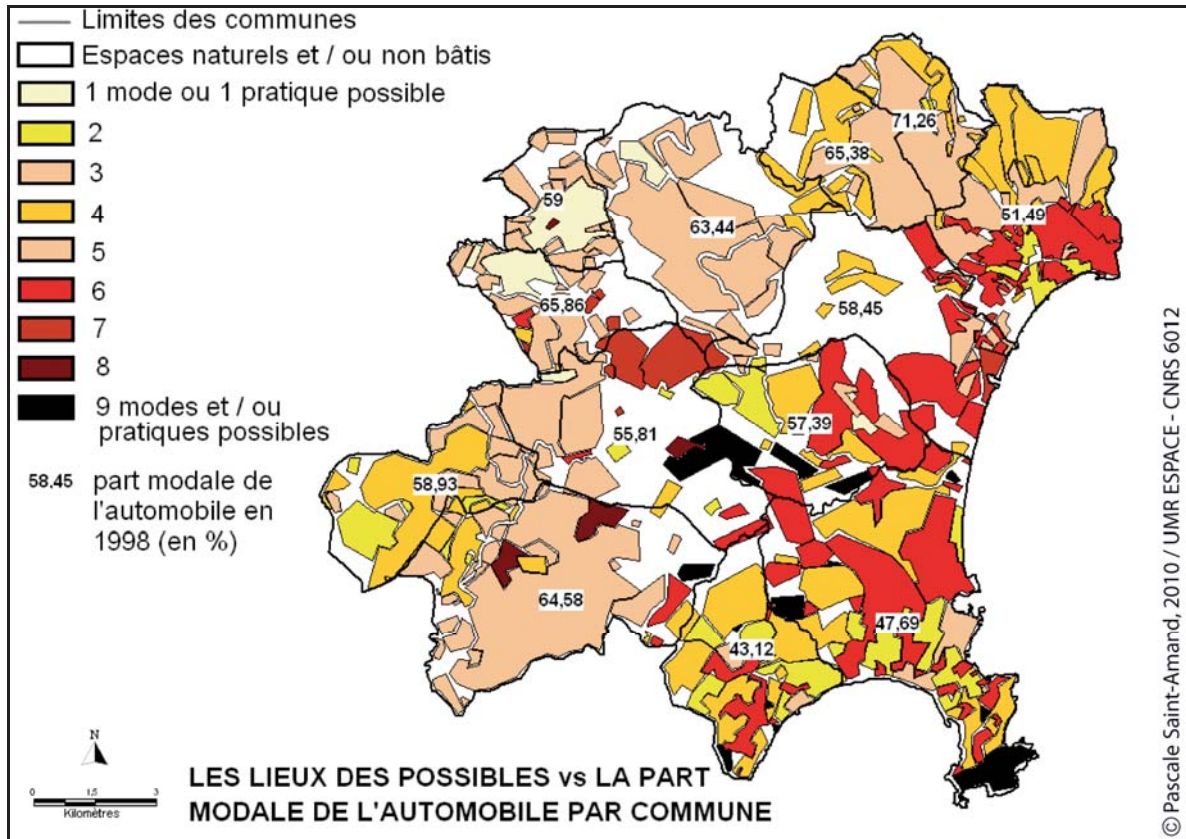


Figure 145 : La marge de manœuvre disponible pour sortir du « tout automobile »

Le croisement de ces « possibles<sup>40</sup> » avec la part modale de l'automobile renseigne sur la marge de manœuvre allouée par le territoire pour le déploiement de stratégies nombreuses et diversifiées. Plusieurs sous-systèmes territoriaux – dont certains qui s'organisent en axes – permettent d'accueillir pas moins de neuf modes de transport et pratiques de déplacement en leur sein. Mougins, Valbonne, Biot et Villeneuve-Loubet apparaissent comme les communes où il est envisageable de diminuer sensiblement la part modale de l'automobile : au minimum, cinq modes et pratiques sont permises par les territoires. Ces lieux les plus favorables sont ceux sur lesquels les décideurs pourront prendre appui pour insuffler des dynamiques en termes de mobilité durable sur l'ensemble du champ.

D'autres points nodaux seront sollicités pour allonger la portée de cheminements durables, les échanges externes au champ doivent être intégrés à la réflexion.

<sup>40</sup> Les possibles sont ici la somme des verdicts : POSSIBLE – FAVORABLE – TRÈS FAVORABLE.

### 1.3. La « mise en système » des résultats

Cette étape d'analyse se situe à l'interface entre la validation des résultats issus des modèles et leur valorisation dans un objectif d'aide à la décision.

Du rattachement des « possibles » avec le mode ferroviaire résulte le raccordement du système de transport détecté par les modélisations avec les grands pôles de déplacement du département des Alpes-Maritimes – Grasse, par l'intermédiaire de la ligne ferrée Cannes-Grasse ; Cannes et Nice par la voie littorale.

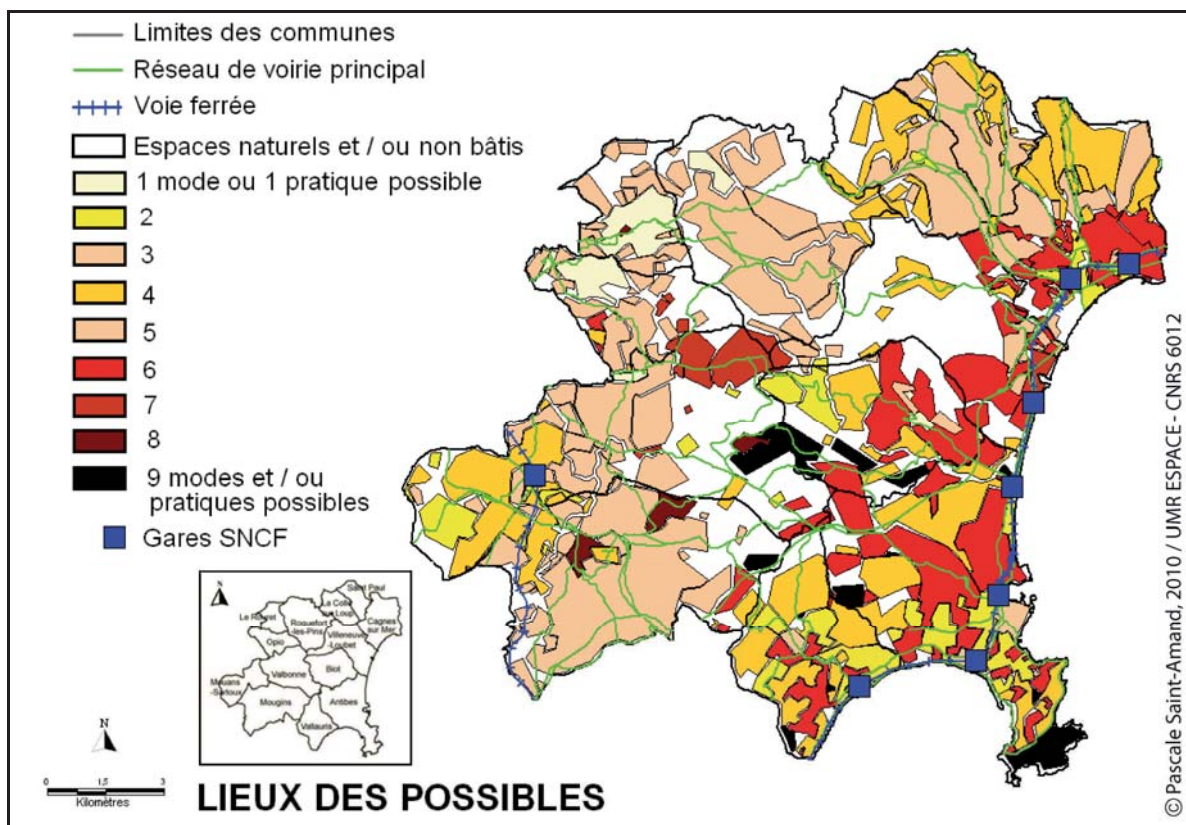


Figure 146 : Rattachement des « possibles » au mode ferroviaire

L'examen des PDU arrêtés par les trois AOTU du champ révèle que la voie ferrée est effectivement considérée comme l'axe structurant sur lequel il est légitime de s'appuyer en priorité.

La CASA ne compte pas moins de cinq gares SNCF à l'intérieur de son PTU, et l'un des objectifs fixés est d'accroître le nombre de TER avec une fréquence cadencée au quart d'heure à toutes les gares du parcours (CASA, 2008). À dessein, une troisième voie ferrée littorale est en cours d'élaboration. Elle reliera Antibes à Nice sans impacter la desserte TGV. Pour ces déplacements extra-champ, il est nécessaire de s'arrêter sur le point crucial des correspondances éventuelles entre les différents modes. L'intermodalité, qui se prête bien aux

déplacements de longue portée – très souvent supérieurs à 10 km – implique par définition l'emprunt d'au moins deux modes de transports pour effectuer un même déplacement. La combinaison analysée par le système expert reposait sur le chaînage entre transport en commun routier et automobile. À présent, il convient de raisonner à partir de la ligne ferroviaire : lien structurant qui chemine d'est en ouest au travers de toutes les communes littorales très urbanisées du département.

La règle qui suppose qu'un usager n'accepterait pas plus de deux ruptures de charge<sup>41</sup> lors de sa chaîne de déplacement (Lichère, 1999 ; Piombini, 2006) nécessite une rigoureuse réflexion.

Au cours des modélisations de ces déplacements intermodaux, les ruptures de charge sont apparentées à des niveaux de pénibilité qui sont attribuées au déplacement relativement aux temps d'attentes ressentis ou subis par les usagers (Lichère, 1999). C'est dire l'importance de ces « espaces-temps charnières » qui peuvent être perçus par les usagers comme de véritables contraintes<sup>42</sup> ; c'est donc avec un soin tout particulier que les stratégies doivent être mises en œuvre. Ces stratégies supposent par ailleurs la prise en compte du système de transport dans son ensemble.

Asseoir les déplacements intra-champ sur la ligne ferroviaire implique donc :

- une offre en parkings-relais satisfaisante à toutes les gares du département ;
- une refonte globale du réseau de TC routiers avec des fréquences nombreuses et des dessertes centrées autour des gares ;
- la mise en place de la ligne TCSP de la gare d'Antibes jusqu'aux nombreux points stratégiques du Parc d'activités sôphopolitain ;
- et pour accompagner toutes ces mesures, une offre tarifaire intégrée.

Il s'agit ici d'une réflexion menée à partir des potentiels offerts par les territoires. Les contingences économiques et financières doivent être associées à ces différentes pistes.

#### **1.4. Quelques pistes supplémentaires pour l'aide à la décision**

La connaissance produite sur le territoire récepteur du système de transport ainsi que la méthode déployée au cours de cette thèse constituent une démarche d'aide à la décision à destination des collectivités territoriales désireuses de mettre en place un système de transport qui soit en adéquation avec les besoins exprimés à la fois par les territoires et par les différents acteurs présents sur l'espace (cf. chapitres 1 et 4).

---

<sup>41</sup> Règle à nuancer sur le réseau RATP.

<sup>42</sup> Une étude menée par la SNCF dans le cadre de la mise en place de la Ligne à Grande Vitesse TGV-Atlantique révèle que le désagrément ressenti par l'utilisateur qui effectue une correspondance est équivalent à un temps additionnel au déplacement de plus de 1h30. Ce temps perçu est à relativiser sur des portées de déplacement moins longues.

Plusieurs tactiques peuvent être envisagées par ces collectivités au regard des résultats obtenus par les modélisations. La première piste consiste à s'appuyer sur les caractéristiques actuelles de la mobilité en retenant par exemple la répartition modale observée selon l'âge de l'utilisateur. La figure 148 tirée du rapport préliminaire de l'enquête ménages-déplacements de la Métropole Azurienne montre que les individus âgés de 27 ans et moins se déplacent peu en tant que conducteur d'un véhicule particulier. C'est sur ce vivier d'individus qu'il est possible de s'appuyer dans un premier temps pour insuffler de nouvelles pratiques de mobilité durable.

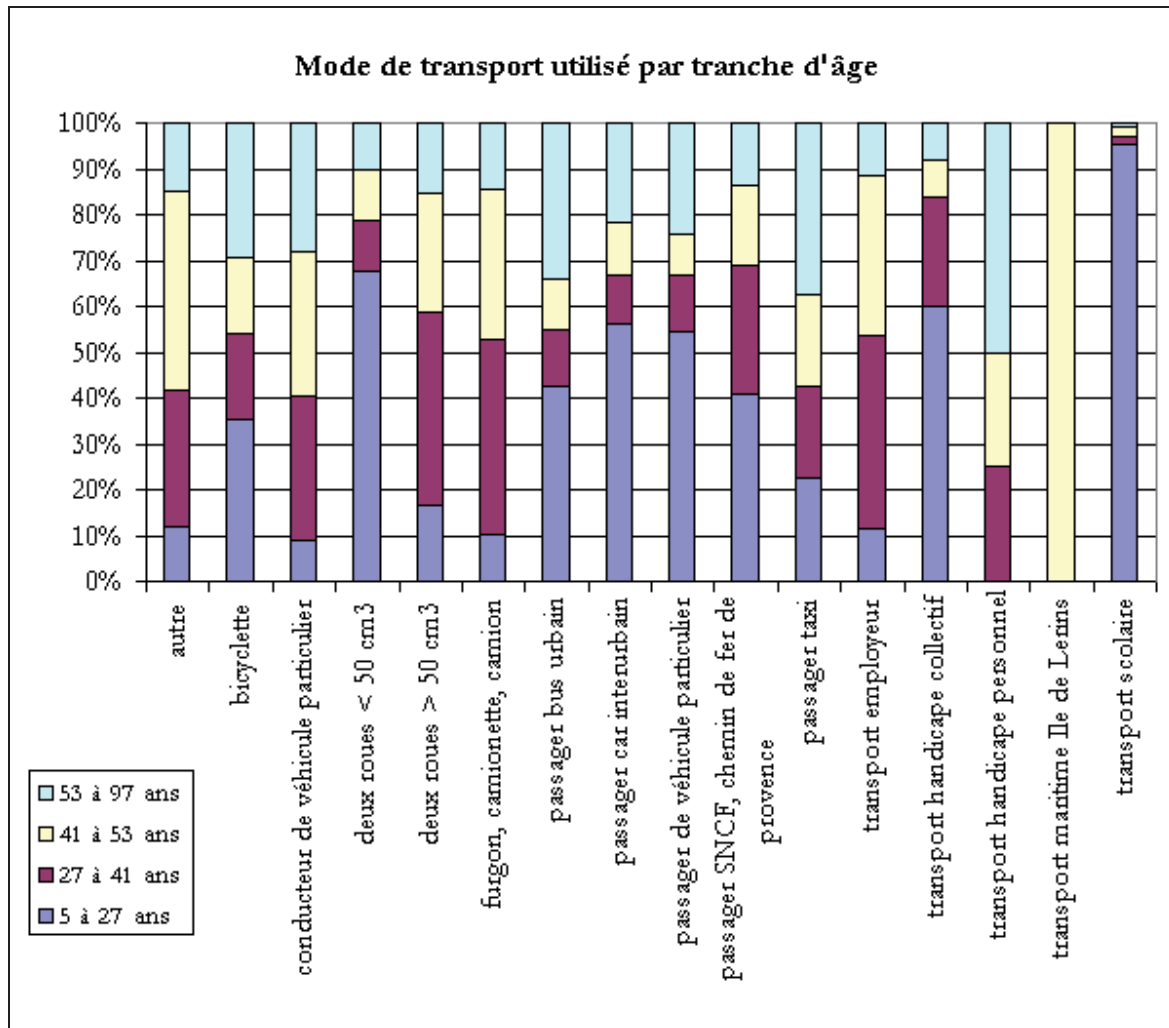


Figure 147 : S'appuyer sur les mécaniques propices pour insuffler de nouvelles dynamiques (Enquête ménages-déplacements de la Métropole Azurienne 1998 – ADAAM06 / CETE Méditerranée)

Cette tranche d'âge, située entre 5 et 27 ans, se révèle majoritaire pour l'utilisation de la bicyclette. La figure 149 précise l'information en indiquant pour ce mode la CSP des usagers.

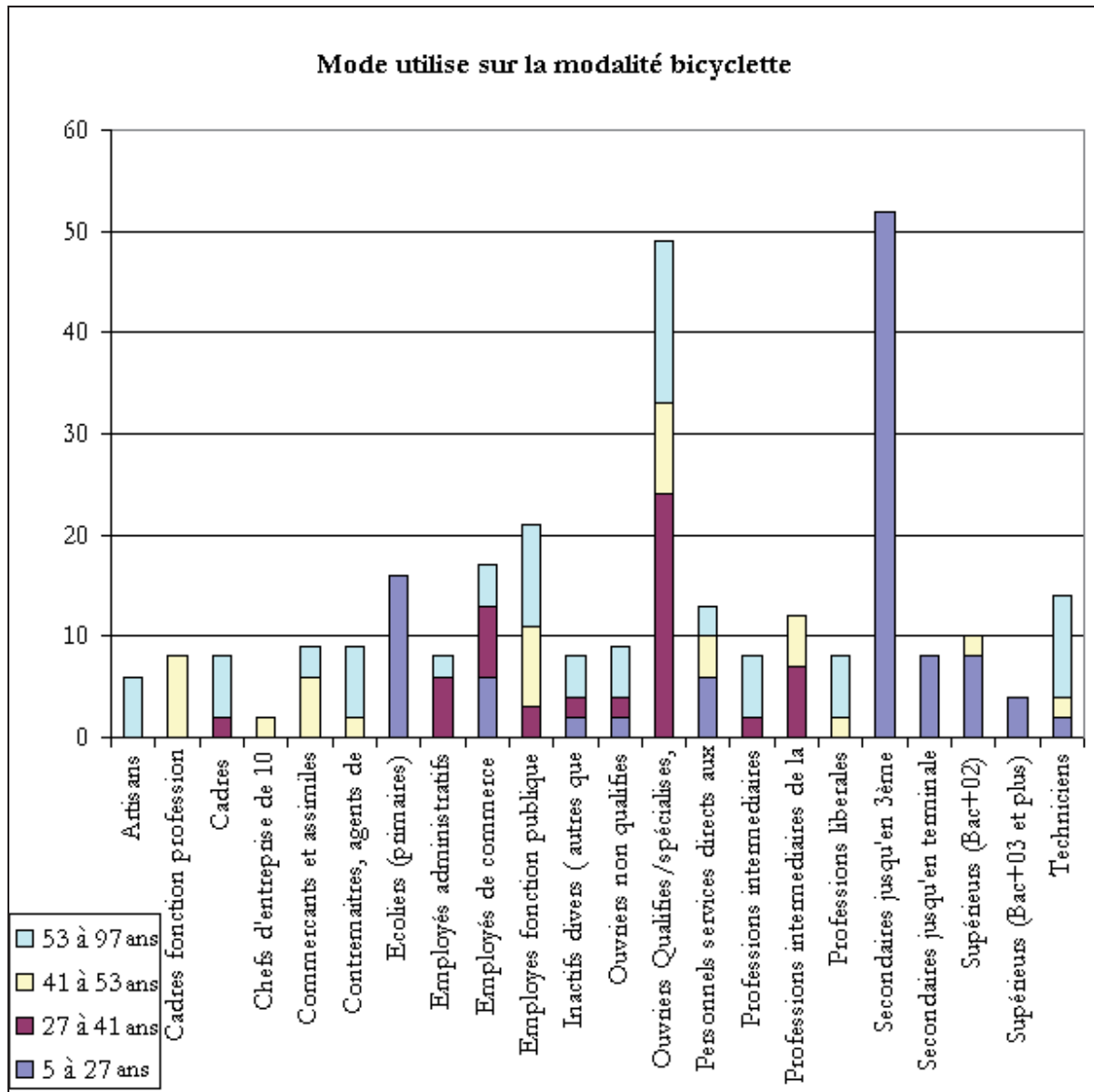


Figure 148 : Croisement des informations pour l'élaboration de stratégies de communication (Enquête ménages-déplacements de la Métropole Azurienne 1998 – ADAAM06 / CETE Méditerranée)

Ces deux graphiques pris conjointement renseignent sur les politiques à mettre en œuvre pour conforter les parts modales de ces jeunes individus. Après avoir identifié les établissements scolaires qui intersectent les axes de potentiels forts à l'utilisation de la bicyclette révélés par le système expert, les gestionnaires peuvent cibler leurs actions d'accompagnement et de communication.

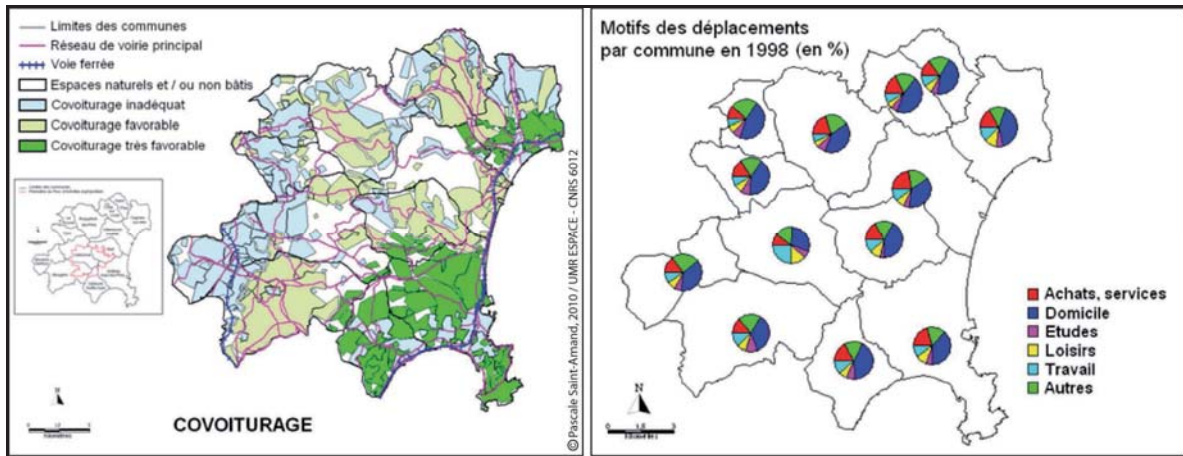
VIVA06 et TRAVISIA<sup>43</sup> sont deux associations qui s'investissent activement pour la mise en place de bus cyclistes à destination de Sophia Antipolis. À l'été 2007, quatre lignes étaient ainsi mises en service aux départs de Mouans-Sartoux, Le Rouret, Antibes et Nice. Il est utile

<sup>43</sup> VIVA06 : Vivre en Ville Autrement dans les Alpes-Maritimes.  
TRAVISIA : TRAVailler et Vivre à Sophia Antipolis.



de préciser que ces lignes, créées en priorité pour les navetteurs salariés du Parc d'activité – la longueur des parcours en atteste – n'ont pas fait l'objet d'un succès notable. En concentrant des efforts de communication sur la tranche d'âge 5-27 ans, en offrant les aménagements cyclables *ad hoc* sur les axes identifiés précédemment et enfin en mettant en œuvre d'étroites collaborations entre associations et AOTU il est possible de faire varier sensiblement les parts modales sur le mode cycliste.

La seconde piste offerte par les résultats finaux se propose de bâtir différents scénarii de variation des répartitions modales en mettant en relation les motifs de déplacement avec le mode de transport durable qui serait considéré comme le plus pertinent, précisément selon ce motif. L'enquête ménages-déplacement révèle que les motifs « accompagnement », « dépose ou reprise d'une personne à un mode de transport » et « visite à des parents ou amis » synthétisés dans la catégorie « autres » dans la légende de la carte de droite, représentent une très large part dans les déplacements effectués sur le champ d'étude.



Or, l'ensemble de ces motifs suppose que les déplacements s'effectuent en tant que passagers d'un véhicule particulier. L'idée serait alors d'étendre cette pratique du covoiturage, bien ancrée dans les habitudes de mobilité des usagers du champ, aux déplacements des navetteurs à destination du Parc sophropolitain mais aussi et surtout dans le cadre des trajets domicile-études et domicile-loisirs extrêmement nombreux sur la zone.

Il est tout à fait concevable, par la mise en relation des potentiels exprimés par les territoires et des motifs de déplacement et par le constat qu'une part notable de ces déplacements pourrait être facilitée par la mise en pratique du covoiturage, de convaincre les décideurs du bien fondé de la mise en œuvre de stratégies de communication en ce sens.



Le dernier élément de réflexion vient compléter l'information à fournir aux décideurs pour répondre à la question « combien ? »<sup>44</sup>. La notion de dimensionnement, chère aux élus, doit se concevoir, sur un champ d'étude comme celui-ci, en considérant « l'effet saisonnier ». Celui-ci s'appréhende par la prise en compte de deux éléments clés complémentaires :

- la part des résidences secondaires par rapport au parc de logement total de la zone d'étude indiquée à l'iris (figure 150)<sup>45</sup> ;
- la population présente sur le territoire lors des mois d'été.<sup>46</sup>

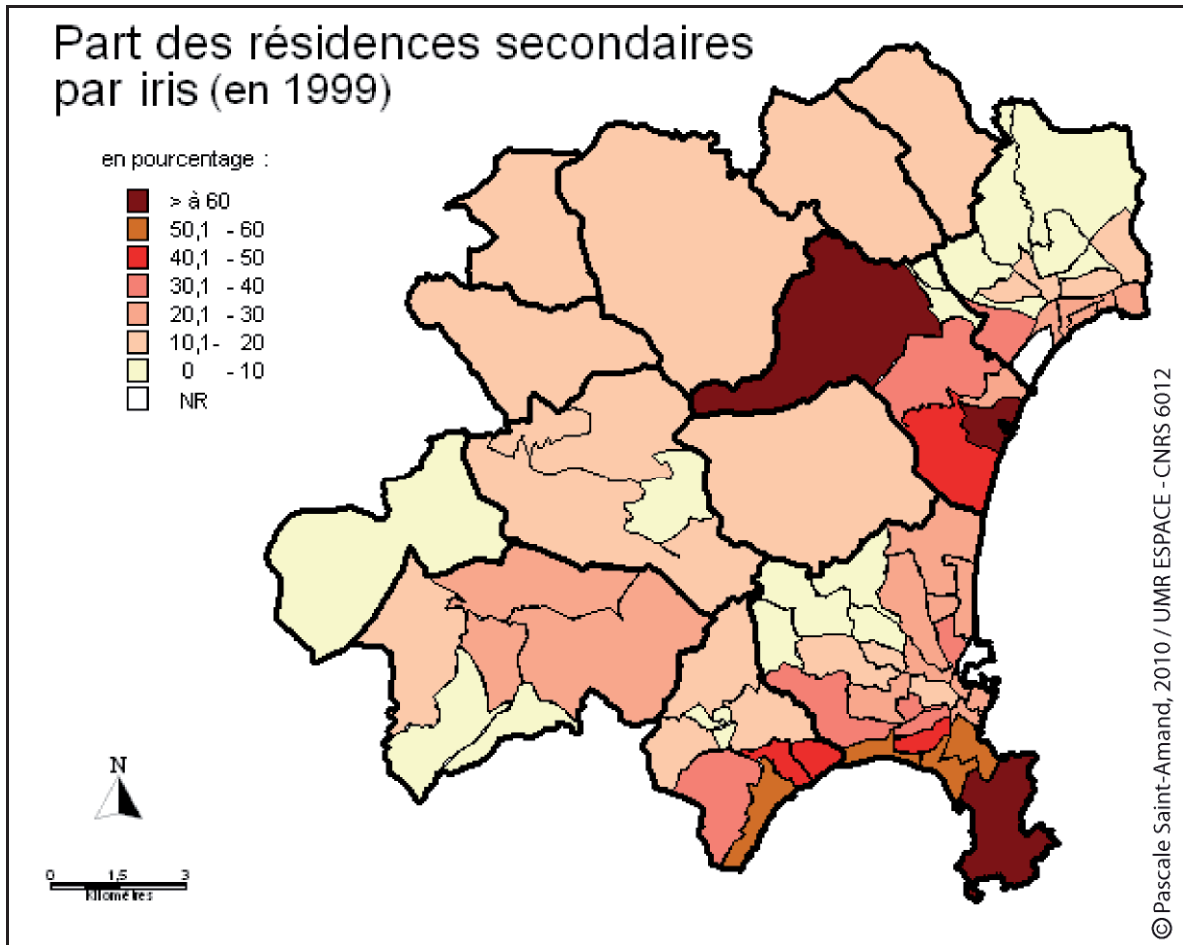


Figure 150 : La part des résidences secondaires pèse fortement sur le fonctionnement du champ

Ce surcroît de population estimé, dans le département des Alpes-Maritimes, entre 120 et 170% de la population résidente (Terrier et *al.*, 2005) ne saurait être omis des considérations relatives au dimensionnement des infrastructures.

<sup>44</sup> Cf. figure 144 : les cartes construites permettaient de répondre aux questions où ? comment ? et combien ?

<sup>45</sup> Cette carte construite à l'échelle de l'iris restitue mieux la réalité de l'attractivité du champ d'étude, contrairement à la carte du chapitre 5 qui lissait les valeurs puisque construite à la commune.

<sup>46</sup> Définition INSEE : Population présente un jour donné dans un département : population résidente – résidents en voyage ce jour hors du département + touristes présents ce jour.

Le croisement des résultats obtenus avec ces données socio-démographiques procure aux acteurs du territoire des informations essentielles pour œuvrer de concert et tendre vers des pratiques de mobilité durable. Ces informations répondent à la question : à qui ? et complètent ainsi les bases de connaissance nécessaires à la mise en œuvre de politiques.

Le système de transport acquiert un caractère durable à condition qu'il se bâtisse de concours avec l'ensemble des acteurs du territoire. La section suivante a trait aux échanges et aux relations entretenues avec les acteurs locaux tout au long du processus de modélisation sous système expert. Elle expose à la fois le regard des gestionnaires, à travers les collaborations étroites établies durant cette thèse avec les experts de la CASA, mais aussi celui des associations d'usagers, principaux bénéficiaires de cette recherche d'adéquation.

## **2. S'appuyer sur les systèmes experts pour l'aide à la gestion et à l'organisation des systèmes de transports**

*« Le développement durable ne se décrète pas, il se construit pas à pas, en partenariat avec la population, les entreprises et les diverses institutions, par des actions bien inter-reliées, sous-tendues par une forte volonté politique et un engagement dans la durée. »*

Christine Voiron-Canicio et Pascale Saint-Amand, in *Appropriations du développement durable, émergences, diffusion, traductions.*

La vision du transport durable développée dans cette recherche sous-tend que l'ensemble des acteurs concernés bâtissent un projet capable de répondre aux besoins exprimés par le territoire et par la population. Tout au long du processus d'analyse, le regard des acteurs de terrain a été sollicité. Les experts en déplacements-transports ont participé activement à la démarche de modélisation, leurs discours ont été intégrés dans les simulations et leurs remarques ont été prises en compte à chaque étape. À l'issue des modélisations, ils ont pu apprécier les méthodologies développées par le laboratoire et jauger la démarche dans le cadre de l'aide à la décision. De nombreux échanges ont aussi eu lieu avec le tissu associatif, notamment en phase finale, dans le but d'éprouver les résultats obtenus auprès de personnes qui demeurent les véritables experts de leur situation quotidienne.

## 2.1. De l'idée de la thèse à la constitution d'un partenariat étroit

La problématique de thèse ainsi que les objectifs poursuivis **supposaient** la mise en place d'une collaboration étroite avec une collectivité territoriale en charge de la gestion et de l'organisation des transports. Les méthodes déployées ainsi que la volonté de mettre au point une démarche d'aide à la décision **exigeaient** ce partenariat. Dès le premier semestre de recherche, un partenariat étroit se tisse entre ESPACE et le département déplacements-transports de la CASA.

### *Fonctionnement du partenariat et axes de travail :*

Principale AOTU du champ d'étude, la direction déplacements-transports de la CASA est sollicitée par ESPACE dès le début de la recherche. La figure 151 présente le projet autour duquel les deux parties concluent le partenariat. La recherche d'une adéquation entre système territorial et système de transport séduit d'emblée les experts de la CASA. Pour donner corps à ce projet, des axes de travail sont arrêtés et consignés dans une note méthodologique. Ces axes apparaissent en encadrés blancs et reprennent la démarche d'analyses mise au point. À gauche et à droite de ces axes, figurent les attendus du laboratoire et ceux de la collectivité territoriale.

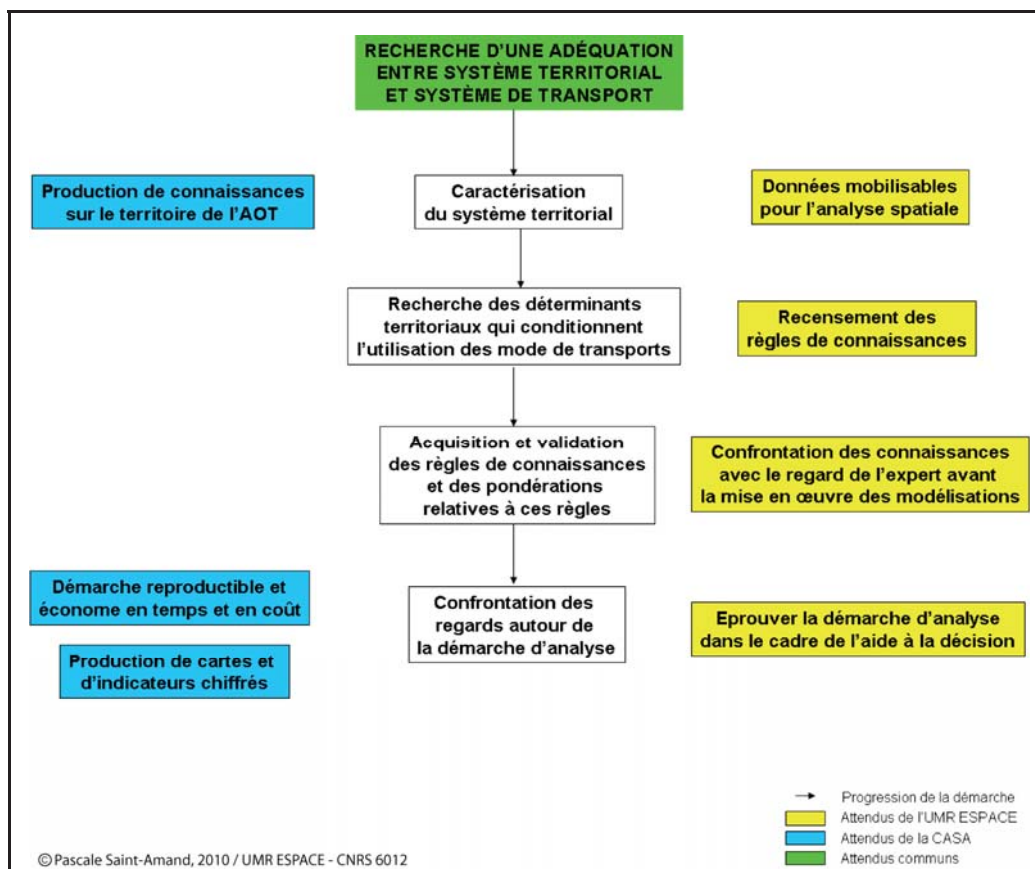


Figure 151 : Les attendus des parties autour d'un projet commun

Le décalage dans ces attendus est extrêmement intéressant à soulever. Il montre la manière dont les acteurs de terrain et les scientifiques peuvent, autour de projets communs, développer des points de vue et des approches totalement différentes.

Pour le premier axe de travail, l'attendu du laboratoire est clair, il s'agit de collecter des informations mobilisables pour l'analyse spatiale afin de procéder au diagnostic territorial. La CASA transmet un certain nombre de données – dont les lacunes ont été révélées au chapitre 5 – et attend une production de connaissances originales sur son territoire. Dans le cas de cet axe, la complémentarité et l'échange ont prévalu. En revanche, les trois autres axes de travail ne fédèrent pas d'attendus communs. Même s'ils participent très activement à la démarche d'analyses, les experts de la CASA demeurent en attente de résultats concrets : l'opérationnalité de la méthode proposée a créé un vif intérêt.

Après la rédaction d'une note méthodologique détaillée, l'engagement entre les deux parties a été conclu rapidement. Même si les outils utilisés sont méconnus, voire ignorés, les méthodes paraissent originales et les gestionnaires voient l'intérêt de telles approches dans des problématiques territoriales.

## **2.2. De l'importance des échanges entre spécialistes dans le cadre d'une recherche appliquée**

### **2.2.1. Posture du laboratoire dans la mise en place de ce type de partenariat**

Pour le laboratoire, la pierre angulaire du partenariat était de montrer les **apports des démarches et méthodes de l'analyse spatiale dans des problématiques territoriales**, et de vérifier la validité d'une telle démarche pour aider à la décision. Par ailleurs, l'ensemble des chercheurs du laboratoire sont convaincus de l'intérêt des échanges entre acteurs de terrain dans le cadre de projets d'aménagement. La déclaration de politique scientifique du laboratoire est très claire sur ce point : « *Tout projet de territoire n'a de sens que s'il est réellement partagé par l'ensemble des acteurs, décideurs, gestionnaires, citoyens* » (UMR ESPACE, 2008). Les membres de l'UMR souhaitent vivement être associés à ces échanges dans le cadre de recherches tournées vers l'action.

### ***Les méthodes de l'analyse spatiale dans le cadre de recherches appliquées :***

Les méthodes issues de l'analyse spatiale et particulièrement l'analyse spatiale par morphologie mathématique peuvent rebuter certains ingénieurs qui ne sont pas habitués à ce type d'approche (Saint-Amand, 2009). Cette appréhension différente des liens entre transports et territoires conduit le géographe à faire preuve de beaucoup de pédagogie pour pouvoir transmettre au mieux ses résultats. Il peut arriver que la présentation d'un résultat de recherche conduise à des incompréhensions et que le dialogue se rompe. Cette expérience

s'est produite à plusieurs reprises au cours de cette recherche. Et les différences s'observent non seulement dans les approches, c'est indéniable, mais aussi au niveau des concepts, voire même dans le vocabulaire courant. Dans ce contexte quel est l'intérêt de ce type de partenariat ?

### 2.2.2. Quelle sensibilisation des acteurs ?

Les visions respectives des acteurs de terrain et des scientifiques diffèrent souvent, et ces écarts parfois très prononcés peuvent conduire à des situations délicates. Les définitions des mots ne sont pas les mêmes, ce qui engendre parfois des difficultés à entrer dans les débats. Il peut y avoir des « éléments parasites » qui font blocage et qui créent des malentendus. Les mots à définitions normées peuvent être sources de nombreuses incompréhensions. Si, pour le géographe, les définitions de l'INSEE prévalent, il n'en est pas de même pour tous les acteurs de terrain. L'aire urbaine, l'agglomération ne couvrent pas les mêmes périmètres et ne répondent pas aux mêmes normes chez tout le monde.

Les mots du géographe et de l'analyse spatiale restent à préciser lorsqu'on rencontre des personnes de terrain. Si pour le géographe l'espace et le territoire sont des concepts clairs, il arrive souvent que les acteurs de terrain ne voient pas la nuance entre les deux. Le mot spatialité quant à lui leur est totalement inconnu et le mot configuration est à préciser dans tous les cas. Ces distinctions lexicales renforcent la difficulté de la tâche dans une démarche d'analyse qui s'appuie sur un système à base de connaissances, car **les concepts sont véritablement les données d'entrée du modèle.**

Ces nuances sont très importantes et **l'utilisation de mots induisant un jugement doit être réfléchi et pesée.** Certains faux pas peuvent conduire à l'arrêt pur et simple des échanges et des collaborations avec les gestionnaires des collectivités locales. L'universitaire est malheureusement souvent mal perçu par les ingénieurs territoriaux. Il est perçu comme donneur de leçons ou comme quelqu'un qui apporte nécessairement un regard critique sur ce qui est effectué par les collectivités territoriales. Il y a souvent un rapport de méfiance qui se crée, et dans ce contexte une relation de confiance est primordiale.

Les personnes impliquées dans le monde associatif ne réagissent pas de cette manière<sup>47</sup>. Elles attendent du scientifique que des solutions soient proposées et qu'elles soient éprouvées.

---

<sup>47</sup> À la demande du laboratoire, une réunion avec les associations des Alpes-Maritimes œuvrant dans le domaine des transports durables a été organisée le 2 Juin 2010.

Étaient rassemblés :

- un membre actif de l'association SUDEN (Réseau Européen du développement urbain durable), Sophia Antipolis ;
- une consultante éco-mobilité pour le PDIE Sophia Mobil ;
- le Président de l'AUTEC (Association des Usagers des Transports en Commun de la CASA), Antibes ;
- un membre actif de l'association VIVA06 (Vivre en Ville Autrement dans le 06), Nice ;

Seules les cartes de « potentiels des territoires » et « degré d'adéquation actuel » ont été présentées aux membres actifs des associations. L'objectif était alors de confronter la cartographie des potentiels territoriaux à l'utilisation des modes de transport, avec leur regard d'experts, et de saisir les réactions de chacun. La localisation et le degré de potentiel des territoires correspondaient-ils à leurs connaissances du terrain ? Pressentaient-ils ces niveaux de potentiels territoriaux ? Pensaient-ils que le territoire permettait autant l'utilisation de la bicyclette par exemple ? Pour peu que les gestionnaires renforcent les dispositifs d'aménagements *ad hoc* dans les lieux où les potentiels sont plus élevés, l'utilisation de la bicyclette ne pourra qu'en être confortée. Les membres de ces associations nous ont donc enjoint de transmettre ces cartes de potentiels territoriaux aux gestionnaires, ils ont, en ce sens, saisi tout l'intérêt de la méthode dans le cadre de l'aide à la décision.

### ***Intégration et valorisation des connaissances et de la méthode :***

L'appréhension du temps n'est pas la même pour l'ingénieur territorial et le scientifique. Les pas de temps sont inégaux car la recherche très pragmatique du gestionnaire se passe des parties conceptuelle et théorique, centrales pour le chercheur. Pour pallier les impatiences éventuelles, des présentations de résultats intermédiaires ponctuent le partenariat. Des résultats fictifs sont alors construits à partir de données théoriques afin de démontrer concrètement l'intérêt des méthodes. Mais les ingénieurs territoriaux attendent des résultats fonctionnels : les indicateurs de dimensionnement des ouvrages sont largement privilégiés. Par ailleurs, **la reproductibilité de la méthode prévaut** sur les détails des protocoles d'analyse.

À des fins de reproductibilité, le service déplacements-transports de la CASA a demandé au laboratoire d'évaluer le coût d'une telle recherche, à la fois en termes temporel et financier.

\*\*\*\*\*

### **Conclusion du chapitre 10 :**

Les pistes de réflexion autour des projets de TCSP et d'une station d'autopartage montrent que la méthode peut à la fois aider à la connaissance (cartes de situation actuelle) et aider au projet et à la décision (cartes de simulation). Le modèle MOBI-EXPERT, couplé au SIG, a permis :

- de détecter l'ensemble des potentiels offerts par les territoires ;

- 
- un membre actif de TRAVISIA (TRAVailler et VIVre à Sophia Antipolis) ;
  - un membre actif de Covoiturage06, Sophia Antipolis.

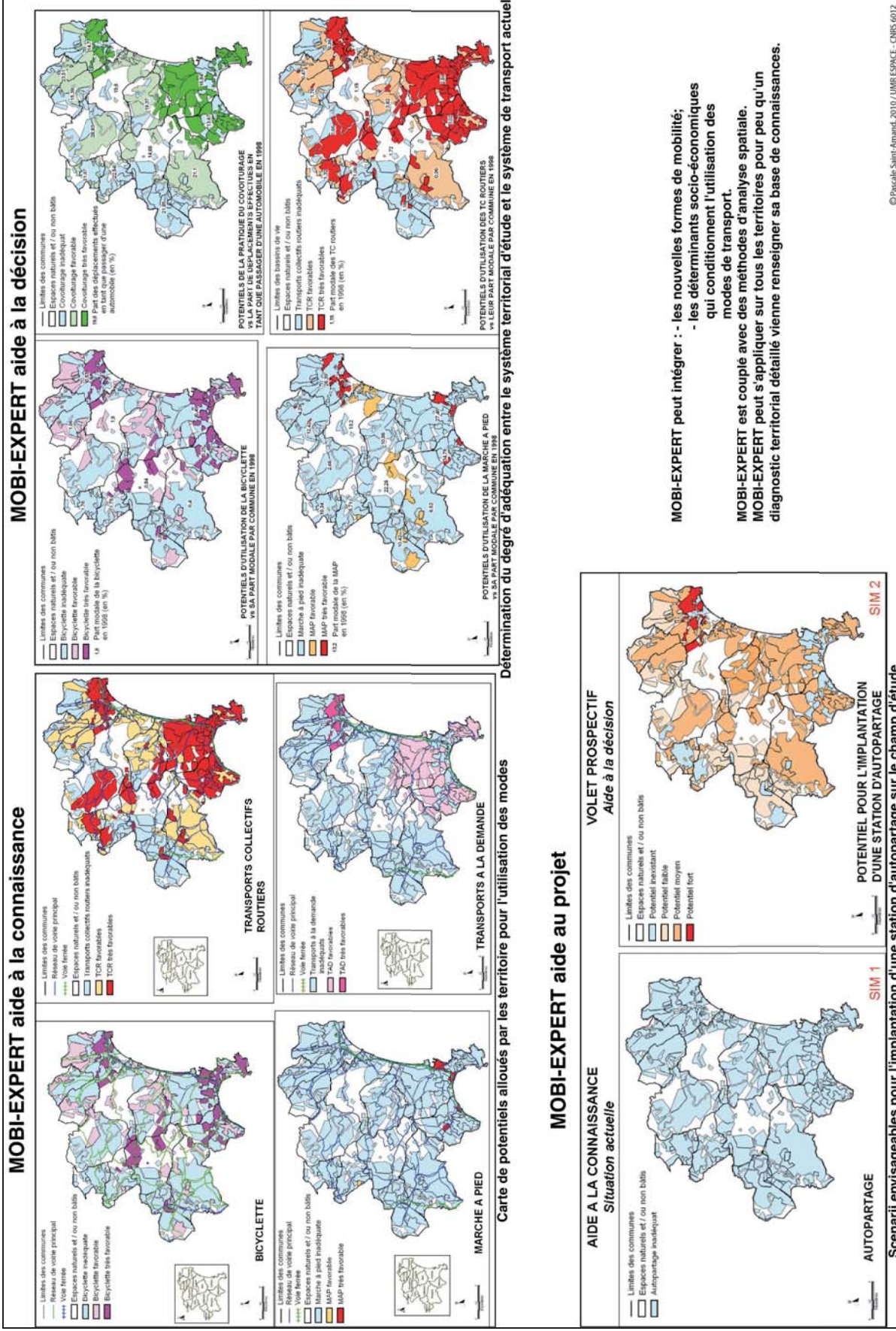


- de définir des lieux prioritaires pour l'implantation d'aménagements supplémentaires, là où le degré d'adéquation s'est avéré être le plus faible ;
- de rattacher « les possibles » au mode ferroviaire, véritable colonne vertébrale du réseau de transport littoral.

Il appartient aux gestionnaires d'élaborer des stratégies de communication à la lecture des potentiels territoriaux.

L'étroite collaboration entre scientifiques et gestionnaires du territoire a permis l'enrichissement permanent du modèle et des analyses. Les apports du regard des experts sont indéniables dans cette recherche, ce qui prouve combien il est important d'échanger les savoirs et les savoirs-faire, et de construire des projets de territoire communs.

Fiche de synthèse du chapitre 10 :





## CONCLUSION DE LA QUATRIÈME PARTIE

La formalisation des connaissances et du raisonnement, conduite au chapitre 8, montre à quel point rigueur et méthode sont de mise. Composé de 47 classes, 68 objets et 233 règles de connaissance, le modèle final se révèle très complexe et son bon fonctionnement a exigé du doigté. Dans ce cadre, l'étape de tests sur le prototype, décrite au cours du chapitre 9, bénéficie de la transparence des raisonnements conduits sous systèmes experts et s'avère fondamentale.

En outre, les possibilités de couplage offertes par de tels outils ouvrent des perspectives prometteuses. Pour peu que des ponts informatiques voient le jour, on peut imaginer que le système expert devienne un outil de l'analyse spatiale. Le SIG a, pour autant, parfaitement rempli son office dans cette recherche. Ainsi, le raisonnement est retourné à l'espace.

Sur les conseils des experts de la CASA, de nouvelles simulations ont été entreprises autour de deux modes : la marche à pied et les transports à la demande. Au-delà de l'importance d'une confrontation constante avec le regard des experts, le modèle montre sa capacité à produire plusieurs scénarii sur chaque mode de transport, avec la possibilité de détecter des potentiels territoriaux à hypothèses hautes et/ou basses.

Par ailleurs, l'aide à projet initiée au chapitre 10 qui portait sur la mise en place d'un TCSP, se solde par un constat intéressant. La variation d'un seul paramètre a pour effet de changer l'ensemble de la donne au niveau des verdicts énoncés par le système expert. D'une part, cela corrobore l'idée que les modes de transports entretiennent entre eux des relations de causes à effets (Cf. chapitre 1), d'autre part, cela montre aux décideurs qu'il n'y a pas de petites actions.

Enfin, l'intérêt d'établir d'étroites collaborations avec les acteurs de terrain est manifeste dans le cadre de la mise au point du système. Cela a permis :

- avec les décideurs et gestionnaires du territoire, de confronter des approches différentes, et de ce fait enrichir sans cesse le débat autour des analyses, voire les analyses elles-mêmes ;
- avec les usagers regroupés en associations, d'acquérir un regard pragmatique et réaliste du champ d'étude auprès de personnes qui demeurent les véritables experts de leur situation quotidienne.



## CONCLUSION GÉNÉRALE

Les enjeux actuels de réduction des nuisances engendrées par le « tout automobile » obligent à repenser l'organisation des systèmes de transport. Pour ce faire, des marges de manœuvre existent : « *Des corrections s'imposent pour donner au système de transport une efficacité non encore atteinte, toutes les potentialités qu'il détient actuellement, dans la diversité de ses composantes, ne sont pas exploitées* » (Chesnais, 1980). Cette efficacité non encore exploitée qu'évoque Michel Chesnais se recherche, selon nous, par la mise en relation des systèmes de transport avec les systèmes territoriaux au sein desquels ils s'inscrivent. C'est en adaptant le système de transport aux spécificités du territoire que l'efficacité des modes peut s'en trouver augmentée, et donc induire des partages modaux plus équitables en faveur des mobilités durables. **La durabilité de la mobilité peut être atteinte par la mise en adéquation des composantes d'un système territorial avec les éléments d'un système de transport.**

La vision du système de transport développée dans cette recherche répond aux préceptes du développement durable dans ses trois volets. Selon nous, un système de transport qui s'inscrit dans la durabilité urbaine doit concourir à limiter la congestion urbaine et les émissions de GES. Il doit, en outre, garantir aux populations une desserte spatiale équitable quel que soit le lieu de résidence ou la manière d'habiter, et assurer une réelle mission de service public auprès de chaque citoyen. Il doit enfin s'appuyer sur les infrastructures existantes, de manière à ne pas occasionner de nouvelles artificialisations des espaces, et se révéler financièrement soutenable pour la collectivité. Un **système de transport durable** intègre toutes les composantes des systèmes de transport tels qu'ils sont conçus communément, à la différence qu'**il doit se bâtir de concert avec tous les acteurs de terrain**. Par ailleurs, il s'inscrit au sein d'un système territorial et entretient avec ce dernier des interrelations complexes. Parmi elles, la relation qui unit la configuration spatiale du territoire et l'efficacité des modes de transport, a retenu particulièrement l'attention.

Si, comme Michel Chesnais l'affirme, l'efficacité des systèmes de transport se recherche dans les potentialités qu'ils détiennent, nous sommes convaincus que celles-ci sont contenues dans les interrelations entretenues avec le système territorial.

En agissant sur la performance d'un système de transport, les caractéristiques intrinsèques des territoires confèrent des potentialités à l'utilisation des modes de déplacement. Cette recherche s'est donc efforcée de détecter et de spatialiser ces potentiels territoriaux. Pour cela, des méthodes qui prennent en compte les aspects systémiques des relations entretenues par un système territorial et un système de transport ont été mises en œuvre.



## ***L'hypothèse de recherche et ses résultats***

### L'espace est acteur du fonctionnement territorial

Entrer dans la thématique des transports et des déplacements par une approche spatiale et territoriale est une posture née du constat selon lequel les liens qui unissent un système territorial et un système de transport influencent résolument les répartitions modales.

Les résultats d'analyses montrent que le territoire offre des potentiels à l'utilisation des modes, selon les déterminants qu'il contient. L'utilisation de chaque mode de transport a en effet été caractérisée sur l'ensemble du champ. L'espace s'est en fait révélé propice ou inapproprié aux mobilités motorisées ou douces, et aux mobilités collectives ou individuelles.

**Ces potentiels territoriaux s'organisent en aires centrées sur les différentes structures spatio-morphologiques du bâti**, car nous avons fait le constat que la manière d'habiter impactait fortement les manières de se déplacer, et donc les répartitions modales. Ce constat est bien à l'origine d'un des postulats majeurs de cette recherche.

Les aires de potentiels sont discontinues. Dans ce contexte, la prise en compte des déplacements de longues portées apparaît périlleuse. C'est une des raisons pour laquelle l'aire d'étude a été circonscrite sur ces 13 communes qui entretiennent des liens mesurés avec le reste du département des Alpes-Maritimes. Par ailleurs, le rattachement des potentiels territoriaux au mode ferroviaire contribue à contourner cet écueil. L'intermodalité est en effet un des leviers majeurs de la mobilité durable. « *Nombre d'autorités organisatrices ont fait des politiques intermodales un axe essentiel de leur stratégie* » (GART, 2010). Elles voient dans cette pratique une solution à la fois efficace et attractive pour répondre à la demande de mobilité des populations.

### Une zone d'étude complexe et singulière

Nichée au cœur de l'arc méditerranéen, la zone d'étude se révèle singulière à la fois dans son organisation et dans son fonctionnement. Contraints par une topographie prononcée, les agencements spatiaux confèrent au territoire cette organisation particulière. Le réseau viaire, calqué sur le relief, est caractérisé par de nombreuses lacunes. Par ailleurs la sinuosité et l'étroitesse de la voirie, notamment en zone rétro-littorale, induit des déplacements de grandes distances le plus souvent effectués en véhicule particulier.

Par ailleurs, ce champ d'étude, tout en contrastes, mêle les espaces urbains littoraux à forte concentration de population et les espaces périurbains où les logements individuels prévalent. En outre, il intègre un Parc d'activités de rang européen ce qui renforce la spécialisation du

territoire : les fonctions urbaines sont résolument dissociées à travers l'espace. **Ces spécificités font de ce territoire un espace à forts enjeux en termes de mobilité durable.** Les taux de mobilités motorisées et individuelles sont supérieurs à ceux que l'on observe au niveau départemental et national.

En dépit de ces contraintes, les potentiels territoriaux révélés par les simulations permettent d'envisager la mise en place d'un système de transport durable. Même s'il peut apparaître encore faible, le degré d'adéquation entre l'aire d'étude et le système de transport actuel révèle des marges de manœuvre confortables aux AOTU en charge de l'organisation des transports.

### *Une méthodologie à la fois exploratoire et opérationnelle*

La différenciation des espaces, à l'origine même des besoins de déplacements, est prise en compte grâce aux méthodes de l'analyse spatiale. En outre, ces méthodes ont permis de créer des données adaptées à la problématique de thèse. Des indices spatio-morphologiques du réseau viaire ont notamment été conçus pour parfaire les connaissances relatives au système de transport, mais dans le même temps pour permettre de dégager les potentiels du territoire à l'utilisation des mobilités douces. Le diagnostic territorial a d'ailleurs été bâti dans le souci d'appréhender au mieux les relations entre un territoire et un système de transport. De manière générale, l'ensemble du processus d'analyses a été conduit dans **une mise en relation constante des éléments relatifs aux deux systèmes.**

Le couplage des méthodes de l'analyse spatiale avec un outil de l'intelligence artificielle est apparu comme le plus adapté compte-tenu des objectifs de la thèse. La mesure de la réceptivité du territoire a pu être mise en œuvre grâce à l'analyse spatiale, l'aide à la connaissance et à la décision par l'intermédiaire du système expert.

### L'aide à la connaissance et à la décision

Dans le domaine de l'aide à la décision, les systèmes experts se révèlent efficaces puisque capables de raisonner et de produire une expertise complexe qui mêle des bases de connaissances bibliographiques et des « dires d'experts ». L'outil permet de traduire des discours, des ressentis, des expériences de terrain en règles de connaissances, puis en expertise complexe. Ces règles de connaissances, assises sur des seuils à la fois qualitatifs et quantitatifs, ont été puisées dans une recherche bibliographique rigoureuse, validées et complétées par les acteurs de terrain.

En délivrant des solutions de transport adaptées au territoire, le système expert a mesuré **le degré d'adéquation entre la zone d'étude et le système de transport tel qu'il apparaît**

**actuellement** ; mais dans le même temps, le modèle a porté à notre connaissance des distorsions importantes entre les potentiels alloués par les territoires à l'utilisation des modes et les parts modales observées. Ces résultats spatialisés, transmis aux gestionnaires, fournissent une information quant aux lieux sur lesquels l'attention doit être portée pour répondre aux attentes des usagers, tout en s'adaptant aux spécificités du territoire.

Lors des simulations sur les projets d'aménagement, notamment celles qui concernaient la mise en service d'un TCSP à destination du Parc sophipolitain, nous avons pu constater que la variation d'un seul élément, en l'occurrence la présence d'un site propre, avait pour effet de favoriser l'utilisation de plusieurs modes de transport. Cet état de fait ne révèle en rien la sensibilité du modèle, il témoigne au contraire des **relations systémiques** entretenues par les composantes du système de transport, et par là même, prouve que les actions tournées vers l'amélioration de l'offre en transports durables peuvent véritablement changer la donne pour l'ensemble du système. Cette considération confirme qu'une seule mesure prise indépendamment peut se révéler inutile, c'est-à-dire sans impact réel sur les répartitions modales. **L'enjeu réside véritablement dans la mise en place d'un faisceau de mesures, appliqué dans un contexte de concertations entre les différents types d'acteurs.**

Le partenariat engagé au cours de la thèse entre scientifiques et acteurs de terrain s'est révélé extrêmement positif, tant au point de vue conceptuel que méthodologique. La vision d'un système de transports durables tel que nous l'avons exposé exigeait cette étroite collaboration. En ce sens, la démarche d'analyses menée dans cette thèse peut être caractérisée de « méthodologie participative ». En effet, une confrontation constante de la méthode et des résultats avec la vision des décideurs et des gestionnaires a ponctué le cheminement de cette recherche.

#### Un outil approprié mais des imperfections sont à relever

Le système expert a raisonné sur les 12 unités spatiales détectées par les traitements d'images. Cependant les aires de potentiels territoriaux s'établissent à une échelle spatiale plus fine. Ce parti a été retenu en référence au postulat évoqué plus haut, mais il découle aussi d'une limite imposée par l'outil dans une problématique telle que la nôtre. Quelques règles de connaissance ont imposé une échelle spatiale d'analyse extrêmement fine. Parmi elles, la déclivité des pentes est un bon exemple. Il est établi qu'une forte pente peut se révéler rédhibitoire à l'utilisation de la bicyclette. Cette règle ne pouvait en aucun cas être évacuée du raisonnement. Cependant, à l'intérieur de chaque unité spatiale, la déclivité des pentes n'est pas constante : la posture adoptée a été de retenir une moyenne. Cette limite pose donc la question de l'échelle spatiale à laquelle appliquer un raisonnement sous système expert.

*Les perspectives méthodologiques et opérationnelles*

Le principal apport de cette recherche est sûrement d'ordre méthodologique, notamment dans le couplage des méthodes et outils. Le caractère a-spatial du système expert a été comblé par le SIG qui a replacé les résultats d'analyses dans un champ d'interactions spatiales et de dynamiques complexes. Lors de chaque simulation, MOBI-EXPERT a raisonné **sur un espace et en fonction des caractéristiques de cet espace**, cependant, il serait particulièrement intéressant d'implémenter directement une expertise dans un système d'informations géographiques.

Les solutions fournies par le système expert sont adaptées à la zone d'étude, et ne sont nullement transposables à d'autres territoires puisque l'expertise a été effectuée à partir des caractéristiques de la zone d'étude. Mais il est évident que la **démarche d'aide à la décision** construite dans cette recherche est reproductible, pour peu qu'un diagnostic territorial détaillé vienne enrichir le raisonnement appliqué sur la zone que l'on souhaite étudier.

Les perspectives opérationnelles sont nombreuses car le modèle construit peut répondre aux impératifs des AOT. Il intègre une multi-expertise qui peut être évolutive et enrichie par des bases de connaissance dans les domaines de l'économie et de la sociologie notamment. Il serait par exemple envisageable de déterminer des **potentiels d'utilisation des modes de transport selon le type de population** à même de se déplacer.



## BIBLIOGRAPHIE THÉMATIQUE

**Concepts fondamentaux de la géographie**

ASCHAN-LEYGONIE Ch., 2000, « Vers une analyse de la résilience des systèmes spatiaux », in *L'Espace Géographique*, n°1/2000, pp. 64-78.

AURIAC F., 1984, *Système économique et espace*, éd. Economica, Paris, pp. 196-200.

BACHELET B., 1998, *L'espace*, coll. Que sais-je ? n°3293, Presses Universitaires de France, 128 pages.

CHAPELON L., 1998-2000, « Réseaux, accessibilité, flux, graphe, connexité », in *GDR Libergéo, HyperGéo : encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la Géographie*.

CHARRE J., 1996, « L'humain et l'inhumain ; le naturel, le physique et le social. À la recherche de l'espace perdu », in *Géopoint 1996*, Groupe Dupont, Espace et nature dans la géographie d'aujourd'hui, 3 pages.

DI MÉO G., 1998, *Géographie sociale et territoires*, Paris, Nathan, 317 pages.

DUPONT (Groupe), 1984, *Systèmes et localisations*, Actes du Géopoint 84, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 295 pages.

ELISSALDE B., 2002, « Une géographie des territoires », in *L'information géographique*, 65,3, pp.193-205.

ELISSALDE B., 2004, « Spatialité », in *GDR Libergéo, HyperGéo : encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la Géographie*.

FOUCHIER V., 1998, « La densité humaine nette : un indicateur d'intensité urbaine », in PUMAIN D, MATTEI M.-F. (coord.), *Données Urbaines* vol. 2, Paris, éd. Anthropos, pp. 181-190.

LE BERRE M., 1992, « Territoires », in *Encyclopédie de Géographie*, éd Economica, Paris, pp. 601-622.

LE MOIGNE J.-L., 1999, *La modélisation des systèmes complexes*, éd. DUNOD, 178 pages.

MOINE A., 2006, « Le territoire comme un système complexe : un concept opératoire pour l'aménagement et la géographie », in *L'espace géographique* n°2/2006, pp. 115- 132.

MOINE A., 2008, *Le territoire : comment observer un système complexe*, éd. L'Harmattan, coll. Itinéraires géographiques, 176 pages.

PROVITOLO D., 2006, « La dynamique des systèmes selon J.W. Forrester », in *GDR Libergéo, HyperGéo : encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la Géographie*.

RAFFESTIN C., 1986, « Écogenèse territoriale et territorialité » in AURIAC F. et BRUNET R. (éd.), *Espaces, jeux et enjeux*, pp.173-185.

ROLAND-MAY C., 2000, *Evaluation des territoires : concepts, modèle, méthodes*, éd. Hermès, 381 pages.

SAINT-JULIEN T., 2004, « La théorie de la diffusion spatiale », in *GDR Libergéo, HyperGéo : encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la Géographie*.

VOIRON-CANICIO Ch., 2006, « L'espace dans la modélisation des interactions nature-société », Colloque International « *Interactions nature-société. Analyse et modèles* », organisé par le laboratoire LETG (Littoral, Environnement, Télédétection, Géomatique), La Baule 3-6 Mai 2006, 6 pages.

VOIRON-CANICIO Ch., CHÉRY J.-P., 2005, « Espace géographique, spatialisation et modélisation en Dynamiques des Systèmes », 6<sup>ème</sup> Congrès Européen de Science des Systèmes, Paris, 19-22 septembre 2005, 10 pages.



**La Méditerranée**

BETHEMONT J. (dir.), 2001, *Le monde méditerranéen, thèmes et problèmes géographiques*, éd. SEDES, coll. Dossiers des images économiques du monde, 320 pages.

BRAUDEL F. (dir.), 1985, *La Méditerranée, l'espace et l'histoire*, éd. Flammarion, coll. Champs, 223 pages.

CHASTAGNARET G., ILBERT R., « Quelle Méditerranée ? », in *Vingtième Siècle*, Revue d'histoire n°32, Octobre-Décembre 199, pp. 3-6.

DOLLFUS O., 1995, « Méditerranées, essai d'analyse géographique », in *L'Espace Géographique*, n°3/1995, pp. 193-199.

FLACHON A., 2001, *Compréhension du fonctionnement de l'anthroposystème des villes méditerranéennes, étude de la région Côte d'Azur*, Mémoire de Maîtrise, Université de Nice Sophia Antipolis, 153 pages.

LOZATO-GIOTART J.-P. (dir.), 2001, *La Méditerranée*, éd. SEDES, coll. CNED, 256 pages.

MORICONI-EBRARD F., DINARD F., 2000, « L'urbanisation du littoral méditerranéen », in *Mappemonde* n°57, Mars 2000, pp. 32-36.

PLAN BLEU, 2008, *Qualité de vie et compétitivité des villes : un défi pour les pouvoirs publics*, Séminaire régional sur les déplacements urbains en Méditerranée, 22 & 23 Janvier 2008, Skhirat – Maroc, 8 pages.

PLAN BLEU, 2009, « Transport et mobilité urbaine en Méditerranée », Numéro spécial de la *Lettre d'information du Plan Bleu* n°11 – Mars 2009, 5 pages.

SAINT-AMAND P., 2005, *Les modes de transport doux et système territorial de la Côte d'Azur*, Mémoire de Master 2<sup>ème</sup> Recherche « Structures et Dynamiques Spatiales », Université de Nice Sophia Antipolis, 107 pages.

TOURRET J.-C., PELLEAU A., 2004, *Le système métropolitain méditerranéen, vers la création d'une zone d'intégration mondiale en Méditerranée*, Institut de la Méditerranée, Programme Interreg III MEDOCC Pour la cohésion des territoires de l'Europe du Sud, octobre 2004, 284 pages.

VOIRON-CANICIO Ch., 1999, « Urbanisation et littoralisation sur les rives de la Méditerranée », in *Les Méditerranées dans le monde*, sous la direction de Olivier Sevin, éd. Artois Presses Université, coll. Géographie, pp. 127-136.

VOIRON-CANICIO Ch., 2003, « L'arc méditerranéen : dynamiques territoriales et rapprochements interrégionaux », in *Territoires 2020*, Revue scientifique de la DATAR consacrée aux territoires et à la prospective, n°3 Janvier 2003, pp. 17-22.

VOIRON-CANICIO Ch., OLIVIER F., 2000, « La rançon de l'attraction méditerranéenne : le retournement fonctionnel et spatial des villes littorales », Colloque International : L'avenir est-il sur les rivages ?, 2-6 Octobre 2000, Nice.

VOIRON-CANICIO Ch., OLIVIER F., 2001, « Paysages, utilisation du sol et conflits d'usage sur les rivages touristiques du sud de la France », in *Bolletino della società geografica italiana*, Roma, Série XII, vol. VI, pp. 431-466.

**Le champ d'étude**

Agence de Déplacements et d'Aménagement des Alpes-Maritimes (ADAAM06), 2007, *Schéma multimodal des transports et des déplacements des Alpes-Maritimes*, Diagnostic multimodal, Document provisoire, Juin 2007, 255 pages.

CASA, 2003, *Rapport d'activités 2002*, 58 pages.

CASA, 2004a, *Schéma de COhérence Territoriale*, Diagnostic et enjeux – concertation publique, 15 pages.

- CASA, 2004b, *Schéma de COhérence Territoriale, Projet d'Aménagement de Développement Durable (PADD)* – concertation publique, 23 pages.
- CASA, 2005, *Projet d'agglomération pour un développement raisonné et durable*, mai 2005, 39 pages.
- CASA, 2006a, *Charte pour l'environnement et le développement durable*, Diagnostic, mars 2006, 125 pages.
- CASA, 2006b, *Plan de Déplacements Urbains*, 1<sup>ère</sup> phase de concertation : diagnostic et enjeux, 19 pages.
- CASA, 2008a, *Plan de Déplacements Urbains*, Approuvé par le Conseil Communautaire le 5 Mai 2008, 180 pages.
- CASA, 2008b, *Schéma de COhérence Territoriale*, Approuvé par le Conseil Communautaire le 5 Mai 2008, 275 pages.
- Collectif en faveur des modes doux dans les Alpes-Maritimes, 2005, *Mobilités douces et intermodalité dans la CANCA, Propositions soumises à la Communauté d'Agglomération Nice Côte d'Azur pour faciliter l'accessibilité aux modes doux*, mars 2005, 32 pages.
- Communauté d'Agglomération Nice Côte d'Azur, 2008, *Plan de Déplacements urbains communautaire*, Projet approuvé par le Conseil Communautaire du 28 Janvier 2008, 195 pages.
- Communauté d'Agglomération Nice Côte d'Azur, 2004, *Projet d'agglomération de la CANCA* adopté par le Conseil Communautaire le 13 décembre 2004, 51 pages.
- Communauté d'Agglomération Pôle Azur Provence, 2003, *Projet d'agglomération pour un projet de vie*, Novembre 2003, 51 pages.
- DAGORNE A., 1995, « La Côte d'Azur, un mur de béton ? Alpes-Maritimes et Monaco », in *Recherches Régionales* n°3, 3<sup>ème</sup> trimestre 1995, pp 164-217.
- DECOUPIGNY F., VOIRON-CANICIO Ch., FUSCO G., SEVENET M., 2007, « Analyse de la pression urbaine exercée sur les Alpes-Maritimes – Diagnostic territorial sur les implications spatiales de ses futurs possibles et association aux travaux d'une prospective territoriale », 40 pages.
- GENDRE P., OSTYN G., 2004, *Information sur les déplacements multimodaux en Provence-Alpes-Côte d'Azur – État des lieux*, 21 pages.
- INSEE, 2005a, *Portrait de territoire : SCOT Nice Côte d'Azur*, 16 pages.
- INSEE, 2005b, *Portrait de territoire : SCOT Sophia Antipolis*, 17 pages.
- INSEE, 2009, *Portrait de territoire : les Alpes-Maritimes*, 38 pages.
- JOURDAN G., 2003, « Ville automobile et planification urbaine : le cas de la Côte d'Azur », in *Revue Montagnes Méditerranéennes*, n°18, pp.149-166.
- JOURDAN G., 2005, *Le processus de métropolisation et ses spécificités en PACA*, Texte-support de la Conférence Les défis du développement durable, CERAM, Sophia-Antipolis, 14 mars 2005, 21 pages.
- Préfecture des Alpes-Maritimes, 2003, *Directive Territoriale d'Aménagement des Alpes-Maritimes*, 2 Décembre 2003, 145 pages.
- SUD INSEE L'ESSENTIEL, 2002, *Marseille, Nice et Toulon : 530 000 piétons chaque jour*, n°50 mai 2002, 4 pages.
- SUD INSEE L'ESSENTIEL, 2007, *Plus de la moitié des salariés travaillent dans une commune distincte de celle où ils résident*, n°108 septembre 2007, 4 pages.

SUD INSEE CONJONCTURE, 2009, *Tourisme été 2009 : l'engouement pour le camping se confirme*, n°32 décembre 2009, 4 pages.

### **Les bases de données et enquêtes auprès de la population**

CERTU, CETE Nord-Picardie, 1998, *Exploitation « standard » de l'enquête ménages-déplacements de la Métropole Côte d'Azur 1997/1998*, Lille : CETE Nord-Picardie, 8 volumes, 1189 pages.

CETE Méditerranée, 1998, *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Métropole Côte d'Azur 1997 – 1998 – Guide de lecture de l'exploitation standard*, Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, 58 pages.

CETE Méditerranée, 1998, *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Métropole Côte d'Azur 1997 – 1998 – Rapport d'enquête*, Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, 84 pages.

CETE Méditerranée, 1999, *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Côte d'Azur 1998 – Analyse des résultats*, Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, 110 pages.

CETE Méditerranée, 1999, *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Métropole Côte d'Azur 1997 – 1998 – Exploitation des questions sur les pratiques et opinions*, Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, 58 pages.

CETE Méditerranée, INSEE PACA, 1997, *Enquête sur les déplacements auprès des ménages de la Métropole Côte d'Azur 1997 – 1998 – Découpage géographique des communes de l'aire d'enquête – Manuel de codification*, Aix-en-Provence : CETE Méditerranée, 303 pages.

CSA, 2008, *Le rapport des Français à l'automobile à la suite de la hausse du prix des carburants*, Sondage réalisé pour Le Parisien, Aujourd'hui en France, Automoto (TF1) en Octobre 2008, 39 pages.

ENERGIE-CITIES, 2004, *Base de données SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment)*, 170 expériences réussies et reproductibles.

GERONDEAU C., 1998, *Faits et chiffres 1997. Statistiques du transport en France*, Union Routière de France, Paris, 92 pages.

Institut Français de Environnement (IFEN), 2003, *Le vélo dans les villes françaises*, Les données de l'environnement – transports, n° 86 septembre 2003, 4 pages.

IFOP, 2005, *Les Français face à la hausse du carburant*, Sondage réalisé pour le Journal Ouest-France en Septembre 2005.

IFOP, 2009, *Impact des prix des carburants sur l'usage de la voiture*, Sondage réalisé pour l'Union Française des Industries Pétrolières, [www.ifop.com](http://www.ifop.com)

INSEE, 1999 et 2006, Recensement Général de la Population, [www.insee.fr](http://www.insee.fr)

INSEE, 1999, Fichier MIRABELLE, Comptages des déplacements (OD) de communes à communes dans les Alpes-Maritimes.

LAVOUX T., ROY A., 2002, *Les attentes des Français en matière d'environnement*, Lettre thématique mensuelle de l'IFEN, n°74 Mai-Juin 2002, 4 pages.

LH2, 2005, *Les Français face aux enjeux de la planète*, Résultats d'un sondage mené auprès de 1 001 les 15 et 16 Novembre 2005, 26 pages, [www.lh2.fr](http://www.lh2.fr)

LH2, 2006, *Les Français et le développement durable*, Résultats d'un sondage mené auprès de 1 006 personnes les 2 et 3 Juin 2006, 16 pages.

LH2, 2009, *Les Français et le développement durable*, Résultats d'un sondage mené auprès de 1 028 personnes les 27 et 28 Mars 2009, 11 pages.

NAIZOT F., GREGOIRE P., 2006, *Les ménages acteurs des émissions de gaz à effet de serre*, Lettre thématique mensuelle de l'IFEN, n°115 Novembre-Décembre 2006, 6 pages.

Projet Européen LIFE, 2004, *The SMILE Study Tour Catalogue, 14 champion cities in Europe*, 40 pages.

ROY A., 2003, *La sensibilité des Français à leur environnement de proximité*, Lettre thématique mensuelle de l'IFEN, n°85 Août 2003, 4 pages.

ROY A., 2006, *L'environnement, de plus en plus intégré dans les gestes et attitudes des Français*, Lettre thématique mensuelle de l'IFEN, n°109 Janvier-Février 2006, 4 pages.

TNS SOFRES, 2006, *L'usage de la voiture en agglomération et les types de mobilité en Europe*, Sondage réalisé pour le GIE Objectif transport public en Mai 2006, Communiqué de presse, 2 pages.

### **Les déterminants socio-spatiaux de l'utilisation des modes de transports**

AMPT L., ROSE G., 1994, "Non motorised transport: the forgotten modes?", in *Proceedings 17th Conference Gold Coast*, Queensland, Australian Road Research Board.

ARTHAUT R., 2005, *Le budget transports des ménages depuis 40 ans – La domination de l'automobile s'est accrue*, INSEE Première, n° 1039, Septembre 2005, 4 pages.

ASHLEY C.-A., BANISTER C., 1989, "Cycling to work from wards in a metropolitan area: 1. factors influencing cycling to work", *Traffic Engineering and Control*, June, pp. 297-302.

Atelier Parisien d'Urbanisme, 2006, *Les transports en commun en Île-de-France, une grande cause régionale*, Note de 4 pages n° 21, Janvier 2006, 4 pages.

AULTMAN-HALL L., ROORDA M., BAETZ B.-B., 1997a, "Using GIS for evaluation of neighbourhood pedestrian accessibility", *Journal of Urban Planning and Development*, 123, pp. 10-17.

AULTMAN-HALL L., HALL F.-L., BAETZ B.-B., 1997b, "Analysis of bicycle commuter routes using geographic information systems: implications for bicycle planning", *Transportation Research Record*, 1578, pp. 102-110.

BALTES M.-R., 1996, "Factors influencing non discretionary work trips by bicycle determined from 1990 US census metropolitan statistical area data", *Transportation Research Record*, n°1538, pp. 96-101.

BONANOMI L., 1990, *Le temps des rues : vers un nouvel aménagement de l'espace rue*, IREC, École polytechnique de Lausanne, Groupe conseil romand pour la modération de la circulation.

CARRÉ J.-R., FONTAINE H., GOURLET Y., MIGNOT C., DE FERRIÈRE M., 1997, *Partie 1 : la sécurité des piétons et des cyclistes. Partie 2 : la bicyclette-moyen de déplacement : approche historique*, Volume 2 du rapport final de la phase préparatoire de la recherche Eco-mobilité "Mobilité urbaine et déplacements non motorisés ; situation actuelle, évolutions, pratiques et choix modal", INRETS, Décembre, partie 1 p.28.

CARRÉ J.-R., JULIEN A., 2000, *Présentation d'une méthode d'analyse de séquences piétonnières au cours de déplacements quotidiens de citadins et mesure de l'exposition au risque des piétons*, rapport INRETS n°221, 109 pages.

CHARDONNEL S., DU MOUZA C., FAUVET M.-C., JOSSELIN D., RIGAUX P., 2004, *Patrons de mobilité : proposition de définition, de méthode de représentation et d'interrogation*, 1<sup>ère</sup> Soumission à Journées Cassini 2004, 13 pages.

CROZET Y., JOLY I., 2004, « Budget temps de transport : les sociétés tertiaires confrontées à la gestion paradoxale du « bien le plus rare » », *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n°45/2004, pp. 27-48.

DESYLLAS J., DUXBURY E., SMITH A., WARD J., 2003, *Pedestrian demand modelling of large cities : an applied example from London*, Centre for advanced spatial analysis, University College London, Working papers studies, Paper 62 – Jun 2003, 16 pages.

DUHAMEL Y., 2003, *Transports en commun urbains et automobile. Facteurs de dépendance à l'automobile et possibilités de changement modal*, PREDIT, 53 pages.

FLITTI M., PIOMBINI A., 2003, « Morphologie urbaine et mobilité pédestre, identification des configurations spatiales déterminant les caractères locaux des déplacements piétonniers », *Actes des 6<sup>èmes</sup> Rencontres de ThéoQuant* – Février 2003, 8 pages.

FOLTÊTE J.-C., 2007, « Quel rôle du réseau de voirie urbaine sur la distribution des flux piétonniers ? », in *Cahiers Scientifiques du Transport* n°52/2007, pp. 27-44.

FOLTÊTE J.-C., PIOMBINI A., 2007, “Urban layout, landscape features and pedestrian usage”, in *Landscape and Urban Planning* vol. 81, pp. 225-234.

FOLTÊTE J.-C., GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D., 2008, « Impacts des réseaux viaires sur les mobilités urbaines : quelques illustrations », in THÉRIAULT M. et DES ROSIERS F. (dir.), *Information géographique et dynamiques urbaines 1, analyse et simulation de la mobilité des personnes*, éd. Hermès Lavoisier, coll. Information géographique et Aménagement du territoire, pp. 139- 165.

FRENAY P., 1997, « De l'importance des facteurs psycho-sociaux dans le choix modal », in *Recherche, Transports, Sécurité* n°55, pp. 47-66.

GENRE-GRANDPIERRE C., 2001b, *Laisser leur chance aux modes non mécanisés par l'aménagement des réseaux routiers*, 5<sup>ème</sup> Rencontres de Théo Quant. Février 2001, 12 pages.

GENRE-GRANDPIERRE C., 2005, *Qualité de l'offre et usage du transport public en milieu urbain*, SAGEO 2005, 18 pages.

GENRE-GRANDPIERRE C., FOLTÊTE J.-C., 2003, « Morphologie urbaine et mobilité en marche à pied », in *Cybergeog : European Journal of Geography*, Articles sélectionnés par Cybergeog, document 248, mis en ligne le 07 octobre 2003. URL : <http://cybergeog.revues.org/index3925.html>

GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D., *La dépendance à la vitesse automobile au quotidien: peut-on se payer le luxe d'aller moins vite?*, 15 pages.

GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D., 2005, *Grouping moving people in order to provide an efficiency and thrifty public transportation supply*, proceedings if the international conference Agile 2005, May 2- 28, Estoril, Portugal, pp. 653-658.

GENRE-GRANDPIERRE C., JOSSELIN D., 2008, « Dépendance à l'automobile, tension dans les mobilités et stratégie des ménages », in *Cybergeog : European Journal of Geography*, Dossiers, Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2006, document 419, mis en ligne le 23 avril 2008. URL : <http://cybergeog.revues.org/index17762.html>

GUTIÉRREZ J., MONZÓN A., PINERO J.-M., 1998, “Accessibility, network efficiency and transport infrastructure planning”, in *Environment and planning A* 30, pp. 1337-1350.

HENNI B., 2005, *The millenium cities database for sustainable transport : identification des facteurs favorables au développement des transports publics*, Mémoire de Master Professionnel 2<sup>ème</sup> année « Transports urbains et régionaux de personnes », Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université de Lumière Lyon II, 73 pages.

HÉRAN F., 1999, *Évaluation des effets des coupures urbaines sur les déplacements des piétons et des cyclistes*, Ifresi-Cnrs, dans le cadre du PREDIT 2 GO 1, 8 pages.

HÉRAN F., 2001, « La réduction de la dépendance automobile », in *Les Cahiers Lillois d'Économie et de Sociologie* n°37, pp. 61-86.

HESS P.-M., VERNEZ-MOUDON A., SNYDER M.-C., STANILOV K., 1999, “Site design and pedestrian travel”, in *Transportation Research Records*, n°1674, pp. 9-19.



- HINE J., 1996, "Pedestrian travel experiences : Assessing the impact of traffic on behaviour and perceptions of safety using an in-depth interview technique", in *Journal of Transport Geography*, Volume 4, Issue 3, September 1996, pp 179-199.
- HIVERT L., MADRE J.-L., PAPON F., RIZET C., 2005, *Hausse des prix du pétrole, quels impacts sur les comportements ?*, Dossier Axes, n°11, INRETS, 8 pages.
- HOOGENDOORN S., HOOGENDOORN-LANSER S., 2001, *Public transport trip-chain time attribute analysis and its applications*, 80e Annual congress TRB, Washington.
- HOUOT H., 2004, « Les déplacements pédestres à Besançon », in *Images de Franche-Comté* n°30 – Décembre 2004, pp 14-17.
- INSEE PREMIÈRE, 2009, *La croissance périurbaine depuis 45 ans, extension et densification*, n°1240 juin 2009, 4 pages.
- JOLY I., 2004, *Décomposition de l'hypothèse de constance des BTT*, Colloque Mobilités et temporalités, Bruxelles 25 – 27 mars 2004, 23 pages.
- JOLY I., MASSON S., PETIOT R., 2003, *La part modale des transports en commun dans les villes du monde, une analyse de la base UITP sur les systèmes de transports urbains de 100 villes du monde*, Rapport des travaux effectués dans le cadre de l'atelier technique du Commissariat général du Plan sur les transports urbains présidé par Alain Bonnafous, Laboratoire d'Économie des Transports UMR 5593 CNRS, ENTPE Université Lumière Lyon II, 79 pages.
- JOLY Y., MASSON S., PETIOT R., 2006, « Les déterminants de la demande en transports collectifs urbains : comparaison internationale et analyse économétrique », in *Les Cahiers Scientifiques du Transport* n°50/2006, pp. 91-120.
- JONES, P., 1990, "Activity analysis: state-of-the-art and future directions", in *Developments in dynamic and activity-based approaches to travel analysis*, Aldershot : Gower, pp. 34-55.
- KAUFMANN V., 1999, *Mobilité urbaine et déplacements non motorisés : situation actuelle, évolution, pratiques et choix modal*, extrait d'une recherche exploratoire de l'INRETS, commandée par la Mission Transports de la DRAST, 64 pages.
- KAUFMANN V., 2000, *Mobilité quotidienne et dynamiques urbaines, la question du report modal*, éd. Presses polytechniques et universitaires romandes, coll. Science, Technique, Société, 252 pages.
- KRIZEK K.-J., FORSYTH A., BAUM L., 2009, *Walking and cycling international literature review, Final Report*, Victoria Department of Transport, 104 pages.
- MADRE J.-L., MAFFRE J., 1997, « La mobilité des résidents français : panorama général et évolution », in *Recherche Transports Sécurité* n°56, pp. 9-26.
- MARSHALL S., 2007, « Un réseau viaire favorable aux transports collectifs », in *Flux* n°66 / 67, pp. 96-110.
- MIGNOT C., 2001, *Mobilité urbaine et déplacements non motorisés*, PREDIT 1996-2000, La documentation française, Paris.
- NANKERVIS M., 1999, "The effect of weather and climate on bicycle commuting", in *Transportation Research*, Part A 33A(6), pp. 417-431.
- NIEL X., 1998a, *Automobiliste, cycliste, piéton ou le gêneur gêné*, INSEE Première, n°590, Juin 1998, 4 pages.
- NIEL X., 1998b, *Pourquoi se passer de sa voiture ?*, INSEE Première, n°607, Septembre 1998, 4 pages.
- NOËL N., 2003, *Formes urbaines, aménagements routiers et usages de la bicyclette*, Thèse de Doctorat en Aménagement, Université de Laval, Canada, 141 pages.



OWENS, P., 1993, "Neighborhood form and pedestrian life: taking a closer look", in *Landscape and urban planning* 26, pp. 115-135.

PEIGNE H., POUTCHY-TIXIER J.-C., 2005, *Une voirie pour tous, sécurité et cohabitation sur la voie publique au-delà des conflits d'usage*, Conseil National des Transports, Restitution des travaux du groupe « Partage de la voirie », Tome 2, 213 pages.

PIOMBINI A., 2006, *Modélisation des choix d'itinéraires pédestres en milieu urbain, approche géographique et paysagère*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Franche-Comté, 300 pages.

PLASSARD F., 1997, « Les effets des infrastructures de transport. Modèles et paradigmes », in BURMEISTER A. et JOIGNAUX G. (dir.) *Infrastructures de transport et territoires, approches de quelques grands projets*, pp 39-54.

PREDIT, 2000, *La part des boucles de déplacements dans l'accompagnement des enfants ; le potentiel de report vers les modes non motorisés*, fiche synthétique, 7 pages.

PRONOVOST J.-F., JOLICOEUR M., COUTURE, D., 1997, *L'état du vélo au Québec en 1995-1996*, Vélo Québec.

PUSHKAREV B.-S., ZUPAN J.-M., 1975, *Urban space for pedestrian*, MIT Press, Cambridge MA, US Department of Transportation, 1993, *The environmental benefits of bicycling and walking*, National bicycling and walking studies, case 15, 92 pages.

PUSHKAREV B.-S., ZUPAN J.-M., 1976, *Urban densities for public transportation*, Urban Mass Transportation Administration, Washington DC, p. 318.

ROCCI A., 2007, *De l'automobilité à la multimodalité? Analyse sociologique des freins et leviers au changement de comportements vers une réduction de l'usage de la voiture. Le cas de la région parisienne et perspective internationale*, Thèse de Doctorat de Sociologie, Université René Descartes – Paris V Panthéon Sorbonne, 542 pages.

VERNEZ-MOUDON A., HESS P., SNYDER M.-C., STANILOV K., 1997, *Effects of site design on pedestrian travel in mixed-use, medium density environments*, Report for the Washington State Transportation Center, Federal Highway Administration, 149 pages.

VLEUGELS I., VERBRUGGEN H., 2005, *Déterminants des choix modaux dans les chaînes de déplacements*, Plan d'appui scientifique à une politique de développement durable (PADD II), Politique Scientifique Fédérale de Belgique, Partie 1 : Modes de production et de consommation durables, 15 pages.

### **Les interactions territoire – transports**

AMAR G., 1993, « Pour une écologie urbaine des transport », in *Les annales de la recherche urbaine*, n°59-60, pp. 140-151.

AGUILÉRA A., MIGNOT D., 2002, « Formes urbaines et mobilité », *Actes du XXXVIII ème Colloque de l'ASRDLF*, Trois-Rivières - 21-23 Août 2002, 24 pages.

AGUILÉRA A., MIGNOT D., 2003, « Étalement urbain et mobilité », in *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, n°5 / 2003, pp. 815-834.

ALLAIRE J., 2006, « Choisir son mode de ville, Formes urbaines et transports dans les villes émergentes », in *Cahiers de global chance*, n°21 – Mai 2006, 9 pages.

ANDERSON, W.-P., KANAROGLOU P.-S., MILLER E.-J., 1996, "Urban Form, Energy and the Environment: A Review of Issues, Evidence and Policy", in *Urban Studies*, Vol. 33 n°1, 1996, pp. 7-35.

ASCHER F., 1995, *Métapolis ou l'avenir des villes*, éd. Odile Jacob, 345 pages.

ASCHER F., 2008, *Les nouveaux principes de l'urbanisme*, éd. L'Aube, coll. L'Aube poche essai, 109 pages.

- BACQUÉ M.-H., FOL S., 2007, « L'inégalité face à la mobilité : du constat à l'injonction », in *Revue Suisse de Sociologie*, Vol. 33-1, pp. 89-104.
- BAPTISTE H., 1999, *Interactions entre le système de transport et les systèmes de ville, perspective historique pour une modélisation dynamique spatialisée*, Thèse de Doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Université François Rabelais de Tours, Centre d'Études Supérieures d'Aménagement, 423 pages.
- BASSE R.-M., 2004, *Impacts d'une Ligne à Grande Vitesse dans la région Provence Alpes Côte d'Azur*, Mémoire de Maîtrise, Université de Nice Sophia Antipolis, 94 pages.
- CERTU, 2000a, *La forme des villes : caractériser l'étalement urbain et réfléchir à de nouvelles modalités d'actions*, Séminaire de prospective urbaine, 180 pages.
- CETUR, 1993, *Mobilité quotidienne et structure spatiale de la ville : Toulouse et Bordeaux*, Ministère de l'Équipement, des Transports et du Tourisme, 79 pages.
- DUPUY G., 1987, « Les réseaux techniques sont-ils des réseaux territoriaux ? », in *L'espace géographique* n°3/1987, pp. 175-184.
- DUPUY G., 1991, *L'urbanisme des réseaux, théories et méthodes*, éd. Armand Colin, coll. U Géographie, 198 pages.
- DUPUY G., 1995, *Les territoires de l'automobile*, éd. Anthropos, coll. Villes, 215 pages.
- DUPUY G., 1999, *La dépendance automobile. Symptômes, analyses, diagnostic, traitements*, éd. Anthropos, 160 pages.
- DUPUY G., 2000, « « Cities and automobile dependence » revisité : les contrariétés de la densité » in *Revue d'Économie Régionale et Urbaine* n°1/2000, pp. 141-156.
- EWING R., 1997, "Is Los Angeles-style sprawl desirable?", *Journal of American Planning Association*, v . 63 n°1, pp. 107-126.
- FOUCHIER V., 1999, *Maîtriser l'étalement urbain : une première évaluation des politiques menées dans quatre pays (Angleterre, Norvège, Pays-Bas, Hong-Kong)*, 2001 Plus-Veille internationale, n°49, Centre de prospective et de veille scientifique, DRAST, Ministère de l'Équipement des Transports et du Logement, 58 pages.
- FOUCHIER V., 2000, in *La forme des villes : caractériser l'étalement urbain et réfléchir à de nouvelles modalités d'actions*, Séminaire de prospective urbaine, 180 pages.
- FUSCO G., 2002, "Conceptual modelling of the interaction between transportation, land use and the environment as a tool for selecting sustainability indicators of urban mobility", in *Cybergeo : European Journal of Geography*, Dossiers, 12th European Colloquium on Quantitative and Theoretical Geography. St-Valery-en-Caux, France, September 7-11, 2001. St-Valery-en-Caux, France, September 7-11, 2001, document 210, mis en ligne le 21 mars 2002. URL : <http://cybergeo.revues.org/index1590.html>
- GENRE-GRANDPIERRE C., 2007, « Des « réseaux lents » contre la dépendance automobile ? Concept et implications en milieu urbain », in *L'Espace Géographique* n°1/2007, pp 27-39.
- HANDY, S.-L., 1996, "Understanding the link between urban form and non work travel behaviour", in *Journal of Planning Education and Research*\_15, pp.183-198.
- JOIGNAUX G., 1997, « L'approche des relations entre infrastructures et territoires : retours sur la théorie et les méthodes », in BURMEISTER A. et JOIGNAUX G. (dir.), *Infrastructures de transport et territoires, approches de quelques grands projets*, pp 17-38.
- KAUFMANN V., JEMELIN C., 2003, « Articulation entre urbanisme et transports : quelles marges de manœuvre ? », in *Revue internationale des sciences sociales* 2003/2, n°176, p. 329-340.

- KENWORTHY J.-R., LAUBE F.-B., 1999, *An international sourcebook of automobile dependence in cities 1960-1990*, University Press of Colorado, 704 pages.
- LÉVY J., 2000, in *La forme des villes : caractériser l'étalement urbain et réfléchir à de nouvelles modalités d'actions*, Séminaire de prospective urbaine, 180 pages.
- MASSON S., 1998, « Interaction entre système de transport et système de localisation : de l'héritage des modèles traditionnels à l'apport des modèles interactifs de transport et d'occupation des sols », in *Les Cahiers Scientifiques du Transport* n°33/1998, pp. 79-108.
- NEWMAN P., KENWORTHY J.-R., 1989, *Cities and automobile Dependence. An international source book*, Gower Technical, Sidney.
- NEWMAN P., KENWORTHY J.-R., 1992, *Cities and automobile dependence: an international source book*, Avebury Technical, Sydney.
- NEWMAN P., KENWORTHY J.-R., 1996, « Formes de la ville et transports: vers un nouvel urbanisme », in *Cahiers de l'IAURIF*, n°114-115, pp. 98-109.
- PLASSARD F., 2003, *Transport et territoire*, PREDIT, La Documentation française, 104 pages.
- PREDIT, 1999, « Formes urbaines du futur et mobilité non-motorisée, La mobilité autogène : marche, bicyclette, roller... a-t-elle encore une place dans les villes du XXIe siècle ? », in *Actes du séminaire du 17 Décembre 1999 à Paris*, 75 pages.
- PRIEMUS H., NIJKAMP P., BANISTER D., 2001, "Mobility and spatial dynamics: an uneasy relationship", in *Journal of Transport Geography*, vol. 9, pp. 167-171.
- RABINO G.-A., 2005, *Processi decisionali e territorio nella simulazione multi-agente*, ed. Esculapio, 210 pages.
- RABINO G.-A., OCCELLI S., 1999, "Strutture territoriali e sistemi di mobilità : un modello operativo innovativo", in *Urbanistica e Mobilità*, ed. par C. Beguinot, Naples : Università degli Studi Federico II, Di.Pi.S.T.-CNR, p. 443-458.
- RIBI R., 2005, « Territoire et mobilité : vers une impasse ? », in *Revue Tracés* n°13, 6 juillet 2005, pp. 9-11.
- SCHAEFFER K.-H., SCLAR E., 1975, *Access for all: transportation and urban growth*, Penguin Books, 210 pages.
- VANCO F., 2008, « Formes urbaines et coûts de la mobilité urbaine des ménages », *XLVe Colloque de l'ASRDLF* à Rimouski, Québec, Canada, Août 2008, 15 pages.
- VICKERMAN R., 1997, « The emperor without clothes : regional impacts of the channel tunnel and associated infrastructure in Kent », in BURMEISTER A. et JOIGNAUX G. (dir.) *Infrastructures de transport et territoires, approches de quelques grands projets*, pp 57-81.
- WIEL M., 1996, *La mobilité dessine la ville*, Urbanisme, n°289, pp. 80-85.
- WIEL M., 1999, *La transition urbaine ou le passage de la ville pédestre à la ville motorisée*, éd. Pierre Margada, Liège, coll. Recherches et Architecture, 149 pages.
- WIEL M., 2002, *Ville et automobile*, éd. Descartes & Cie, coll. Les urbanités, 140 pages.
- WIEL M., 2005, *Questions de mobilité...la mobilité en question*, Institut de Géoarchitecture de Brest, 104 p.
- WIEL M., 2006, *Ville et mobilité, un couple infernal ?*, éd. de l'Aube, coll. Intervention, 90 pages.
- ZAHAVI Y., 1974, *Travel time budget and mobility in urban areas*, Federal Highway Administration, United States Department of Transportation, Washington DC.

**Les nouvelles formes de mobilité**

ADEME, 2000, *Inventons de nouveaux chemins vers l'école !, Plans de déplacements vers l'école et écomobilité scolaire*, en partenariat avec La prévention routière, septembre 2002, 12 pages.

ADEME, 2005, *Journée d'information sur les Plans de Déplacements d'Entreprise* co-organisée par l'ADEME, la CCI Marseille-Provence et la RTM dans le cadre de la Semaine Européenne de la mobilité – 16/22 septembre 2005, 8 pages.

ADEME, 2005, *Plan de déplacements entreprise, un nouveau défi pour l'entreprise*, Connaître pour agir, juin 2005, 10 pages.

BANOS A., IZEMBARO A., JOSSELIN D., 2002, *Les services de Transport à la Demande dans leur marché et leur cadre institutionnel : étude de faisabilité d'un repositionnement socio-économique de ces marchés*, Rapport PREDIT III, 67 pages.

CERTU, 2000b, Complémentarités, *Le vélo, un enjeu pour la ville*, fiche n° 9 Décembre 2000, 8 pages.

CORDIER B., 2009, *L'autopartage dans la sphère privée*, Rapport d'étude réalisé pour l'ADEME et le MEEDDM dans le cadre du PREDIT, 170 pages.

DELCROIX J., 1998, *Prospective de développement des parcs de stationnement pour les visiteurs du centre-ville - Etude de l'effet de porte*, Rapport d'étude de SARECO pour le CERTU, 67 pages.

DERYCKE P.-H., 2000, « Mobilité, congestion, péage : réflexions sur les politiques de réduction de l'encombrement urbain », in *Revue d'Économie Régionale et Urbaine*, n°1/2001, pp. 157-168.

FUMEY G., VARLET J., ZEMBRI P. (dir.), 2009, *Mobilités contemporaines. Approches géoculturelles des transports*, éd. Ellipses, 285 pages.

GARAIX T., JOSSELIN D., FEILLET D., ARTIGUES C., CASTEX E., 2005, *Transport à la demande points à points en zone peu dense. Proposition de méthode d'optimisation de tournées*, proceedings of the International Conference on Spatial Analysis and GEOMatics, SAGEO 2005, Avignon, 20-23 juin 2005, 12 pages.

GART, 2005, *Les Plans de Déplacements Urbains, Bilan et perspectives*, coll. Mobilité durable, 45 pages.

JOSSELIN D., DEKOKÈRE A., 2002, *Les services de Transport à la Demande dans leur marché et leur cadre institutionnel, Étude de faisabilité d'un repositionnement socioéconomique de ces marchés*, Synthèse pour le Programme national de recherche et d'innovation dans les transports terrestres « Nouveaux Services aux Usagers », 10 pages.

JOSSELIN D., GENRE-GRANDPIERRE C., HOUZET S., 2005, *Des transports à la demande pour répondre aux nouvelles formes de mobilité. Le concept de Modulobus, Mobilités et temporalités*, éd. Montulet B. et al., Facultés Universitaires Saint-Louis, Bruxelles, pp. 151-164.

LAMBERT B., 2003, *Cyclopolis, ville nouvelle*, Article paru dans le journal Libération le 25 septembre 2003.

LANQUAR L., 2003, *La lettre transports n° 2 : Évaluation environnementale des PDE*, septembre 2003, ADEME, 4 pages.

MAIZA M., DUBEDAT É., 2008, « Analyse quantitative d'un service de vélos en libre-service : un système de transport à part entière », in *Flux* n°71, 1/2008, pp. 73-77.

MASSOT M.-H., 2002, *Intermodalité et multimodalité dans le champ des transports urbains*, Formation intégrée au Master SIT, ENPC, 17 pages.

Méto, 2005, Édition de Nice, *Le pousse-pousse électrique arrive à Nice*, 15 Juin 2005.

Nice-Matin, 2005, Édition de Nice, *Un bus...sur un simple coup de fil*, 10 Novembre 2005.

PREDIT, *La ville à l'heure du roller*, Études & Conseil, synthèse de l'étude, 5 pages.

PREDIT 2000, *Pôle tramway et points réseau : esquisse d'une méthode*, Recherches et Synthèses du Groupe thématique Gestion des déplacements urbains, PREDIT 1996 – 2000, 4 pages.

PREDIT, 2000, *La modélisation des déplacements intermodaux*, Article de synthèse, 6 pages.

PREDIT - Recherche et Synthèses, 2003, *Les interfaces dans les pôles d'échanges, pierre de touche pour le choix des transports en commun*, fiche n° 3 Novembre 2003, 4 p.

PREDIT - Recherche et Synthèses, 2004, *Déplacements motorisés – Marche et vélo : de nouvelles perspectives ?*, fiche n° 13 Août 2004, 4 pages.

RIBI R., *Limitation de la voiture en ville : quelles marges de manœuvre ?*, Club Mobilité, Journées-débat n° 5, Lyon 9 Mars 2001, 18 pages.

STEFFEN J., SCHMIDER J.-B., 2007, *Rhin-autopartage, viabilité de l'autopartage dans les villes moyennes alsaciennes*, Rapport d'étude PREDIT, 204 pages.

Syndicat Mixte pour l'élaboration et le suivi du Schéma Directeur de la région grenobloise, 2005, *Pour un « chrono-aménagement » du territoire, vers des autoroutes apaisées*, Les dossiers Déplacements, 114 pages.

VON DER MÜHLL D., 2004, « Mobilité douce: nostalgie passéiste ou perspective d'avenir? », in VODOZ L. et al., *Les territoires de la mobilité. L'aire du temps*. Lausanne: PPUR, Lausanne, pp.209-224.

### **Mesures et formes des réseaux**

BEGUIN H., THOMAS I., 1997, « Morphologie du réseau de communication et localisations optimales d'activités. Quelle mesure pour exprimer la forme d'un réseau ? », in *Cybergeo : European Journal of Geography*, document 26, mis en ligne le 09 avril 1997. URL : <http://www.cybergeo.eu/index2189.html>

FINKE G. (dir.), 2002, *Recherche opérationnelle et réseaux, Méthodes d'analyse spatiale*, Traité IGAT, éd. Hermès Lavoisier, 271 pages.

GENRE-GRANDPIERRE C., 2000, *Forme et fonctionnement des réseaux de transport : approche fractale et réflexions sur l'aménagement des villes*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Besançon, 377 pages.

GENRE-GRANDPIERRE C., 2001a, « La structure topologique et fonctionnelle des réseaux routiers urbains comme déterminants de la géographie des flux de déplacements », *Actes du colloque Géopoint 2000*, Avignon, pp- 61-67.

GLEYZE J.-F., 2007, Effets spatiaux et effets réseau dans l'évaluation d'indicateurs sur les nœuds d'un réseau d'infrastructures, in *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, document 370, mis en ligne le 15 avril 2007. URL : <http://cybergeo.revues.org/index5532.html>

L'HOSTIS A., 1996, « Transports et aménagement du territoire : cartographie par images de synthèse d'une métrique réseau », in *Mappemonde* n°3, pp. 37-43.

MATHIS P. (dir.), 2003, *Graphes et réseaux, modélisation multiniveau*, Traité IGAT, éd. Hermès Lavoisier, 361 pages.

### **Méthodes, outils et modèles**

BAILLY É., 1996, « Position de recherche sur une méthode de détermination d'un contour urbain », in *Cybergeo : European Journal of Geography*, Systèmes, Modélisation, Géostatistiques, article 10, mis en ligne le 14 juin 1996, modifié le 11 septembre 2007. URL : <http://www.cybergeo.eu/index2235.html>.



- BANOS A., THÉVENIN T., 2008, « Création de champs de potentiel et simulation d'itinéraires à partir de l'enquête manages-déplacements », in THÉRIAULT M., DES ROSIERS F.(dir.), *Information géographique et dynamiques urbaines 1, analyse et simulation de la mobilité des personnes*, éd. Hermès Lavoisier, coll. Information géographique et Aménagement du territoire, pp. 119-138.
- BEUCHER S., 1985, *Micromorph, un logiciel d'apprentissage de la morphologie mathématique*, Centre de Morphologie Mathématique, École des Mines de Paris, 5 pages.
- BEUCHER S., 1990, *Segmentation d'images et morphologie mathématique*, Thèse de Doctorat en Morphologie Mathématique, École Nationale Supérieure des Mines de Paris, 302 pages.
- BUISSON L., CHARLIER C., 1991, « L'aide à l'expertise en avalanches : le système ELSA », in *Revue de Géographie Alpine*, n°79 / 2, pp. 19-38.
- CANALDA P., CHATONNAY P., JOSSELIN D., 2003, *Énumération d'arbres couvrants tentaculaires une solution au problème de transport à la demande en convergence*, IEEE Proceedings of SETIT 2004 Conference.
- CASANOVA L., 2007, *Modéliser les dynamiques pour identifier les règles de l'évolution spatiale : l'exemple du Lubéron*, 2<sup>ème</sup> Rencontre Doctorants du Réseau Thématique Pluridisciplinaire Modélisation et Dynamiques Spatiales, Avignon 19-20 Décembre 2007, 8 pages.
- CASTEX É., 2007, *Le Transport À la Demande (TAD) en France : de l'état des lieux à l'anticipation. Modélisation des caractéristiques fonctionnelles des TAD pour développer les modes flexibles de demain*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université d'Avignon et des Pays de Vaucluse, 480 pages.
- CERTU – ADEME, 2004, *SCoT et Déplacements, problématiques et méthodes*, , coédition CERTU / ADEME, coll. Interface Urbanisme Déplacements 336 pages.
- CETE Normandie-Centre, 2001, *Densité de population et morphologie du bâti, des perspectives pour l'estimation des populations ?*, Rapport d'étude du CERTU, 54 pages.
- CETE Normandie-Centre, 2005, *Méthodes d'estimations de population, comparaisons et seuils de validité*, Rapport d'étude du CERTU, 86 pages.
- CHAPELON L., 1996, « Modélisation multi-échelles des réseaux de transport : vers une plus grande précision de l'accessibilité », in *Mappemonde*, n° 3, pp. 28-36.
- CHAPELON L., 1997, *Offre de transport et aménagement du territoire, évaluation spatio-temporelle des projets de modification de l'offre par modélisation multi-échelles des systèmes de transport*, Thèse de Doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Université François Rabelais – Tours, 541 pages.
- CHAPELON L., 2003, « Évaluation des chaînes intermodales de transport : l'agrégation des mesures dans l'espace et dans le temps », *Colloque international Technological innovation for land transportation*, Lille 2-4 Décembre 2003.
- CHAPELON L. (dir.), JOUVAUD B., RAMORA S., 2005, *Conception de services régionaux de transport public et optimisation de l'offre*, Paris : PREDIT Groupe Opérationnel n° 2, Ministère de l'Équipement, Direction des transports terrestres, 213 pages.
- CHÉRY J.-P., 1998, *Modélisation d'un système spatial en zone frontalière franco-suisse, adéquation de la dynamique de système aux problèmes de la différenciation spatiale*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université Joseph Fournier Grenoble I, 315 pages.
- CHEVRIER R., 2007, *L'algorithmique génétique pour le transport à la demande en convergence simple : du concept à l'application*, 2<sup>ème</sup> Rencontre Doctorants du Réseau Thématique Pluridisciplinaire Modélisation et Dynamiques Spatiales, Avignon 19-20 Décembre 2007, 8 pages.
- CONESA A., 2010, *Modélisation des réseaux de transports collectifs métropolitains pour une structuration des territoires par les réseaux. Applications aux régions Nord-Pas-de-Calais et Provence-Alpes-Côte d'Azur*, Thèse de Doctorat en Géographie et Aménagement, Université Lille Nord de France, 494 pages.



- DAVOINE P.-A., 1994, *Contribution à l'étude d'un système d'aide à la valorisation des ressources touristiques*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 283 pages.
- DECOUPIGNY F., 2000, *Accès et diffusion des visiteurs sur les espaces naturels. Modélisation et simulations prospectives*, Thèse de Doctorat en Aménagement de l'espace et Urbanisme, Université François Rabelais – Tours, 400 pages.
- DELAHAYE J.-P., 1987, *Systèmes experts : organisation et programmation des bases de connaissance en calcul proportionnel*, éd. Eyrolles, Paris, 237 pages.
- DE RUFFRAY S., 2004, « Qu'est-ce qu'un système-expert ? », in *GDR Libergéo, HyperGéo : encyclopédie électronique consacrée à l'épistémologie de la Géographie*.
- DRAST, 2001, *Modèle générique de simulation pour l'étude prospective à 20 ans de la mobilité urbaine en France – MOBISIM*, avril 2001, 42 pages.
- DUBUS N., 1994, *Développement d'un système expert dans le processus de planification des ressources en eau au Burkina Faso*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 379 pages.
- DUBUS N., GUIGO M., LEBARD L., 1997, « Mise au point d'outils d'aide à la décision dans un Environnement de Résolution de Problèmes : la gestion des déchets ménagers », in *Revue de Géographie Alpine* n°2/1997, pp. 89-101.
- FRANKHAUSER P., GENRE-GRANPIERRE C., 1998, « La géométrie fractale – un nouvel outil pour évaluer le rôle de la morphologie des réseaux de transport public dans l'organisation spatiale des agglomérations », in *Les Cahiers Scientifiques du Transport*, n°33/1998, pp. 41-78.
- FUSCO G., 2003, *Un modèle systémique d'indicateurs pour la durabilité de la mobilité urbaine : les cas de Nice et Gênes dans une comparaison internationale*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Nice Sophia-Antipolis/Politecnico di Milano, 728 pages.
- GUARNIERI F., 1995, *Modèles de systèmes et systèmes de modèles dans les systèmes à base de connaissances. Application à la prévention des incendies de forêts*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 219 pages.
- GUÉROIS M., 2003, *Les formes des villes européennes vues du ciel, une contribution de l'image CORINE à la comparaison morphologique des grandes villes d'Europe occidentale*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Paris I Panthéon-Sorbonne, 310 pages.
- GUIGO M., DAVOINE P.-A., DUBUS N., GUARNIERI F., RICHARD B., BAILLY B., 1995, *Gestion de l'environnement et systèmes experts*, éd. Masson, coll. Géographie, 181 pages.
- KARCHOUD A., 1989, *Systèmes experts, technique et pratique*, éd. Sybex, coll. Performances, 564 pages.
- LAVOIE B., 2006, *Apprentissage bayésien*, Synthèse de lectures, Séminaire sur l'apprentissage automatique, Programme de Doctorat en Informatique Cognitive, Université du Québec à Montréal, 11 avril 2006.
- LEGEARD B., 2000, *Prévention des inondations torrentielles méditerranéennes, approche multi-agents pour l'aide à la gestion spatialisée de crise*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier Grenoble I, 159 pages.
- LICHÈRE V., 1999, *La modélisation des déplacements intermodaux*, PREDIT Rapport final, 85 pages.
- LORIOT P., 2008, *Détermination d'un MOS et calcul d'une tâche urbaine à partir de la BD TOPO® de l'IGN*, Étude expérimentale du CETE Sud-Ouest pour le CERTU, 70 pages.
- LOUBIER J.-C., 2004, *Perception et simulation des effets du changement climatique sur l'économie du ski et la biodiversité (Savoie et Haute-Savoie)*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université Joseph Fourier – Grenoble I, 298 pages.

- MAIGNANT G., 2002, *Pollution et développement durable des villes françaises, études de cas : Nice, Marseille, Lyon et Paris*, Thèse de Doctorat en Géographie, Université de Nice Sophia Antipolis, 3 volumes, 460 pages + atlas.
- MATHERON G., SERRA J., 1998, *The birth of mathematical morphology*, École des Mines de Paris, Centre de Morphologie Mathématique, 16 pages.
- NAÏM P., WUILLEMIN P.-H., LERAY P., POURRET O., BECKER A., 2004, *Réseaux bayésiens*, éd. Eyrolles, coll. Algorithmes, 224 pages.
- POMEROL J.-C., 1988, *Les systèmes experts*, éd. Hermès, coll. Technologies de pointe, 63 pages.
- PREDIT, 1999, *La modélisation dans les transports terrestres*, Rapport du groupe de travail, 69 pages.
- PREDIT - Recherches et Synthèses, 2004, *La modélisation des trafics, un outil au service de la planification et de la prospective*, fiche n° 10 Juin 2004, 4 pages.
- PREDIT, 2005, *MOBISIM III : un outil d'analyse et d'évaluation des politiques urbaines de transport et d'aménagement*, Recherches et Synthèses numéro spécial, 4 pages.
- RAUX C., 2003, *Un modèle de la dynamique du système de déplacements urbains*, Journées DRAST – PREDIT du 23 Octobre 2003, « Systèmes, dynamiques des systèmes et choix publics » 20 pages.
- RICH E., 1987, *Intelligence artificielle*, éd. Masson, coll. Manuels informatiques, 439 pages.
- ROY B., 1985, *Méthodologie multicritère d'aide à la décision*, éd. Economica, Paris, 423 pages.
- SAINT-AMAND P., 2007, *L'utilité de l'analyse spatio-morphologique dans la mise en place d'un système de transport durable*, Actes de la Rencontre Doctorants du Réseau Thématique Pluridisciplinaire « Modélisation et Dynamiques Spatiales », 18-19 Décembre 2007, Avignon, 5 pages, URL : [http://isa.univ-tours.fr/modys/download/rd07\\_saint-amand.pdf](http://isa.univ-tours.fr/modys/download/rd07_saint-amand.pdf)
- SAINT-AMAND P., 2008, *L'analyse spatiale par analyse d'images : pour un diagnostic de l'offre en transports collectifs*, 1<sup>er</sup> Colloque de l'Association 2AT – ADEME (Thésards et Anciens Thésards de l'ADEME), Journées des Doctorants de l'ADEME 5-6 Février 2008 à Paris, URL : [http://www.2at-ademe.org/IMG/6\\_Presentation\\_P\\_SAINTE-AMAND.pdf](http://www.2at-ademe.org/IMG/6_Presentation_P_SAINTE-AMAND.pdf)
- TANNIER C., VUIDEL G., FRANKHAUSER P., 2008, « Délimitation d'ensembles morphologiques par une approche multi-échelle », in FOLTÊTE J.-C. (dir.), *Actes des 8<sup>ème</sup> Rencontres Théo Quant*, Besançon 10-12 Janvier 2007, 14 pages.
- TERRIER C., 1998, *MIRABELLE*, in Le GLÉAU J.-P. (coord.), 1998, *Les zonages : enjeux et méthodes*, INSEE Méthodes n°83, Décembre 1998.
- THEVENIN T., 2002, *Quand l'information géographique se met au service des transports publics : une approche spatio-temporelle appliquée à l'agglomération bisontine*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Franche-Comté, 260 pages.
- VOIRON-CANICIO Ch., 1992, *Espace, structures et dynamiques régionales : l'arc méditerranéen*, Thèse de Doctorat d'État de Géographie à label Européen, Université de Nice Sophia-Antipolis, 549 pages.
- VOIRON-CANICIO Ch., 1995(a), *Analyse spatiale et analyse d'images*, éd. Reclus, coll. Espaces Modes d'Emploi, 109 pages.
- VOIRON-CANICIO Ch., 1995(b), « Morphologie d'un semis de villes européennes », in *Mappemonde* n°4/1995, 5 pages.
- VOIRON-CANICIO Ch., 2007, « Modélisation spatio-morphologique de l'urbanisation du littoral languedocien », 15 pages, <http://hal.archivesouvertes.fr/docs/00/13/09/91/PDF/VoironC-2007-01.pdf>.

VOIRON-CANICIO Ch., 2008, *A spatio-morphological modelling for spread predicting*, pp. 210-220, Lectures Notes in Computer Science, LNCS series 5072, Springer-Verlag, 1266 pages, [http://134.59.38.8/public\\_html/umr/spip/IMG/pdf/Perugia50720210.pdf](http://134.59.38.8/public_html/umr/spip/IMG/pdf/Perugia50720210.pdf).

VOIRON-CANICIO Ch., 2009, "Predicting the Urban Spread Using Spatio-Morphological Models", in *Geocomputation and urban planning*, Editors Beniamino Murgante, Giuseppe Borroso, Alessandra Lapucci, Springer, Studies in Computational Intelligence 176, 282 pages.

VOIRON-CANICIO Ch., DUTOZIA J., BASSE R.-M., DUBUS N., MAIGNANT G., SAINT-AMAND P., SEVENET M., 2010, *L'imbrication spatiale dans l'analyse des territoires : formalisation, modélisation et simulation*, in *Revue Économique Régionale et Urbaine* n°4 /2010, pp. 707-728.

WYBO J.-L., GUARNIÉRI F., RICHARD B., 1995, *Forest fire danger assessment methods and decision support*, Safety science, 10 pages.

### **Ouvrages généraux et dictionnaires**

BAILLY A. (dir.), 2004, *Les concepts de la géographie humaine*, 5<sup>ème</sup> édition, éd. Armand Colin, coll. U, 247 pages.

BAVOUX J.-J. (dir.), 1998, *Introduction à l'analyse spatiale*, éd. Armand Colin, coll. Synthèse n°62, 95 pages.

BAVOUX J.-J., BEAUCIRE F., CHAPELON L., ZEMBRI P., 2005, *Géographie des transports*, éd. Armand Colin, coll. U, 231 pages.

BRUNET R. (dir.), 1990, *Géographie Universelle « Mondes nouveaux »*, éd. Hachette / Reclus, 550 pages.

FERRAS R., PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 1990, *Géographie Universelle*, Tome France, Europe du Sud, sous la direction de BRUNET R., éd. Hachette-Reclus, 479 pages.

BRUNET R., 2001, *Le déchiffrement du monde, Théorie et pratique de l'aménagement*, éd. Belin, coll. Mappemonde, 401 pages.

BRUNET R., FERRAS R., THÉRY H., 2001, *Les mots de la géographie, dictionnaire critique*, éd. RECLUS – La Documentation Française, coll. Dynamiques du territoire, 518 pages.

BRUNET R., SALLOIS J. (dir.), 1986, *France, les dynamiques du territoire*, éd. DATAR / RECLUS, 250 pages.

CARRÈRE G., 1997, *Le transport en France*, coll. Que sais-je ? n°3246, Presses Universitaires de France, 127 pages.

CHARRE J., 1995, *Statistiques et Territoires*, éd. GIP Reclus, coll. Espaces modes d'emploi, 119 pages.

CHESNAIS M., 1980, *Transports et espace français*, éd. Masson, coll. Géographie, 212 pages.

DENÈGRE J., SALGÉ F., 2004, *Les Systèmes d'Information Géographique*, coll. Que sais-je ? n°3122, Presses Universitaires France, 127 pages.

DERRUAU M., 1969, *Les formes du relief terrestre, notions de géomorphologie*, éd. Masson, coll. Initiation aux études de géographie, Paris, 119 pages.

DURAND D., 1994, *La systémique*, coll. Que sais-je ? Presses Universitaires de France, n°1795, 126 pages.

HAGGETT P., 1973, *L'analyse spatiale en géographie humaine*, éd. Armand Colin, coll. U, 390 pages.

LÉVY J., LUSSAULT M., 2003, *Dictionnaire de la Géographie et de l'Espace des Sociétés*, éd. Belin, Paris, 1025 pages.

MERLIN P., 1992, *Géographie des transports*, coll. Que sais-je ? n°1427, Presses Universitaires de France, 127 pages.

MÉRENNE É., 1995, *Géographie des transports*, éd. Nathan Université, coll. Géographie d'aujourd'hui, 192 pages.

PUMAIN D., MATTEI M.-F. (coord.), 2003, *Données urbaines 4*, éd. Anthropos, coll. Villes, 433 pages.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 2001, *Interactions spatiales, flux et changements dans l'espace géographique*, éd. Armand Colin, coll. Cursus, 191 pages.

PUMAIN D., SAINT-JULIEN T., 2004, *L'analyse spatiale. Localisations dans l'espace*, éd. Armand Colin, coll. Cursus, 167 pages.

RITTER J., 1971, *Géographie des transports*, coll. Que sais-je ? n°1427, Presses Universitaires de France, 122 pages.

ROCHE S., CARON C. (dir.), 2004, *Aspects organisationnels des SIG*, Lavoisier, éd. Hermès, coll. Information Géographique et Aménagement du Territoire, 313 pages.

SAINT-JULIEN T., 1985, *La diffusion spatiale des innovations*, coll. Reclus modes d'emploi, GIP RECLUS, 40 pages.

SANDERS L. (dir.), 2001, *Modèles en analyse spatiale*, éd. Lavoisier Hermès, coll. Information géographique et aménagement du territoire, 333 pages.

WOLKOWITSCH M., 1992, *Géographie des transports*, éd. Armand Colin, coll. Cursus, 191 pages.

YATCHINOVSKY A., 2005, *L'approche systémique. Pour gérer l'incertitude et la complexité*, ESF Editeur, Collection Formation Permanente, 168 pages.

### **Transports, mobilité et développement durables**

ALLAIRE J., 2004, « Mobilité et effet de serre : l'évolution des villes au Nord et les perspectives au Sud », in *Cahier de recherche LEPII Série EPE n° 37*, 23 pages.

CLUZET A., 2007, *Ville libérale, ville durable ? Répondre à l'urgence environnementale*, éd. De l'Aube – Essai, coll. Monde en cours, 189 pages.

GACOGNE V., 2005, *Pour une analyse prospective des émissions de gaz à effet de serre des véhicules routiers de marchandises*, 6<sup>ème</sup> Congrès Européen de Science des Systèmes, Paris, 19-22 septembre 2005, pages.

GORDON P., RICHARDSON H.-W., "Are compact cities a desirable planning goal?", in *Journal of American Planning Association*, v. 63 n°1, pp. 95-105.

GORHAM R., 1998, *Land use planning and Sustainable Urban Travel*, Article de fond pour le séminaire ECMC / OCDE – Utilisation du sol pour les transports urbains durables, Linz, Autriche, 22-24 Septembre 1998.

GOUTHIERE L., 2003, *La lettre transports n° 1 : Bus propres en région Centre*, mai 2003, ADEME, 4 pages.

GRENIER A., 2006, *Mobilités, territoires et développement durable. La recherche en question*, texte support de la Conférence-débat du GIR-MARALPIN, Université de Nice, 5 Décembre 2006, 11 pages.

GUDMUNDSSON H., 2003, « Donner du sens aux concepts. La mobilité durable et les systèmes d'indicateurs dans le domaine de la politique des transports », in *Revue internationale des sciences sociales*, n°176, p. 221-242.

LABEYRIE J., 2001, « Le transport, composant du développement durable des sociétés », in *Revue Passages / ADAPes* – numéro double déc. 2001/Janv. 2002.

LE GAL Y., 2000, *Un système de déplacement équilibré, condition nécessaire pour un développement durable des agglomérations françaises*, Ouvrage du GART Avril 2000, Bonnes pratiques pour des villes à vivre : à pied, à vélo...

NEWMAN P., KENWORTHY J.-R., 1999, *Sustainability and cities: overcoming automobile dependence*, Island Press, Washington.

NICOLAS J.-P., POCHEP P., POIMBOEUF H., 2001, *Indicateurs de mobilité durable, application à l'agglomération de Lyon*, Recherche du LET (Laboratoire d'Économie des Transports) en collaboration avec l'APDD (Association pour les Pratiques de Développement Durable), 130 pages.

OCDE, 1997, *Vers des transports durables*, Conférence de Vancouver organisée par l'OCDE, Points saillants de la conférence et aperçu des enjeux, 24-27 Mars 1996, 206 pages.

OFFNER J.-M., POURCHEZ C., 2007, « La ville durable, perspectives françaises et européennes », in *Revue Problèmes politiques et sociaux*, La Documentation française, n°933, février 2007, 120 pages.

STAMBOULI J., 2007, « Les territoires du tramway moderne : de la ligne à la ville durable », in *Revue Développement Durable et Territoire*, Dossier 4 La ville et l'enjeu du développement durable, <http://developpementdurable.revues.org/index3579.html>

The Center for sustainable transportation, 2002, *Définition et vision du transport durable*, 5 pages.

Union des Transports Publics (UTP), 2004, *Dossier thématique développement durable et transport*, Dossier d'information sur le développement durable – mars 2004, 22 pages.

VANOETEREN C., DE BRUYN T., 2004, *Utilisation et développement d'indicateurs de mobilité durable*, Plateforme « Indicateurs pour un développement durable : entre recherche et politique, Institut Bruxellois pour la Gestion de l'Environnement, 42 pages.

VERRY D., NICOLAS J.-P., 2005, *Indicateurs de mobilité durable : de l'état de l'art à la définition des indicateurs dans le projet SIMBAD*, Rapport intermédiaire n°2 du projet SIMBAD (SIMuler les MoBilités pour une Agglomération Durable, Juillet 2005, 98 pages.

VEYRET Y. (dir.), 2005, *Le développement durable: approches plurielles*, éd. Hatier, coll. Initial, 287 pages.

VINOT S., COUSSY P., 2008, *Le point sur...les émissions de gaz à effet de serre des transports*, Panorama 2009 de l'IFP-Lyon, 7 pages.

VOIRON-CANICIO Ch., 2004, « Pour une approche systémique du développement durable », Dossier n° 4 – La ville et l'enjeu du développement durable, in *Revue électronique Développement Durable & Territoires*, [www.revue-ddt.org](http://www.revue-ddt.org)

VOIRON-CANICIO Ch., SAINT-AMAND P., 2009, « Appropriation et apprentissage du développement durable : les relations entre le *modus operandi* des collectivités locales et l'adhésion des populations », in VILLALBA B. (dir.), *Appropriations du développement durable, Emergences, diffusion, traductions*, éd. Presses Universitaires du Septentrion, coll. Espaces politiques, pp. 213-230.

### **Et pour aller plus loin...**

BASSAND M., 1997, *Métropolisation et inégalités sociales*, Presses polytechniques et universitaires romandes, Lausanne, 245 pages.

BEAUCHARD J. (dir.), 1996, *La ville-pays, vers une alternative à la métropolisation*, éd. De L'aube / IAAT, 125 pages.

BEAUCIRE F., CHALONGE L., 2004, *La transition urbaine en France, étude des implications de la transition urbaine sur la recomposition des territoires à l'échelle nationale*, Document de travail réalisé au sein du Laboratoire Mobilités, Réseaux, Territoires, Environnement (MRTE), Université de Cergy-Pontoise, 28 pages.



- CERTU, 2001, *L'analyse des systèmes d'acteurs* – Diagnostics de territoire et systèmes d'acteurs, Cahier n° 1, 104 pages.
- CERTU, 2002, *Concept « Ville accessible à tous »*, octobre 2002, 16 pages.
- DEBIZET G., 2004, *Déplacements urbains de personnes : de la planification des transports à la gestion durable de la mobilité. Mutations d'une expertise*, Thèse de Doctorat en Géographie et Aménagement, Université de Paris I – Panthéon Sorbonne, 426 pages.
- DE RUFFRAY S., 2006, « L'avenir de la géographie est-il imprécis et incertain ? », in *Actes du Colloque Géopoint 2006 Demain la géographie*, Avignon, pp. 275-279.
- DUMOLARD P., 2008, « Incertitudes en aide à la décision territoriale », in *Actes du Colloque Géopoint 2008 Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales*, Avignon, pp. 135-138.
- FACCHINETTI-MANNONE V., BAVOUX J.-J., 2008, « Le problème de l'optimisation simultanée de la vitesse et de la desserte, le choix de localisation des gares TGV », in *Actes du Colloque Géopoint 2008 Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales*, Avignon, pp. 65-70.
- LECOURT A., 2003, *Les conflits d'aménagement : analyse théorique et pratique à partir du cas breton*, Thèse de Doctorat de Géographie, Université de Rennes 2 – Haute Bretagne, 363 pages.
- LE GOIX R., 2006, « Les *gated communities* aux Etats-Unis et en France : une innovation dans le développement périurbain ? », in *Hérodote* n°122, La Découverte, 3<sup>ème</sup> trimestre 2006, 31 pages.
- LEROY S., 2000, « Sémantiques de la métropolisation », in *L'Espace géographique*, n°1/2000, pp. 78-86.
- Loi n°82-1153 du 30 décembre 1982 : *Loi d'Orientation des Transports Intérieurs*, publiée au Journal Officiel le 31 décembre 1982, version consolidée au 27 août 2005.
- Loi n°96-1236 du 30 décembre 1996 sur *L'Air et l'Utilisation Rationnelle de l'Energie*, version consolidée du 14 Juin 2006.
- MAIGNANT G., 2008, « Regards croisés sur l'optimisation en mathématiques et en géographie », in *Actes du Colloque Géopoint 2008 Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales*, Avignon, pp. 91-95.
- MARTIN S., 2005, *La résilience dans les modèles de systèmes écologiques et sociaux*, Thèse de Doctorat en Mathématiques Appliquées, École Normale Supérieure de Cachan, 197 pages.
- PELLETIER J., DELFANTE Ch., 1994, *Villes et urbanisme dans le monde*, 2<sup>ème</sup> édition, éd. Masson, coll. Initiation aux études de géographie, 200 pages.
- PLOTTU B., 2005, « Comment concilier débat public et décision rationnelle ? Vers une méthode d'évaluation démocratique », in *Revue d'Économie Régionale et Urbaine* n°3/2005, 355-372 pp.
- Programme ESPON, 2006, 72 pages.
- SAINT-AMAND P., 2009, « Dans le cadre d'une recherche appliquée : terrain de l'acteur local et terrain du géographe, parle-t-on le même langage ? », Communication orale au Forum Méthodologique de l'UMR ESPACE *Terrain et analyse spatiale*, Aix-en-Provence, 18 Septembre 2009.
- TERRIER C., SYLVANDER M., KHIATI A., 2005, *En haute saison touristique, la population présente double dans certains départements*, INSEE Première n° 1050, Novembre 2005, 4 pages.
- THOMAS I., 2008, « Optimisation de l'espace géographique ? », Conférence introductive in *Actes du Colloque Géopoint 2008 Optimisation de l'espace géographique et satisfactions sociétales*, Avignon, pp. 13-16.



**Les abonnements aux newsletters :**

- Groupe Chronos<sup>1</sup> [www.groupechronos.org](http://www.groupechronos.org)
- Novethic<sup>2</sup> [www.novethic.fr](http://www.novethic.fr)
- GART (Groupement des Autorités Responsables des Transports) [www.gart.org](http://www.gart.org)
- Départements et régions cyclables [www.departements-cyclables.org](http://www.departements-cyclables.org)

---

<sup>1</sup> Le Groupe Chronos est un cabinet d'études sociologiques et de conseil en innovation qui observe, interroge et analyse l'évolution et les enjeux des mobilités.

<sup>2</sup> Média expert du développement durable.

---

## LISTE DES ANNEXES

### PARTIE I

**Annexe 1 :** Les facteurs influençant le choix modal des voyageurs et la part modale des transports

**Annexe 2 :** Tableaux construits à partir des initiatives décrites dans la base de données SMILE (Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment)

### PARTIE II

**Annexe 3 :** La nomenclature des classes « bâti » de la BD Topo®

**Annexe 4 :** Extraits des nomenclatures existantes relatives aux espaces bâtis

### PARTIE III

**Annexe 5 :** Tableau des connexités

**Annexe 6 :** Résultat du calcul conduisant à l'indice de vascularisation pour les 12 bassins de vie

**Annexe 7 :** Les déterminants de l'utilisation des modes de transports et des pratiques de mobilité durable avec références bibliographiques.

### PARTIE IV

**Annexe 8 :** Raisonnement tenu pour la pratique de l'autopartage

**Annexe 9 :** Règles de production primaires, intermédiaires et complexes

**Annexe 10 :** Réponses injectées dans le modèle lors des simulations

**Annexe 11 :** Résultats bruts en sortie du logiciel Smart Elements pour la classe de bâti 1 du BV n°2

**Annexe 12 :** Résultats bruts consignés sous Excel pour les 55 sous-systèmes territoriaux

**Annexe 13 :** Réponses pour les nouvelles simulations engagées sur les TAD, la marche à pied et le bus pédestre

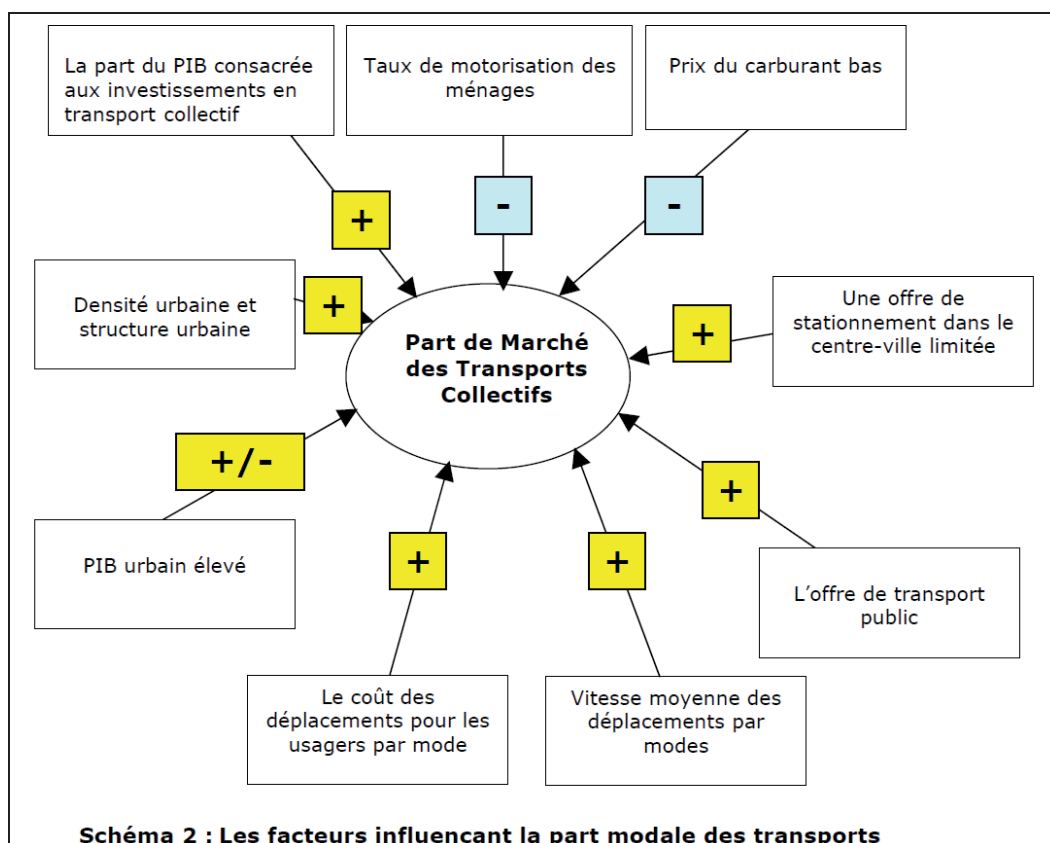
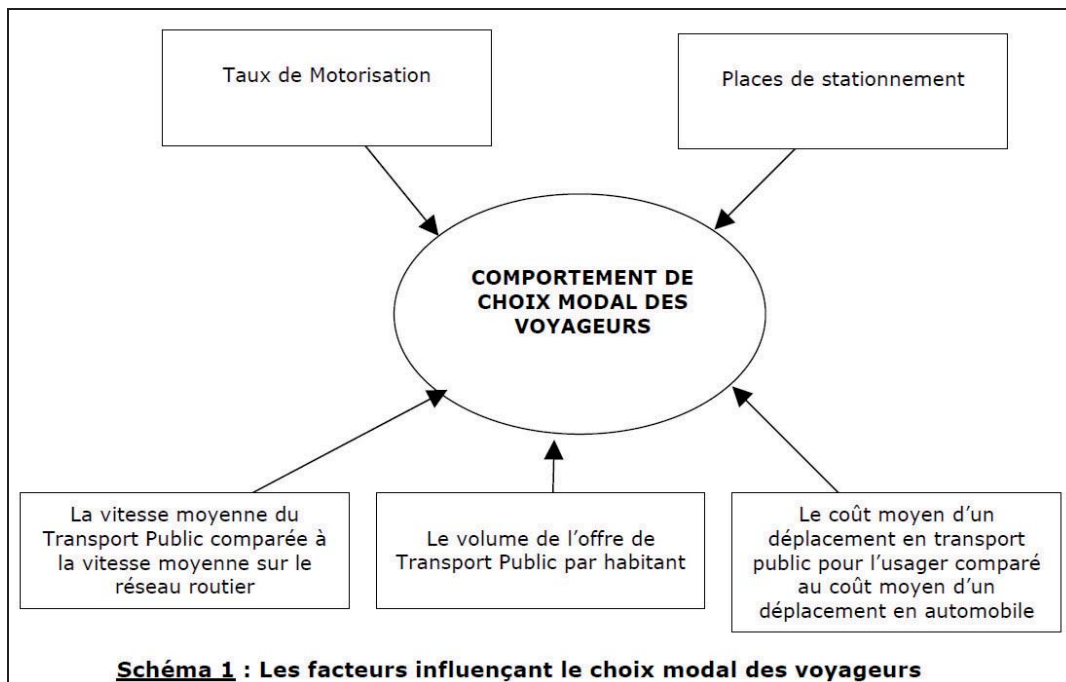
**Annexe 14 :** Présentation du projet « Autos Bleues » de NCA

**Annexe 15 :** Extraits du PDU de la CASA

**Annexe 16 :** Définition du BHNS



## ANNEXE 1 :



HENNI B., 2005, *The millenium cities database for sustainable transport : identification des facteurs favorables au développement des transports publics*, Mémoire de Master Professionnel 2<sup>ème</sup> année « Transports urbains et régionaux de personnes », Faculté des Sciences Économiques et de Gestion, Université de Lumière Lyon II, 73 pages.



**ANNEXE 2 :**

Tableaux construits à partir des initiatives décrites dans la base de données SMILE (*Sustainable Mobility Initiatives for Local Environment*)<sup>1</sup> :

---

<sup>1</sup> Les initiatives surlignées en jaune ont été mises en œuvre sur des territoires nord-méditerranéens.



Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Allemagne	Berlin	1	Mise en place d'un service d'autopartage	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative
	Brême	1	Mise en place d'un service d'autopartage	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative
	Erlangen	1	Vélo	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Fribourg im Breisgau	2	Création de zones 30 en centre-ville	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
			Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive
	Heidelberg	2	Dimanche sans voiture	Ponctuelle	Centre-ville	non	non	Incitative et répressive
			Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Nuremberg	3	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive
			Livraison / fret	Permanente	Commune	non	non	Incitative et répressive
			Communication	Ponctuelle	Commune	non	non	Incitative
Autriche	Graz	3	Création de zones 30 en centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive
			Amélioration de la qualité de l'air	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Vienne	2	Stationnement automobile	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative et répressive
			Bus au gaz naturel	Permanente	Commune	non	non	
	Vorarlberg	2	PDE	Permanente	Région	oui	oui	Incitative

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Belgique	Bruxelles	1	PDE	Permanente	1 entreprise	non	non	Incitative
	Gand	1	Stationnement automobile	Permanente	Commune	oui	oui	Coercitive
	Province du Limbourg	1	PDE	Permanente	Province	non	non	Incitative
Danemark	Aalborg	1	Transport de marchandises en centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	non	Coercitive
	Copenhague	3	Vélo	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative
			Plan pour le rapprochement entre zones résidentielles et zones d'activités	Permanente	Agglomération	oui	oui	Incitative
Espagne	Odense	1	Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Vélo	Ponctuelle	Commune	non	non	Incitative
	Andalousie	1	PDE	Permanente	Parc d'activités	non	non	Incitative et répressive
	Barcelone	2	Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Partage de la voirie	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Gijon	2	Vélo	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
Tarification TC			Permanente	Commune	non	non	Incitative	
Saragosse	1	PMR	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
Finlande	Helsinki	3	Stationnement automobile	Permanente	Centre-ville	oui	oui	Coercitive
			Vélo	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
Kuopio	1	Plan global pour les transports urbains	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative	

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
France	Chambéry	1	Création de zones 30 en centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive
	Dijon	1	Stationnement automobile souterrain	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Grenoble	3	Stationnement automobile	Permanente	Commune	non	non	Incitative et répressive
				Permanente	Commune	non	oui	Incitative
				Permanente	1 entreprise	non	non	Incitative
	La Rochelle	1	Mise en place d'un service d'autopartage	Permanente	Agglomération	non	oui	Incitative
	Lille	1	Biocarburant	Permanente	Agglomération	non	non	Incitative
	Montméliant	1	Acquisition de véhicules électriques pour la mairie	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Nantes	3	Amélioration de la qualité de l'air	Permanente	Agglomération	non	oui	Incitative et répressive
				Permanente	Agglomération	oui	oui	Incitative et répressive
				Permanente	Agglomération	non	non	Incitative
	Nîmes	1	PDE	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Paris	1	Promotion des modes doux	Ponctuelle	Quais de la Seine	non	non	Incitative et répressive
	Poitiers	2	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	oui	oui	Incitative et répressive
	Rennes	1	Agence des temps Vélo	Permanente	Agglomération	non	non	Incitative
					Permanente	Commune	non	oui

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure	
France (suite)	Saint-Quentin	1	Autopartage	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
	Strasbourg	2	Communication	Permanente	Agglomération	non	oui	Incitative	
			PDE	Permanente	Administration	non	non	Incitative	
	Villeneuve d'Ascq	1	Promotion des modes doux	Permanente	Agglomération	non	oui	Incitative et répressive	
Grèce	Larisa	1	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive	
	Menemeni	1	Piétonnisation de zones résidentielles	Permanente	Zones résidentielles	non	oui	Incitative et répressive	
	Bologne	1	Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative	
	Ferrare	1	Vélo	Permanente	Commune	non	oui	Incitative	
	Florence	1	TAD	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
	Modène	2	Réduction de l'utilisation de l'automobile en ville	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative et répressive	
Italie	Naples	2	Promotion vélos électriques	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
			Promotion énergies renouvelables	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
	Padoue	2	Promotion véhicules électriques	Permanente	Commune	non	non	Incitative	
			Mise en place d'un nouveau transport durable	Permanente	Commune	non	non	Incitative et répressive	
				Promotion des énergies renouvelables	Permanente	Commune	non	non	Incitative

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Italie (suite)	Parme	2	Création de zones 30 en centre-ville	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative et répressive
			Vélo	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Pérouse	1	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	oui	oui	Incitative et répressive
	Ravenna	1	Amélioration de la qualité de l'air	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
Luxembourg	Turin	1	Autopartage	Permanente	Commune	non	non	Incitative
			Stationnement automobile	Permanente	Agglomération	oui	oui	Incitative et répressive
Macédoine	Skopje	1	Vélo	Permanente	Commune	non	non	Incitative
Monaco		1	Livraison / frêt	Permanente	Etat	non	non	Coercitive
Pays-Bas	Almer	1	Plan pour le rapprochement entre zones résidentielles et zones d'activités	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Vélo	Permanente	Commune	oui	oui	Incitative
			Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
Portugal	Almada	1	Réduction de l'utilisation de l'automobile en ville	Permanente	Commune	non	non	Incitative
			Stationnement automobile	Permanente	Commune et banlieue	oui	oui	Incitative
			Promotion des énergies renouvelables	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Peso de Réqua	1		Permanente	Commune	non	non	

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Royaume-Uni	Bridgend	1	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	non	Coercitive
	Bristol	2	Plan pour le rapprochement entre zones résidentielles et zones d'activités	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Renforcement aménagements cyclables	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Colchester	1	Stationnement vélos	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Edimbourg	2	Réduction de l'utilisation de l'automobile en ville	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			PDE	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Pollution de l'air	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Leeds	2	Création de zones 30	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
			Journée sans voitures	Ponctuelle	Commune	non	oui	Incitative
	Leicester	2	Plan global pour les transports urbains	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
			Communication	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
	Manchester	1	Création de zones 30	Permanente	Quartier	non	non	Incitative et répressive



Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Royaume-Uni (suite)	Milton Keynes	1	Plan pour le rapprochement entre zones résidentielles et zones d'activités	Permanente	Commune	oui	non	Incitative
	Nottingham	3	Politique de stationnement	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
			PDE	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
			Plan global pour les transports urbains	Permanente	Commune	non	oui	Incitative et répressive
	Runcorn	1						
	Sutton	1	PDE	Permanente	Arrondissement	non	non	Incitative
	Swansea	1						
	Londres	1	Piétonnisation du centre et mise en place de zones 30	Permanente	Arrondissement	non	oui	Incitative et répressive
	Arrondissement de Camden							
	Londres	1	Stationnement automobile	Permanente	Arrondissement	oui	oui	Incitative
Londres	1	Autopartage	Permanente	Arrondissement	non	non	Incitative	
Suède	Kristianstad	1	Biocarburant	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Malmö	1	Bus au gaz naturel	Permanente	Commune	non	non	Incitative
	Stockholm	1	Promotion des énergies renouvelables	Permanente	Commune	non	non	

Pays	Ville ou région	Nombre d'initiatives	Champ	Type d'initiative	Echelle spatiale de l'initiative	Etat de l'intégration dans le contexte urbain	Intégration des politiques pour la mobilité durable	Type de mesure
Suisse		1	Autopartage	Permanente	Etat	oui	non	Incitative
	Berne	1	Limitation du stationnement en centre-ville	Permanente	Commune et banlieue	non	non	Incitative et répressive
	Burgdorf	1	Création de zones 30 en centre-ville	Permanente	Commune	non	oui	Incitative
	Canton de Genève	1	PDE	Permanente	Entreprises du canton	non	non	Incitative
			Vélo	Permanente	Commune	non	non	Incitative
			MAP	Permanente	Centre-ville	non	non	Incitative
	Genève	3	Stationnement automobile souterrain	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative
	Lausanne	1	Piétonnisation du centre-ville	Permanente	Centre-ville	non	oui	Incitative et répressive
	Zürich	1	Création de zones 30	Permanente	Canton	non	oui	Incitative et répressive



## ANNEXE 3 :

La nomenclature des classes « bâti » de la BD Topo®<sup>2</sup> :

CLASSES "BATI"	DEFINITIONS
Aérodrome	Aire aménagée afin de servir au roulement des aéronefs, au décollage et à l'atterrissage, en dur ou en herbe.
Aérogare	Ensemble des bâtiments d'un aéroport réservés aux voyageurs et aux marchandises.
Arc de triomphe	Portique monumental : arc de triomphe, porte de ville.
Arène ou théâtre antique	Vaste édifice à gradins, de forme en partie ou totalement ronde ou elliptique : amphithéâtre, arène, théâtre antique, théâtre de plein air.
Bâtiment agricole	Bâtiment réservé à des activités agricoles : bâtiment d'élevage industriel, hangar agricole (grand), minoterie.
Bâtiment commercial	Bâtiment de grande surface réservé à des activités commerciales : centre commercial, hypermarché, magasin (grand, isolé), parc des expositions (bâtiment).
Bâtiment indifférencié	Bâtiment de plus de 20 m <sup>2</sup> , ne possédant pas de fonction particulière pouvant être décrit dans les autres classes de bâtiments surfaciques : bâtiments d'habitation, d'enseignement...
Bâtiment industriel	Bâtiment réservé à des activités industrielles : abattoir, atelier (grand), auvent de quai de gare, bâtiment industriel (grand), centrale électrique (bâtiment), construction technique, entrepôt, hangar industriel (grand), scierie, usine.
Bâtiment religieux divers	Bâtiment réservé à l'exercice d'un culte religieux, autre qu'une chapelle ou qu'une église (voir ces valeurs) : mosquée, synagogue, temple.
Bâtiment sportif et terrain de sport	Bâtiment réservé à la pratique sportive : gymnase, piscine couverte, salle de sport, tennis couvert. Équipements sportifs de plein air.
Chapelle	Petit édifice religieux catholique de forme caractéristique.
Château	Habitation ou ancienne habitation féodale, royale ou seigneuriale : château, château fort, citadelle.
Château d'eau	Réservoir d'eau construit en hauteur pour surélever le niveau de l'eau par rapport aux constructions. Contour extérieur du château d'eau (circonférence maximum), à l'altitude de ce contour (altitude de l'arête supérieure en cas de face verticale).
Cimetière	Lieu où l'on enterre les morts. Cimetière communal, islamique, israélite, ou militaire.
Eglise	Édifice religieux catholique de forme caractéristique : basilique, cathédrale, église.
Fort, blockhaus, casemate	Ouvrage militaire : blockhaus, casemate, fort, ouvrage fortifié.
Gare	Bâtiment servant à l'embarquement et au débarquement des voyageurs en train.
Mairie	Édifice où se trouvent les services de l'administration municipale, appelé aussi hôtel de ville.
Monument	Monument commémoratif quelconque, à l'exception des arcs de triomphe (voir cette valeur d'attribut).
Péage	Bâtiment où sont perçus les droits d'usage.
Préfecture	Bâtiment où sont installés les services préfectoraux.
Réservoir d'eau	Réservoirs d'eau et châteaux d'eau au sol dans lesquels la réserve d'eau est située au niveau du sol. Le réservoir est souvent semi enterré. Contour extérieur du réservoir tel qu'il apparaît vu d'avion.
Réservoir industriel	Réservoir de matière première industrielle : gazomètre, réservoir d'hydrocarbure, réservoir de matériaux de construction, réservoir industriel. Tous les réservoirs de plus de 10 m de large sont inclus. Contour extérieur du réservoir tel qu'il apparaît vu d'avion.
Serre	Abri clos à parois translucides destiné à protéger les végétaux du froid : jardinerie, serre. Les serres en arceaux de moins de 20 m de long sont exclues. Les serres situées à moins de 3 m les unes des autres sont mobilisées par un seul objet englobant l'ensemble des serres en s'appuyant au maximum sur leurs contours.
Silo	Réservoir, qui chargé par le haut se vide par le bas, et qui sert de dépôt, de magasin, etc. Le silo est exclusivement destiné aux produits agricoles : cuve à vin, silo.
Sous-Préfecture	Bâtiment où sont les bureaux du sous-préfet : chef lieu d'arrondissement.
Tour, donjon, moulin	Bâtiment remarquable dans le Paysage par sa forme élevée : donjon, moulin à vent, tour, tour de contrôle.
Tribune	Tribune de terrain de sport (stade, hippodrome, vélodrome,...).

<sup>2</sup> Extrait, réactualisé en Décembre 2009.



## ANNEXE 4 :

Extraits des nomenclatures existantes relatives aux espaces bâtis :

CORINE Land Cover:

Territoires artificialisés

Zones urbanisées

**1.1.1. Tissu urbain continu**

Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes couvrent la quasi-totalité du sol. La végétation non linéaire et le sol nu sont exceptionnels

**1.1.2. Tissu urbain discontinu**

Espaces structurés par des bâtiments. Les bâtiments, la voirie et les surfaces artificiellement recouvertes coexistent avec des surfaces végétalisées et du sol nu, qui occupent de manière discontinue des surfaces non négligeables.

Nomenclature pour les statistiques de l'utilisation des sols: Programme de télédétection d'Eurostat (CLUSTERS, 1993) :

Level	Code	Description	Definition	This item includes	This item excludes
1	A	Surfaces artificialisées	Surfaces rendues artificialisées par l'action de l'homme ou aménagées à des fins récréatives, y compris leurs espaces connexes		
2	A1	Zones résidentielles, services publics	Surfaces essentiellement occupées par des habitations et des bâtiments utilisés par les services publics/administratifs ou des collectivités, y compris leurs espaces connexes		
3	A11	Zones résidentielles	Surfaces essentiellement occupées par des habitations, y compris leurs espaces connexes		
4	A111	Espaces résidentiels continus et denses	Surfaces densément occupées par des espaces résidentiels continus, fortement minéralisés, de type centre-ville (noyau urbain dense à très dense où une grande proportion du bâti est constituée d'immeubles de plus de trois étages)		
4	A112	Espaces résidentiels continus moyennement denses	Surfaces assez densément occupées par des espaces résidentiels de type faubourg, fréquemment caractéristiques des anciens villages rattachés à la ville. Les espaces denses des centres des		



			bourgs ruraux peuvent être inclus dans cette catégorie. L'urbanisme peut y être volontaire ou non avec alignement des façades ou pas. De nombreux espaces interstitiels non minéralisés peuvent y être distingués: jardins privés, pelouses, etc.		
4	A113	Espaces résidentiels discontinus moyennement denses	Surfaces assez densément occupées par des espaces résidentiels morphologiquement bien structurés de type "lotissement" (résidences, cités ouvrières) formés de maisons individuelles. Le couvert végétal peut y occuper une surface importante: jardins privés, petits squares, etc.		
4	A114	Espaces résidentiels isolés	Surfaces occupées par des bâtiments résidentiels isolés ou formant un tissu résidentiel assez lâche (hameaux, groupements de quelques maisons, petits villages, bâtiments isolés)		
4	A115	Espaces résidentiels collectifs	Surfaces occupées par des logements collectifs (généralement des bâtiments de plus de trois étages). Les espaces verts, aires de stationnement, aires de jeux, etc. y couvrent des surfaces importantes		

BD Carto® de l'IGN, 1999 :

Table de référence : Ocs\_nat Bâti

Surface à prédominance d'habitat :

- tissu urbain dense, noyaux urbains et faubourgs anciens, bâtiments formant un tissu homogène et continu, y compris les équipements divers inférieurs à 25 ha ;
- tissu urbain continu mixte, habitat pavillonnaire ou continu bas avec jardins ;
- type faubourg, associant quelques petits secteurs d'activités ;
- grands ensembles, lotissements, cités jardins ;
- villages et hameaux importants en milieu agricole y compris les aménagements associés ;
- cimetières voisins de bâti ou de plus de 8 hectares.

## ANNEXE 5 :

Tableau des connexités :

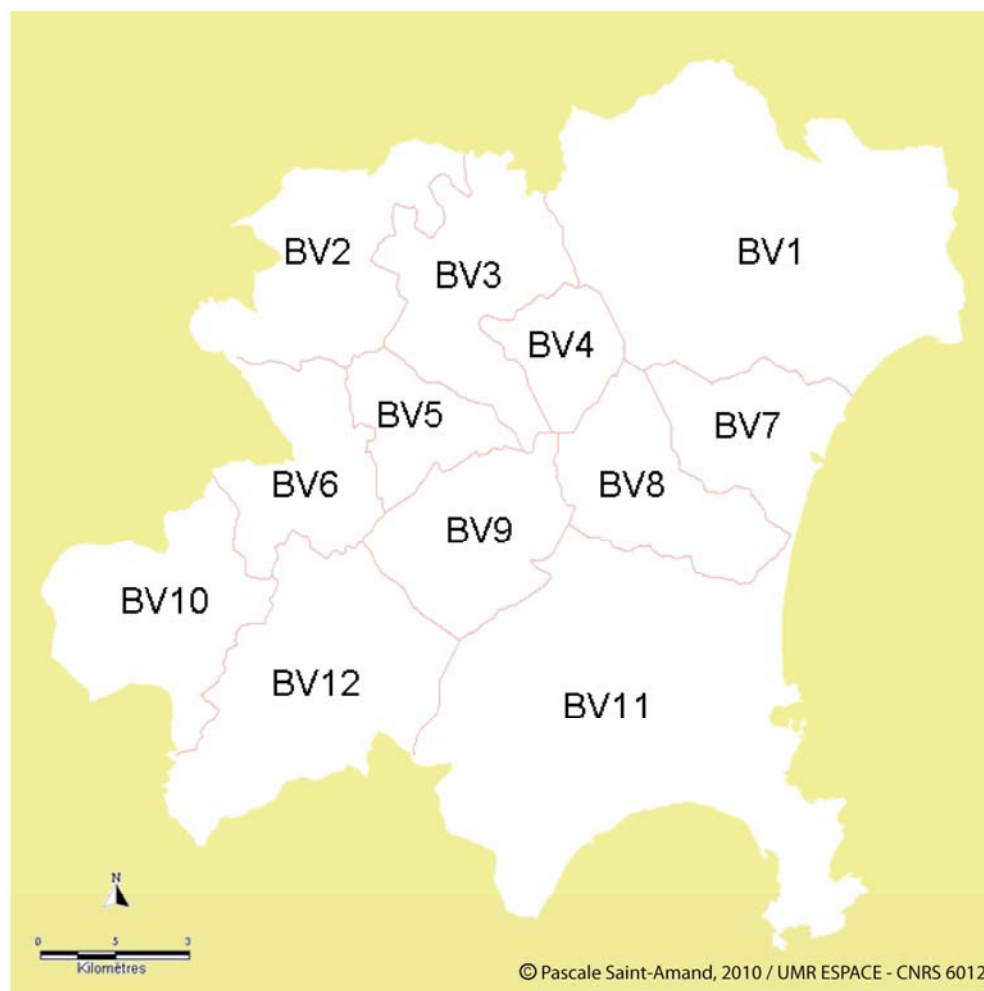
Pas de fermeture	Nombre de connexités
0	18619
1	11554
2	7844
3	3323
4	1794
5	1151
6	992
7	664
8	520
9	423
10	380
11	303
12	262
13	217
14	194
15	174
16	157
17	139
18	133
19	124
20	105
21	98
22	93
23	83
24	78
25	66
26	77
27	47
28	48
29	45
30	21
31	20
32	19
33	19
34	16
35	23
36	14
37	14
38	12
39	12
40	11

Pas de fermeture	Nombre de connexités
41	10
42	10
43	10
44	9
45	9
46	8
47	6
48	6
49	6
50	6
51	6
52	5
53	5
54	5
55	5
56	5
57	5
58	5
59	4
60	4
61	4
62	4
63	4
64	3
65	3
66	3
67	3
68	3
69	3
70	2
71	2
72	2
73	1



## ANNEXE 6 :

Résultat du calcul conduisant à l'indice de vascularisation pour les 12 bassins de vie :



	Bassin versant n°1						Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)				
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	20161	12357	3902	19959	8716	5631,5	1,4407	144%
Classe 2	80947	37720	16613,5	60662	29698	15482	0,9319	93%
Classe 3	28004	12837	7583,5	27787	11751	8013	1,0566	105%
Classe 4	139014	48226	45393	138438	67340	35549	0,7831	78%
Classe 5	55841	20373	17734	55437	24022	15707,5	0,8867	89%
Classe 6	23119	8463	7328	22918	8573	7171,5	0,9786	98%

Bassin versant n°2								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	868	402	233	867	390	238,5	1,0236	102%
Classe 4	53416	16333	18541,5	53262	28854	12204	0,6582	66%
Classe 5	24029	8704	7662,5	23858	10888	6485	0,8463	85%
Classe 6	6892	2608	2142	6855	2738	2058,5	0,9610	96%

Bassin versant n°3								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 4	61204	17821	21691,5	60869	33566	13651,5	0,6293	63%
Classe 5	5570	2135	1717,5	5520	2137	1691,5	0,9849	98%
Classe 6	1404	546	429	1401	547	427	0,9953	100%

Bassin versant n°4								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 4	18409	5705	6352	18365	9691	4337	0,6828	68%
Classe 5	4777	1507	1635	4760	2373	1193,5	0,7300	73%
Classe 6	489	205	142	487	173	157	1,1056	111%

Bassin versant n°5								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 4	15501	5769	4866	15410	7509	3950,5	0,8119	81%
Classe 5	11750	3862	3944	11701	5861	2920	0,7404	74%
Classe 6	404	156	124	399	171	114	0,9194	92%

Bassin versant n°6								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Dilate	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	813	583	115	806	318	244	2,1217	212%
Classe 2	2481	1384	548,5	2461	709	876	1,5971	160%
Classe 3	315	171	72	311	164	73,5	1,0208	102%
Classe 4	51698	16952	17373	51449	26179	12635	0,7273	73%
Classe 5	22618	8188	7215	22491	10210	6140,5	0,8511	85%
Classe 6	1485	555	465	1469	534	467,5	1,0054	101%

Bassin versant n°7								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 2	12073	5172	3450,5	12000	5803	3098,5	0,8980	90%
Classe 3	4845	2564	1140,5	4781	2273	1254	1,0995	110%
Classe 4	25648	12177	6735,5	25516	11867	6824,5	1,0132	101%
Classe 5	4481	1723	1379	4428	1683	1372,5	0,9953	100%
Classe 6	780	363	208,5	763	304	229,5	1,1007	110%

Bassin versant n°8								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	3537	2082	727,5	3500	1611	944,5	1,2983	130%
Classe 4	44831	15994	14418,5	44631	23337	10647	0,7384	74%
Classe 5	19745	7529	6108	19671	9612	5029,5	0,8234	82%
Classe 6	3848	1428	1210	3819	1581	1119	0,9248	92%

Bassin versant n°9								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 2	2345	1466	439,5	2328	1120	604	1,3743	137%
Classe 3	9617	5778	1919,5	9543	4377	2583	1,3457	136%
Classe 4	7071	2672	2199,5	7046	3670	1688	0,7674	77%
Classe 5	9409	3316	3046,5	9378	5012	2183	0,7166	72%
Classe 6	208	90	59	208	76	66	1,1186	112%

Bassin versant n°10								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	5710	3255	1227,5	5684	2371	1656,5	1,3495	136%
Classe 3	1126	586	270	1117	460	328,5	1,2167	122%
Classe 4	73686	25064	24311	73438	38856	17291	0,7112	71%
Classe 5	25365	9339	8013	25216	11338	6939	0,8660	87%
Classe 6	6282	2576	1853	6236	2485	1875,5	1,0121	101%

Bassin versant n°11								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	24549	18155	3197	24450	8301	8074,5	2,5256	253%
Classe 2	84764	36599	24082,5	84320	40466	21927	0,9105	91%
Classe 3	120756	56652	32052	120100	62343	28878,5	0,9010	90%
Classe 4	142219	51207	45506	141471	72120	34675,5	0,7620	76%
Classe 5	47421	17247	15087	46977	21360	12808,5	0,8490	85%
Classe 6	19875	7773	6051	19677	8712	5482,5	0,9060	91%

Bassin versant n°12								
	Réseau théorique (A)			Réseau observé (B)			Rapport B/A	Indice de vascularisation
	Dilate	Erode	(D-E)/2	Dilate	Erode	(D-E)/2		
Classe 1	1877	865	506	1865	679	593	1,1719	117%
Classe 2	9698	4879	2409,5	9644	4765	2439,5	1,0125	101%
Classe 4	133935	43771	45082	133420	76975	28222,5	0,6260	63%
Classe 5	16971	6284	5343,5	16853	7388	4732,5	0,8857	89%
Classe 6	4556	1832	1362	4525	1879	1323	0,9714	97%





## ANNEXE 7 :

Utilisation de la bicyclette	
Déterminants	Références
Critères endogènes	
Déplacement de courte durée (95% < 30 min)	Ampt et Rose, 1994
Déplacement n'excédant pas 3 km	Atelier parisien d'urbanisme, 2006; Héran, 2001
Déplacement individuel	Noël, 2003
Déplacement sans bagages	Noël, 2003; Jones, 1990
Usage récréatif	Pronovost et al., 1997
Critères exogènes	
Bonnes conditions météorologiques	Nankervis, 1999; Noël, 2003
Absence / présence de vent	Nankervis, 1999
Déplacement diurne	Noël, 2003
Offre de transports collectifs satisfaisante	Aultman-Hall et al., 1997
Absence / présence d'intersections	Carré et al., 1997 (inrets)
Absence / présence d'une circulation automobile dense	Noël, 2003; Aultman-Hall et al., 1997; Owens, 1993; Piombini, 2006
Bonne hiérarchie du réseau routier	Aultman-Hall et al., 1997
Réseau viaire bien maillé	Héran, 1999 (prédit)
Aménagements cyclables sécurisés	Noël, 2003; Aultman-Hall et al., 1997
Absence / présence de coupures urbaines	Aultman-Hall et al., 1997; Piombini, 2006
Limite de vitesse (30 km/h)	Aultman-Hall et al., 1997; Héran, 1999 (prédit)
Absence / présence de feux tricolores	Carré et al., 1997 (inrets)
Franchissement d'infrastructure autoroutière	Bonanomi, 1990
Absence / présence de sens uniques	Héran, 1999 (prédit); Piombini, 2006
Absence / présence de commerces	Noël, 2003
Niveau de pollution sonore ou atmosphérique	Owens, 2003; Piombini, 2006
Image du cycliste pauvre, excentrique ou indiscipliné	Noël, 2003
Tenue vestimentaire	Noël, 2003
Peur de transpirer	Noël, 2003
Appréhension associée au vol	Noël, 2003
Taux de motorisation du ménage	Noël, 2003
Densités urbaines fortes	Baltes, 1996
Recherche du chemin le plus court et le plus direct	Noël, 2003; Aultman-Hall et al., 1997; Piombini, 2006
Topographie	Ashley et Bannister, 1989; Noël, 2003; Aultman-Hall et al., 1997
Faible / forte tradition du cyclisme	Noël, 2003
Perception du danger	Owens, 2003; Piombini, 2006

Utilisation des transports en commun	
Déterminants	Références
Critères endogènes	
Point arrêt à moins de 300 mètres	Genre-Grandpierre, 2005
Bonne fréquence	
Vitesse commerciale	
Qualité des correspondances	
Tarifs attractifs	Joly, Masson, Petiot, 2003
Critères exogènes	
Absence de stationnement VP à destination	Dupuy, 1999 ; Joly, Masson, Petiot, 2003
Bon rapport portée / durée	Genre-Grandpierre, 2005
Cherté du carburant	Joly, Masson, Petiot, 2003
BTT	Joly, Masson, Petiot, 2003
Taux de motorisation du ménage	Joly, Masson, Petiot, 2003
Densités urbaines fortes	Pushkarev, Zupan, 1976; Joly, Masson, Petiot, 2003; Kenworthy and Laube, 1999; Dupuy, 1999
Densités d'emplois fortes	Joly, Masson, Petiot, 2003

<b>Pratique du Bus Pédestre</b>	
Déterminants	Références
<b>Critères endogènes</b>	
Déplacement entre 250 m et 1700 m	ADEME, 2000
Présence d'une école	Communauté urbaine du Grand Lyon, site Internet 2008
<b>Critères exogènes</b>	
Présence de zone piétonne ou zone 30	Communauté urbaine du Grand Lyon, site Internet 2008
Trottoirs larges	Ville de Rennes, site Internet 2008
Feux tricolores	Ville de Rennes, site Internet 2008
Panneaux routiers	Ville de Rennes, site Internet 2008
Passages piétons	Ville de Rennes, site Internet 2008

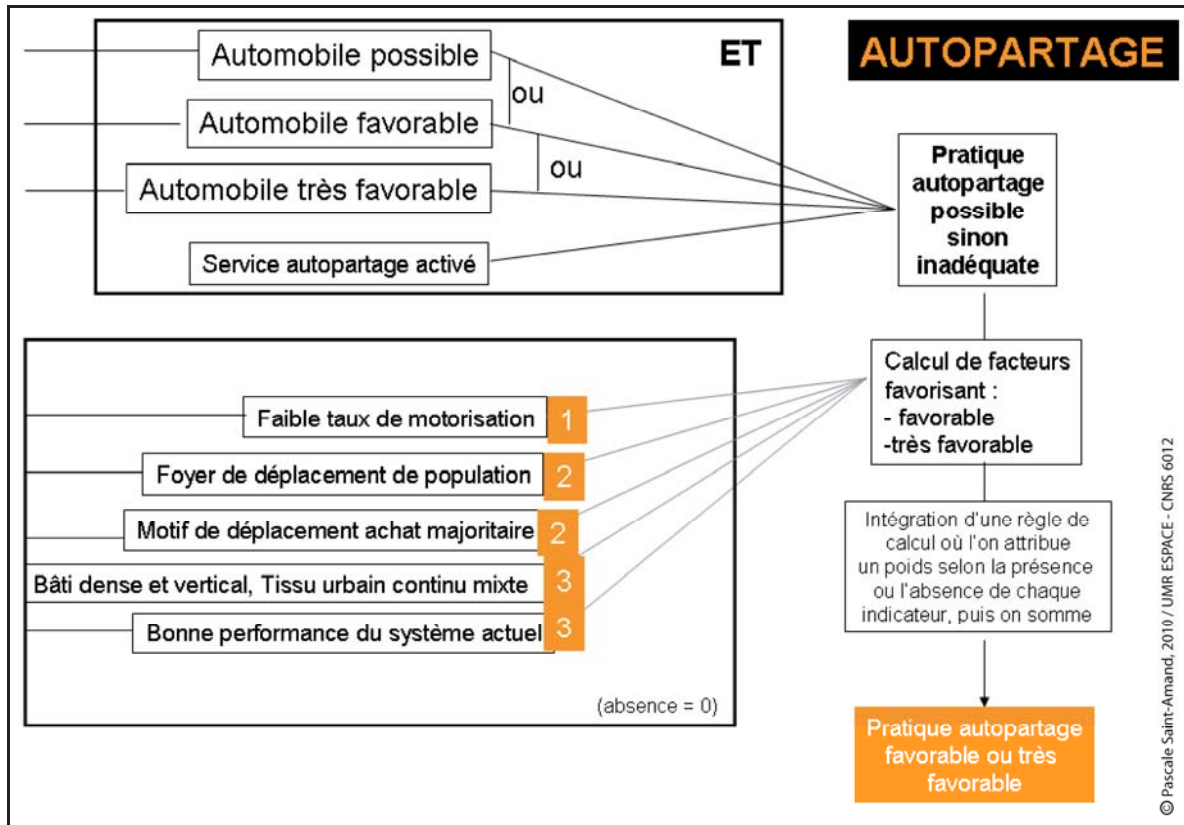
<b>Pratique de l'intermodalité</b>	
Déterminants	Références
<b>Critères endogènes</b>	
Point d'arrêt à moins de 1 minute du parking VP	PREDIT, 2000, <i>La modélisation des déplacements intermodaux</i> , Article de synthèse, 6 pages,
Déplacement > à 10 km	
Origine du déplacement : domicile	
Destination du déplacement en hypercentre	
Minimisation du nombre de modes utilisés pour le même trajet	Piombini, 2006
<b>Critères exogènes</b>	
Offre TC en site propre	PREDIT, 2000, <i>La modélisation des déplacements intermodaux</i> , Article de synthèse, 6 pages,
Stationnement VP à destination	
Taux de motorisation faible	

<b>Utilisation des parking-relais</b>		
Déterminants	Références	
<b>Critères endogènes</b>		
Tarif raisonnable	DELCROIX J., 1998, <i>Prospective de développement des parcs de stationnement pour les visiteurs du centre-ville - Etude de l'effet de porte</i> , Rapport d'étude de SARECO pour le CERTU, 67 pages.	
Qualité de l'ouvrage		
Pôle multimodal		
<b>Critères exogènes</b>		
Bonne accessibilité au parking		
Bonne visibilité du parking dans l'espace urbain		
Distance très faible jusqu'à la correspondance		

<b>Pratique de l'autopartage</b>		
Déterminants	Références	
<b>Critères endogènes</b>		
Station d'autopartage à moins de 1 km en MAP	CORDIER B., 2009, <i>L'autopartage dans la sphère privée</i> , Rapport d'étude réalisé pour l'ADEME et le MEEDDM dans le cadre du PREDIT, 170 pages. STEFFEN J., SCHMIDER J.-B., 2007, <i>Rhin-autopartage, viabilité de l'autopartage dans les villes moyennes alsaciennes</i> , Rapport d'étude PREDIT, 204 pages.	
Stationnement automobile disponible		
Trajets occasionnels		
<b>Critères exogènes</b>		
Densité de population supérieure à 500 hab/ km <sup>2</sup>		
Lignes régulières de transport en commun		
Lignes de TAD		
Forte pratique du covoiturage		
Faible taux de motorisation		
Habitat dense		
Motif du déplacement achat		
Nombreux commerces à proximité		

ANNEXE 8 :

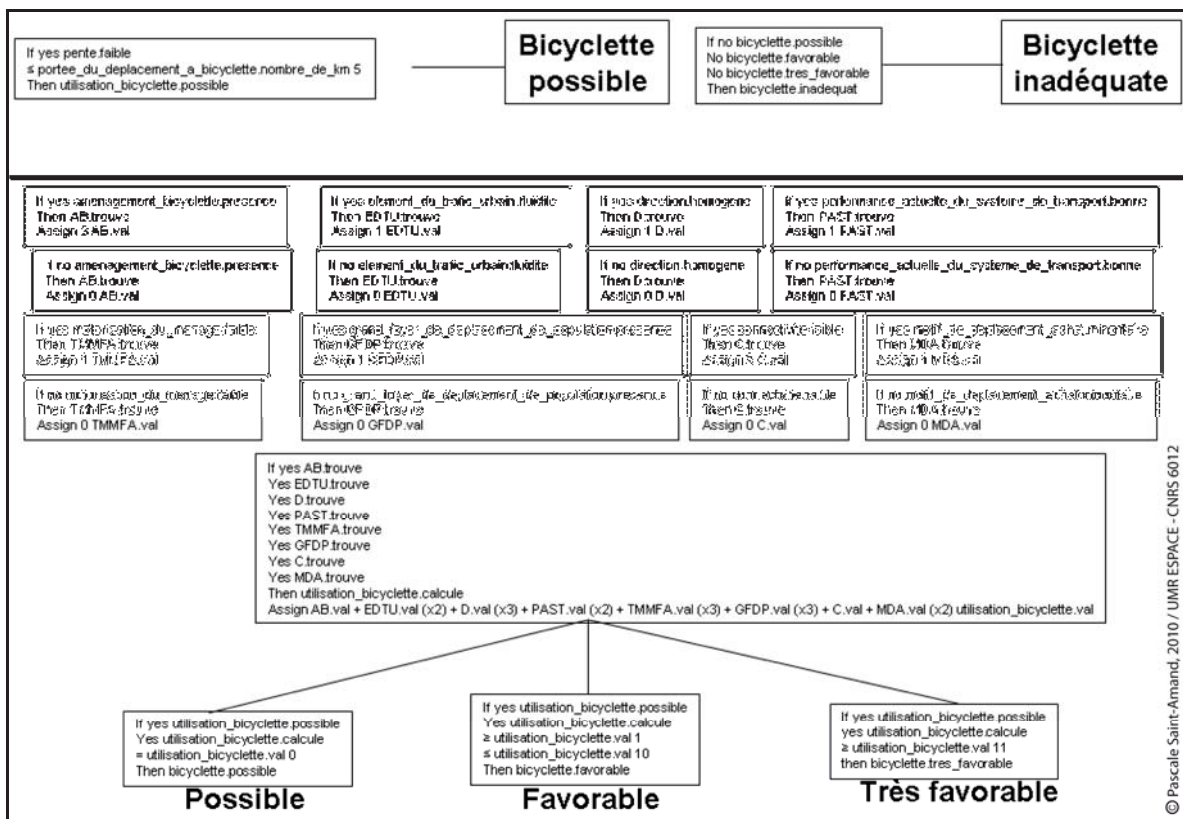
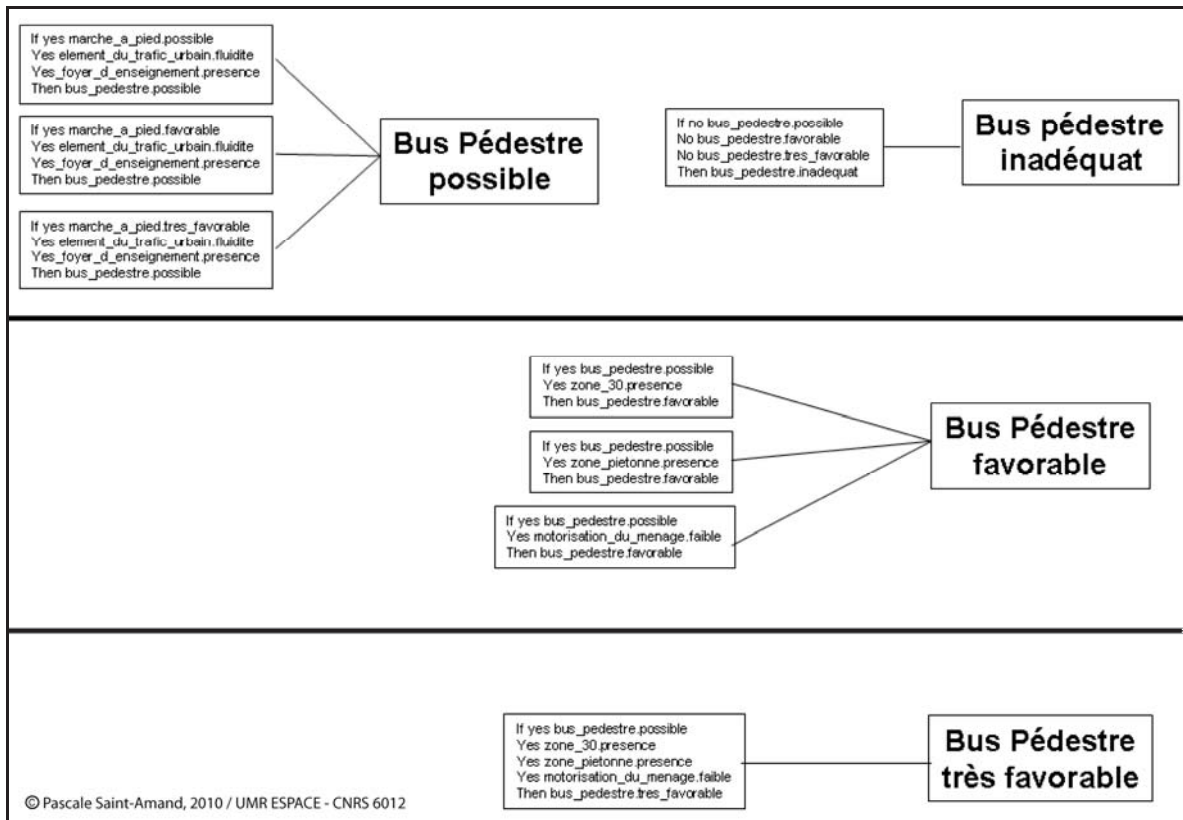
Raisonnement tenu pour la pratique de l'autopartage :



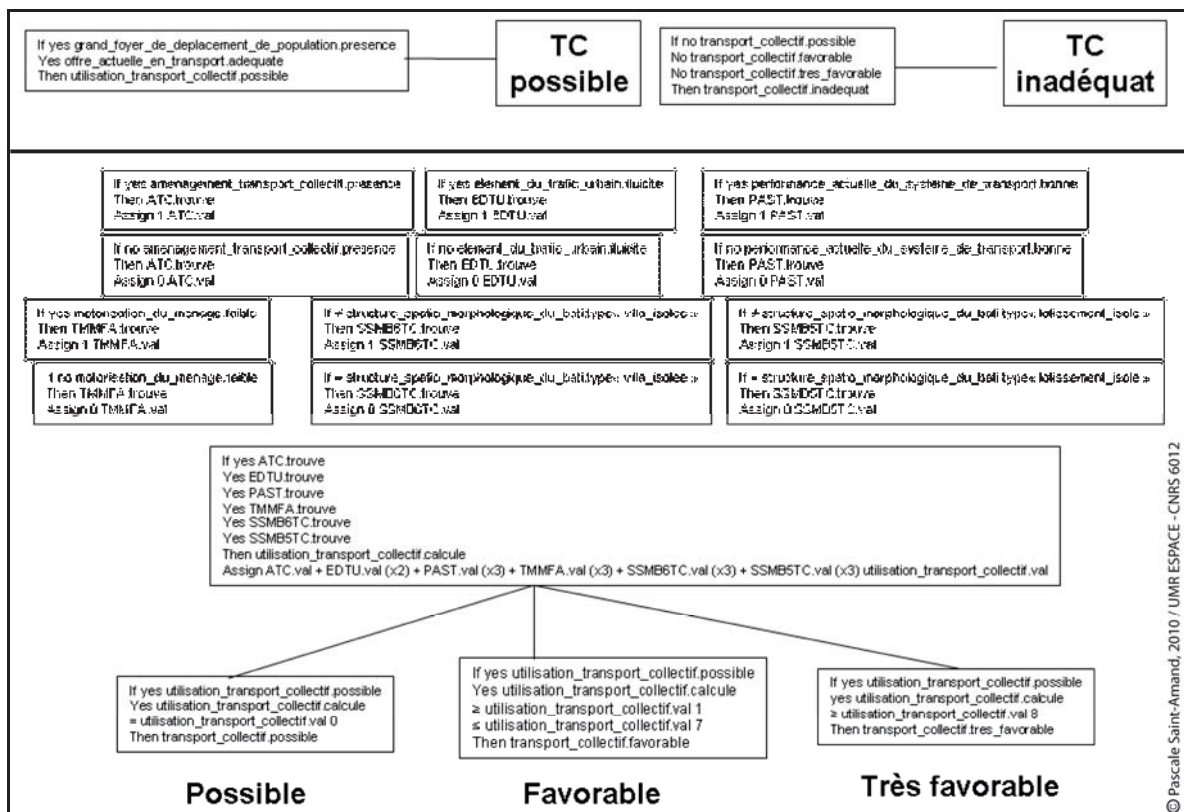
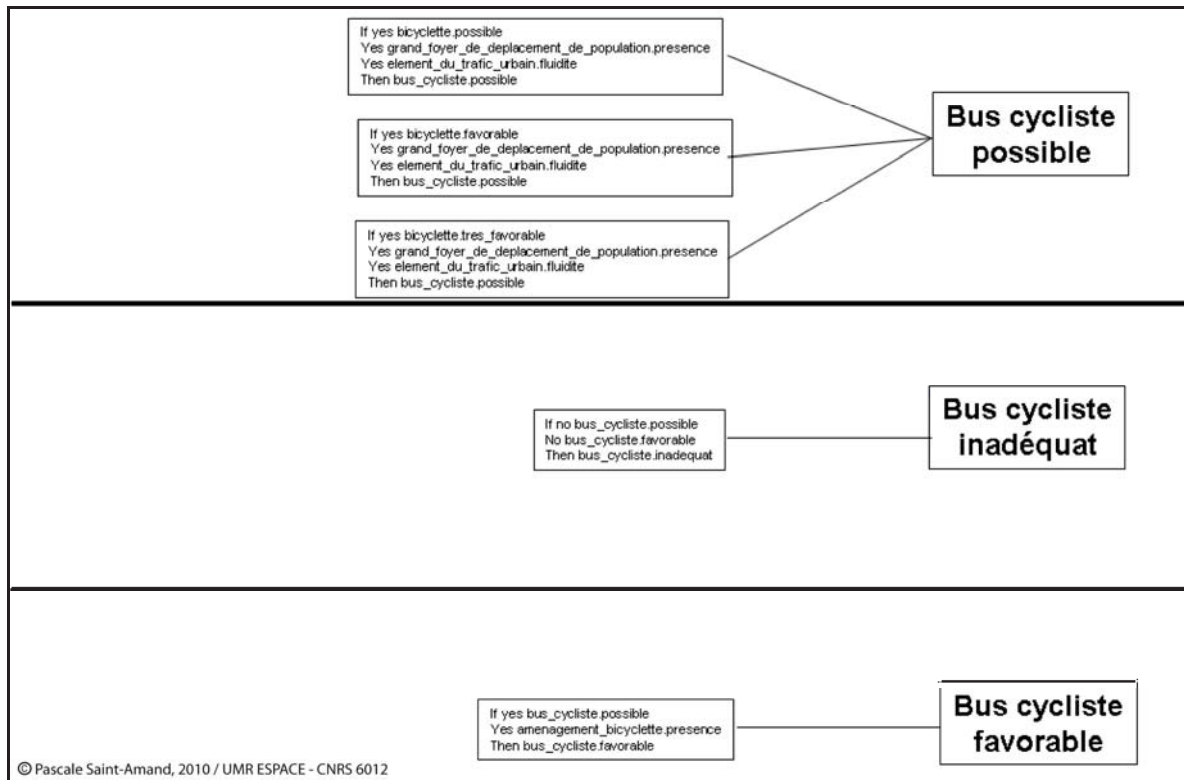


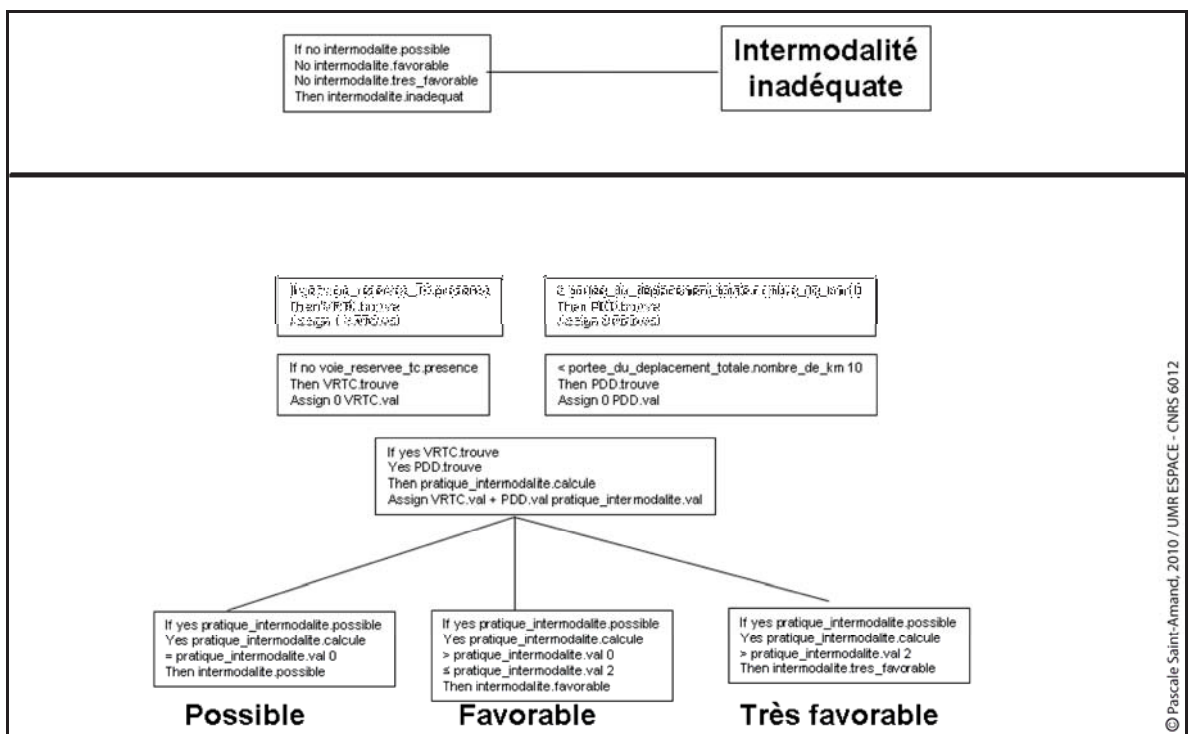
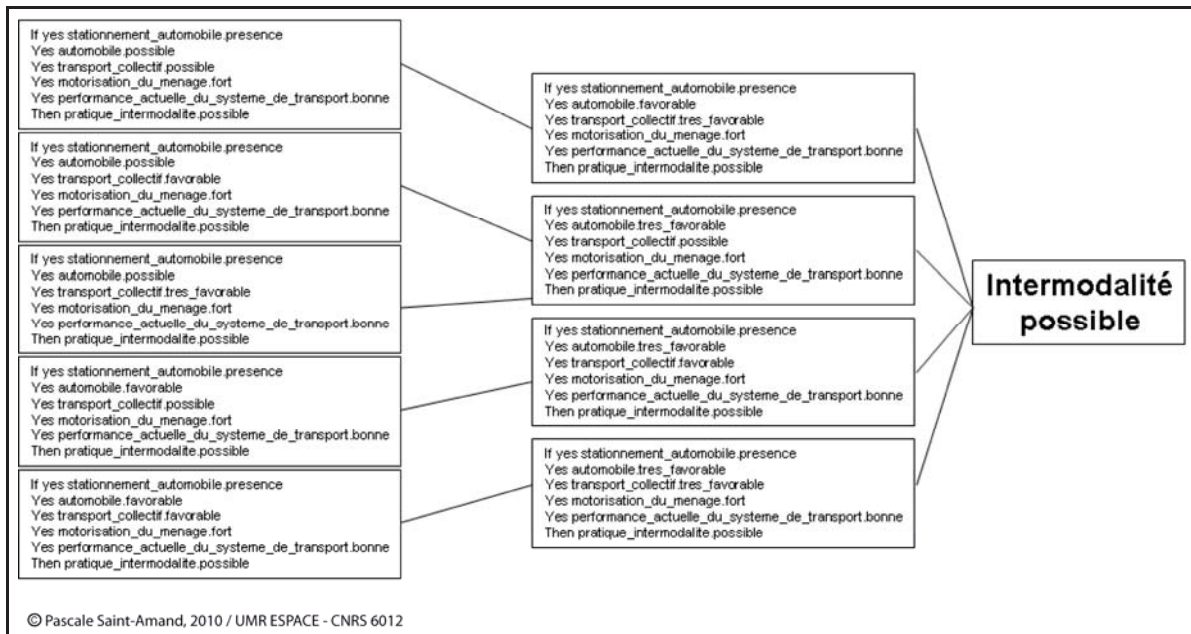
ANNEXE 9 :

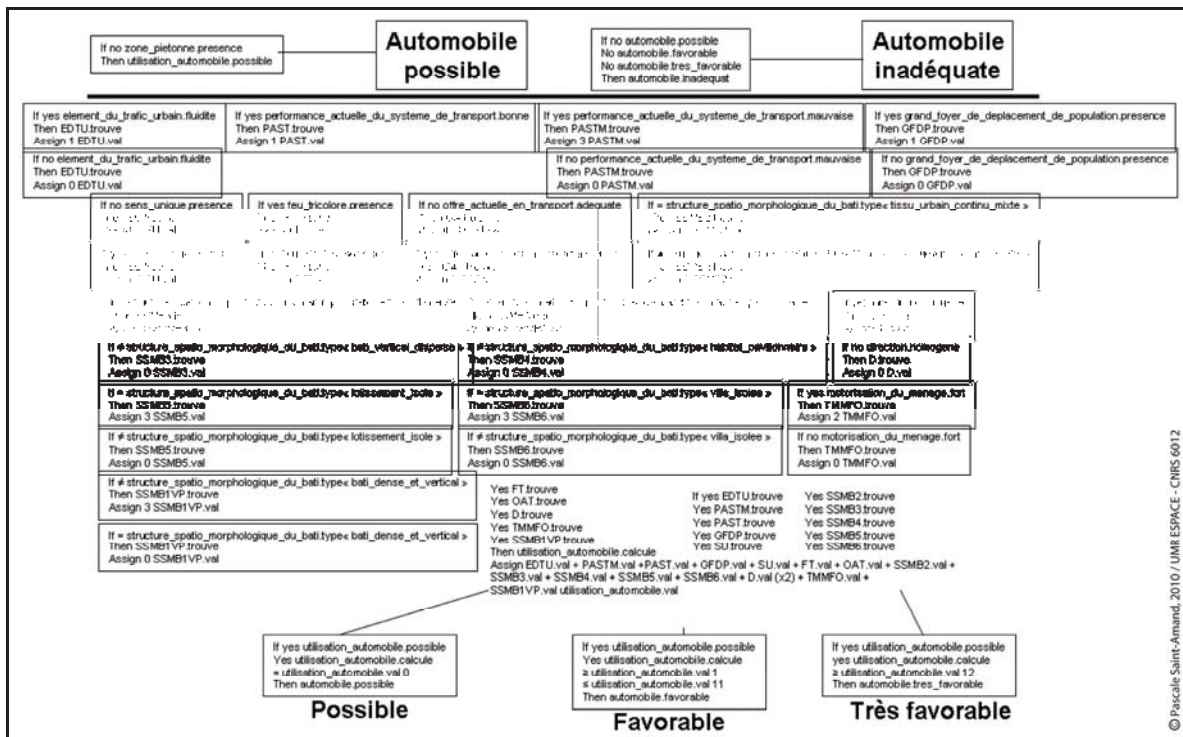
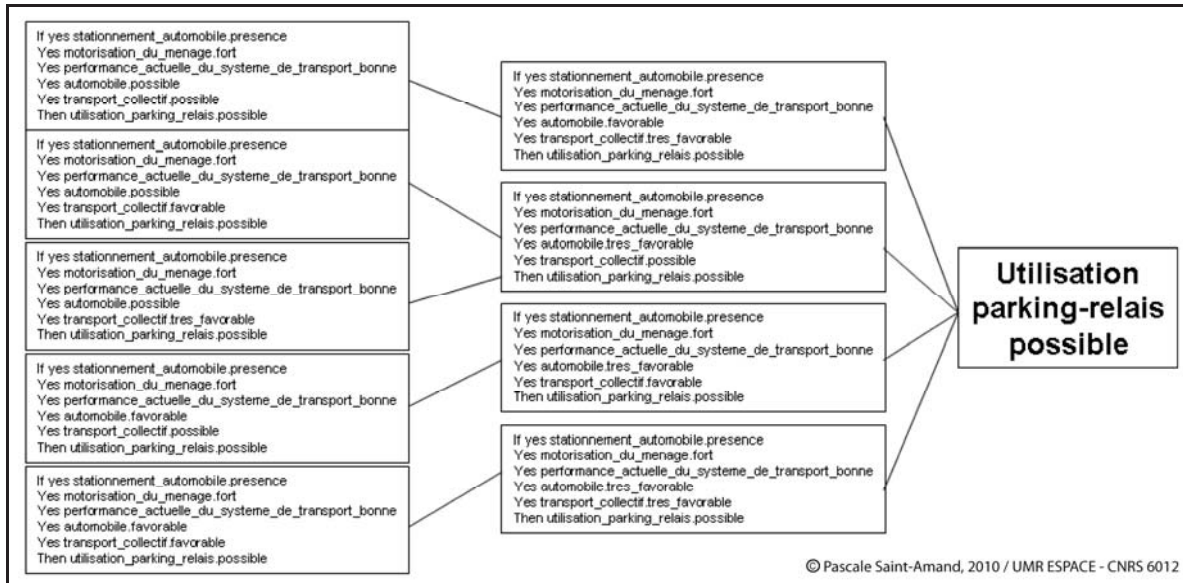
Règles de production primaires, intermédiaires et complexes :

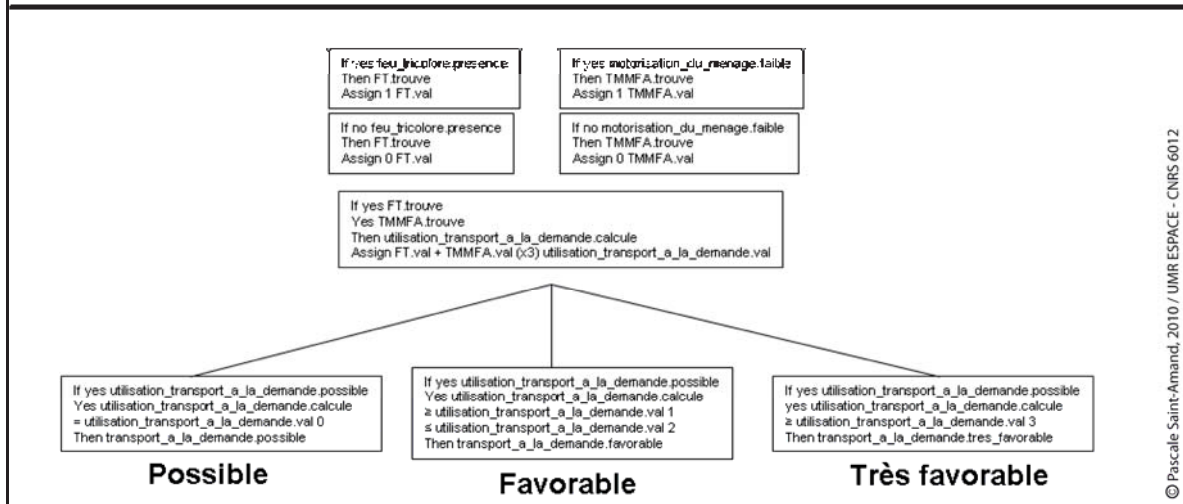
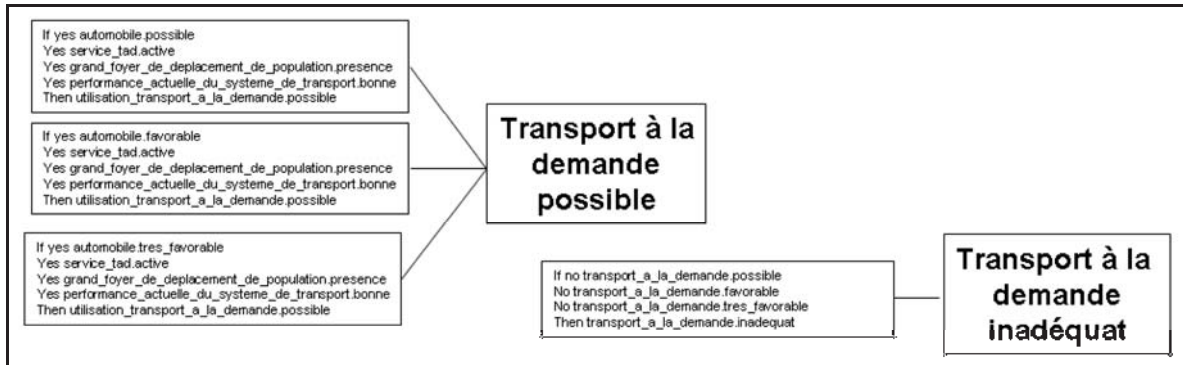




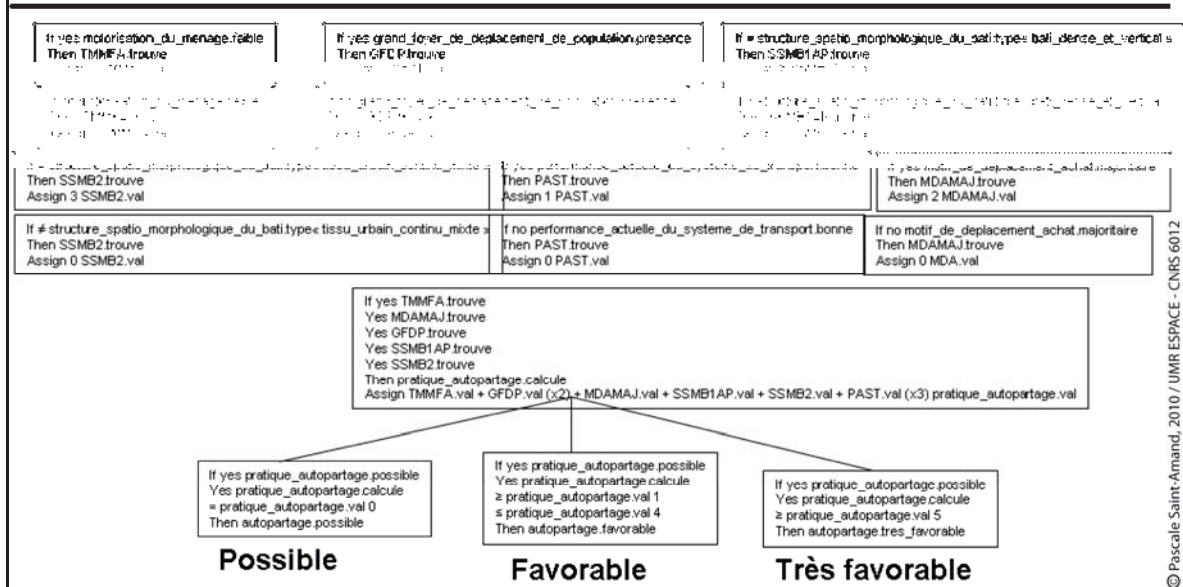
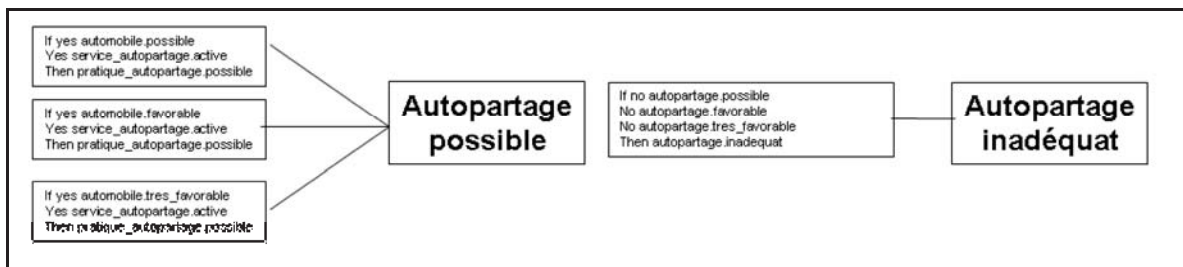




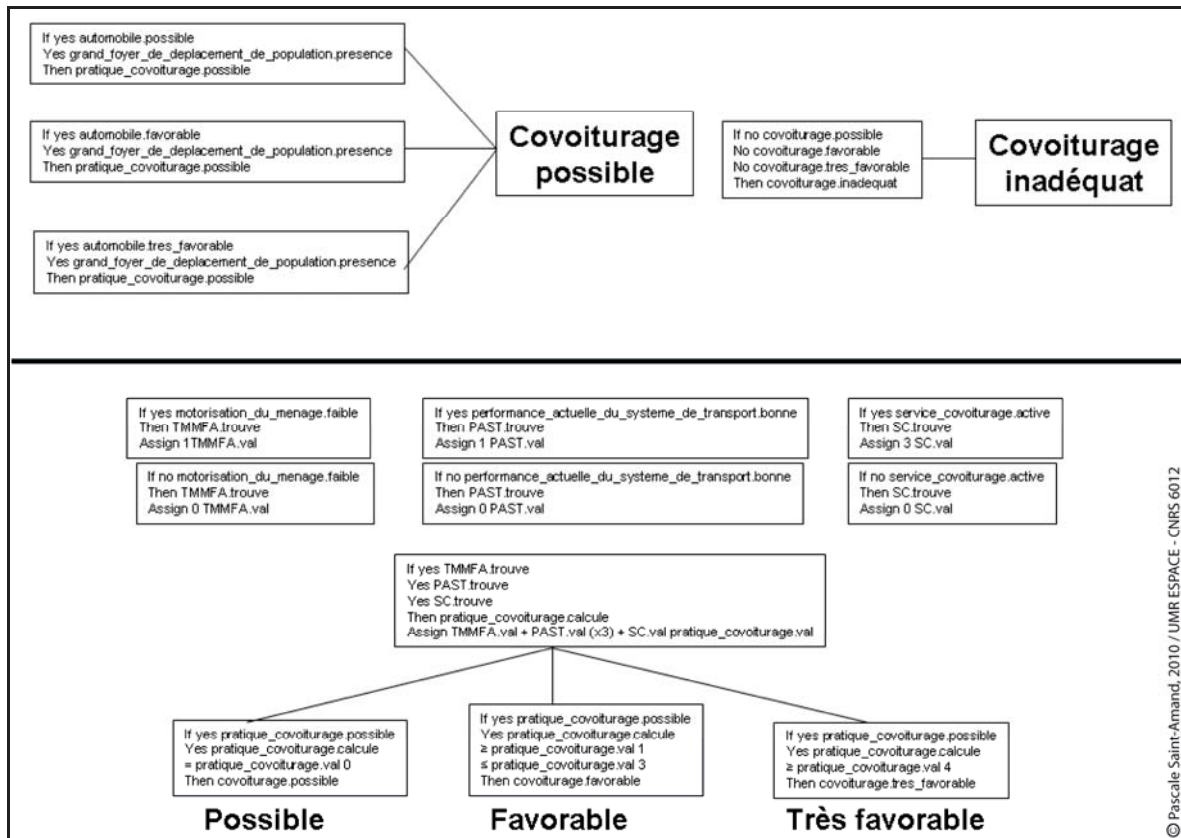




© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012



© Pascale Saint-Amand, 2010 / UMR ESPACE - CNRS 6012



Règles primaires = attribution des propriétés aux objets

1

If ≤ pente.declivite\_en\_pourcentage 3  
Then pente.faible

If > pente.declivite\_en\_pourcentage 3  
≤ pente.declivite\_en\_pourcentage 6  
Then pente.moyenne

If > pente.declivite\_en\_pourcentage 6  
Then pente.forte

2

If ≤ vascularisation.pourcentage 100  
Then vascularisation.faible

If > vascularisation.pourcentage 100  
≤ vascularisation.pourcentage 150  
Then vascularisation.moyenne

If > vascularisation.pourcentage 150  
Then vascularisation.forte



3  
 If > direction.coefficient\_de\_variation\_en\_pourcentage 6  
 Then direction.homogene

If ≤ direction.coefficient\_de\_variation\_en\_pourcentage 6  
 Then direction.heterogene

4  
 If ≥ connectivite.superieure\_ou\_egale\_a\_5 5  
 Then connectivite.forte

If < connectivite.inferieure\_a\_5 5  
 Then connectivite.faible

5  
 If ≤ motif\_de\_deplacement\_achat.part\_en\_pourcentage 50  
 Then motif\_de\_deplacement\_achat.minoritaire

If > motif\_de\_deplacement\_achat.part\_en\_pourcentage 50  
 Then motif\_de\_deplacement\_achat.majoritaire

6  
 If ≤ motorisation\_du\_menage.taux 1  
 Then motorisation\_du\_menage.faible

If > motorisation\_du\_menage.taux 1  
 Then motorisation\_du\_menage.fort

#### Règles intermédiaires = spécifier les classes et les sous-classes

La propriété booléenne « adéquate » ou « inadéquate » de l'offre actuelle en transport est issue :

- d'éléments de la desserte en transport collectif nombreux ET diversifiés ET satisfaisants (qui découlent eux-mêmes de la présence de nombreux objets) :

1  
 If ≤ offre\_en\_point\_d\_arret.densite 1200  
 Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.nombreux

If > offre\_en\_point\_d\_arret.densite 1200  
 Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.insatisfaisant

2  
 If yes offre\_en\_point\_d\_arret.avec\_stationnement\_bicyclette  
 Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant

3  
 If yes offre\_en\_point\_d\_arret.avec\_stationnement\_automobile  
 Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant

4

If yes offre\_en\_point\_d\_arret.avec\_correspondance\_meme\_mode  
Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant

5

If yes offre\_en\_point\_d\_arret.avec\_correspondance\_autre\_mode  
Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant

6

If yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant  
Yes offre\_en\_tad.presence  
Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.diversifie

7

If yes offre\_tarifaire.attractive  
Yes offre\_tarifaire.combinee  
Then element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant

8

If yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.nombreux  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.diversifie  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant  
Then offre\_actuelle\_en\_transport.adequate

If yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.nombreux  
No element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.diversifie  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant  
Then offre\_actuelle\_en\_transport.inadequate  
If no element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.nombreux  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.diversifie  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant  
Then offre\_actuelle\_en\_transport.inadequate

If yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.nombreux  
Yes element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.diversifie  
No element\_de\_la\_desserte\_en\_transport\_collectif.satisfaisant  
Then offre\_actuelle\_en\_transport.inadequate

La propriété booléenne « bonne » ou « mauvaise » de la performance du système actuel est issue :

- d'une part modale de l'automobile inférieure ou égale à 57%
- d'une offre actuelle en transport adéquate (elle-même issue d'éléments de la desserte en transports collectifs nombreux et diversifiés) :

9

If  $\leq$  part\_modale\_de\_l\_automobile.pourcentage 57  
Yes offre\_actuelle\_en\_transport.adequate  
Then performance\_actuelle\_du\_systeme\_de\_transport.bonne



If  $\leq$  part\_modale\_de\_1\_automobile.pourcentage 57  
 No offre\_actuelle\_en\_transport.adequate  
 Then performance\_actuelle\_du\_systeme\_de\_transport.mauvaise

If  $>$  part\_modale\_de\_1\_automobile.pourcentage 57  
 Yes offre\_actuelle\_en\_transport.adequate  
 Then performance\_actuelle\_du\_systeme\_de\_transport.mauvaise

If  $>$  part\_modale\_de\_1\_automobile.pourcentage 57  
 No offre\_actuelle\_en\_transport.adequate  
 Then performance\_actuelle\_du\_systeme\_de\_transport.mauvaise

La propriété booléenne « fluidité » ou « congestion » du trafic urbain est issue de la vérification d'au moins une règle sur les deux suivantes :

- d'un nombre supérieur à 20 000 véhicules par jour sur la voie
- de la présence d'un point noir de circulation sur la voie :

10

If  $>$  tmja\_sur\_voirie\_principale.nombre\_vehicule\_par\_jour 20 000  
 No point\_noir\_de\_circulation.presence  
 Then element\_du\_trafic\_urbain.congestion

If  $>$  tmja\_sur\_voirie\_principale\_par\_jour.20 000  
 Yes point\_noir\_de\_circulation.presence  
 Then element\_du\_trafic.congestion

If  $\leq$  tmja\_sur\_voirie\_principale.nombre\_vehicule\_par\_jour 20 000  
 Yes point\_noir\_de\_circulation.presence  
 Then element\_du\_trafic\_urbain.congestion

If  $\leq$  tmja\_sur\_voirie\_principale.nombre\_vehicule\_par\_jour 20 000  
 No point\_noir\_de\_circulation.presence  
 Then element\_du\_trafic\_urbain.fluidite

La présence d'un foyer d'enseignement est issue de la présence de n'importe quel foyer : primaire, secondaire ou universitaire :

11

If yes foyer\_d\_enseignement\_primaire.presence  
 Then foyer\_d\_enseignement.presence

If yes foyer\_d\_enseignement\_secondaire.presence  
 Then foyer\_d\_enseignement.presence

If yes foyer\_d\_enseignement\_universitaire.presence  
 Then foyer\_d\_enseignement.presence

---

La présence d'un grand foyer de déplacement de population est issue de la présence de n'importe quel foyer d'enseignement ou de zone d'activité économique :

12

If yes foyer\_d\_enseignement.presence

Then grand\_foyer\_de\_deplacement\_de\_population.presence

13

If yes zone\_industrielle.presence

Then foyer\_d\_activite\_economique.presence

If yes zone\_commerciale.presence

Then foyer\_d\_activite\_economique.presence

14

If yes zone\_de\_loisir.presence

Then foyer\_d\_activite\_economique.presence

If yes foyer\_d\_activite\_economique.presence

Then grand\_foyer\_de\_deplacement\_de\_population.presence

Aménagements TC :

15

If yes voie\_reservee\_TC.presence

Then amenagement\_transport\_collectif.presence

Aménagements bicyclette : (la présence de bande cyclable suffit pour décréter qu'il y a un aménagement bicyclette)

16

If yes bande\_cyclable.presence

Yes stationnement\_bicyclette.presence

Then amenagement\_bicyclette.presence

If yes bande\_cyclable.presence

No stationnement\_bicyclette.presence

Then amenagement\_bicyclette.presence

If no bande\_cyclable.presence

Yes stationnement\_bicyclette.presence

Then amenagement\_bicyclette.presence

If no bande\_cyclable.presence

No stationnement\_bicyclette.presence

Then amenagement\_bicyclette.absence

## ANNEXE 10 :

Réponses injectées dans le modèle lors des simulations :

Indicateurs	BV1					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	< 3 ≤ 6	< 3 ≤ 6	≤ 3	≤ 3
Zone piétonne	oui	non	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	oui	oui	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	oui	non	non
Vascularisation	144%	93%	106%	78%	89%	96%
Direction	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%	1,83%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	oui	oui	oui	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	oui	oui	oui	non	non	non
Bande cyclable	oui	oui	non	oui	non	non
Stationnement bicyclette	oui	oui	non	non	non	non
Stationnement automobile	oui	oui	oui	non	non	non
TMJA sur voie principale	> 20 001	> 20 001	≤ 20 000	> 20 001	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	oui	oui	oui	non	non	non
Part modale de l'automobile	53%	53%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	oui	non	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	oui	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	oui	oui	oui	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	oui	oui	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	325	325	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	0,99	0,99	0,99	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV2			
	Classe 1	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	< 3 ≤ 6	< 3 ≤ 6	> 6
Zone piétonne	non	oui	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	non	oui	oui	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	non
Vascularisation	102%	66%	85%	96%
Direction	8,22%	8,22%	8,22%	8,22%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non	non
Stationnement bicyclette	non	non	non	non
Stationnement automobile	non	oui	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui
Espace vert	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	oui	oui	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

BV3			
Indicateurs	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	< 3 ≤ 6	> 6	≤ 3
Zone piétonne	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	non	non
Vascularisation	63%	98%	100%
Direction	7,06%	7,06%	7,06%
Connectivité	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non
Stationnement bicyclette	oui	non	non
Stationnement automobile	oui	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui
Espace vert	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	non
Covoiturage activé	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10

BV4			
Indicateurs	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	< 3 ≤ 6	< 3 ≤ 6	> 6
Zone piétonne	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	non	non	non
Vascularisation	68%	73%	111%
Direction	1,06%	1,06%	1,06%
Connectivité	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non
Stationnement bicyclette	non	non	non
Stationnement automobile	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui
Espace vert	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10



Indicateurs	BV5		
	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	> 6
Zone piétonne	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	oui	non
Grand foyer de déplacement de population	non	non	non
Vascularisation	81%	74%	92%
Direction	12,70%	12,70%	12,70%
Connectivité	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non
Stationnement bicyclette	non	non	non
Stationnement automobile	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui
Espace vert	oui	oui	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV6					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	< 3 ≤ 6	> 6	< 3 ≤ 6	> 6	> 6	≤ 3
Zone piétonne	non	oui	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	non	oui	non	non	non	non
Grand foyer de déplacement de population	non	oui	non	non	non	non
Vascularisation	21,2%	160%	102%	73%	85%	101%
Direction	5,06%	5,06%	5,06%	5,06%	5,06%	5,06%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non	oui	oui	oui
Stationnement bicyclette	non	non	non	non	non	non
Stationnement automobile	non	oui	non	oui	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	oui	oui	oui
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	non	oui	non	non	oui	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	non	oui	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV7				
	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	> 6	≤ 3	< 3 ≤ 6	≤ 3	≤ 3
Zone piétonne	non	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	non	non	non	oui	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	oui	non
Vascularisation	90%	110%	101%	100%	110%
Direction	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%	3,65%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non	non
Bande cyclable	oui	oui	oui	oui	non
Stationnement bicyclette	non	non	oui	non	non
Stationnement automobile	non	non	non	non	oui
TMJA sur voie principale	> 20 001	> 20 001	> 20 001	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	oui	non	non	oui	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	oui	non	oui	oui	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	oui	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	oui	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

BV8				
Indicateurs	Classe 1	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	> 6	≤ 3	< 3 ≤ 6	> 6
Zone piétonne	oui	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	non	oui	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	non	non
Vascularisation	130%	74%	82%	92%
Direction	1,32%	1,32%	1,32%	1,32%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non	non
Stationnement bicyclette	oui	non	non	non
Stationnement automobile	oui	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	> 20 001	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui
Espace vert	oui	oui	oui	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

BV9					
Indicateurs	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	< 3 ≤ 6	> 6	≤ 3
Zone piétonne	non	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	non	oui	non	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	non	non	non
Vascularisation	137%	135%	77%	72%	112%
Direction	7,92%	7,92%	7,92%	7,92%	7,92%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non	non	non
Stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Stationnement automobile	oui	oui	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	non	oui	non	oui	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	non	non	non
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV10				
	Classe 1	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	> 6	< 3 ≤ 6	> 6	≤ 3
Zone piétonne	oui	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	non	non	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	non	non	non	non
Vascularisation	135%	122%	71%	87%	101%
Direction	2,58%	2,58%	2,58%	2,58%	2,58%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	oui	non	oui	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non	non
Bande cyclable	oui	oui	oui	oui	oui
Stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Stationnement automobile	oui	non	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	non	non
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	non	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	610	610	610	610	610
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV11					
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	< 3 ≤ 6	> 6	≤ 3	≤ 3
Zone piétonne	oui	non	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Tissu urbain continu mixte	Bâti vertical dispersé	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	oui	oui	oui	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Vascularisation	253%	91%	90%	76%	85%	91%
Direction	4,64%	4,64%	4,64%	4,64%	4,64%	4,64%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	oui	oui	oui	non	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	oui	non	non	non	non	non
Bande cyclable	non	oui	non	oui	non	non
Stationnement bicyclette	oui	non	oui	non	non	non
Stationnement automobile	oui	oui	oui	non	non	oui
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	> 20 001	> 20 001	> 20 001	> 20 001	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	oui	non	oui	non
Part modale de l'automobile	57%	57%	57%	57%	57%	57%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	oui	non	oui	oui	oui	oui
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	oui	non	oui	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	oui	oui	oui	oui	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	oui	oui	oui	oui	oui	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	oui	non	non	non
Densité des points d'arrêt	1150	1150	1150	1150	1150	1150
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22	1,22
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10

Indicateurs	BV12				
	Classe 1	Classe 2	Classe 4	Classe 5	Classe 6
Pente	≤ 3	≤ 3	< 3 ≤ 6	> 6	≤ 3
Zone piétonne	oui	non	non	non	non
Structure spatio-morphologique du bâti	Bâti dense et vertical	Tissu urbain continu mixte	Habitat pavillonnaire	Lotissement isolé	Villa isolée
Foyer d'enseignement	non	non	oui	non	non
Grand foyer de déplacement de population	oui	oui	oui	oui	non
Vascularisation	117%	101%	63%	89%	97%
Direction	4,31%	4,31%	4,31%	4,31%	4,31%
Connectivité	< 5	< 5	< 5	< 5	< 5
Voie réservée TC	non	non	non	non	non
Feu tricolore	oui	oui	oui	oui	oui
Sens unique	non	non	oui	non	non
Trottoir	oui	oui	oui	oui	oui
Zone 30	non	non	non	non	non
Bande cyclable	non	non	non	non	non
Stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Stationnement automobile	oui	non	non	non	non
TMJA sur voie principale	≤ 20 000	≤ 20 000	> 20 001	≤ 20 000	≤ 20 000
Point noir de circulation	non	non	non	non	oui
Part modale de l'automobile	69%	69%	69%	69%	69%
Offre tarifaire TC attractive	oui	oui	oui	oui	oui
Offre tarifaire TC combinée	oui	oui	oui	oui	oui
Espace vert	non	non	oui	oui	oui
Point d'arrêt avec stationnement bicyclette	non	non	non	non	non
Point d'arrêt avec stationnement automobile	oui	non	non	non	non
Point d'arrêt avec correspondance même mode	non	oui	oui	non	non
Point d'arrêt avec correspondance autre mode	non	non	non	non	non
Densité des points d'arrêt	610	610	610	610	610
TAD Activé	oui	oui	oui	oui	non
Covoiturage activé	oui	oui	oui	oui	oui
Station d'autopartage	non	non	non	non	non
Taux de motorisation du ménage	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Motif de déplacement achats	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire	Minoritaire
Portée du déplacement à bicyclette	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5	≤ 5
Portée du déplacement en MAP	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2	≤ 2
Portée du déplacement totale	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10	≥ 10



## ANNEXE 11 :

Résultats bruts en sortie du logiciel Smart Elements pour la classe de bâti 1 du BV n°2 :  
« case status » :

```

RELEVANT DATA
Data          Value
AB.val        0
AB.trouve     True
ATC.val       0
ATC.trouve    True
bande_cyclable.presence  False
C.val         2
C.trouve      True
connectivite.superieure_ou_egale_a_5 4
connectivite.faible      True
D.val         1
D.trouve      True
direction.homogene      True
direction.coefficient_de_variation_en_pourcentage 8.22
EDTU.val      1
EDTU.trouve   True
EV.val        0
EV.trouve     True
feu_tricolore.presence  True
foyer_d_enseignement_primaire.presence  False
foyer_d_enseignement_secondaire.presence  False
foyer_d_enseignement_universitaire.presence  False
FT.val        1
FT.trouve     True
GFDP.val      1
GFDP.trouve   True
MDA.val       1
MDA.trouve    True
MDAMAJ.val    0
MDAMAJ.trouve True
motif_de_deplacement_achat.part_en_pourcentage 49.0
motif_de_deplacement_achat.minoritaire True
motif_de_deplacement_achat.majoritaire False
OAT.val       0
OAT.trouve    True
offre_en_point_d_arret.densite 1150.0
offre_en_point_d_arret.avec_stationnement_bicyclette False
offre_en_point_d_arret.avec_stationnement_automobile True
offre_en_point_d_arret.avec_correspondance_meme_mode False
offre_en_point_d_arret.avec_correspondance_autre_mode False
offre_en_tad.presence      True
offre_tarifaire.combinee   True
offre_tarifaire.attractive True
part_modale_de_l_automobile.pourcentage 69.0
PAST.val      0
PAST.trouve   True
PASTM.val     3
PASTM.trouve  True
PDD.val       3
PDD.trouve    True
pente.moyenne      False
pente.faible       True
pente.declivite_en_pourcentage 2.0
point_noir_de_circulation.presence  False

```



```

portee_du_deplacement_a_bicyclette.nombre_de_km 4
portee_du_deplacement_totale.nombre_de_km 12
SC.val 3
SC.trouve True
sens_unique.presence False
service_autopartage.active False
service_covoiturage.active True
SSMB1AP.val 3
SSMB1AP.trouve True
SSMB1VP.val 0
SSMB1VP.trouve True
SSMB2.val 0
SSMB2.trouve True
SSMB3.val 0
SSMB3.trouve True
SSMB4.val 0
SSMB4.trouve True
SSMB5.val 0
SSMB5.trouve True
SSMB5TC.val 1
SSMB5TC.trouve True
SSMB6.val 0
SSMB6.trouve True
SSMB6TC.val 1
SSMB6TC.trouve True
stationnement_bicyclette.presence False
SU.val 2
SU.trouve True
tmja_sur_voirie_principale.nombre_vehicule_par_jour 20000
TMMFA.val 0
TMMFA.trouve True
TMMFO.val 2
TMMFO.trouve True
trottoir.presence True
vascularisation.pourcentage 102.0
vascularisation.forte False
voie_reservee_TC.presence False
VRTC.val 0
VRTC.trouve True
Z30.val 0
Z30.trouve True
zone_30.presence False
zone_commerciale.presence True
zone_de_loisir.presence True
zone_industrielle.presence True
zone_pietonne.presence False
ZP.val 0
ZP.trouve True

```

#### RELEVANT HYPOTHESES AND CONCLUSIONS

```

Hypothesis Status
AB.trouve True
amenagement_bicyclette.absence True
amenagement_bicyclette.presence False
amenagement_transport_collectif.presence False
ATC.trouve True
automobile.favorable False
automobile.inadequat False
automobile.possible False
automobile.tres_favorable True
autopartage.favorable False

```

```

autopartage.inadequat      True
autopartage.possible       False
autopartage.tres_favorable False
bicyclette.favorable      False
bicyclette.inadequat      False
bicyclette.possible       False
bicyclette.tres_favorable  True
bus_cycliste.favorable    False
bus_cycliste.inadequat    False
bus_cycliste.possible     True
bus_pedestre.favorable    False
bus_pedestre.inadequat    True
bus_pedestre.possible     False
bus_pedestre.tres_favorable False
C.trouve                   True
connectivite.faible       True
covoiturage.favorable     True
covoiturage.inadequat    False
covoiturage.possible     False
covoiturage.tres_favorable False
D.trouve                   True
direction.homogene        True
EDTU.trouve               True
element_de_la_desserte_en_transport_collectif.diversifie True
element_de_la_desserte_en_transport_collectif.nombreux True
element_de_la_desserte_en_transport_collectif.satisfaisant True
element_du_trafic_urbain.congestion False
element_du_trafic_urbain.fluidite True
EV.trouve                 True
foyer_d_activite_economique.presence True
foyer_d_enseignement.presence False
FT.trouve                 True
GFDP.trouve               True
grand_foyer_de_deplacement_de_population.presence True
intermodalite.favorable   False
intermodalite.inadequat   True
intermodalite.possible    False
intermodalite.tres_favorable False
marche_a_pied.favorable   False
marche_a_pied.inadequat   True
marche_a_pied.possible    False
marche_a_pied.tres_favorable False
MDA.trouve                True
MDAMAJ.trouve             True
motif_de_deplacement_achat.majoritaire False
motif_de_deplacement_achat.minoritaire True
motorisation_du_menage.faible False
motorisation_du_menage.fort True
OAT.trouve                True
offre_actuelle_en_transport.adequate True
offre_actuelle_en_transport.inadequate False
PAST.trouve               True
PASTM.trouve              True
PDD.trouve                True
pente.faible              True
pente.moyenne             False
performance_actuelle_du_systeme_de_transport.bonne False
performance_actuelle_du_systeme_de_transport.mauvaise True
pratique_autopartage.calcule True
pratique_autopartage.possible False
pratique_covoiturage.calcule True

```

---

```
pratique_covoiturage.possible True
pratique_intermodalite.calculé True
pratique_intermodalite.possible False
SC.trouve True
SSMB1AP.trouve True
SSMB1VP.trouve True
SSMB2.trouve True
SSMB3.trouve True
SSMB4.trouve True
SSMB5.trouve True
SSMB5TC.trouve True
SSMB6.trouve True
SSMB6TC.trouve True
SU.trouve True
TMMFA.trouve True
TMMFO.trouve True
transport_a_la_demande.favorable False
transport_a_la_demande.inadequat True
transport_a_la_demande.possible False
transport_a_la_demande.tres_favorable False
transport_collectif.favorable False
transport_collectif.inadequat False
transport_collectif.possible False
transport_collectif.tres_favorable True
utilisation_automobile.calculé True
utilisation_automobile.possible True
utilisation_bicyclette.calculé True
utilisation_bicyclette.possible True
utilisation_marche_a_pied.calculé True
utilisation_marche_a_pied.possible False
utilisation_parking_relais.possible False
utilisation_transport_a_la_demande.calculé True
utilisation_transport_a_la_demande.possible False
utilisation_transport_collectif.calculé True
utilisation_transport_collectif.possible True
vascularisation.forte False
vascularisation.moyenne True
VRTC.trouve True
Z30.trouve True
ZP.trouve True
```

## ANNEXE 12 :

Résultats bruts consignés sous Excel pour les 55 sous-systèmes territoriaux<sup>3</sup> :

BV1C1		BV1C2		BV1C3	
Automobile	inadequat	Automobile	P-F	Automobile	P-F
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	P-F-TF	Covoiturage	P-F-TF
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	P-F-TF	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	P-F-TF	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV1C4		BV1C5		BV1C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F	Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F	TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV2C1		BV2C4	
Automobile	P-F-TF	Automobile	inadequat
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	P	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV2C5		BV2C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

<sup>3</sup> P : possible  
F : favorable  
TF : très favorable

BV3C4		BV3C5		BV3C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV4C4		BV4C5		BV4C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV5C4		BV5C5		BV5C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	P	Bus cycliste	P	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	P-F	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV6C1		BV6C2		BV6C3	
Automobile	P-F	Automobile	inadequat	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	P-F	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	inadequat	TC	P-F-TF	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV6C4		BV6C5		BV6C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	P-F
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	inadequat	TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV7C2		BV7C3		BV7C4	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	P-F	Covoiturage	P-F
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F	TC	P-F	TC	P-F
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV7C5		BV7C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F	Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV8C1	
Automobile	inadequat
Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat

BV8C4	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	P-F
Utilisation P+R	inadequat

BV8C5	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	P-F
Utilisation P+R	inadequat

BV8C6	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat

BV9C2	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF
Bus cycliste	P
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat

BV9C3	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF
Bus cycliste	P
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat

BV9C4	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat

BV9C5	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat

BV9C6	
Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat
TAD	inadequat
TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat



BV10C1		BV10C3		BV10C4	
Automobile	inadequat	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	P-F	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	P-F-TF	TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV10C5		BV10C6	
Automobile	P-F-TF	Automobile	inadequat
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat
TC	inadequat	TC	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat

BV11C1		BV11C2		BV11C3	
Automobile	inadequat	Automobile	inadequat	Automobile	P-F
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	P-F	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	P-F	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	P-F-TF
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	P-F-TF	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	P-F
TC	P-F-TF	TC	P-F-TF	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	P

BV11C4		BV11C5		BV11C6	
Automobile	P-F	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F	Bicyclette	P-F-TF
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	P
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F-TF	Covoiturage	P-F-TF	Covoiturage	P-F-TF
Intermodalité	P-F-TF	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	P-F-TF
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	P-F	TAD	P-F	TAD	P-F
TC	P-F-TF	TC	P-F	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	P	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	P

BV11C1		BV11C2		BV11C3	
Automobile	inadequat	Automobile	inadequat	Automobile	P-F
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	P-F-TF	Bicyclette	inadequat
Bus cycliste	P-F	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat
Bus pédestre	P-F	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	inadequat	Covoiturage	inadequat	Covoiturage	P-F-TF
Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	inadequat
MAP	P-F-TF	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	inadequat	TAD	inadequat	TAD	P-F
TC	P-F-TF	TC	P-F-TF	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	P

BV11C4		BV11C5		BV11C6	
Automobile	P-F	Automobile	P-F-TF	Automobile	P-F-TF
Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat	Autopartage	inadequat
Bicyclette	inadequat	Bicyclette	P-F	Bicyclette	P-F-TF
Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	inadequat	Bus cycliste	P
Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat	Bus pédestre	inadequat
Covoiturage	P-F-TF	Covoiturage	P-F-TF	Covoiturage	P-F-TF
Intermodalité	P-F-TF	Intermodalité	inadequat	Intermodalité	P-F-TF
MAP	inadequat	MAP	inadequat	MAP	inadequat
TAD	P-F	TAD	P-F	TAD	P-F
TC	P-F-TF	TC	P-F	TC	P-F-TF
Utilisation P+R	P	Utilisation P+R	inadequat	Utilisation P+R	P







BV12C6		
MODE	1ère simulation	2ème simulation
Automobile	P-F-TF	P-F-TF
Autopartage	inadequat	inadequat
Bicyclette	P-F	P-F
Bus cycliste	inadequat	inadequat
Bus pédestre	inadequat	inadequat
Covoiturage	inadequat	inadequat
Intermodalité	inadequat	inadequat
M AP	inadequat	inadequat
T AD	inadequat	inadequat
TC	inadequat	inadequat
Utilisation P+R	inadequat	inadequat

**ANNEXE 14 :**

## Présentation du projet « Autos Bleus » de NCA :

Sur le même principe que les Vélos Bleus, la ville de Nice devrait se doter d'une flotte de voitures électriques en libre service dès le début 2011.

L'annonce a été effectuée le 2 avril 2010 par Christian Estrosi, ministre de l'Industrie et maire de Nice.

D'ici la fin 2011, 70 stations seront disponibles sur l'ensemble du territoire de la communauté urbaine. Afin de tester le système, il y en aura 17 dès le premier trimestre 2011, disséminées à Nice, Cagnes-sur-Mer et Saint-Laurent-du-Var. « Chaque station comportera cinq emplacements, dont deux réservés aux particuliers : je leur avais promis la gratuité du stationnement des voitures électriques », souligne Christian Estrosi.

Le service sera accessible par un système d'abonnement mensuel d'un montant de 15 € auquel il conviendra d'ajouter 10 euros pour chaque heure d'utilisation. « Dans un premier temps, il faudra ramener la voiture là où on l'aura prise », précise le ministre-maire. Une contrainte qui pourrait s'effacer à l'avenir : « Nous nous donnons un an d'expérimentation, après quoi il sera peut-être possible d'assouplir le fonctionnement. »

Au total 3,5 millions devraient être investis, dont 2,1 millions alloués par les Ministères de l'Industrie et de l'Ecologie.

Planning :

Avril 2010 : Lancement appel d'offres pour la Délégation de service public  
Décembre 2010 : début d'exécution du contrat (10 ans)

1er trimestre 2011 : Inauguration de la phase de test avec 50 véhicules électriques

2<sup>ème</sup> semestre 2011 : Mise en place progressive des 150 véhicules électriques restants

**Source : Site Web de l'association AVEM (Avenir du Véhicule Electrique Méditerranéen), 2010.**



Les véhicules électriques en libre-service en France :

Source : Site Web de l'association AVEM (Avenir du Véhicule Electrique Méditerranéen), 2010.

Le service Cité Vu à Antibes ne fonctionne pas avec une station formelle, les véhicules sont stationnés en différents lieux de l'hypercentre et sont ainsi à la disposition des usagers.

**ANNEXE 15 :**

Extraits du PDU de la CASA arrêté le 29 Janvier 2007 en Conseil Communautaire<sup>4</sup> :

**PROMOUVOIR LES TRANSPORTS COLLECTIFS :****Créer un lien en transport collectif structurant Nord-Sud**

Tous les documents de planification (DTA, Projet d'agglomération, SCOT, PDU Sillages) ont souligné la nécessité de renforcer les liens Nord-Sud dans la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis par la création d'un TCSP entre Antibes et la Technopole Sophia Antipolis. Deux objectifs sont assignés au système à mettre en place :

- assurer une desserte rapide du Parc de Sophia Antipolis depuis la gare ferroviaire d'Antibes, comme une continuité de voie ferrée ;
- desservir largement la population qui se trouve sur l'axe de ce TCSP

Pour accueillir ce TCSP et garantir son succès, en particulier dans une démarche d'intermodalité avec le réseau TER dont les fréquences seront renforcées par la création de la 3<sup>ème</sup> voie ferrée ainsi qu'avec le réseau TAM, il est nécessaire de connecter au mieux ces réseaux. C'est pourquoi l'un des projets majeurs du PDU est la création d'un véritable pôle d'échanges à la gare d'Antibes. Ce pôle a pour objectif d'offrir un lieu interconnecté de mobilité où chacun pourra trouver les modes de transport nécessaires à leur destination. L'ouverture des gares pour rendre les quais plus accessibles constitue un enjeu fondamental pour le développement et l'usage du TER notamment pour les futurs usagers des trains à grande vitesse.

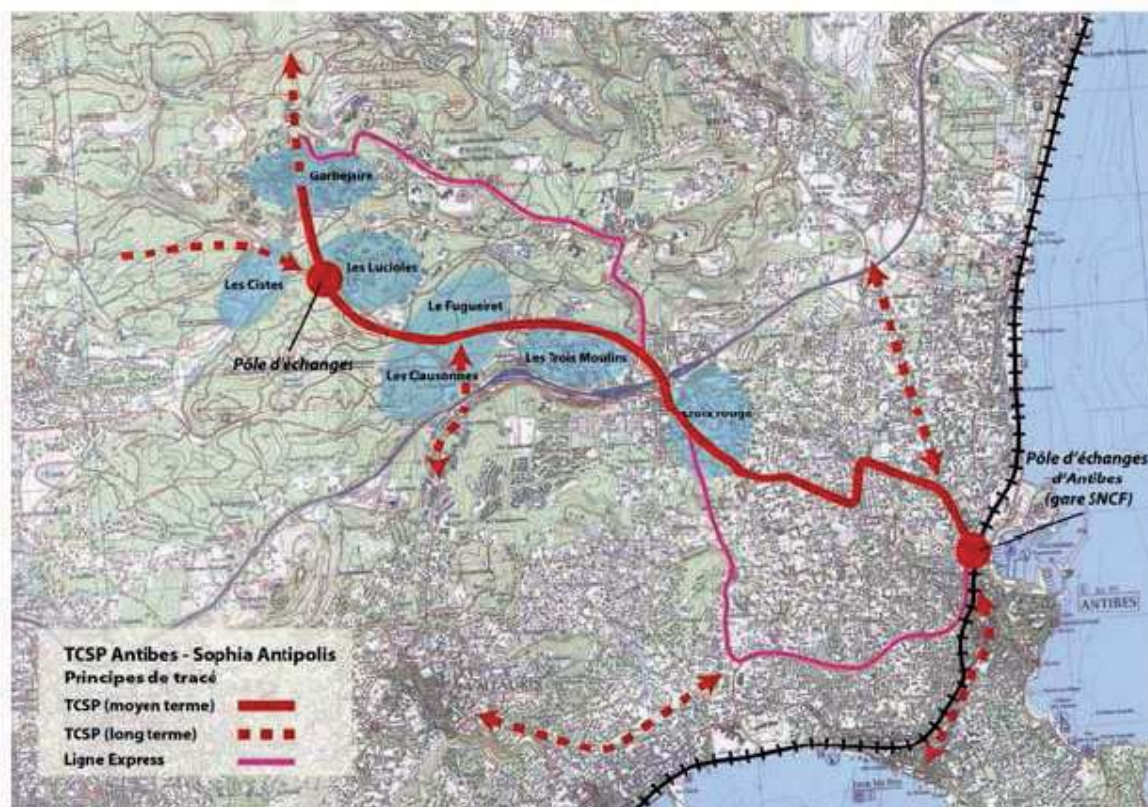
En termes de capacité du mode de transport, la densité de population dans les corridors étudiés ne justifie pas à l'heure actuelle d'utiliser autre chose qu'un bus en site propre. Toutefois, des matériels roulants permettant une modulation de capacité et un gabarit plus étroit permettraient d'offrir un service plus ambitieux que de simples bus. Dans un premier temps, et pour préparer au mieux l'avenir, la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis mettra rapidement en place une ligne express reliant le pôle d'échanges d'Antibes et la Technopole via la RD35 bis.

A terme, le système global de transport collectif Antibes - Sophia Antipolis, viendra renforcer et compléter cette ligne express. Les corridors étudiés laissent possibles différentes solutions qui permettent d'envisager plusieurs scénarii de structuration du territoire autour d'axes forts de transport collectif. Le projet de TCSP entre la gare d'Antibes et le parc de Sophia et la valorisation des gares imposera une modification structurelle du réseau actuel Envibus.

La continuité d'un axe fort vers le haut pays de la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis à plus long terme devra être étudiée.

---

<sup>4</sup> Partie III- ENJEUX et OBJECTIFS : Pour une mobilité ouverte à tous et respectueuse de la qualité de vie.  
Sous-section : Les objectifs du Plan de Déplacements Urbains (pages 41-44).



*Schéma des corridors des TCSP*

### **Développer l'intermodalité**

Les différents réseaux de transport doivent à terme fonctionner comme un système global de transport. Pour les usagers, l'accès aux différents opérateurs doit devenir ouvert et possible avec un même titre : c'est l'objet du développement de la billettique. Mais cet objectif ne peut être réalisé que si physiquement les connexions entre les réseaux s'effectuent dans des conditions confortables et sûres. Réaliser des pôles d'échanges bien structurés et ouverts à tous les réseaux de transports collectifs devient un enjeu fort d'efficacité et de performance des réseaux. Pour atteindre cet objectif, la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis fait de la réalisation des pôles d'échanges une priorité, à commencer par le Pôle d'échanges d'Antibes.

### **Réaliser le Pôle d'échanges d'Antibes**

Le pôle d'échanges d'Antibes représente un enjeu stratégique pour les transports collectifs de la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis et une priorité pour le PDU. Il permettra de renforcer la synergie entre tous les modes de transports :

- Entre les transports urbains et départementaux,
- Entre les transports routiers et ferroviaires,
- Entre les transports collectifs et les transports individuels (les vélos, les voitures...)

Le développement des transports collectifs de la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis sera renforcé en tirant le meilleur parti de la voie ferrée littorale et représente un potentiel considérable. Le projet de « troisième voie littorale » inscrit au contrat de plan Etat-Région va permettre d'augmenter l'offre TER et ainsi la doubler. Ce projet constitue un enjeu fondamental pour la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis desservi par 5



gares. La présence de la voie ferrée constitue un axe structurant du réseau de transport public de la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis qui œuvre à la réalisation de ce projet. La mise en place de TER aux quarts d'heures dans toutes les gares de Cannes à Menton et la réalisation de pôles intermodaux à chaque gare aidera largement aux changements des comportements.

Par ailleurs, la CASA, n'étant plus, à terme, desservie par les trains LGV sur ses gares, doit œuvrer grandement au développement des TER et à leur très bonne connexion avec les horaires des trains LGV en gares de Cannes et Nice.

Ces projets seront complétés par une information multimodale, la vente tous titres et une accessibilité renforcée qui offriront à l'utilisateur un grand confort et une sérénité maximale dans ses déplacements.



### *Mieux organiser les lieux d'échanges de transports publics*

Des pôles d'échanges seront aménagés pour renforcer la synergie entre les réseaux de transport afin de concevoir à terme un système global de transport sur la Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis et ouvert sur l'extérieur. Un point de convergence des lignes des réseaux Envibus et TAM sera créé au niveau de la technopole sophilopolitaine. Il préfigurera le pôle d'échanges nécessaire pour le TCSP Antibes – Sophia Antipolis.

Les pôles organisés en lien avec les quatre gares TER contribueront à accroître le rayonnement des gares, en améliorant les points d'accès à celles-ci et par la création d'offre nouvelle de stationnement (parcs-relais).

De manière plus diffuse, des parcs-relais seront créés à quelques arrêts des lignes de bus structurantes.

Pour exploiter au maximum les améliorations de desserte ferroviaire et routière en transport public de ces lieux de convergence, l'ouverture des gares par plusieurs points d'accès aux quais pour les piétons constitue un besoin impératif.

Les deux fiches-projets du TCSP extraites du PDU de la CASA (pages 74-76) :

Partie IV- Programme d'Actions : une définition précise des actions par fiche pour une meilleure lisibilité.

PDU CASA

Fiche n°4

## A. AMELIORER L'ACCESSIBILITE DU TERRITOIRE EN FAVORISANT LES MODES ALTERNATIFS A LA VOITURE

### 1- PROMOUVOIR LES TRANSPORTS COLLECTIFS

#### 1.1 EN AMELIORANT LA QUALITE DU SERVICE RENDU AUX USAGERS

##### Créer une ligne express entre Antibes et le parc de Sophia Antipolis

###### Lien(s) :

- Fiche n°3 : Améliorer les temps de parcours
- Fiche n°5 : Réaliser un transport collectif en site propre (TCSP)
- Fiche n°11 : Réaliser le pôle d'échanges de la technopole sophilopolitaine
- Fiche n°13 : Créer ou identifier des offres de P+R et covoiturage liées aux transports collectifs et du stationnement à proximité des centres urbains



###### Enjeux

Assurer une continuité depuis la ligne ferroviaire vers le pôle d'emplois majeur de l'agglomération et relier le nord d'Antibes à son centre ville

Permettre des gains de temps de parcours sur des liaisons structurantes du réseau ENVIBUS

Offrir une desserte très rapide vers le centre d'Antibes pour favoriser la fréquentation du réseau ENVIBUS

###### Actions

Mettre en place une desserte express entre la gare SNCF d'Antibes et le parc d'activités de Sophia Antipolis avec une fréquence au quart d'heure

###### Suites à donner

Réaliser des études d'aménagement des carrefours et giratoires pour accorder la priorité de passage des véhicules, en tant que de besoin

Lancer des études d'aménagement des points d'arrêts et parcs relais potentiels

###### Maîtrise d'Ouvrage Principale (MOP)

Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis au titre de sa compétence transport

###### Partenaires

Conseil Général des Alpes Maritimes au titre de sa compétence voirie

Communes au titre de leurs compétences voirie

###### Echéances

CT

###### Estimations financières prévisionnelles (en HT)

1 800K€ H.T. : acquisition de véhicules

###### Indicateur(s) de suivi

Nombre de véhicules affectés à ce service

Nombre de rotation établie

Nombre d'usagers

Temps de parcours de la ligne





## A. AMELIORER L'ACCESSIBILITE DU TERRITOIRE EN FAVORISANT LES MODES ALTERNATIFS A LA VOITURE

### 1- PROMOUVOIR LES TRANSPORTS COLLECTIFS

#### 1.1 EN AMELIORANT LA QUALITE DU SERVICE RENDU AUX USAGERS

##### Réaliser un transport collectif en site propre (TCSP)

###### Lien(s) :

- Fiche n°3 : Améliorer les temps de parcours
- Fiche n°4 : Créer une ligne express entre Antibes et le parc de Sophia Antipolis
- Fiche n°7 : Réaliser la troisième voie ferrée le long du littoral
- Fiche n°10 : Réaliser le pôle d'échanges de la gare ferroviaire d'Antibes
- Fiche n°11 : Réaliser le pôle d'échanges de la technopole sophilopolitaine
- Fiche n°13 : Créer ou identifier des offres de P+R et covoiturage liées aux transports collectifs et du stationnement à proximité des centres urbains



###### Enjeux

Renforcer l'attractivité, l'accessibilité et l'image de la Technopôle par une desserte efficace du parc au départ de la gare ferroviaire d'Antibes pour rejoindre le parc de Sophia Antipolis  
 Permettre une bonne desserte de l'agglomération pour les habitants  
 Etre un outil au service de l'aménagement et de la structuration durable du territoire  
 Solidariser le Moyen Pays avec le Littoral  
 Assurer une très bonne interface TER – LGV dans les gares de Cannes et de Nice St Augustin pour la desserte d'Antibes-Sophia Antipolis

###### Actions

Mise en liaison, la gare ferroviaire d'Antibes à la Technopôle par un transport collectif en site propre et poursuite de la desserte vers le haut pays et la ligne ferroviaire Cannes – Grasse au bénéfice d'un réseau, en TCSP

###### Suites à donner

Etudes et débuts de travaux pour la réalisation de sites propres sur les secteurs sans contraintes particulières (CT) et sur les points plus délicats (Passage de l'autoroute...), MT et LT  
 Etudes d'opportunité et de faisabilité et travaux pour les développements futurs du TCSP (Sophia Antipolis, vers la ligne Cannes Grasse, vers le Nord de l'Agglomération...) : MT/LT

###### Maitrise d'ouvrage principale (MOP)

Communauté d'Agglomération Sophia Antipolis au titre de sa compétence transport

###### Partenaires

Etat - Conseil Régional PACA - Conseil Général des Alpes-Maritimes et Communes au titre de leurs compétences voirie et/ou transport - SYMISA - ADEME

###### Echéances

CT / MT / LT

###### Estimations financières prévisionnelles (en HT)

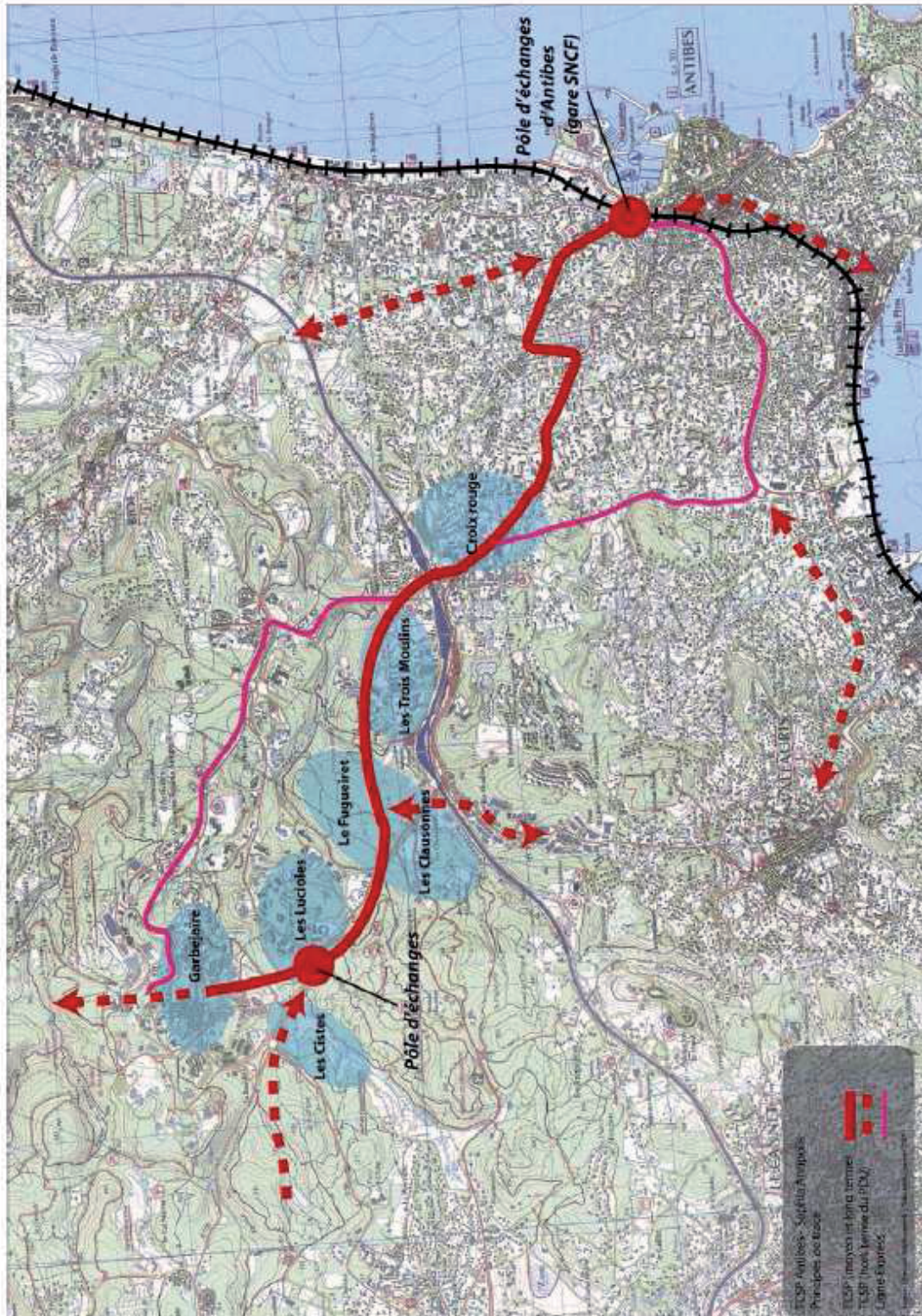
20 000K€ à l'échelle du PDU pour le lancement des phases d'études et de début de réalisation du TCSP  
 Le coût total est estimé à 100 000K€ pour un système de bus en site propre avec une réalisation allant au-delà des 10 ans du PDU

###### Indicateur(s) de suivi

Evolution de la clientèle des transports collectifs, Evolution des temps de parcours TC sur le site propre  
 Evolution des temps de parcours par origine/destination pour les trajets utilisant le TCSP en rabattement  
 Mesures comparatives de la qualité de l'air et du bruit sur l'axe du TCSP



PDU CASA





## ANNEXE 16 :

### Définition du Bus à Haut Niveau de Service :

Le terme **BHNS (Bus à Haut Niveau de Service)** fut employé en France dans les années 1990 pour désigner :

- Des lignes de bus à très grande **fréquence** (5 à 10 mn en heures pleines et moins de 15mn en heures creuses)
- Une **amplitude** d'horaire élevée : 5h30 - 0h30
- Des aménagements de **voirie** ponctuels
- Quelques priorités aux feux

### L'origine du terme "BHNS" :

Ce terme a été utilisé à Dijon (*Kéolis*), Grenoble (*Transdev*) ou encore Amiens (*Veolia Transport*) pour désigner les lignes structurantes d'un **réseau**. La plupart des villes de plus de 200 000 habitants étant aujourd'hui en cours d'équipement en **tramway**, il a fallu pour les autres, et ce notamment afin de pallier les diminutions des subventions de l'État français aux transports en commun, chercher des solutions « innovantes » à moindre coût.

C'est ainsi que l'on a redécouvert les bienfaits des Bus Rapid Transit (BRT) d'Amérique du **Nord** et du **Sud**, composés principalement de lignes express d'**autobus** utilisant des voies réservées sur **autoroute**, aux États-Unis et au Canada, ou bien de larges voies, au Brésil et en Équateur.

Ce concept (en partie présent en France dès les années 1970 dans la conception de la ville nouvelle d'Évry, puis repris en 1990 avec le Trans-Val-de-Marne) eu du succès dans les années 2000. Actuellement un certain **nombre** de villes ont mis en place ou projettent ce système de transport, comme Rouen avec *TEOR* en lieu et place d'une **seconde phase** de tramway jugée trop coûteuse, Nice en préfiguration de la seconde ligne, Nantes avec le *Busway* inauguré le 4 novembre 2006, et projeté également à Metz. Grenoble y réfléchit d'ailleurs pour sa ligne 1 mise en **site propre** en 1998 avec des couloirs bus latéraux et envisage de l'équiper de **trolleybus** bi-articulés. En Île-de-France, le plan de **déplacement** urbain a lancé le **projet** Mobilien qui a pour ambition de mettre en place un réseau structurant de près de 150 lignes.

Le CERTU a d'ailleurs profité de l'engouement français pour le BHNS pour publier en 2006 un ouvrage sur la question recensant ses principales caractéristiques décrites ci-après. Les nouveaux **Bus à Haut Niveau de Service (BHNS)**, se rapprochent désormais plus des BRT que des anciens couloirs bus utilisés par une multitude de lignes.

En effet **Bus Rapid Transit (BRT)** est désormais un terme donné à une multitude de systèmes de **transport en commun** qui doivent au moins regrouper les caractéristiques suivantes :

- 70 % de l'infrastructure en site propre ;
- une à quatre lignes dédiées maximum sauf cas particulier (*TransMilenio* difficilement transposable en **Europe** compte tenu des gabarits nécessaires) ;
- des stations aménagées avec caisses automatiques incorporées ;
- des véhicules spécifiques guidés ou non ;
- une image différente du reste du système classique de transport bien qu'intégrée avec celui-ci.

L'objectif est, pour beaucoup de villes (Saint-Denis - Réunion - Saint-Denis par exemple), de tendre progressivement à ce mode de transport par des améliorations progressives des infrastructures :

- 70 % de l'infrastructure en site propre ;
- des fréquences et des horaires similaires à ceux d'un tramway (Curitiba) voire d'un **métro** (le TransMilenio à Bogota) ;
- des autobus à plancher bas dotés de portes à ouverture inversée (*si quai central*) voire des deux côtés ;
- de la vente de titre de transport en station, soit par distributeur **automatique**, soit par du personnel comme à Bogota.

Chaque BHNS varie d'une ville à l'autre mais beaucoup d'entre eux partagent ces critères.

**Source : Site web [www.techno-science.net](http://www.techno-science.net)**

## LISTE DES FIGURES

### PARTIE I

#### **Chapitre Premier :**

Figure 1 : Un territoire, trois facettes.....	27
Figure 2 : La boucle de rétroaction qui anime les territoires.....	29
Figure 3 : Le système territorial et le système de transport, quelles interrelations ?.....	32
Figure 4: <i>Public transportation modal split and urban density in global cities in 1990</i> .....	35
Figure 5 : Etalement urbain et choix modaux.....	36
Figure 6 : Les trois facettes du système territorial sont en relation avec la mobilité.....	38
Figure 7 : Efficacité allouée par les trois facettes du territoire à chaque mode de transport...	41
Figure 8 : Les systèmes de transport sont désormais acteurs de la durabilité.....	48

#### **Chapitre 2 :**

Figure 9 : Impact des prix des carburants sur l'usage de la voiture.....	56
Figure 10 : Plusieurs facteurs concomitants peuvent-ils mener à l'adhésion des populations ?.....	57
Figure 11 : La boîte noire des processus d'adhésion aux transports durables.....	57
Figure 12 : Boucle de rétroaction positive entraînant la croissance de l'adhésion à la mobilité durable.....	58
Figure 13 : Les interrelations entre espace et société.....	59

#### **Chapitre 3 :**

Figure 14 : Champ sémantique autour de la Méditerranée.....	74
Figure 15 : Exemples de couplages.....	76
Figure 16 : Modélisation conceptuelle : graphe causal des relations entre les deux sous-systèmes spatiaux de la Côte d'Azur.....	78
Figure 17 : Les formes de réseaux les plus fréquentes.....	79
Figure 18 : L'itinéraire routier pour rejoindre Falicon à partir de Colomars.....	80
Figure 19 : La motorisation de la population dans les villes internationales.....	81
Figure 20 : L'offre annuelle de service de TC par habitant dans les villes internationales.....	82

### PARTIE II

#### **Chapitre 4 :**

Figure 21 : Composantes élémentaires identifiées en fonction de la problématique.....	96
Figure 22 : Eléments pris en compte dans l'analyse de la configuration actuelle du système de transports.....	98
Figure 23 : Le modèle conceptuel de la démarche mise en œuvre.....	101
Figure 24 : Les méthodes et outils mobilisés.....	105
Figure 25 : L'interface du logiciel Micromorph.....	108
Figure 26 : L'expert médiateur entre la connaissance et la décision.....	112

## Chapitre 5 :

Figure 27 : Le champ d'étude dans son contexte français et méditerranéen.....	116
Figures 28 : Occupation du sol du champ d'étude dans son contexte maralpin.....	116
Figure 29 : Une zone d'étude située dans un contexte de littoralisation.....	117
Figure 30 : Modèle numérique de terrain généré à partir de la BD Alti® de l'IGN, 2001.....	118
Figure 31 : L'occupation du sol par le tissu bâti se cale sur la topographie.....	118
Figure 32 : Évolution du nombre d'emplois depuis 1990 et situation en 2006 sur une zone élargie autour du champ.....	119
Figure 33 : La hausse très forte des surfaces de logements individuels dans les Alpes- Maritimes.....	120
Figure 34 : Un habitat individuel très prégnant.....	121
Figure 35 : La part des résidences secondaires est importante.....	121
Figure 36 : Évolution conjointe de la population et du nombre de logements entre 1999 et 2006.....	121
Figure 37 : Une zone d'étude à cheval sur trois PTU.....	122
Figure 38 : Un réseau viaire anisotrope.....	123
Figure 39 : L'emploi et la fonction résidentielle sont dissociés à travers l'espace.....	124
Figure 40 : Exemples de chaînes de déplacements quotidiens.....	125
Figure 41 : Comparaison avec trois autres agglomérations françaises.....	126
Figure 42 : La part modale des véhicules motorisés individuels n'est pas liée aux taux de motorisation.....	127
Figure 43 : La portée des déplacements intra et inter-zones.....	131
Figure 44 : Les modes de transports utilisés.....	132
Figure 45 : Les motifs de déplacements intra-champ.....	133
Figure 46 : Cinq réseaux de transport en commun desservent l'aire d'étude.....	136
Figure 47 : Recherche de l'aire d'influence du Parc d'activités de Sophia Antipolis.....	137
Figure 48 : Champ d'étude retenu pour l'analyse.....	138
Figure 49 : Les cinq bassins de mobilité avec leur point d'ancrage.....	139
Figure 50 : Croisement des limites des bassins de mobilité et du PTU de la CASA.....	139
Figure 51 : Les découpages spatiaux opérés sur deux communes du champ d'étude.....	142
Figure 52 : Le hiatus dans les données spatialisées à l'échelle fine.....	144
Figure 53 : Les six classes spatio-morphologiques du bâti dans leur contexte territorial.....	147
Figure 54 : Le bâti résidentiel de la zone d'étude caractérisé en six classes spatio- morphologiques.....	147
Figure 55 : Les densités de population converties en 256 niveaux de gris.....	152

### PARTIE III

#### **Chapitre 6 :**

Figure 55 : Les parties élémentaires de l'espace sélectionnées selon la problématique pour pratiquer le diagnostic spatial et la segmentation du champ.....	163
Figure 56 : Enchaînement de l'analyse pour aboutir à la segmentation du champ en bassins de vie.....	164
Figure 57 : Illustration des transformations de morphologie mathématique.....	165
Figure 58 : Images des fermetures appliquées au bâti total.....	167
Figure 59 : Courbe de connexités issue de fermetures sur le bâti total.....	169
Figure 60 : Le comblement des interstices entre les bâtiments pour la détection des secteurs les plus compacts.....	169
Figure 61 : La construction de 60 aires de compacité du bâti.....	170
Figure 62 : Sélection des zones d'habitat contenant des pôles de déplacements.....	172
Figure 63 : Les particules sont mesurées, classées et soustraites de l'analyse selon leur taille.....	174
Figure 64 : Seuil en-dessous duquel les particules ont été éliminées.....	175
Figure 65 : La distribution spatiale des densités de population selon 256 teintes de gris.....	177
Figure 66 : Introduction des deux dernières composantes spatiales.....	178
Figure 67 : Profil montrant des talwegs et des interfluves.....	179
Figure 68 : Minima et ligne de partage des eaux en morphologie mathématique.....	179
Figure 69 : Le champ d'étude découpé en 12 bassins de vie.....	180
Figure 70 : Les distorsions entre limites administratives et celles des bassins de vie.....	181
Figure 71 : La ligne de partage des eaux issue de l'analyse épouse les formes du relief.....	182
Figure 72 : Le travail effectué sur les données relatives aux déterminants spatiaux des pratiques de mobilité.....	185
Figure 73 : Données appartenant à l'UMR ESPACE ou obtenues dans le cadre de partenariats avec le laboratoire.....	189
Figure 74 : Données collectées et géoréférencées sous environnement SIG.....	190
Figure 75 : Les données sont recensées et spatialisées sur chacun des bassins à l'intérieur des classes de bâti.....	194
Figure 76 : L'analyse se fonde sur l'entièreté des bâtiments.....	197
Figure 77 : Une analyse individuelle des particules isole chaque bassin versant dans une image.....	199
Figure 78 : Chaque bassin versant dispose de l'extrait du réseau viaire total qui lui est associé.....	201
Figure 79 : Création d'une enveloppe de 90 mètres autour des bâtiments.....	203
Figure 80 : Création d'une aire de voisinage à partir des enveloppes.....	204
Figure 81 : Un maillage théorique « idéal » au travers des enveloppes bâties.....	205
Figure 82 : Le réseau viaire réel observé dans les enveloppes.....	206
Figure 83 : Calculs des écarts entre maillage théorique et maillage observé.....	207

Figure 84 : Calculs conduisant à l'indice de vascularisation.....	209
Figure 85 : Calcul de l'indice de sinuosité.....	211
Figure 86 : Les voisinages en trame hexagonale.....	211
Figure 87 : La configuration du réseau de voirie des bassins n°4 et n°5 vérifie l'indice.....	213

**Chapitre 7 :**

Figure 88 : Structure d'un réseau bayésien et arbre de connaissance d'un système expert...	219
Figure 89 : L'enchaînement des étapes de travail sous système expert.....	224
Figure 90 : À la recherche d'une adéquation entre système territorial et système de transport.....	226
Figure 91 : Acquisition des connaissances.....	228
Figure 92 : Les trois bases de connaissances à l'origine du raisonnement du système expert.....	229
Figure 93 : Acquisition et validation : l'intervention des experts est essentielle.....	232
Figure 94 : L'enchaînement de Jean-Charles Pomerol s'enrichit ici d'une modélisation conceptuelle complémentaire et d'une formalisation orientée-objets.....	233
Figure 95 : Le modèle conceptuel représente le domaine du savoir à acquérir.....	234
Figure 96 : Chaîne de traitement intégré.....	236

PARTIE IV

**Chapitre 8 :**

Figure 97 : Architecture en classes – objets – propriétés.....	246
Figure 98 : Prototype final en classes – objets – propriétés.....	247
Figure 99 : Le travail effectué sur les règles.....	253
Figure 100 : Pondérations établies sur les règles facultatives du raisonnement.....	256
Figure 101 : Raisonnement injecté dans le système expert sous forme de règles de production pour l'utilisation de la marche à pied.....	258
Figure 102 : De l'intérêt de homogénéité des directions pour l'utilisation des mobilités douces.....	259
Figure 103 : Raisonnement pour la pratique du bus pédestre.....	261
Figure 104 : Raisonnement pour l'utilisation de la bicyclette.....	262
Figure 105 : Raisonnement pour la pratique du bus cycliste.....	264
Figure 106 : Raisonnement pour l'utilisation des transports collectifs routiers.....	265
Figure 107 : Raisonnement pour la pratique de l'intermodalité.....	266
Figure 108 : Raisonnement pour l'utilisation des parking-relais.....	267
Figure 109 : Raisonnement pour l'utilisation de l'automobile particulière.....	268
Figure 110 : Raisonnement pour l'utilisation du transport à la demande.....	269
Figure 111 : Raisonnement pour la pratique du covoiturage.....	270
Figure 112 : Règles de production complexes formalisées à partir du raisonnement de la figure 101.....	272



Figure 113 : Ensemble des règles primaires, intermédiaires et complexes qui composent le raisonnement pour l'utilisation de la marche à pied.....275

**Chapitre 9 :**

Figure 114 : Formalisation en classes – objets – propriétés avec Smart Elements.....281

Figure 115 : Prototype final en classes – objets – propriétés avec Smart Elements (zoom sur la classe « aménagement\_actuel\_de\_la\_voirie » et « overview » de l'arborescence complète).....283

Figure 116 : Vue d'ensemble des 233 règles de connaissance composant le raisonnement.....285

Figure 117 : Corrections sur les règles de pondération.....287

Figure 118 : Réponses pour les 55 sous-systèmes territoriaux.....289

Figure 119 : Chargement de la base de connaissance, sélection du chaînage et de l'hypothèse à vérifier.....290

Figure 120 : Exemple de question posée par le système expert (exemple sur une propriété booléenne).....291

Figure 121 : Exemple de question posée par le système expert (exemple sur une propriété de type « float »).....292

Figure 122 : La propriété « présence » appliquée sur les objets est héritée par la classe.....294

Figure 123 : Le « rule network » s'enrichit au fur et à mesure de la simulation.....295

Figure 124 : Pour chaque sous-système territorial, le système expert apporte ses réponses.....297

Figure 125 : Le système expert doit être réactivé pour la simulation suivante.....298

Figure 126 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation de l'automobile.....301

Figure 127 : Potentiels offerts par les territoires pour une autre utilisation de l'automobile.....302

Figure 128 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation de la bicyclette, des transports collectifs routiers, de la marche à pied et des transports à la demande.....305

Figure 129 : Potentiels offerts par les territoires à la pratique du covoiturage.....308

Figure 130 : Potentiels offerts par les territoires à la pratique de l'autopartage, du bus cycliste, du bus pédestre, de l'intermodalité et à l'utilisation des P + R.....309

Figure 131 : La combinaison intermodale automobile-transports collectifs routiers.....312

Figure 132 : La combinaison intermodale transports collectifs-bicyclette.....313

Figure 133 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports collectifs routiers et l'offre actuellement proposée sur le champ d'étude.....314

Figure 134 : Potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports à la demande et l'offre actuellement proposée sur le champ d'étude.....314

Figure 135 : L'enchaînement des règles sur le raisonnement des TAD.....316

Figure 136 : Nouvelles simulations sur les potentiels offerts par les territoires à l'utilisation des transports à la demande.....	317
Figure 137 : Nouvelles simulations sur la marche à pied et le bus pédestre.....	317
Figure 138 : L'effet de contiguïté spatiale permettrait le franchissement d'un niveau.....	320

**Chapitre 10 :**

Figure 140 : Les deux sessions de simulations effectuées sur la pratique de l'autopartage.....	324
Figure 141 : Simulations avec variations sur deux réponses.....	327
Figure 142 : Détecter les possibles et les confronter au réel.....	329
Figure 143 : Le projet d'implantation de vélostations de la CASA.....	331
Figure 144 : La détermination du degré d'adéquation entre système territorial et système de transport durable.....	333
Figure 145 : La marge de manœuvre disponible pour sortir du « tout automobile ».....	336
Figure 146 : Rattachement des « possibles » au mode ferroviaire.....	337
Figure 147 : S'appuyer sur les mécaniques propices pour insuffler de nouvelles dynamiques.....	339
Figure 148 : Croisement des informations pour l'élaboration de stratégies de communication.....	341
Figure 150 : La part des résidences secondaires pèse fortement sur le fonctionnement du champ.....	342
Figure 151 : Les attendus des parties autour d'un projet commun.....	344

## LISTE DES TABLEAUX

### PARTIE I

#### **Chapitre Premier :**

Tableau 1 : Trois époques, trois modes d'interaction entre transports, mobilités et formes urbaines.....33

#### **Chapitre 2 :**

Tableau 2 : Initiatives recensées par pays et par champ.....65

Tableau 3 : Tableau récapitulatif des bonnes pratiques.....68

Tableau 4 : Grille de lecture succincte pour la reproductibilité des expériences.....68

#### **Chapitre 3 :**

Tableau 5 : Le type d'initiatives mises en œuvre selon l'appartenance au bassin méditerranéen.....85

### PARTIE II

#### **Chapitre 5 :**

Tableau 6 : Écarts obtenus entre population estimée par le calcul et population observée lors du RGP 1999.....149

Tableau 7 : Les surfaces de chaque classe de bâti sont comparées.....150

Tableau 8 : Proportions de surfaces de classes de bâti et de population projetée pour l'IRIS n°0103 d'Antibes.....151

### PARTIE III

#### **Chapitre 6 :**

Tableau 9 : Liste des générateurs de trafic sur les 13 communes de la zone d'étude.....188

Tableau 10 : Le coefficient de variation des directions observées sur le réseau de voirie selon une trame hexagonale.....212

#### **Chapitre 7 :**

Tableau 11 : Les modèles réalisés sous système expert en géographie et disciplines connexes.....222

Tableau 12 : Les déterminants de l'utilisation de la marche à pied avec références bibliographiques.....230

Tableau 13 : Connaissances acquises pour les modes et les pratiques qui leurs sont associées.231

Tableau 14 : L'acquisition d'informations complémentaires.....231

### PARTIE IV

#### **Chapitre 8 :**

Tableau 15 : Conversion des connaissances en caractères booléens.....252

**Chapitre 9 :**

Tableau 16 : Transcription des règles en langage Nexpert Object.....284

Tableaux 17 et 18 : Quelques règles contradictoires à reformuler avant simulation.....287

Tableau 19 : Les règles sémiologiques de base ont été respectées.....300

**Chapitre 10 :**

Tableau 20 : Scénarii envisageables pour l’implantation d’une station d’autopartage.....325

## LISTE DES FICHES DE SYNTHÈSE

### PARTIE I

Fiche de synthèse du chapitre premier.....	51
Fiche de synthèse du chapitre 2.....	71
Fiche de synthèse du chapitre 3.....	87

### PARTIE II

Fiche de synthèse du chapitre 4.....	113
Fiche de synthèse du chapitre 5.....	155

### PARTIE III

Fiche de synthèse du chapitre 6.....	215
Fiche de synthèse du chapitre 7.....	239

### PARTIE IV

Fiche de synthèse du chapitre 8.....	279
Fiche de synthèse du chapitre 9.....	321
Fiche de synthèse du chapitre 10.....	349





## TABLE DES MATIÈRES

RÉSUMÉ.....	5
ABSTRACT.....	5
RASSIUNTO.....	6
AVANT-PROPOS.....	7
REMERCIEMENTS.....	9
SOMMAIRE.....	13
LISTE DES SIGLES.....	17

<b>INTRODUCTION GÉNÉRALE.....</b>	<b>19</b>
-----------------------------------	-----------

### PREMIÈRE PARTIE

<b>LES INTERRELATIONS ENTRE SYSTÈME TERRITORIAL ET SYSTÈME DE TRANSPORT.....</b>	<b>25</b>
--	-----------

INTRODUCTION DE LA PREMIÈRE PARTIE.....	25
---	----

#### *Chapitre Premier*

<i>Configuration territoriale et efficacité des modes de transport.....</i>	<i>27</i>
---	-----------

<b>1. Deux systèmes complexes étroitement inter reliés.....</b>	<b>28</b>
---	-----------

1.1. Les composantes d'un système territorial et leurs interrelations complexes.....	28
--	----

1.2. Les composantes d'un système de transport et leurs interrelations complexes.....	30
---	----

1.3. Les interrelations entre configuration territoriale et choix modaux.....	34
---	----

<b>2. S'appuyer sur les interrelations entre système territorial et système de transport pour tendre vers une mobilité durable.....</b>	<b>46</b>
---	-----------

2.1. Les systèmes de transport doivent désormais induire la mobilité durable.....	46
---	----

2.2. Envisager la mobilité durable par la recherche d'une adéquation entre les deux systèmes.....	49
--	----

FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE PREMIER.....	51
--	----

#### *Chapitre 2*

<i>Le système territorial reçoit le système de transport.....</i>	<i>53</i>
---	-----------

<b>1. Rechercher la réceptivité des territoires aux modes de transports durables.....</b>	<b>53</b>
---	-----------

1.1. Le système de transport s'inscrit dans un contexte territorial.....	53
--	----

1.1.1. De la sensibilité pour les enjeux environnementaux à l'adhésion aux transports durables.....	53
--	----

1.1.2. La résistance aux changements malgré un contexte favorable.....	55
1.1.3. Le processus d'adhésion aux transports durables est systémique.....	58
1.2. Considérer l'espace comme acteur du fonctionnement territorial.....	59
1.2.1. Approche par la spatialité et projet de l'analyse spatiale.....	60
1.2.2. Une approche aréale des déplacements clairement assumée.....	61
<b>2. Les initiatives mises en œuvre pour la mobilité durable, quels enseignements ?.....</b>	<b>62</b>
2.1. Le partage des expériences en matière de mobilité durable à l'échelle internationale.....	62
2.2. <i>Quid</i> du territoire ?.....	67

FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 2.....	71
--------------------------------------	----

### *Chapitre 3*

<i>La mobilité durable au sein des territoires nord-méditerranéens.....</i>	<i>73</i>
---	-----------

<b>1. Les caractéristiques territoriales méditerranéennes et leurs relations avec la mobilité.....</b>	<b>73</b>
1.1. Des sous-ensembles diversifiés.....	73
1.2. Les structures spatiales majeures.....	75
1.3. Les évolutions récentes des zones urbaines littorales.....	77
1.4. Les conséquences en termes de mobilité.....	79
<b>2. Les initiatives pour la mobilité durable en territoire nord-méditerranéen.....</b>	<b>83</b>

FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 3.....	87
--------------------------------------	----

CONCLUSION DE LA PREMIÈRE PARTIE.....	89
---------------------------------------	----

## DEUXIÈME PARTIE

<b>UNE DÉMARCHE D'ANALYSE SPATIALE DANS UN ENVIRONNEMENT DE RÉSOLUTION DE PROBLÈMES.....</b>	<b>91</b>
--	-----------

INTRODUCTION DE LA DEUXIÈME PARTIE.....	91
---	----

### *Chapitre 4*

<i>Une démarche globale pour appréhender la complexité des interrelations entre système territorial et système de transport.....</i>	<i>93</i>
--	-----------

<b>1. Détecter les interrelations entre système territorial et système de transport.....</b>	<b>93</b>
1.1. Un diagnostic spatial sous contrainte et à double finalité.....	94
1.1.1. Les grands éléments du diagnostic.....	95

1.1.2. La régionalisation du champ.....	99
1.2. La mise en relation des deux systèmes.....	99
<b>2. Comprendre les interrelations entre système territorial et système de transport.....</b>	<b>103</b>
2.1. Les mesures mises en œuvre.....	103
2.1.1. Les méthodes de l'analyse spatiale.....	106
2.1.2. La finalité du système expert.....	109
2.2. Une démarche participative d'aide à la connaissance et à la décision.....	111
 FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 4.....	 113

## *Chapitre 5*

<i>Portrait du territoire d'étude et examen des besoins de mobilité.....</i>	<i>115</i>
<b>1. Portraits croisés du système territorial et du système de transport.....</b>	<b>115</b>
1.1. Un territoire très hétérogène.....	115
1.1.1. Les principaux traits démographiques.....	117
1.1.2. Un fort étalement urbain dans l'avant pays et le proche arrière-pays.....	119
1.1.3. Un territoire très attractif.....	121
1.2. ... qui engendre des besoins de mobilité considérables.....	123
1.2.1. La spécialisation du territoire renforce les besoins de mobilité.....	124
1.2.2. Le profil général de la mobilité.....	125
<b>2. À la recherche d'une mobilité durable autour de Sophia Antipolis.....</b>	<b>135</b>
<b>3. Spatialisation des besoins de mobilité à une échelle fine.....</b>	<b>140</b>
3.1. Les limites de l'enquête ménages-déplacements.....	140
3.2. Pallier le manque de données disponibles pour et par l'analyse spatiale.....	141
3.3. Estimation d'un potentiel de population pour l'identification des espaces émetteurs et récepteurs de déplacements sur un ensemble de 13 communes hétérogènes.....	143
 FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 5.....	 155

CONCLUSION DE LA DEUXIÈME PARTIE.....	157
---------------------------------------	-----

## TROISIÈME PARTIE

<b>MESURER L'ADÉQUATION D'UN TERRITOIRE À UN SYSTÈME DE TRANSPORT DURABLE.....</b>	<b>159</b>
--	------------

INTRODUCTION DE LA TROISIÈME PARTIE.....	159
--	-----

## Chapitre 6

### *Une démarche spatio-morphologique pour une régionalisation et un diagnostic du territoire.....161*

<b>1. La régionalisation du champ en sous-systèmes territoriaux.....</b>	<b>161</b>
1.1. Le bâti, l’empreinte qui pèse dans l’espace.....	164
1.1.1. Détermination de classes de compacité du bâti par construction de connexités interstitielles.....	165
1.1.2. Détection des zones majeures de forte compacité.....	169
1.1.3. La reconstruction de zones d’habitat à partir des pôles générateurs de déplacements.....	171
1.1.4. Sélection des zones majeures de bâti compact.....	173
1.2. La construction d’un pseudo-relief de population ou la mise en perspective du poids des populations à travers un espace.....	175
1.3. Introduction de la voirie dans l’image des densités de population.....	178
1.4. La régionalisation du champ d’étude en sous-systèmes territoriaux homogènes.....	179
<b>2. À la recherche des déterminants spatiaux présents sur le territoire pour l’utilisation potentielle des modes de transport.....</b>	<b>183</b>
2.1. Les informations recensées et spatialisées sous environnement SIG.....	187
2.1.1. L’introduction des informations relatives à la topographie.....	191
2.1.2. L’intégration de la configuration actuelle des flux de mobilité.....	191
2.1.3. Les considérations relatives aux performances actuelles du système de transport....	192
2.2. La caractérisation des 12 bassins de vie à une double échelle spatiale.....	193
<b>3. La construction de deux indices pour une mesure spatio-morphologique du réseau viaire.....</b>	<b>195</b>
3.1. Du bassin de vie au bâtiment ou la spatialisation fine du potentiel offert par les territoires à la pratique des mobilités douces.....	196
3.1.1. Le bâti et le réseau à l’origine de l’indice de vascularisation.....	200
3.1.2. Les opérations sur images binaires.....	202
3.1.3. Indice de vascularisation et périmètres propices à l’utilisation des modes doux.....	208
3.2. Construction de l’indice d’allongement du réseau viaire : analyse de l’hétérogénéité des directions.....	210
 FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 6.....	 215

## Chapitre 7

### *L’intégration de la matérialité de l’espace au cœur du système expert.....217*

<b>1. L’intérêt des systèmes expert en géographie et aménagement du territoire.....</b>	<b>217</b>
---	------------



<b>1. Une centaine de simulations effectuée en toute transparence.....</b>	<b>281</b>
1.1. Tests sur un prototype réduit.....	286
1.2. Réglage de quelques paramètres du modèle.....	286
1.3. Une simulation commentée.....	288
<b>2. Les résultats bruts issus du système expert : volets diagnostic et aide à la connaissance.....</b>	<b>299</b>
2.1. La restitution spatiale des résultats dans le SIG, intégration et couplage des outils.....	299
2.2. Premier niveau : les résultats bruts par mode et par pratique ou la localisation de l'utilisation potentielle des modes.....	300
2.3. Deuxième niveau : croisement de deux modes ayant été déclarés très favorables.....	311
2.4. Troisième niveau : croisement des résultats bruts avec l'offre en transport actuelle sur le champ d'étude.....	313
<b>3. Réajustements et premières analyses.....</b>	<b>315</b>
3.1. La validation du modèle par « dire d'experts » : quelques réactions autour de trois cartes.....	315
3.2. Questionnements sur l'effet de contiguïté spatiale.....	318
 <b>FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 9.....</b>	 <b>321</b>

## *Chapitre 10*

<i>Raisonner « en système ».....</i>	<i>323</i>
<b>1. Les autres volets méthodologiques permis par les systèmes experts : l'aide à projet – prospective et aide à la décision.....</b>	<b>323</b>
1.1. La valorisation du modèle : deux projets à tester pour encourager les pratiques de mobilité durable.....	323
1.1.1. Recherche d'un lieu privilégié pour l'implantation d'une station d'autopartage...	323
1.1.2. Intégration d'un projet de TCS P inscrit dans le PDU de la CASA.....	325
1.2. La détermination du degré d'adéquation entre système territorial et système de transport durable.....	328
1.2.1. Les écarts observés entre potentiels offerts par les territoires et réalité des déplacements.....	329
1.2.2. Détecter l'ensemble des potentiels offerts par les territoires : la définition de lieux prioritaires.....	335
1.3. La « mise en système » des résultats.....	337
1.4. Quelques pistes supplémentaires pour l'aide à la décision.....	338
<b>2. S'appuyer sur les systèmes experts pour l'aide à la gestion et à l'organisation des systèmes de transports.....</b>	<b>343</b>
2.1. De l'idée de la thèse à la constitution d'un partenariat étroit.....	344
2.2. De l'importance des échanges entre spécialistes dans le cadre d'une recherche appliquée.....	345

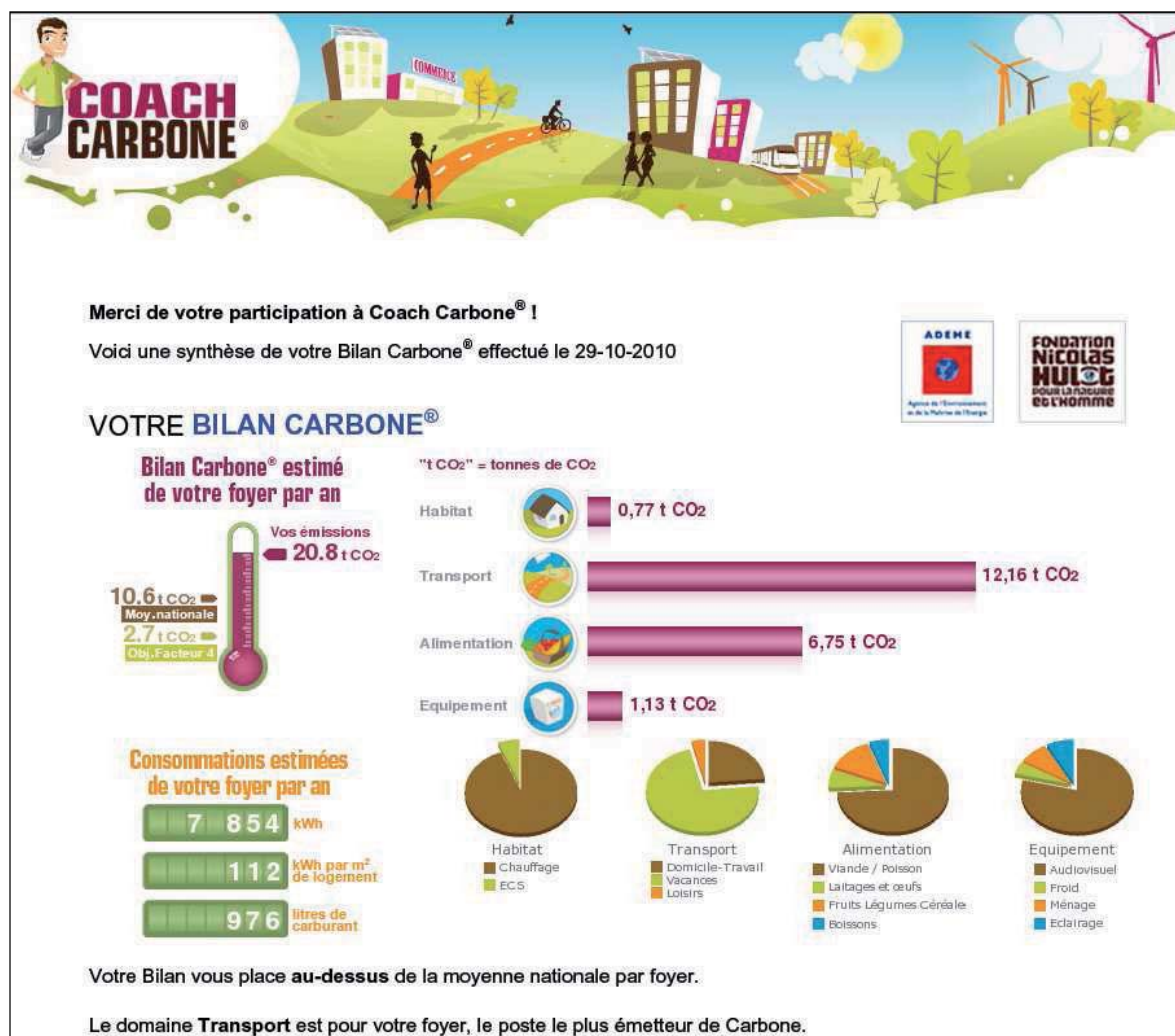
2.2.1. Posture du laboratoire dans ce type de partenariat.....	345
2.2.2. Quelle sensibilisation des acteurs ?.....	346
FICHE DE SYNTHÈSE DU CHAPITRE 10.....	349
CONCLUSION DE LA QUATRIÈME PARTIE.....	351
CONCLUSION GÉNÉRALE.....	353
BIBLIOGRAPHIE.....	359
LISTE DES ANNEXES.....	379
ANNEXES.....	381
LISTE DES FIGURES.....	451
LISTE DES TABLEAUX.....	457
LISTE DES FICHES DE SYNTHÈSE.....	459
TABLE DES MATIÈRES.....	461
BILAN CARBONE.....	468



## BILAN CARBONE

L'auteur a effectué son bilan carbone personnel à l'aide du calculateur « Coach Carbone » mis en ligne par la Fondation Nicolas Hulot et l'ADEME.

Voici les résultats obtenus :



[www.coachcarbone.org](http://www.coachcarbone.org)

Puisse cette thèse contribuer à réduire les émissions de CO<sub>2</sub>...